

2100





DET
KONGELIGE DANSKE
VIDENSKABERNES SELSKABS SKRIFTER.

FEMTE RÆKKE.

NATURVIDENSKABELIG OG MATHEMATISK

A F D E L I N G.

NIENDE BIND.

MED FEMOGTIVE TAVLER.

KJÖBENHAVN.

TRYKT I BIANCO LUNOS BOGTRYKKERI

VED F. S. NUHLE.

1873.



INDHOLD.

	Side
F ortegnelse over Selskabets Embedsmænd og øvrige Medlemmer	V.
1. D. F. Eschricht: Ni Tavler til Oplysning af Hvaldyrenes Bygning	1.
2. Jul. Thomsen: Thermochemiske Undersøgelser.	
V. Qvælstoffets, Phosphorets og Arsenikens Syrer.	
VI. Myresyre, Eddikesyre, Oxalsyre, Ravsyre, Viinsyre og Citronsyre.	
VII. Chromsyre, Kulsyre og Svovlbrintesyre.	
VIII. Oversigt over Resultaterne af Undersøgelserne med Hensyn til Syrernes Neutralisation og Basicitet	15.
— Conclusions du mémoire précédent	63.
3. A. Colding: Om Strømningsforholdene i almindelige Ledninger og i Havet. Med tre Tavler . .	81.
— Résumé du mémoire précédent	215.
4. Jul. Thomsen: Thermochemiske Undersøgelser.	
IX. Undersøgelser over vandige Opløsningers Varmefylde. Med en Tavle	233.
— Thermochemiske Undersøgelser.	
X. Undersøgelser over Basernes Neutralisationsevne	265.
5. A. S. Ørsted: Bidrag til Kundskab om Egefamilien i Fortid og Nutid. Med otte Tavler og et Kaart	331.
— Résumé du mémoire précédent	507.
6. A. Steen: Læren om homogene tunge Vædskers Tryk paa plane Arealer. Med en Tavle	539.
— Résumé du mémoire précédent	558.
7. A. Colding: Om Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden. Med to Tavler	563.
— Résumé du mémoire précédent	605.
8. H. Topsøe og C. Christiansen: Krystallografisk-optiske Undersøgelser, med særligt Hensyn til isomorfe Stoffer	623.



FORTEGNELSE

OVER

DET KONGELIGE DANSKE VIDENSKABERNES SELSKABS

MEDLEMMER.

JANUAR 1873.

Præsident:

J. N. Madvig.

Sekretær: J. J. S. Steenstrup.

Redaktør: J. L. Ussing.

Kasserer: J. Th. Reinhardt.

Kasse-Kommissionen.

N. L. Westergaard.

J. C. Hoffmann.

C. L. Müller.

J. J. A. Worsaae.

Revisorer.

L. A. Colding.

H. P. J. Julius Thomsen.

Ordbogs-Kommissionen.

N. L. Westergaard.

S. Grundtvig.

Den meteorologiske Komité.

J. J. S. Steenstrup.

H. L. d'Arrest.

C. V. Holten.

L. A. Colding.

**Kommissionen for Udgivelsen af et dansk Diplomatarium og
Regesta diplomatica.**

P. G. Thorsen.

F. E. A. Schiern.

H. F. Rørdam.

Indenlandske Medlemmer.

- Lund, Peter Wilhelm*, Dr. phil., Professor, Ridder af Danebrog.
- Clausen, Henrik Nicolai*, Dr. theol., Professor i Theologien ved Københavns Universitet, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand.
- David, Christian Georg Nathan*, Dr. phil., Konferentsraad, Chef for det statistiske Bureau, Direktør for Nationalbanken, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Ridder af den nederlandske Løveordens 2den Klasse, af den østerrigske Jernkroneorden og den preussiske Kroneordens 3die Klasse, Officier af Æreslegionen.
- Madvig, Johan Nicolai*, Dr. phil., Konferentsraad, Professor i den klassiske Filologi ved Københavns Universitet, Undervisningsinspektør for de lærde Skoler, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Storkors af Nordstjernen og af St. Olafsordenen, Ridder af den preussiske Orden pour le mérite, Selskabets Præsident.
- Bends, Henrik Carl Bang*, Dr. med., Etatsraad, Lektor ved den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Ridder af Danebrog, af Nordstjernen og af St. Olafsordenen.
- Martensen, Hans Larsen*, Dr. theol., Biskop over Sjællands Stift, Ordensbiskop, Kongelig Konfessionarius, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Storkors af Nordstjernen og af den græske Frelasersorden.
- Hoffmann, Johan Christopher*, Oberst, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Ridder af den svenske Sværdorden, af den russiske Wladimirs-Ordens 4de Klasse og af Stanislaus-Ordenens 2den Klasse.
- Steenstrup, Johannes Japetus Smith*, Dr. phil. & med., Etatsraad, Professor i Zoologien ved Københavns Universitet, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Ridder af Nordstjernen, Kommandør af den katolske Isabellaorden og af den italienske Kroneorden, Selskabets Sekretær.
- Wegener, Caspar Frederik*, Dr. phil., Konferentsraad, Geheimearkivar, Kgl. Historiograf og Ordenshistoriograf, Storkors af Danebrog og Danebrogsmand, Storkors af den græske Frelasersorden og af den russiske St. Anna-Orden, Kommandør af Nordstjernen og St. Olafsordenen.
- Paludan-Müller, Caspar Peter*, Dr. phil., Professor i Historie ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og af Nordstjernen, Danebrogsmand.

- Schiöde, Jørgen Christian*, Professor, extr. Docent i Zoologien ved Københavns Universitet og Inspektør ved dets zoologiske Museum, Ridder af Danebrog.
- Scharling, Carl Emil*, Dr. theol. et phil., Professor i Theologien ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand.
- Engelstoft, Christian Thorning*, Dr. theol., Biskop over Fyens Stift, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand.
- Westergaard, Niels Ludvig*, Dr. phil., Etatsraad, Professor i de indisk-orientalske Sprog ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog og af Nordstjernen.
- Mundt, Carl Emil*, Dr. phil., Professor, Ridder af Danebrog.
- Ussing, Johan Louis*, Dr. phil., Professor i den klassiske Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog, Selskabets Redaktør.
- Worsaae, Jens Jacob Asmussen*, Etatsraad, Direktør for Museet for nordiske Oldsager og for det ethnografiske Museum, Direktør for de antikvariske Mindesmærkers Bevarelse, Kommandør af Danebrog og Danebrogsmand, Kommandør af Nordstjernen, Ridder af Stanislausordenens 2den Klasse og St. Annaordenens 3die Klasse, af Brasiliansk Rosa Ordens 5te Klasse, Meklenborgsk Medaille for Videnskab og Kunst 1ste Klasse, Kommandør af den katolske Isabellaorden, Storofficer af den italienske Kroneorden.
- Hannover, Adolph*, Dr. med., Professor, Ridder af Danebrog.
- Andræ, Carl Christopher Georg*, Geheime-Etatsraad, Direktør for Gradmaalingen, Storkors af Danebrog og af Frants den Førstes Orden.
- Gislason, Konrad*, Dr. phil., Professor i de nordiske Sprog ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.
- Reinhardt, Johannes Theodor*, Professor, extr. Docent i Zoologien ved Københavns Universitet og Inspektør ved dets zoologiske Museum, Ridder af Danebrog, Selskabets Kasserer.
- Colding, Ludvig August*, L. L. D., Professor, Stadsingeniør i København, Ridder af Danebrog.
- Müller, Carl Ludvig*, Lic. theol., Dr. phil., Etatsraad, Direktør for det kongelige Mønt- og Medaille-Kabinet, Antik-Kabinettet og Thorvaldsens Museum, Ridder af Danebrog, af Nordstjernen og af St. Annaordenens 3die Klasse.
- d'Arrest, Heinrich Ludvig*, Dr. phil., Professor i Astronomien ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.

- Panum, Peter Ludvig*, Dr. med., Professor i Fysiologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.
- Schiern, Frederik Eginhardt Amadæus*, Dr. phil., Professor i Historie ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog, af Nordstjernen og af den belgiske Leopoldsorden.
- Holten, Carl Valentin*, Professor i Fysik ved Københavns Universitet, Direktør for den polytekniske Lærestalt, Ridder af Danebrog og Danebrogsmand, Ridder af St. Olafsordenen og af Nordstjernen.
- Thomsen, Hans Peter Jürgen Julius*, Professor i Kemi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.
- Steen, Adolph*, Dr. phil., Professor i Matematik ved Københavns Universitet og den polytekniske Lærestalt, Ridder af Danebrog.
- Thorsen, Peter Godt*, Professor, Universitetsbibliothekar, Ridder af Danebrog, St. Olafsordenen og Nordstjernen.
- Rink, Hinrich Johannes*, Dr. phil., Justitsraad, Direktør for den Kgl. Grønlandske Handel, Ridder af Danebrog.
- Johnstrup, Johannes Frederik*, Professor i Mineralogi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.
- Barfoed, Christen Thomsen*, Professor, Lektor i Kemi og Farmaci ved den Kgl. Landbohøjskole, Ridder af Danebrog og af St. Olafsordenen.
- Lange, Johan Martin Christian*, Professor, Docent i Botanik ved den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.
- Lorenz, Louis*, Lærer ved Officerskolen, Ridder af Danebrog.
- Mehren, August Michael Ferdinand van*, Dr. phil., Professor i semitisk-orientalsk Filologi ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.
- Holm, Peter Edvard*, Dr. phil., Professor i Historie ved Københavns Universitet.
- Lund, Frederik Vilhelm*, Dr. phil., Professor, Rektor ved Aarhus Katedralskole.
- Grundtvig, Svend*, Professor i de nordiske Sprog ved Københavns Universitet, Ridder af Danebrog.
- Lütken, Christian Fredrik*, Dr. phil., Assistent ved Universitetets zoologiske Museum.
- Rordam, Holger Frederik*, Dr. phil., Sognepræst til Svogerslev og Kornerup i Sjælland.
- Zeulhen, Hieronymus Georg*, Dr. phil., Docent i Matematik ved Københavns Universitet.
-

Udenlandske Medlemmer.

- Hansteen, Christopher*, forhen Professor i Astronomien i Kristiania, Storkors af Danebrog.
- Twesten, August Detlew*, Professor i Theologien i Berlin, Ridder af Danebrog.
- Chevreuil, Michel Eugène*, Medlem af det franske Institut, Ridder af Danebrog.
- Hansen, Peter Andreas*, Professor og Direktør for Seeberg Observatoriet ved Gotha, Ridder af Danebrog.
- Lyell, Sir Charles*, Baronet, Medlem af det Kongelige Videnskabernes Selskab i London.
- Ehrenberg, Christian Gottfried*, Professor i Zoologien ved Universitetet i Berlin.
- Weber, Wilhelm*, Dr. phil., Professor i Fysik ved Universitetet i Leipzig.
- Guizot, François*, Medlem af det franske Institut, Ridder af Elephanten.
- Quetelet, Lambert Adolphe Jacques*, Direktør for det astronomiske Observatorium og Sekretær ved det Kgl. Videnskabernes Selskab i Brüssel, Ridder af Danebrog.
- Baer, Karl Ernst v.*, Dr. phil. et med., Æresmedlem af Akademiet i St. Petersburg.
- Airy, George Biddel*, Kongl. Astronom ved Observatoriet i Greenwich, Præsident for det Kongelige Videnskabernes Selskab i London.
- Dumas, Jean Baptiste*, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Kommandør af Danebrog.
- Fries, Elias*, Professor emer. i Botaniken ved Universitetet i Upsala, En af de Atten i det Svenske Akademi, Kommandør af Danebrog.
- Gottsche, C. M.*, Dr. med., i Altona.
- Olshausen, Justus*, Professor, Regeringsraad i Berlin.
- Hildebrand, Bror Emil*, Kgl. svensk Rigsantikvar og En af de Atten i det svenske Akademi i Stockholm, Ridder af Danebrog.
- Lassen, Christian*, Professor i orientalsk Filologi i Bonn.
- Beaumont, Élie de*, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.
- Liebig, Justus v.*, Baron, Professor i Kemien i München.

- Nilsson, Sven*, Professor emer. i Zoologien i Lund, Storkors af Danebrog.
- Wöhler, Friedrich*, Professor i Kemien i Göttingen.
- Milne-Edwards, Henri*, Medlem af det franske Institut.
- Rose, Gustav*, Professor i Mineralogien i Berlin.
- Behn, Wilhelm Friedrich*, Dr. med., forhen Professor i Anatomi og Zoologi i Kiel, Præsident for Die Kaiserliche Leopoldino-Carolinische Deutsche Akademie der Naturforscher i Dresden.
- Peters, Christian August Friedrich*, Dr. phil., Professor, Direktør for det astronomiske Observatorium i Altona, Ridder af Danebrog.
- Bunsen, Robert Wilhelm*, Professor i Kemien i Heidelberg, Ridder af Danebrog.
- Regnault, Henri Victor*, Professor, Direktør for Porcelænsfabriken i Sèvres ved Paris.
- Owen, Richard*, Superintendent over British Museum og Medlem af det Kongl. Videnskabernes Selskab i London.
- Agassiz, Louis*, Professor i Zoologien ved Universitetet i New-Haven i Nord-Amerika.
- Sabine, Edward*, Generalmajor, fh. Præsident for det Kgl. Videnskabernes Selskab i London.
- Daubrée, A.*, Professor i Mineralogi ved Jardin des Plantes i Paris.
- Carlson, Frederik Ferdinand*, Dr. phil., Professor i Historien ved Upsala Universitet, forhen Chef for Ekklesiastik-Departementet i Stockholm, En af de Atten af det Svenske Akademi, Ridder af Danebrog.
- Styffe, Carl Gustav*, Dr. phil., Bibliothekar ved Universitetsbibliotheket i Upsala.
- Thierry, Amédée*, Medlem af det franske Institut.
- Vibe, Frederik Ludvig*, forhen Professor i Græsk ved Kristiania Universitet og Rektor ved Kathedralskolen i Kristiania.
- Chasles, Michel*, Medlem af det franske Institut.
- Liouville, Joseph*, Medlem af det franske Institut.
- Malmsten, Carl Johan*, forhen Professor i Matematik i Upsala, Landshøvding i Skaraborgs Lehn, Kommandør af Danebrog.
- Broch, Ole Jacob*, Dr. phil., Professor i Matematik i Kristiania, forhen Chef for det Kgl. Norske Marine-Departement.
- Bernard, Claude*, Medlem af det franske Institut.

- Edlund, Erik*, Dr. phil., Professor i Fysik ved det Kongelige Svenske Videnskabernes Akademi i Stockholm.
- Svanberg, Lars Frederik*, Professor i Kemi i Upsala.
- Hooker, Joseph Dalton*, Dr. phil., Direktør for den Kongelige Botaniske Have i Kew.
- Rossi, Giambattista de*, Commendatore, i Rom.
- Rawlinson, Sir Henry C.*, Generalmajor, beständig Direktør for det Asiatiske Selskab i London.
- Julien, Stanislas*, Medlem af det franske Institut.
- Tassy, Garcin de*, Medlem af det franske Institut.
- Böhltingk, Otto*, Dr. phil., Akademiker i St. Petersburg.
- Tornberg, Carl Johan*, Professor i Arabisk ved Lunds Universitet.
- Mignet, Auguste Marie*, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences morales et politiques de l'Institut de France.
- Martin, Bon Louis Henri*, Medlem af det franske Institut, Ridder af Dannebrog.
- Boeck, Christian Peter Bianco*, Dr. phil., Professor i Fysiologi ved Kristiania Universitet.
- Le Verrier, Urbain J.-J.*, Medlem af det franske Institut, fh. Direktør for det astronomiske Observatorium i Paris, Ridder af Dannebrog.
- Bugge, Sofus*, Professor i Kristiania.
- Amari, Michele*, italiensk Senator, i Firenze.
- Cobet, Carl Gabriel*, Professor i Leyden.
- Dozy, Reinhart*, Professor i Leyden.
- Koehne, B. von*, Friherre, keiserlig-russisk Statsraad, i St. Petersburg.
- Stephani, Ludolph*, keiserlig-russisk Statsraad, i St. Petersburg.
- Lovén, Sven*, Professor i Stockholm, Ridder af Dannebrog.
- Kjerulf, Theodor*, Professor i Kristiania.
- De Candolle, Alphonse*, fh. Professor ved Akademiet i Genève.
- Lubbock, Sir John*, Baronet, Vice-Cancellor of the Univerty of London.
-

Ni Tavler

til Oplysning af Hvaldyrenes Bygning,

udførte til utrykte Foredrag af afdøde Etatsraad Dr. D. F. Eschricht.

Med tilhørende Forklaring.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. I.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Mühle.

1869.



De talrige Arbejder over Hvaldyrene, hvormed Eschricht har beriget Selskabets Skrifter, have ikke blot i mange Retninger forøget vor Kundskab til disse Dyr overmaade meget, men det er vel endog neppe at tillægge dem formeget, naar man for en stor Deel giver dem Æren for at have vakt den nu saa udbredte Interesse for Cetologien, hvilken denne Videnskabsgreen skylder de overordentlige Fremskridt, den har gjort i det sidste Tiaar.

Det er imidlertid langt fra, at de cetologiske Afhandlinger, som foreligge trykte og færdige fra Eschrichts Haand, give et fuldstændigt Billede af Omfanget af vor afdøde Collegas Studier i denne Retning. Foruden dem havde han i Aarenes Løb fremdeles meddeelt Videnskabernes Selskab mere eller mindre udførlige Beretninger om cetologiske Undersøgelser, som til forskjellige Tider have beskæftiget ham, men som synes ikke at være blevene endeligt afsluttede, tildeels maaskee fordi han haabede endnu at kunne forøge det Materiale, der stod til hans Raadighed, men som oftest dog vistnok fordi andre Arbejder, hvilke han fandt det ønskeligt først at bringe frem for Offentligheden, atter og atter nødte ham til foreløbigt at lægge hine Undersøgelser tilside.

Paa en eller to nær ere disse Beretninger end ikke blevene udtoogsvis optagne i Oversigterne over Selskabets Forhandlinger; kun Emnet, hvorom de dreiede sig, er der med faa Ord angivet. Ifølge de derom indhentede Oplysninger synes det desværre fremdeles, at Eschricht heller ikke har efterladt sig Udkast til nogensomhelst af disse Foredrag, end sige noget fuldstændigt udarbejdet Manuscript. Derimod havde han med Selskabets Indvilgelse Tid efter anden ladet udføre en Deel af de Tavler, som vare bestemte til at ledsage og oplyse de forskjellige Afhandlinger, som han havde foresat sig at udgive; og ved hans pludselige uventede Død havde disse Tavler ikke blot staaet, tildeels endog længe, færdigt tegnede paa Stenene, men en Deel Aftryk vare endog allerede tagne. Da Tavlerne oprindeligt have været bestemte for flere særskilte Afhandlinger, der skulde oplyse meget forskellige Sider af Hvaldyrenes anatomiske Bygning, følger det af sig selv, at de ikke kunne udgjøre noget sluttet Hele; de fremstille tværtimod meget forskellige Organer og Dele af Hvaldyr af de forskjellige Grupper. Men de fremstille tillige for den største Deel Gjenstande, som ere endnu ubekjendte eller dog kun utilstrækkeligt kjendte, og som

dertil kun vanskeligt og sjældent kunne skaffes tilveie til Undersøgelse, og, skjøndt det tilvisse er et stort og uopretteligt Savn, at der ikke foreligger nogen Text til disse Tavler, ville de allerfleste af dem dog allerede ved Hjælp af en kort Tavleforklaring være fuldkommen benyttelige for Videnskaben. Det vilde derfor være saameget mere at beklage, om det paa disse Tavler anvendte, ikke ringe Arbeide skulde være ganske spildt, og det synes at maatte ansees for ønskeligt ikke mindre i Betragtning af den Nytte, som de kunne yde ved Studiet af Hvaldyrene, end af Hensyn til den afdøde Forfatter og hans Virken, at Tavlerne bleve offentliggjorte i Selskabets Skrifter, som et Tillæg til de forskjellige vigtige cetologiske Arbeider, som foreligge der fra hans Haand.

Ledede af disse Betragtninger have Etatsraad Steenstrup og Undertegnede foreslaaet Videnskabernes Selskab at udgive Tavlerne, forsaavidt som der kunde tilfoies den nødvendige Forklaring. Selskabet billigede Forslaget, og Tavle-Forklaringen paatog Undertegnede sig at skrive, som den, hvem dette lille Arbeide forsaavidt maatte ansees at ligge nærmest, som de allerfleste af de paa Tavlerne afbildede Gjenstande opbevares i Samlinger, hvis Bestyrelse er mig betroet.

Jeg skal endnu kun tilføie, at da nogle af de paa Tavlerne afbildede Præparater leilighedsviis ere nævnte i Eschrichts tidligere Arbeider, har jeg anseet det for hensigtsmæssigt i Tavleforklaringen at henvise til de Steder, hvor de ere omtalte, og tillige, da det Materiale, som Eschricht havde samlet til Oplysning af Hvaldyrenes Bygning, ikke længere opbevares i een og den samme Samling, at angive, i hvilket Museum de vigtigere af de afbildede Gjenstande nu ere at finde.

Kjøbenhavn, i August 1869.

J. Reinhardt.

Tab. I.

Alle Figurerne ere afbildede i halv naturlig Størrelse og fremstille Hovedskallen af et 5 $\frac{1}{4}$ Fod langt kvindeligt Foster af den japanske Sletbag, *Balæna japonica* Lac., med uspaltet første Ribbeen, udskaaet af en Hval, som var fanget ved Kysten af Kamtschatka af den danske Hvalfangercapitain Sødning (see: Eschrichts Beskrivelse af det «zootomisk-physiologiske Museum» i Lindes Meddelelser om Kjøbenhavn's Universitet for Aarene 1849—1856. Kbhvn. 1864. S. 750).

Hovedskallen opbevares tilligemed det øvrige Skelet i Spiritus i Universitetets zoologiske Museum, men er desværre nu i en meget maadelig Tilstand.

Fig. 1, Hovedskallen seet fra venstre Side;

- a*, Tindingebenets Ledudvæxt (*processus articularis ossis temporum*).
- b*, Issebenet (*os parietale*).
- c*, Spidsen af den af Eschricht saakaldte «Ansigts-Axebrusk» eller «det bruskede Urplougbeen».
- f*, Pandebenet (*os frontale*).
- f'*, Pandebenets Øiehuleudvæxt (*processus orbitalis ossis frontalis*).
- g*, Trommehulebenet (*bulla tympani*).
- h*, Vingebenet (*os pterygoideum*).
- i*, Mellemkjæbebenet (*os intermaxillare*).
- k*, Nakkebenets Ledknub (*condylus occipitalis*).
- l-l*, Taarebenet (*os lacrymale*).
- m-m'*^o, Overkjæbebenet (*os maxillare*).
- n*, Næsebenet (*os nasi*).
- o-ö-o*, Nakkebenets Plade (*pars occipitalis ossis occipitis*), dets venstre Leddeel (*pars condyloidea oss. occ. sinistra*) og den endnu ikke forbenede Brusk mellem disse to Partier af Nakkebenet.
- p*, Ganebenet (*os palatinum*).
- t-t*, Tindingebenet (*os temporum*).
- t'*, Tindingebenets Aagbeens-Udvæxt (*processus zygomaticus ossis temporum*).
- z*, Aagbenet (*os zygomaticum*).
- y*, Griffeltungebenet (*os stylohyoideum*).

Paa Underkjæben betyder

- a*, Underkjæbens ned- og indad vendte Hjørne (*angulus maxillæ inferioris*).
- b*, Ledknubben (*processus condyloideus*).
- c*, den meget lille Muskeludvæxt (*processus coronoideus*).

Fig. 2, den høire Underkjæbegreen (*ramus dexter maxillæ inferioris*) seet indvendigfra.

- a*, Underkjæbens Hjørne (*angulus maxillæ inferioris*).
- b*, Ledknubben (*processus condyloideus*).

c, Muskeludvæxten (*processus coronoides*).

d, Aabningen for de i Underkæbegrenen indtrædende Nerver og Kar (*foramen maxillare posterius*).

e-f, Renden for Tænderne (*sulcus alveolaris*).

x-x, Renden for Urunderkæben eller den Meckelske Brusk (*processus Meckelii*).

Fig. 3, Den fortil lidt udvidede Ende af den saakaldte Urvomerbrusk seet ovenfra.

Tab. 2

oplyser fremdeles Bygningen af Fostercraniet af *Balæna japonica* Lac.

Alle tre Figurer ere tegnede i naturlig Størrelse efter det selvsamme Cranium, som ogsaa er afbildet paa Tab. 1.

Der viser sig hos dette Sletbag-Fostercranium i Gangen i Forbeningen en ret mærkelig Afvigelse fra Forholdet hos de andre Bardehvaler, af hvilke Fostre paa et lignende Udviklingstrin ere blevne undersøgte, nemlig Vaagehvalen, *Balænoptera rostrata* (Fbr.) og Pukkelhvalen, *Megaptera boops* (Fbr.), og skjøndt det, naar man sammenligner Figureerne 1 og 2 med de Afbildninger, som Eschricht har givet af Fostercraniet af Vaagehvalen*), nok vil kunne skjønnes, hvori Afvigelsen bestaaer, er det maaskee dog ikke overflødig særligt at fremhæve den. Medens man nemlig hos Fostere paa lignende Udviklingstrin af Vaagehvalen og Pukkelhvalen finder Forbeningen omtrent ligevidt fremskreden i begge Kilebenene (*os sphenoidum posterius* og *anterius*) og navnlig finder de smaa Vinger (*alæ orbitales*) allerede sammensmeltede med det forreste Kilebeens forbenede Midtstykke eller Legeme, er hos dette Sletbag-Foster vel de smaa Vinger forbenede, men i selve det forreste Kilebeens Legeme er der endnu ikke begyndt nogensomhelst Forbening, hvorimod det bageste Kilebeens Forbening er ligesaa vidt fremskreden som hos Fostre af Vaage- og Pukkelhvalen af lignende Modenhed, saa at baade Legemet og de store Vinger ere ikke blot forbenede, men tillige allerede fuldstændigt sammensmeltede til et eneste sammenhængende Hele. Hvorvidt denne forholdsviis sene Forbening af det forreste Kilebeens Midtstykke maatte være eiendommelig for Sletbagene i Almindelighed i Modsætning til Finhvalerne og Pukkelhvalerne, maa naturligviis indtil videre lades uafgjort; men at det maaskee kunde være Tilfældet, derfor taler den Omstændighed, at jeg paa et Fostercranium af Grønlandshvalen, der er henimod tre Gange saa stort som det her afbildede af den japanske Sletbag, finder det forreste Kilebeen endnu stedse at være betydelig længere tilbage i sin Forbening end det bageste, idet vel den mod Hjernehulen vendende Overflade af Legemet er forbenet og

*) Eschricht, Undersøgelser over Hvaldyrene, 5te Afh. Tab. XIII, i Kgl. D. Vidensk. Selsk. naturvid. og mathem. Afhandl. 12te Deel. Kbhvn. 1846.

sammensmeltet med de smaa Vinger, men Forbeningen er ikke naaet ned til den underste Overflade, hvor Kilebeenslegemet endnu viser sig som en bred Brusk mellem de forbenede *alæ orbitales*.

Fig. 1, Ansigtets Axebrusk eller det bruskede Urplougbeen og de med den i Forbindelse staaende Been langs Hovedskallens Grundflade.

AA-AA, den allerede forbenede Deel af Nakkebenets Sidedeel (*pars lateralis ossis occipitis*).

a, det store Nakkehul (*foramen magnum*).

B, den forbenede Deel af Nakkebenets Grunddeel (*pars basilaris ossis occipitis*).

b-b, de endnu bruskede Nakkeledknubbe (*condyli occipitales*).

Cy-Cy, Fjeldbenene (*ossa petrosa*).

c-c-d, Brusklaget mellem Nakkebenets Sidedeile, dets (borttagne) Skjældeel (*pars occipitalis ossis occipitis*) og de ligeledes borttagne Tindingebenene (*ossa temporum*); navnlig betegne *c-c*, Randene, med hvilke Brusken støder til Tindingebenene, *d*, Randene, hvormed den støder til *pars occipitalis oss. occ.*

e-e, Brusklaget mellem Nakkebenets Grunddeel (*pars basilaris oss. occ.*) og samme Beens Sidedeel (*pars condyloidea oss. occ.*).

E, det bageste Kilebeens Midtstykke (*os sphenoidium posterius*).

G-G, de store Kilebeensvinger (*alæ magnæ*).

H, de smaa Kilebeensvinger (*alæ parvæ*).

h-h, Bindevævs-Forbindelse mellem Fjeldbenet og Brusklaget mellem Nakkebenet og det bageste Kilebeen.

i, Brusklaget mellem Nakkebenets Grunddeel og det bageste Kilebeen.

k-k, en Bruskstrimmel, som bagtil fæster sig til Fjeldbenene, fortil staae i Forbindelse med de smaa og store Kilebeens-Vinger, og som udgaae fra en knopformig Opsvulning af Siebenet (*m*).

l, det endnu bruskede Midtstykke af det forreste Kilebeen (*os sphenoidium anterius*).

m, den ovenfor omtalte Knub paa Siebenet (*os ethmoidium*).

n'-n-n', det bruskede Siebens Sieplade (*lamina cribrosa*) gjennemboret af Hullerne for Lugtnerverne.

o, en kegleformig Brusk-Tap, som udgaae fra den forreste Rand af Siepladen og strækker sig ind i en tilvarende Huulhed mellem de to Pandebeen.

p-r-p, den Deel af Ansigtets Axebrusk, som nærmest svarer til Siebenets labyrinthformede Deel.

q-q, Stedet, hvor Næsegangen forlader Ansigtets Axebrusk for at naae ned til Ganebenet.

s-s, den Deel af Ansigtets Axebrusk, som dannes af Næsegangens øvre Væg.

t, en tynd Bruskbeklædning af de ydre Næsebor, der nærmest svare til Næsefoliene.

u-u, de ydre Næsebor.

v-v, to fra Ansigtets Axebrusk udgaaende smalle Bruskplader, der skyde sig ind mellem Overkæbbebenet og Plougbenet og saaledes betegne Grænsen mellem den Deel af den store Brusk, der ligger skjult i Plougbenet, og den af dette fremragende Deel.

$z-x$, den Deel af Ansigtets Axebruk, som udfylder Mellemmrummet mellem Mellemkjæbebenene, og som Eschricht (hos Vaagehvalen) betragtede som nærmest svarende til den bruske Næseskillevægs forreste Rand.

$\alpha-\alpha$, en lille Forbening i de ydre Næsebors tynde Bruskbeklædning, rimeligviis svarende til Tryknoglerne, skjøndt de ligge lidt længere bagtil, end Tilfældet er hos Delphinerne, hvor disse Knogler findes lige ved den forreste Rand af Næseaabningen.

Fig. 2. Hovedskallen seet fra Siden; paa venstre Side ere de Knogler, der danne Hjerne-kassens Loft og Sidevæg borttagne saaledes, at man seer lidt ovenfra ind i Hjerne-hulen. De Dele, som ogsaa ere fremstillede paa Fig. 1, ere her betegnede med de samme Bogstaver som der, og for deres Vedkommende er det altsaa tilstrækkeligt at henvise til Forklaringen af Bogstaverne paa denne Figur. De øvrige Bogstaver betegne følgende Been eller Regioner:

D, Mellemissenbet (os *interparietale*).

F, det høire Pandebeen (os *frontale dextrum*).

F', den indvendige mod Hjernehulen vendende Væg af det høire Pandebeen.

f, den Flade paa Nakkebeensbrusken, til hvilken den allerede forbenede Deel af dette Beens høire *pars condyloidea* har siddet fast.

K, den indadvendende Side af det høire Issebeen (os *parietale sinistrum*).

J-J, det høire Mellemkjæbebeen (os *intermaxillare dextrum*).

L, det venstre Vingeben (os *pterygoideum sinistrum*).

M-P, det venstre Ganebeen (os *palatinum sinistrum*).

N, det høire Næsebeen (os *nasi dextrum*).

O, Nakkebenets øverste Plade (*pars occipitalis ossis occipitis*).

T, den indre Overflade af høire Tindingbeen (os *temporum dextrum*).

Q, det venstre Vingebens Krog (*hamulus ossis pterygoidei sinistri*).

V, Plougbenet (*vomer*).

y, den opklippede venstre Næsegang.

z, det venstre Næsebors endnu af Sliimhuden bedækkede Lukkemuskel.

Fig. 3. Et Stykke af Ansigtets Axebrusk, hvorpaa Næseaabningerne og en Deel af Siebenet ere fremstillede, seete lige fra Siden. Bogstaverne have samme Betydning som paa Fig. 1.

Tab. 3.

Hjernen af en udvoxen Krepokak eller Pukkelhval, *Megaptera boops* (Fbr.), afbildet i naturlig Størrelse.

Denne Hjerne, som veier 7 Pund (see: Vid. Selsk. naturv. og mathem. Afh. 12 B. S. 237), opbevares i Universitetets physiologiske Museum.

Fig. A, Hjernen seet fra venstre Side.

- a*, den forreste og *d*, den bageste Lap af Hjernevedhænget (*hypophysis*).
c-b, Bindevævs-Forbindelse mellem Hjernevedhængets to Lapper.
e, *tuber cinereum*.
f, Tragten (*infundibulum*).
g, Broen (*pons Varolii*).
 2, Synsnerven (*nervus opticus*).
 3, den sælles store Øiemuskelnerve (*nervus oculi motorius*).
 4, den øvre Øiemuskelnerve (*nervus trochlearis*).
 5^{mot.}, femte Nervepars Bevægelsesgreen (*portio minor*).
 5, femte Nervepars Følelsesgreen (*portio major*).
 2*-2* og 3*-3* andet og tredje Par Halsnerver (*nervi cervicales*).

Fig. B, Hjernevedhænget (*hypophysis*) og de med det i Forbindelse staaende Dele seete forfra.

- a*, Hjernevedhængets forreste Lap.
d, Sammes bageste Lap.
e, *tuber cinereum*.
f, *infundibulum*.
 3-3, de store Øiemuskelnerver (*nervi oculorum motorii*).

Fig. C. De samme Dele, som ere fremstillede paa Fig. B., men Hjernevedhængets forreste Lap er dreiet om paa Siden

- a*, Hjernevedhængets forreste Lap.
d, Sammes bageste Lap.
b-c, Bindevævsforbindelsen mellem dem.
e, *tuber cinereum*.
 2, *chiasma nervorum opticorum*.
 3, den store Øiemuskelnerve.

Tab. 4.

Den paa forrige Tavle afbildede Krepokak-Hjerne seet fra Grundfladen. Dens forskellige Dele ligge tildeels lidt forskudte af deres naturlige Stilling, og paa venstre Side ere alle Hjernens og den forlængede Marvs Nerver med Undtagelse af Lugtenerven afskaarne ved Roden.

- a*, den forreste Lap af Hjernevedhænget (*hypophysis*).
b-c, Bindevævs Masse, som forbinder Hjernevedhængets to Lapper.
e, Hjernelaarene (*crura cerebri*).
g, Broen (*pons Varolii*).
k-k, de forreste Pyramider (*corpora pyramidalia*).
 1-1, Lugtenerverne (*nervi olfactorii*).

- 2-2-2^a, Synsnerverne (*nervi optici*) foran og bagved *chiasma*.
 3-3, de fælles Øiemuskelnerver (*nervi oculorum motorii*)
 4-4, de øvre Øiemuskelnerver (*nervi trochleares*).
 5^{mot.}-5^{mot.}, femte Nervepars Bevægelsesgrene (*portiones minores*).
 5-5, den øvrige Deel af femte Nervepar (*portiones majores*).
 6-6, de ydre Øiemuskelnerver (*nervi abducentes*).
 7-7, Ansigtsnerverne (*nervi faciales*).
 8-8, Høreneerterne (*nervi acustici*).
 9-9, Smagsnerverne (*nervi glossopharyngei*).
 10-10, de omvankende Nerver (*nerui vagi*).
 11-11, Binerverne eller Nakkemuskelnerverne (*nervi accessorii Willisii*).
 12-12, Tungens Bevægelsesnerver (*nervi hypoglossi*).
 1* - 1* }
 2* - 2* } de tre forreste Rygmarvsnervers forreste Rodder.
 3* - 3* }

Tab. 5.

Til Oplysning af Hjertets Bygning hos den nyfødte Grønlandshval (*Balaena mysticetus* L.); Præparatet, hvorefter Afbildningerne ere udførte, opbevares i Universitetets zoologiske Museum. Alle Figurerne ere afbildede i $\frac{2}{3}$ af den naturlige Størrelse; et Brudstykke af Fig 1 har Eschricht allerede i Aaret 1852 ladet kopiere i Træsnit og benyttet i sit Værk «das physische Leben» S. 218.

Fig. 1. Hjertet aabnet saaledes, at man seer ind i det venstre Hjertekammer og det venstre Forkammer.

- a, Lungepulsaaen (*arteria pulmonalis*).
 b, Lungepulsaaens venstre Green (*arteria pulmonalis sinistra*).
 c, Den botalliske Gang (*ductus arteriosus Botallii*).
 d, Lungepulsaaens høire Green (*arteria pulmonalis dextra*).
 e, et ligamentøst Bindevæv, som gaar fra Lungepulsaaen til Hjertet.
 f-f, den indre Overflade af det venstre Forkammer (*atrium sinistrum*).
 g, en af Trabecularmusklerne (*trabecula carneæ*)
 h-h, det venstre Hjerteøre (*auricula sinistra*) seet udvendigfra.
 i-k-l, den maskede sækkformige Klap for det ovale Hul (*foramen ovale*), som gennem denne Aabning rager ind i det venstre Forkammer og derfra med sin Bund hænger ned i det venstre Kammer gennem *ostium venosum*.
 m-n, de to Flige af Klappen til venstre Forkammer (*valvula mitralis*).
 o-o, to Vortemuskler (*musculi papillares*) med deres *chordæ tendineæ*.
 p-p-p-p-p-p, det venstre Hjertekammers tykke gjennemskaarne Vægge.
 q-q-q-q-q, det venstre Hjertekammers indvendige glatte Overflade.
 r-r-r, de tre halvmaaneformige Klapper ved Indgangen til Aorta (*valvule semilunares aorticæ*).
 s, Krandspulsaaen (*arteria coronaria*).

Fig. 2, En Deel af *valvula mitralis* seet fra den mod Hjertekammerets Huulhed vendende Væg.

Fig. 3, det sækformige Næt, som danner den blinde eller lukkede Ende af *valvula foraminis ovalis*, som sees sammenfalden paa Fig. 1 betegnet med Bogstaverne *i*, *k*, *l*, og som synes bestemt til under Fosterlivet at føre Blodet umiddelbart fra det høire Forkammer ind i det venstre Hjertekammer.

Tab. 6.

fremstiller Hovedskallen af en Han af *Hyperoodon latifrons* Gray. fra Færøerne, af hvilken det fuldstændige, 25 Fod lange Skelet opbevares i Universitetets zoologiske Museum.

Eschricht meente, som bekendt, at *Hyperoodon latifrons* kun var opstillet paa den ret gamle Han af den almindelige Døgling, *Hyperoodon rostratus* (see: Oversigt over det Kgl. D. Vidensk. Selsk. Forh. i 1856, S. 132, og Lindes Meddelelser om Københavns Universitet for Aarene 1849—1859. Kbhvn. 1864. S. 738); men Grays Art maa nu ansees for vel begrundet.

Figureerne ere fremstillede i henved en Ottendedeel af den naturlige Størrelse.

Fig. 1, Hovedskallen seet fra venstre Side.

- b*, Issebenet (os parietale).
- c*, Underkæbens Ledknub (*processus condyloideus maxillæ inferioris*).
- f-f'-f'*, Pandebenet (os frontale).
- i-i-i*, Mellemkjæbebenet (os intermaxillare).
- k*, Nakkebenets Ledknub (*condylus ossis occipitis*).
- l-l*, Taarebenet (os lacrymale).
- m, m, m, m, m, m*, Overkjæbebenet (os maxillare).
- n-n*, Næsebenene (ossa nasi).
- o-o*, Nakkebenet (os occipitis).
- t-t-t*, Tindingebenet (os temporum).
- v*, Plougbenet (vomere).
- z-z*, Aagbenet (os zygomaticum).
- mi-mi-mi*, Underkæben (*maxilla inferior*).
- x-x*, Næseborene (nares).

Fig. 2, Hovedskallen seet noget skraat fra Undersiden.

- a*, Tindingebenet's Aagbeens-Udvæxt (*processus zygomaticus ossis temporum*).
- f-f*, Pandebenet (os frontale).
- j'*, Pandebenet's Øiehule-Udvæxt (*processus orbitalis ossis frontalis*).
- g*, Trommehulebenet (*bulla tympani*).
- h*, Vingebenet's Krog (*hamulus ossis pterygoidei*).

- i*, Mellemkjæbebenet (*os intermaxillare*).
k, Nakkebenets Ledknub (*condylus ossis occipitis*).
l-l, Taarebenet (*os lacrymale*).
m-m-m-m-m, Overkjæbebenet (*os maxillare*).
o-o, Nakkebenet (*os occipitis*).
p-p-p, Ganebenet (*os palatinum*).
s, Kilebenet (*os sphenoidum*).
t, Tindingebenet (*os temporum*).
u-u, Vingebenet (*os pterygoideum*).
v-v-v-v, Ploughbenet (*vomer*).
z-z-z, Aagbenet (*os zygomaticum*).

Fig. 3, Hovedskallen seet ovenfra.

- f-f-f*, Pandebenene (*ossa frontalia*).
f'-f', Pandebenets Øiehuleudvæxt (*processus orbitalis oss. front.*).
i-i-i-i-i-i-i, Mellemkjæbebenene (*ossa intermaxillaria*).
l-l, Taarebenene (*ossa lacrymalia*).
m-m-m-m-m-m-m, Overkjæbebenene (*ossa maxillaria*).
m^o, den overordentlig høie og tykke Kam paa Overkjæbebenet (*crista maxillæ superioris*).
n-n, Næsebenene (*ossa nasi*).
o, Nakkebenet (*os occipitis*).
l, Tindingebenet (*os temporum*).
v, Ploughbenet (*vomer*).
z-z, Aagbenene (*ossa zygomatica*).
x-x, Næseborene (*nares*).

Tab. 7

fremstiller et mandligt Foster af den almindelige Døgling, *Hyperoodon rostratus* (Chemn.), opbevaret i Universitetets zoologiske Museum. Alle Figurerne ere i halv naturlig Størrelse.

Fig. 1, Fosteret seet fra Siden.

- a*, Pladsen for Gattet (*anus*).
b, Pladsen for Kjønslømmet (*penis*).
u, Navlestrengen (*funiculus umbilicalis*).

Fig. 2, Hovedet seet ovenfra.

Fig. 3, Halen med Gattet og Kjønslømmet, seet nedefra.

Fig. 4, Skelettet af samme Foster indtegnet i sin Silhouette.

- b-b*, Issebenet (*os parietale*).
f, Pandebenet (*os frontale*).
g, Trommehulebenet (*bulla tympani*).
i, Mellemkjæbebenet (*os intermaxillare*).

- m*, Overkjæbebenet (*os maxillare*).
*m*², Overkjæbebenets Kam (*crista ossis maxillaris*).
n, venstre Næsebeen (*os nasi sinistrum*).
n-d, høire Næsebeen (*os nasi dextrum*).
o-o, Nakkebenet (*os occipitis*).
t-t'', Tindingebenet (*os temporum*).

Tab. 8

fremstiller Tændernes Stilling og Slid hos Hvidfisken, *Delphinapterus leucas* (Pall.), navnlig for at vise, at det nære Slægtskab, som der overhovedet er mellem denne Delfin og Narhvalen (*Monodon monoceros* L.), ogsaa er til en vis Grad antydnet i deres i andre Henseender vidt forskellige Tandforhold, forsaavidt som ogsaa hos Hvidfisken Tænderne i Overkjæben vise fra Ungdommen af en Tilnærmelse til den meget skraa, til den horizontale sig nærmende Retning, som udmærker Stødtanden og tildeels ogsaa de 2 til 3 bag den sidgjennem hvilket dende rudimentære Overkjæbetænder hos Narhvalen.

- Fig. 1, Hovedskallen af en ung Hvidfisk afbildet i $\frac{1}{4}$ af den naturlige Størrelse. Alveolar-Renden er opmeislet i begge Kjæber, saaledes at Tænderne sees i deres fulde Længde, holdte i den rette Stilling ved en Strimmel af det indtørrede Tandkjød, gjennem hvilke de sees at rage frem med deres yderste Spids.
- Fig. 2, De temmelig slidte Over- og Underkjæbe-Tænder af en ældre Hvidfisk, udtagne af Knoglerne, hvori de sidde, men fastholdte i deres Stilling til hinanden ved det tørrede Tandkjød. Naturlig Størrelse.
- Fig. 3, Det paa samme Maade som forrige behandlede Tandsæt af et andet Individ; det er endnu stærkere slidt end forrige, og slidt paa en anden Maade; det afgiver saaledes tillige et Exempel paa de individuelle Forskjelligheder, der vise sig i Slidet af Tænderne hos disse Dyr. Naturlig Størrelse.

Tab. 9.

Hjernen af Marsvinet, *Phocaena communis* Brook., i naturlig Størrelse.

- Fig. 1, Hjernen seet fra Undersiden; paa høire Side ere, med Undtagelse af Synsnerven og Nerven for den øvre skjæve Øiemuskel, de øvrige Nerver afskaarne ved deres Udspring.

- a*, Rygmarven (*medulla spinalis*).
b, de forreste Pyramider (*corpora pyramidalia*).
c, den forlængede Marv (*medulla oblongata*).

- d, Broen (*pons Varolii*).
- e, Hjernevedhængen (*hypophysis*).
- 2-2, Synsnerverne (*nervi optici*).
- 3, den store Øiemuskelnerve (*nervus oculi motorius*).
- 4, Nerven for den skjæve øvre Øiemuskel (*nervus trochlearis*).
- 5, den tredeelte Nerve (*nervus trigeminus*).
- 6, den ydre Øiemuskelnerve (*nervus abducens*).
- 7, Ansigtsnerven (*nervus facialis*).
- 8, Høreneerven (*nervus acusticus*).
- 9, Smagsnerven (*nervus glossopharyngeus*).
- 10, den omvankende Nerve (*nervus vagus*).
- 11, Binerven (*nervus accessorius Willisii*).
- 12, Tungens Bevægelsesnerve (*nervus hypoglossus*).

Fig. 2, Samme Hjerne seet ovenfra.

Fig. 5.

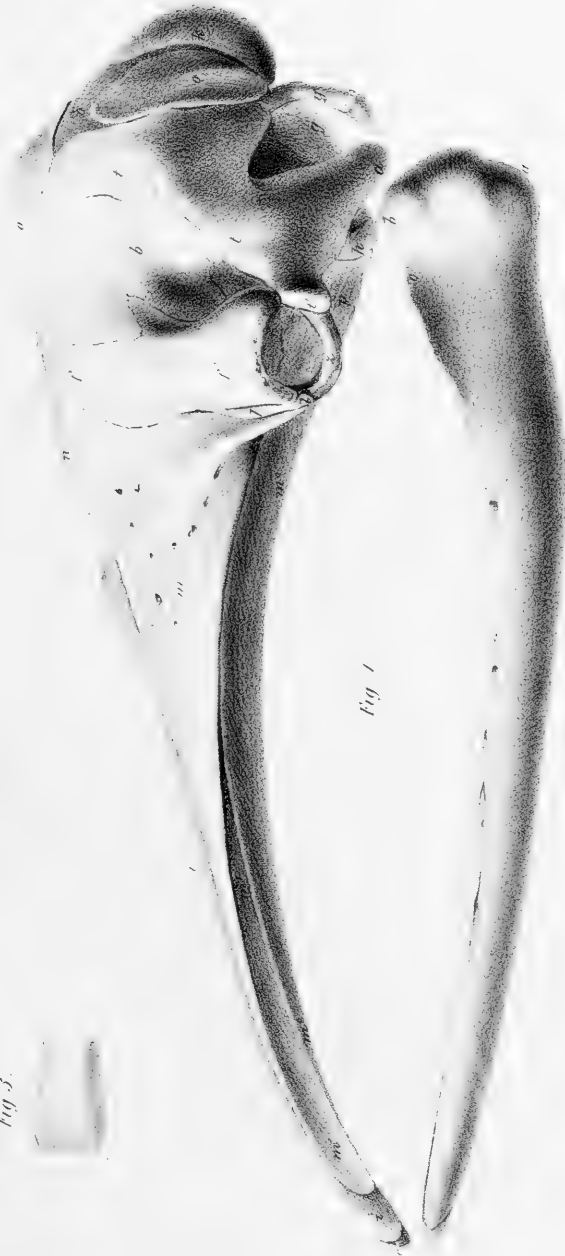
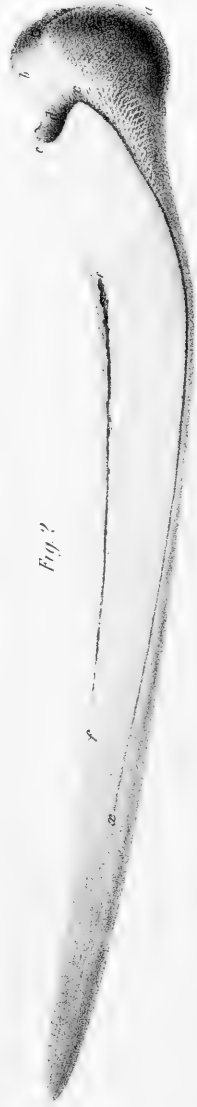
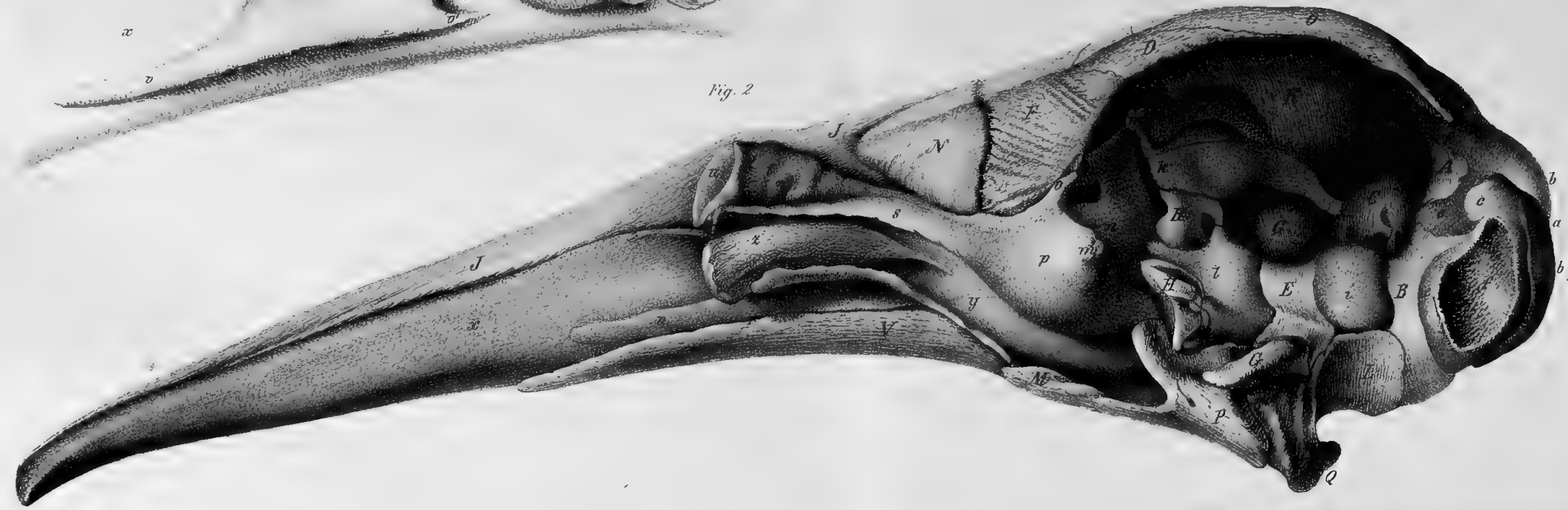
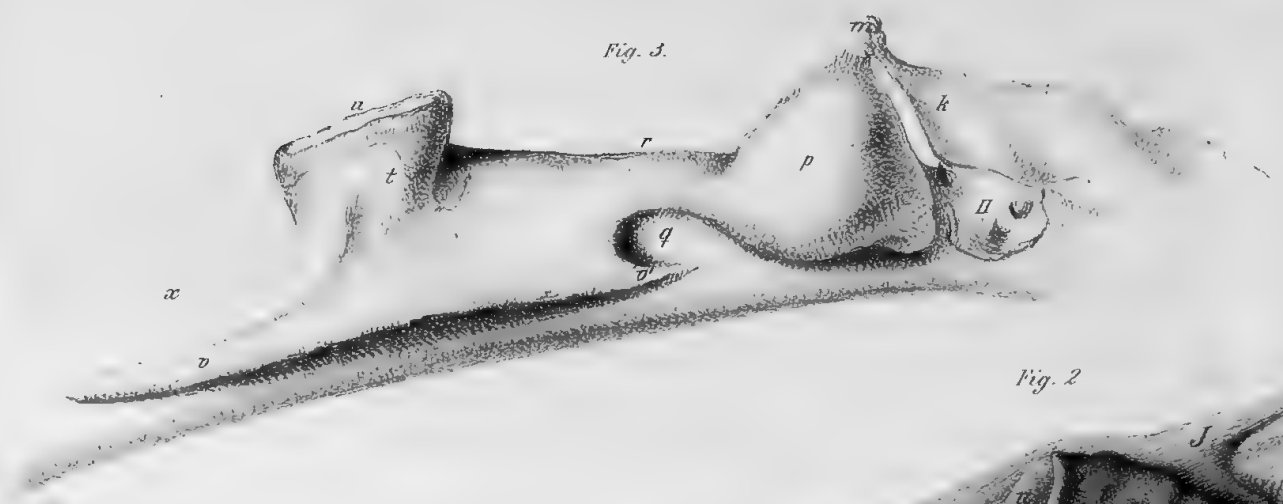


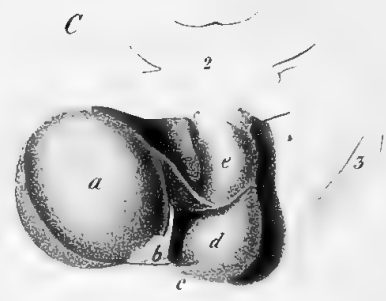
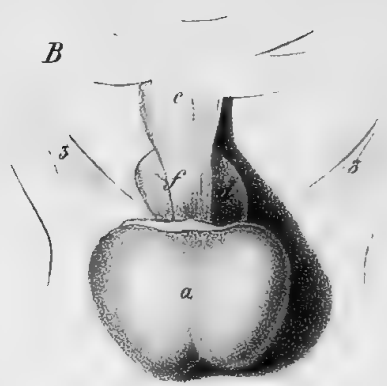
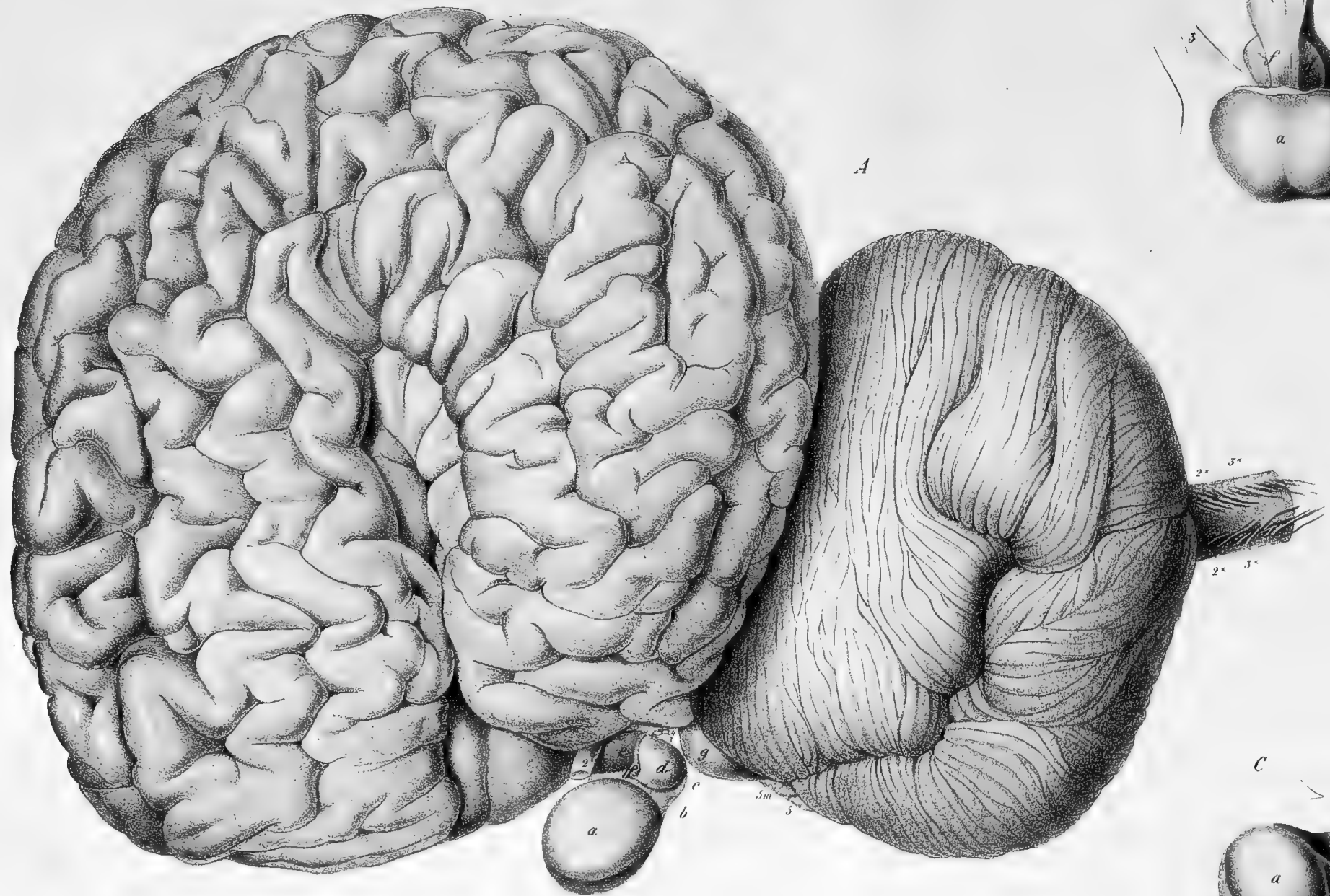
Fig. 1

Fig. 2









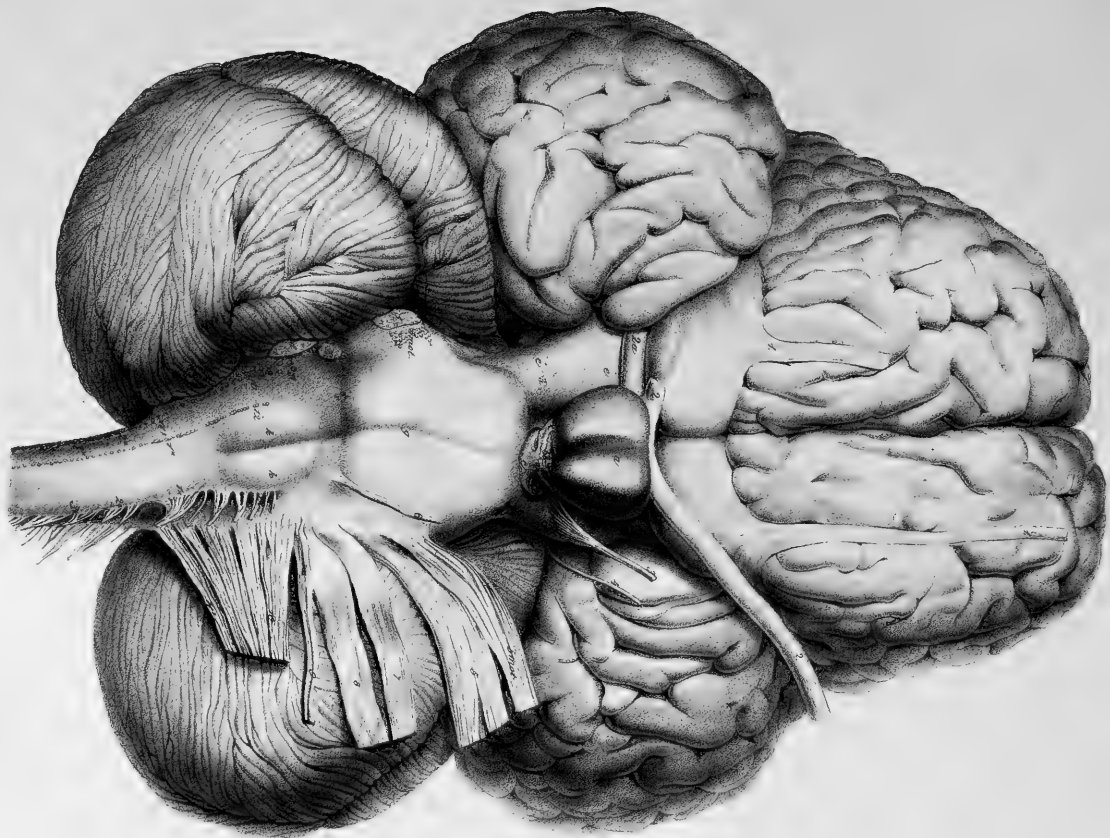




Fig. 1.



Fig. 2.

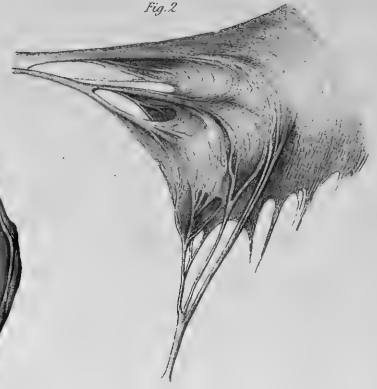
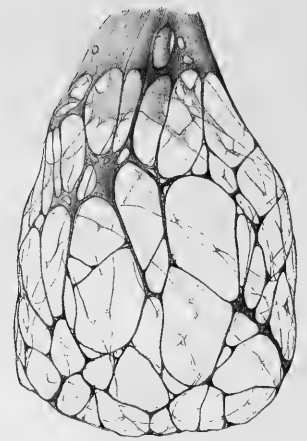
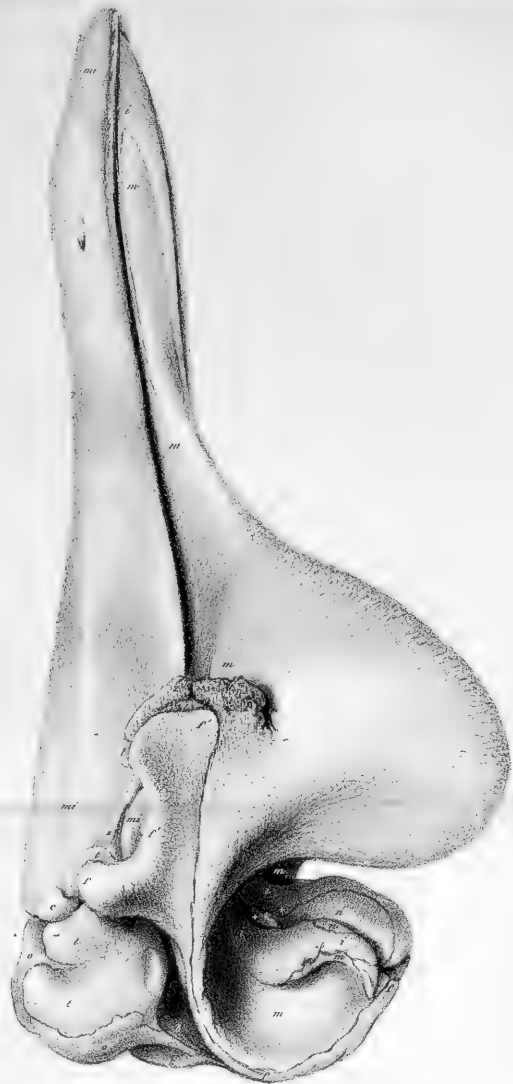
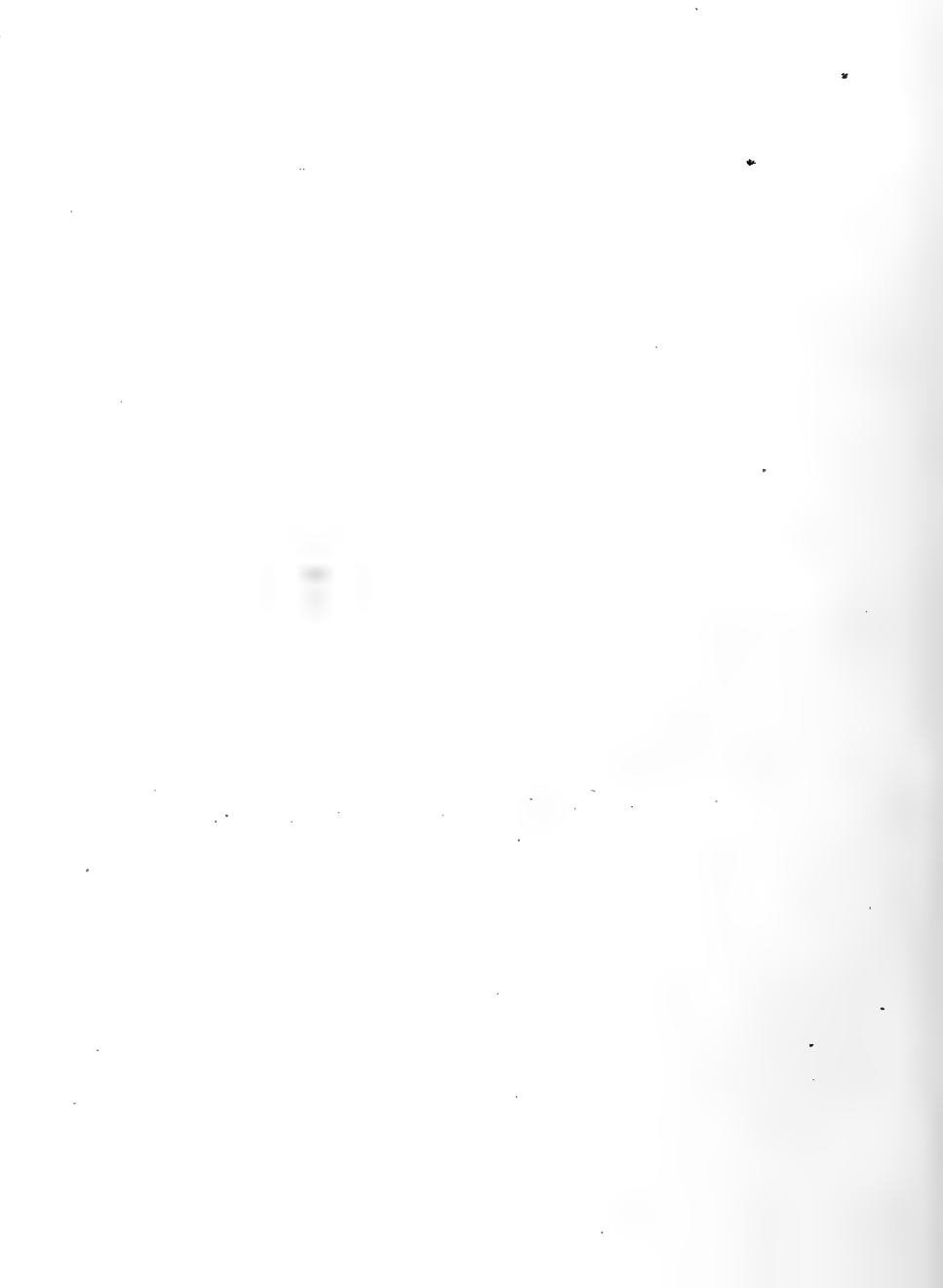


Fig. 3.









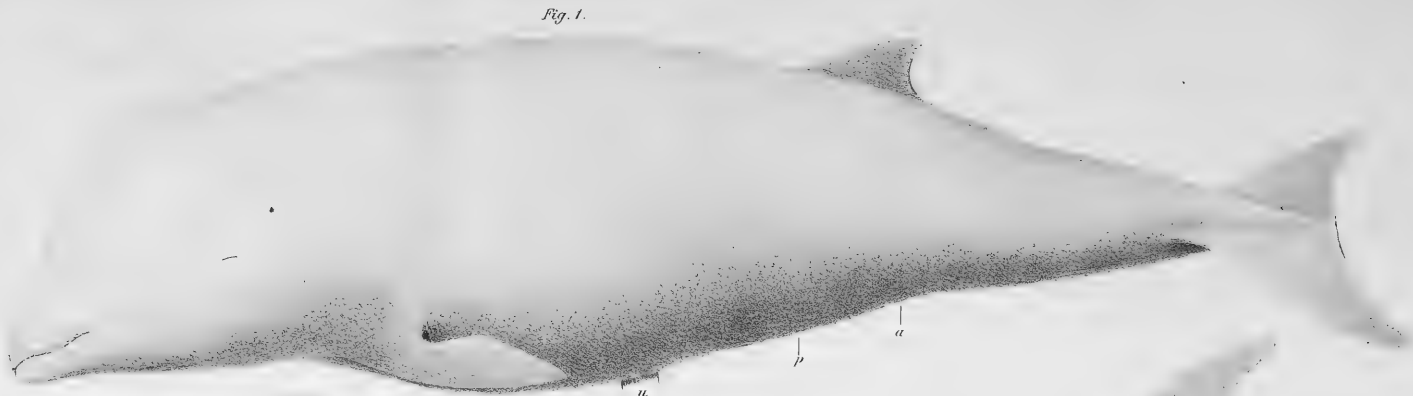


Fig. 1.

Fig. 2.

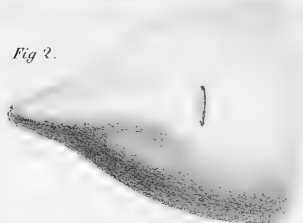


Fig. 3.



Fig. 4.

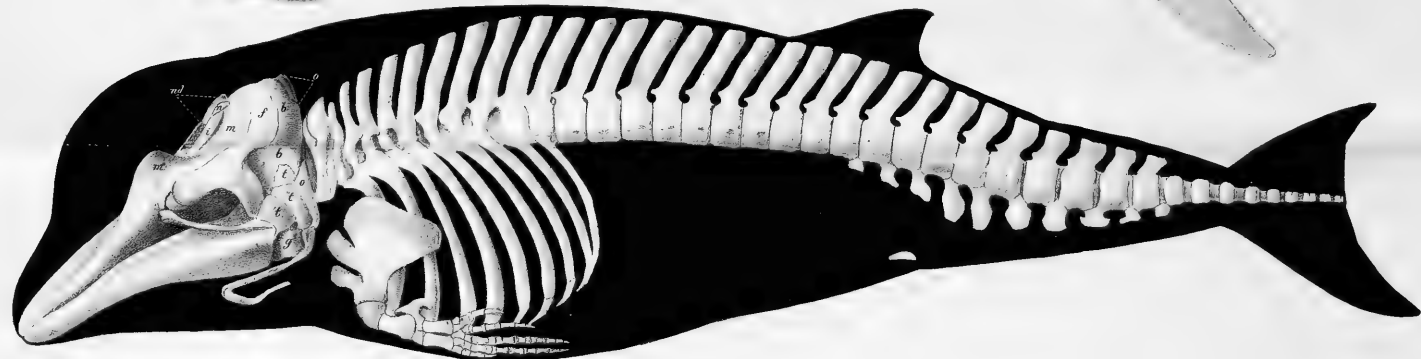


Fig. 4.

Fig. 1.

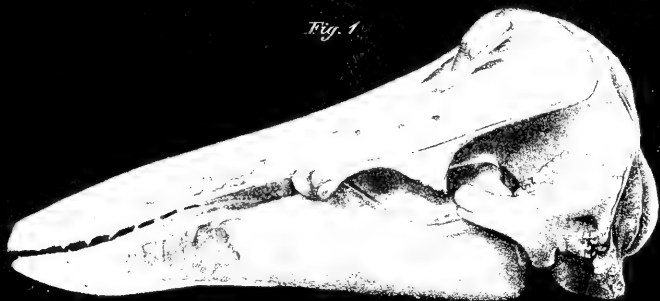
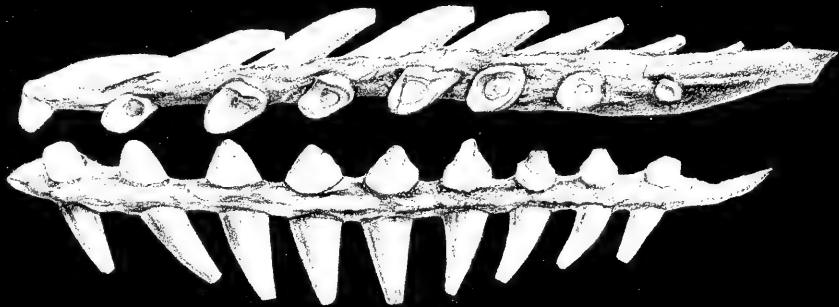


Fig. 2.



Fig. 3.



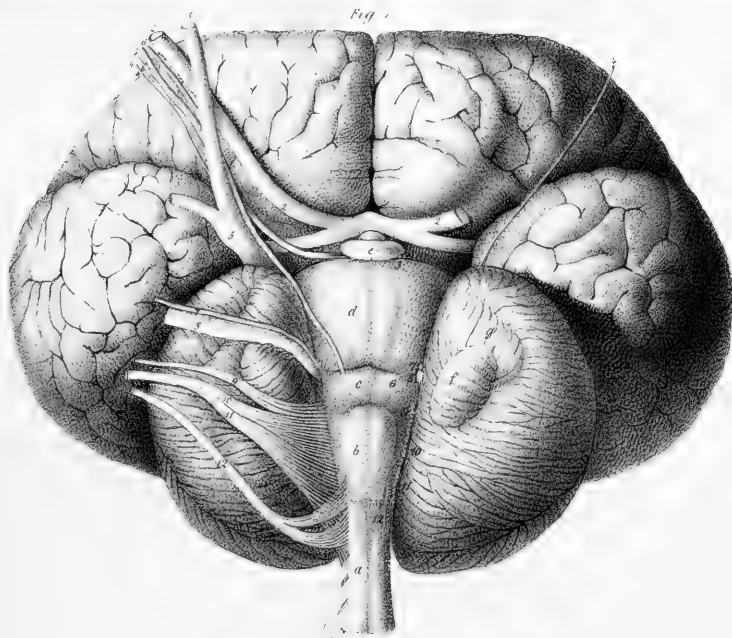
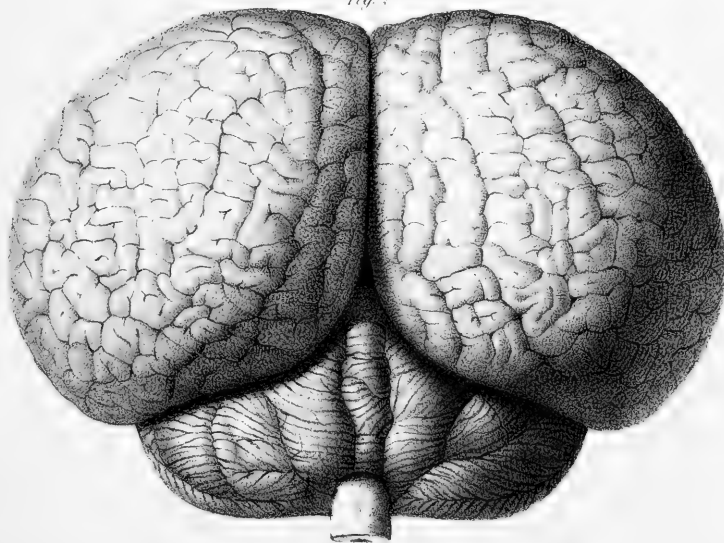


Fig. 2





Thermochemiske Undersøgelser.

- V. Qvælstoffets, Phosphorets og Arsenikens Syrer.
- VI. Myresyre, Eddikesyre, Oxalsyre, Ravsyre, Viinsyre og Citronsyre.
- VII. Chromsyre, Kulsyre og Svovlbrintesyre.
- VIII. Oversigt over Resultaterne af Undersøgelserne med Hensyn til Syrernes Neutralisation og Basicitet.

Ved

Julius Thomsen.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd., 9 B. II.

Kjøbenhavn.

Blanco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

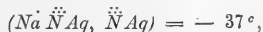
1870.

V. Qvælstoffets, Phosphorets og Arsenikens Syrer.

Den Analogi mellem Qvælstof, Phosphor og Arsenik, som træder tydeligt frem i Brintforbindelserne og de hermed analoge Forbindelser, viser sig, som bekendt, ikke i disse Stoffers Forbindelser med Ilt. Mellem Salpetersyre paa den ene og Phosphorsyre og Arseniksyre paa den anden Side er Forskjellen saa stor som muligt, og man kunde derfor vente, at disse Syrer vilde vise en betydelig Forskjel i thermochemisk Henseende, saaledes som det ogsaa er fremgaaet af Forsøgene. I nærværende Afsnit skal jeg nu meddele mine Undersøgelser over *Salpetersyre*, *Arseniksyre* og alle Phosphorets Syrer, nemlig *Phosphorundersyrling*, *Phosphorsyrling* og *Phosphorsyreus* tre Modificationer, med al fornøden Detail.

I. Salpetersyre.

Undersøgelserne over Salpetersyren har jeg allerede i en tidligere Afhandling meddeelt næsten i deres hele Udstrækning. Af Forsøgene Nr. 68—71 fremgaaer det, at



eller med Ord, at Varmeudviklingen ved Salpetersyrens Neutralisation med Natron er 13617°, og at et Overskud af Salpetersyre ikke frembringer nogen yderligere Varmeudvikling, men at tvertimod Salpetersyrens Indvirkning paa salpetersuurt Natron er ledsaget af en ringe Varmeabsorption, der dog kun beløber sig til 3 Promille af Neutralisationsvarmen. Jeg har allerede tidligere gjort opmærksom paa, at *Favre og Silbermanns* Bestemmelse af Neutralisationsvarmen er feilagtig, idet den er 12 Procent for høi.

Varmeudviklingen ved Neutralisationen stiger, som det sees af nedenstaaende

Forsøg, næsten proportionalt med Syremængden, indtil denne naaer 1 Æquivalent for hvert Æquivalent Natron, et Resultat, som jeg ligeledes har fundet for Svovlsyre og Chlorbrintesyre, som angivet i en tidligere Afhandling. Af nedenstaaende Forsøg Nr. 202, hvor der blandedes vandige Opløsninger af Natron og salpetersuurt Natron, er Varmeudviklingen 0, hvilket er et fuldstændigt Beviis for den omtalte Proportionalitet.



Nr.	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
202	{ 18,5 ^o 18,5	{ 18,525 ^o 18,510	{ 18,540 ^o 18,525	{ 18,530 ^o 18,520	{ -2 ^c +2	{ } $\frac{1}{6}$	0

Alle Betegnelser have samme Betydning som tidligere (see Afsnit I), idet
 $a = b = 450$ Gr., $p = 13$ Gr. og $q = 0$.

Salpetersyrens Aviditet er, som allerede tidligere viist, lig Chlorbrintesyrens og større end de øvrige Syrer. Da jeg har sat Chlorbrintesyrens Aviditet som Eenhed, bliver ligeledes *Salpetersyrens Aviditet* 1,0.

2. Orthophosphorsyre.

Orthophosphorsyren er en trebasisk Syre, og det er derfor nødvendigt at bestemme Størrelsen af den thermiske Reaction ved Neutralisation med Natron i et større Omfang end ved de andre Syrer. I de alt meddeelte Forsøg Nr. 96—104 har jeg bestemt Varmeudviklingen ved Indvirkning af 1 Æquivalent Natron paa $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 1 og 2 Moleculer Phosphorsyre, idet jeg foreløbigt ved 1 Molecul Phosphorsyre forstaaer en Vægt, svarende til Formlen PO^5 . For i Formlerne at kunne skjelne Orthophosphorsyren fra de andre Modificationer, skriver jeg dens Formel \ddot{P}_c .

Resultaterne af Forsøgene ere følgende:

n	$(N\ddot{a} Aq, n \ddot{P}_c Aq)$	m	$(m N\ddot{a} Aq, \ddot{P}_c Aq)$
$\frac{1}{6}$	5880 ^c	$\frac{1}{6}$	7329 ^c
$\frac{1}{3}$	11343	1	14829
$\frac{1}{2}$	15539	2	27078
1	14829	3	34029
2	14658	6	35280

Da 1 Molecul Phosphorsyre svarer til 3 Æquivalenter, dannes det normale Salt, naar 1 Æquivalent Natron indvirker paa $\frac{1}{3}$ Molecul Phosphorsyre; i dette Tilfælde har man

$$(\overset{\cdot}{N}a\overset{\cdot}{A}g, \frac{1}{3}\overset{\ddot{}}{P}_c\overset{\ddot{}}{A}g) = 11343^{\circ}$$

Indtil dette Punct stiger Varmeudviklingen næsten proportionalt med Syremængden; thi man har, som ovenfor angivet,

$$(\overset{\cdot}{N}a\overset{\cdot}{A}g, \frac{1}{6}\overset{\ddot{}}{P}_c\overset{\ddot{}}{A}g) = 5880^{\circ}$$

Dette Forhold er ikke eiendommeligt for Orthophosphorsyren, thi jeg har for de fleste Syrers Vedkommende viist, at Varmeudviklingen voxer proportionalt med Syrens Mængde, indtil denne naaer 1 Æquivalent mod 1 Æquivalent Natron. Overskrider Syremængden 1 Æquivalent ($\frac{1}{3}$ Molecul), stiger Varmeudviklingen, men ingenlunde proportionalt med Syrens Mængde; thi vi have

$$(\overset{\cdot}{N}a\overset{\cdot}{A}g, \frac{1}{3}\overset{\ddot{}}{P}_c\overset{\ddot{}}{A}g) = 13539^{\circ}$$

$$(\overset{\cdot}{N}a\overset{\cdot}{A}g, \overset{\ddot{}}{P}_c\overset{\ddot{}}{A}g) = 14829$$

Medens Moleculets første og anden Sjettedeel give Varmeudviklinger af 5880° og 5463° , giver den tredje Sjettedeel kun 2196° og den anden Halvdeel af Moleculet kun 1290° . Forst naar Syrens Mængde beløber sig til et heelt Molecul, indtræder Maximum af Varmeudvikling, og ved en yderligere Forøgelse af Syremængden indtræder en Formindskelse i Varmeudviklingen; vi have nemlig

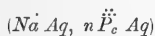
$$(\overset{\cdot}{N}a\overset{\cdot}{A}g, 2\overset{\ddot{}}{P}_c\overset{\ddot{}}{A}g) = 14658^{\circ}$$

Dette Forhold er en Anomali, thi for de fleste Syrers Vedkommende, som til Exempel for Brintesyrene af Fluor, Chlor, Brom og Jod, for Svovlsyre, Selenisyre, Salpetersyre og Fluskiselsyre samt for flere andre Syrer, som jeg senere skal omtale, indtræder Formindskelsen i Varmeudviklingen, saasnt Syrens Mængde overskrider et Æquivalent, medens den ved Phosphorsyren først fremtræder, naar Syremængden overskrider 1 Molecul eller 3 Æquivalenter. Man vil maaskee søge at forklare dette Forhold deraf, at Phosphorsyren er en trebasisk Syre; men man maa erindre, at Citronsyren, der er en fuldstændigt karakteristisk trebasisk Syre, afviger aldeles fra Phosphorsyren i denne Henseende; jeg kommer senere tilbage dertil.

Den anden Talrække viser, hvorledes Varmeudviklingen ved constant Syremængde voxer med Basens Mængde, i Begyndelsen næsten proportionalt med denne, indtil den naaer 1 Æquivalent mod 1 Molecul Phosphorsyre, derefter mindre stærkt, indtil Natronets Mængde er 3 Æquivalenter, hvorefter Tilvæksten i Varmeudvikling kun er meget ringe; fra 3 til 6 Æquivalenter Natron stiger Varmeudviklingen saaledes kun med 1251° eller omtrent $3\frac{1}{2}$ Procent. Et Molecul Phosphorsyre udvikler saaledes med det

1ste Æquivalent Natron	14829 ^c
2det — —	12249
3die — —	6951.

Allerede for 16 Aar siden (Pogg. Ann. XCI p. 93) har jeg undersøgt Phosphorsyrens Neutralisationsforhold. De Resultater, som jeg dengang vandt med mindre fuldkomne Apparater, stemme bedre med mine nye Forsøg, end man skulde vente, hvilket følgende Sammenligning viser:



<i>n</i>	ældre Forsøg.	nye Forsøg.
$\frac{1}{2}$	11021 ^c	11545 ^c
$\frac{1}{3}$	15592	15539
1	14976	14829

Derimod stemme mine Forøg aldeles ikke med *Favre & Silbermanns* Resultater; atter her indeholder deres Forsøg en stor Feil, som jeg senere nærmere skal omtale.

Orthophosphoryrens Aviditet er, som tidligere omtalt, ved Sammenligning med Svovlsyrens fundet lig det Halve af denne Størrelse, og da Svovlsyrens Aviditet er bestemt til 0,49, maa Orthophosphorsyrens sættes lig 0,24, naar man vil betegne Aviditeten for 1 Molecul af Phosphorsyren. Det forekommer mig mest correct at udtrykke Phosphorsyrens Aviditet paa denne Maade; thi først, naar der er 1 Molecul Phosphorsyre tilstede mod 1 Æquivalent Natron, er Mætningen i thermochemisk Henseende tilende, idet nemlig en yderligere Tilsætning af Syre fremkalder en Varmeabsorption. Naar saaledes Syremængderne *HCl*, *SO³* og *PO⁵* samtidigt udvirke paa 1 Æquivalent Natron, optræde de med Aviditeterne 1, 0,49 og 0,24.

3. Arseniksyre.

Arseniksyren har den største Lighed med Orthophosphorsyren saavel i almindelig chemisk som i krystallographisk Henseende; de fleste arseniksurre Salte have en Sammensætning, der fuldstændigt svarer til de phosphorsure Salte, og ere isomorfe med disse. Man kunde derfor vente, at Arseniksyren ogsaa i thermochemisk Henseende vilde vise stor Overensstemmelse med Phosphorsyren, en Formodning, som fuldstændigt er bleven stadfæstet ved Forsøgene.

Den calorimetrisk Undersøgelse af Arseniksyren anstilledes ganske paa samme Maade som Forsøgene med Phosphorsyren; i de forskjellige Forsøg bestemtes Indvirkningen af 1 Æqv. Natron paa $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 1 og 2 Moleculer Arseniksyre. Paa lignende Maade som

ved Phosphorsyren betegner jeg med Udtrykket Molecul den Vægt, der svarer til Formlen AsO^5 . Ved Sammenstilling af Resultaterne af Forsøgene Nr. 203—211 med de tilsvarende for Phosphorsyrens Vedkommende har man

β	$(N\overset{\cdot}{a}Ag, \beta \overset{\cdot\cdot}{As}Ag)$	$(N\overset{\cdot}{a}Ag, \beta \overset{\cdot\cdot}{P}_eAg)$
$\frac{1}{6}$	6255 ^c	5880 ^c
$\frac{1}{3}$	11972	11543
$\frac{1}{2}$	15790	15559
1	14994	14829
2	14724	14658

Denne Tabel indeholder Varmedviklingen ved Indvirkningen af 1 Æquivalent Natron paa vekslede Mængder af Arseniksyre og Phosphorsyre; man seer heraf, at Varmedviklingen i begge Tilfælde forholder sig paa en ganske analog Maade; i Begyndelsen stiger den næsten proportionalt med Syremængden, indtil denne naaer $\frac{1}{3}$ Molecul, derefter bliver Tilvæksten mindre, indtil der indtræder et Maximum, naar 1 Molecul af Syren indvirker paa 1 Æquivalent Natron. Ved endnu større Syremængde bliver Neutralisationsvarmen i begge Tilfælde mindre. Ogsaa i numerisk Henseende er der stor Overensstemmelse, dog at Tallene for Arseniksyre gjennemgaaende ere noget hoiere end for Phosphorsyre. Sammenligner man Varmedviklingen for 1 Molecul af Syren med stigende Natronmængde, viser der sig en lignende Overensstemmelse; man finder nemlig

α	$(\alpha N\overset{\cdot}{a}Ag, \overset{\cdot\cdot}{As}Ag)$	$(\alpha N\overset{\cdot}{a}Ag, \overset{\cdot\cdot}{P}_eAg)$
$\frac{1}{2}$	7562	7529
1	14994	14829
2	27580	27078
3	35916	34029
6	37400	35280

Arseniksyren og Phosphorsyren vise saaledes med Hensyn til Neutralisationens Gang et ganske analogt Forhold, saaledes som det var at vente.

Jeg skal nu meddele Enkelthederne ved de herhenhørende Undersøgelser. Arseniksyren var fremstillet ved Iltning af sublimeret Arseniksyrling med Salpetersyre og Saltsyre og indeholdt ikke Spor af disse tre Stoffer. Oplosningens Styrke bestemtes ved Tilsætningen af en Oplosning af en afvejet Mængde Jern i ree Salpetersyre, Inddampning og Glødning. Denne Methode er meget noiagtig og maa foretrakkes fremfor de Methoder, man i Almindelighed anvender. Sammensætningen af de Oplosninger, der anvendtes, var $\overset{\cdot\cdot}{As} + 400 \overset{\cdot\cdot}{H}$

og $N\ddot{a} + 200 \ddot{H}$, kun i Forsøgene Nr. 211 var Natronopløsningen $N\ddot{a} + 400 \ddot{H}$ og i Forsøgene Nr. 203—204 Syreopløsningen $\ddot{A}s + 800 \ddot{H}$.

Nr.		a	b	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro $\mathcal{A}qv.$
205 } 204 }	$(N\ddot{a} Aq, \frac{1}{2} \ddot{A}s Aq)$	$\ddot{A}s$ 360	$N\ddot{a}$ 540	$\left\{ \begin{array}{l} 18,7 \\ 18,7 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 18,585 \\ 18,730 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,410 \\ 18,530 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 20,525 \\ 20,659 \end{array} \right\}$	1868^c	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{3}{10}$	6233
205 } 206 }	$(N\ddot{a} Aq, \frac{1}{3} \ddot{A}s Aq)$	360	540	$\left\{ \begin{array}{l} 18,8 \\ 18,8 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 18,730 \\ 18,745 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 19,290 \\ 19,312 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 25,013 \\ 25,022 \end{array} \right\}$	3596 3587	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{3}{10}$	11972
207 } 208 }	$(N\ddot{a} Aq, \frac{1}{2} \ddot{A}s Aq)$	450	450	$\left\{ \begin{array}{l} 18,9 \\ 18,7 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 18,713 \\ 18,845 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,285 \\ 18,335 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 22,275 \\ 22,367 \end{array} \right\}$	3447 3448	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{4}$	15790
209 } 210 }	$(N\ddot{a} Aq, \ddot{A}s Aq)$	$N\ddot{a}$ 500	$\ddot{A}s$ 600	$\left\{ \begin{array}{l} 19,1 \\ 19,0 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 18,845 \\ 18,900 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,250 \\ 18,590 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 21,189 \\ 21,429 \end{array} \right\}$	2502 2496	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{5}$	14994
211	$(N\ddot{a} Aq, 2 \ddot{A}s Aq)$	300	600	$\left\{ \begin{array}{l} 18,0 \\ 18,3 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 18,100 \\ 18,202 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 17,910 \\ 17,950 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 19,315 \\ 19,373 \end{array} \right\}$	1228 1226	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{12}$	14724

Varmegraderne t_c ere beregnede paa den tidligere angivne Maade efter nedenstaaende enkelte Iagttagelser:

ad	Nr. 203	204	205	206	207	208	209	210
t_1	$20,510$	$20,945$	$23,000$	$23,020$	$22,255$	$22,950$	$21,180$	$21,415$
t_2	510	645	$22,985$	005	245	840	172	412
t_3	505	640	965	$22,980$	235	825	160	405
t_4	495	635	950	970	220	812	150	400
t_5	485	630	940	955	205	800	142	390
t_6	480	620	925	940	195	785	135	380

I alle Forsøgene er $p = 9,7$ Gr. og $q = 10^c$. Beregningen skeer efter den tidligere angivne Formel.

4. Paraphosphorsyre.

Paraphosphorsyre eller Pyrophosphorsyre er som bekendt en tobasisk Syre, der opstaaer ved Glødning af orthophosphorsuurt Natron. Den Syre, som anvendtes i Forsøgene, blev fremstillet af paraphosphorsuurt Natron ved Bundfældning med eddikesuurt Blylte og det udfældte Blysalt Decomposition med Svovlbrinte. Opløsningens Styrke bestemtes med Jern paa den tidligere angivne Maade. De nedenfor under Nr. 212—215 meddeelte Forsøg have givet følgende Resultater:

β	$(N\ddot{a}Ag, \beta\ddot{P}_bAg)$	α	$(\alpha N\ddot{a}Ag, \ddot{P}_bAg)$
$\frac{1}{3}$	9080 ^c	$\frac{1}{3}$	7188 ^c
$\frac{1}{2}$	13184	1	14322
1	14322	2	26568
2	14376	3	27240

Varmeudviklingen ved Natronets Indvirkning paa Paraphosphorsyren stiger næsten proportionalt med Syremængden, indtil denne naaer $\frac{1}{2}$ Molecul mod 1 Æquivalent Natron; derefter stiger den langt mindre stærkt, indtil den naaer Maximum ved Indvirkning af 1 Molecul Syre paa 1 Æquivalent Natron. Forsøget synes vel at give en lille Tilvæxt for 2 Moleculer Syre, nemlig 3—4 Promille, men dette ligger indenfor lagtagelsesfeilenes Grændse. Den anden Talrække viser, at Varmeudviklingen stiger proportionalt med Natronmængden indtil 1 Æquivalent, derefter noget mindre stærkt indtil 2 Æquivalenter; ved yderligere Til sætning af Natron er Varmeudviklingen meget ubetydelig. Dette Forhold er et ganske lignende som det, vi have seet ved Orthophosphorsyre og Arseniksyre, kun at her den stærke Varmeudvikling ogsaa findes ved Tilsætningen af det tredie Æquivalent Natron. Basicitetsforskjellen mellem Ortho- og Paraphosphorsyre træder saaledes tydeligt frem; jeg skal i det Følgende nærmere sammenligne de fundne Tal.

Enkelthederne ved de herhenhørende Forsøg ere følgende:

Nr.		a	b	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
212	$(N\ddot{a}Ag, \frac{1}{3}\ddot{P}_bAg)$	\ddot{P} 360	$N\ddot{a}$ 540	18,4 ^o	17,045	17,726	18,945	1562 ^c	$\frac{2}{3}$	9080 ^c
215	$(N\ddot{a}Ag, \frac{1}{2}\ddot{P}_bAg)$	$N\ddot{a}$ 450	\ddot{P} 450	17,8	17,975	17,855	19,715	1648	$\frac{1}{2}$	13184
214	$(N\ddot{a}Ag, \ddot{P}_bAg)$	300	600	$\left\{ \begin{array}{l} 18,1 \\ 17,3 \end{array} \right.$	17,840	17,662	18,965	1199	$\left. \vphantom{\left\{ \right.} \right\} \frac{1}{1}$	14322
215	$(N\ddot{a}Ag, 2\ddot{P}_bAg)$	300	600		18,4	17,982	17,470	18,280			599	$\frac{1}{4}$	14376

I alle Forsøgene er $p = 9,7$ Gr. og $q = 10^{\circ}$. Oplosningernes Sammensætning er $\ddot{P}_b + 800 \dot{H}$ og $N\ddot{a} + 400 \dot{H}$, kun i Forsøget Nr. 215 er Natronopløsningen sammensat $N\ddot{a} + 800 \dot{H}$.

5. Metaphosphorsyre.

Blandt de forskjellige, tildeels hypothetiske Modificationer af Metaphosphorsyren har jeg til disse Undersøgelser kun anvendt den, som opstaaer, naar man i længere Tid ud-

sætter reent Orthophosphorsyrehydrat for Glødhede. Den saaledes fremstillede Syre har stødse, med en Noiagtighed af en Brøkdeel af en Procent, Sæmmsætningen $HO + PO^3$. Opløsningernes Styrke bestemtes ligesom for de tidligere nævnte Syrer med Jern.

Syren opløser sig i Vand under svag Varmeudvikling, men kun langsomt og under ganske eiendommelige Phænomenener, som tildeels tidligere have været iagttagne. Fra den Platindigel, hvori Syren var smeltet, blev den endnu flydende Syre udgydt i flade Platinskaale for efter Størkningen lettere at kunne opløses. Efter Afkjølingen lagdes Platinskaalen i et Kar med en rigelig Mængde Vand; der viste sig da strax et ganske eiendommeligt Phænomen, idet Syren med en stærkt Knittrou lidt efter lidt splintredes i lutter smaa Fliser, der svømmede flere Timer om i Vædsken, førend de opløstes. Tog man Skaalen med Syren ud af Vandet, viste Syrens Overflade sig blød og ujevn, og af Massen kastedes smaa Stumper langt ud til alle Sider. Med den Vandmængde, der anvendtes til Opløsningen, steg Vædskens Temperatur aldrig mere end et Par Grader. Den fuldstændige Opløsning selv af ganske tynde Blade af Syren tager altid flere Timer.

Syrens Neutralisationsforhold undersøges paa sædvanlig Maade, idet 1 Molecul af Syren bragtes sammen med $\frac{1}{2}$, 1 og 2 Æquivalenter Natron og Varmeudviklingen bestemtes. Den første Forsøgsrække gav et ganske uventet Resultat, idet Varmeudviklingen for $\frac{1}{2}$, 1 og 2 Æquivalenter Natron havde følgende Størrelser:

$$7056^{\circ} - 14400^{\circ} - 21310^{\circ}.$$

Dersom Syren havde været eenbasisk, da skulde efter Alt, hvad jeg hidtil har fundet, Varmeudviklingen stige proportionalt med Natronmængden, indtil denne var 1 Æquivalent mod 1 Molecul af Syren, men derefter ikke forandre sig væsenligt ved stigende Natronmængde. I de nævnte Forsøg er Neutralisationsvarmen 14400° , men det andet Æquivalent Natron frembringer endnu 6910° . Syren nærmer sig saaledes meget til Paraphosphorsyren.

Dette Forhold var altfor usandsynligt, og jeg har derfor gjentaget Forsøgene med flere paany fremstillede Syreprover; men det har ikke været mig muligt at opnaae nogen Overeensstemmelse udenfor de to første Tal. Jeg skal her meddele den hele Række af Iagttagelser, hvorpaa jeg har anvendt meget lang Tid; til hver Forsøgsrække er der anvendt ny Syre.

$\alpha =$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	
$(\alpha N\dot{a} Aq, \ddot{P} Aq)$	7104 ^c	14376 ^c	16384 ^e	16500 ^c	
	}		14532	17600	
			14508	18288	
		6996	14508	18584	
		7056	14400	21310	
			14560	21492	
		7128	14628	24816	
			14580	26756	55660
	Middeltal	7071 ^c	14511 ^c		

Medens Størrelserne i første og anden Række stemme godt indbyrdes, er der aldeles ingen Overensstemmelse i tredje Række, endskjondt der til Undersøgelsen i alle Tilfælde benyttedes en Syre af S sammensætning ($HO + PO^5$).

Det har i Lobet af denne Undersøgelse viist sig, at Grunden til disse store Afvigelser ligger i, at Metaphosphorsyren endogsaa i meget fortyndede Opløsninger stadigt er i Begreb med at omdanne sig til den tobasiske og den trebasiske Modification. Af denne Grund ere Tallene i tredje Række høist forskjellige indbyrdes; i den første Forsøgsrække, hvor Forsøgene anstilledes kort efter Syrens Opløsning i Vand, er Tallet for 2 Æqv. Natron faldet lavest ud, nemlig 2000^c større end Neutralisationsvarmen. De følgende Forsøgsrækker vise alle Gradationer indtil Pyrophosphorsyren, og i det sidste Forsøg er Syren næsten fuldstændigt forvandlet til Hydro- eller trebaisk Phosphorsyre. Den Syre, der anvendes i den sidste Forsøgsrække, var ganske den samme som den, der benyttedes i den tredje Række Forsøg, og der var kun Forskjel paa Maaden, paa hvilken Syren blev opløst. Den smeltede Metaphosphorsyre blev heldt ud i to flade Former; den ene Deel af Syren opløstes i Vand, saaledes som ovenfor omtalt, og gav Tallene 14508 og 18288, den anden Deel af Syren lod jeg henflyde i fugtig Luft, hvilket medtog to Dage, derefter opløstes den i Vand og undersøgte i Calorimetret; paa denne Maade fandtes Tallene i sidste Række 14580—26736—33660, der vise, at Syren var næsten fuldstændigt omdannet til trebaisk Syre.

Det fremgaar tydeligt af disse Undersøgelser, at *Metaphosphorsyren i opløst Tilstand yderst let decomponeres*; paa denne Maade vil man kunne forklare sig en Mængde Anomalier ved de af glasagtig Phosphorsyre fremstillede Opløsninger; thi en saadan Opløsning kan indeholde alle Modificationer af Phosphorsyre, selv om den ikke har været udsat for en højere Varmegrad end 25°. Først naar denne Omdannelse har naaet et betydeligt Omfang, kan man paavise den ved de ufuldkomne analytiske Kjendetegn, men i Calorimetret kan man let iagttage den gradvise Overgang.

Det sees imidlertid af Undersøgelserne, at 1 Molecul Metaphosphorsyre mætter 1 Æquivalent Natron, og at Varmeudviklingen ved Neutralisationen er følgende:

$$\left(\frac{1}{2} N\dot{a} Aq, \ddot{P}_a Aq\right) = 7104^c$$

$$(N\dot{a} Aq, \ddot{P}_a Aq) = 14376.$$

Varmeudviklingen ved Indvirkning af 1 Molecul Phosphorsyre paa 2 Æquivalenter Natron lader sig ikke angive med Nøjagtighed; men man kan sætte

$$(2 N\dot{a} Aq, \ddot{P}_a Aq) < 16384^c.$$

Blandt de mange med Metaphosphorsyre anstillede Forsøg skal jeg nu udførligt angive dem, der ere anstillede med en Syre, der havde forandret sig saa lidt som muligt.

Nr.		α	β	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
216	$(\frac{1}{2} N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot}{P}\overset{\cdot\cdot}{a} Aq)$	$\overset{\cdot}{Na}$ 300	$\overset{\cdot\cdot}{P}$ 600	$18,4$	$18,130$	$17,280$	$18,202$	592 ^c	$\frac{1}{12}$	7104 ^c
217	$(N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot}{P}\overset{\cdot\cdot}{a} Aq)$	300	600	$18,3$	$18,000$	$17,470$	$18,955$	1198	$\frac{1}{12}$	14376
218	$(2N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot}{P}\overset{\cdot\cdot}{a} Aq)$	450	450	$18,0$	$18,305$	$17,525$	$19,025$	1024	$\frac{1}{16}$	16384
219	$(3N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot}{P}\overset{\cdot\cdot}{a} Aq)$	$\overset{\cdot\cdot}{P}$ 360	$\overset{\cdot}{Na}$ 540	$17,8$	$17,282$	$17,910$	$18,560$	825	$\frac{1}{20}$	16500

I alle Forsøgene er $p = 9,7$ Gr. og $q = 10^{\circ}$. Opløsningens Concentration kan beregnes af de anførte Tal, den var $N\overset{\cdot}{a} + 400 \overset{\cdot\cdot}{H}$ og $\overset{\cdot\cdot}{P} + 800 \overset{\cdot\cdot}{H}$; kun i Forsøget Nr. 216 var Natronopløsningen $N\overset{\cdot}{a} + 800 \overset{\cdot\cdot}{H}$.

Phosphorsyrens tre Modificationer og Arseniksyren vise en mærkelig Overensstemmelse, som fortjener at fremhæves. I nedenstaaende Tabel har jeg i runde Tal angivet Varmeudviklingen for 1 Molecul af Syrerne med stigende Natronmængde; Tallene betyde Hundreder af Varmeenheder, og de to Prikker efter Tallene træde altsaa istedetfor de to sidste Chiffre, der altid maae betragtes som usikre. Tallet 71^{..} betegner saaledes 7100 Calorier, og Forsøgenes Noiaetghed giver, at Tallet ikke afviger en Eenhed fra Sandheden, der altsaa i ethvert Tilfælde maa ligge imellem 70^{..} og 72^{..}; ved de større Tal kunne Afgigelserne beløbe sig til 1 Procent.

$(\alpha N\overset{\cdot}{a} Aq, Q Aq)$

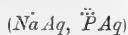
$\alpha =$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	6
Q					
1 Mol. Metaphosphorsyre .	71 ^{..}	144 ^{..}	164 ^{..}		
— Paraphosphorsyre .	72	143	264	272 ^{..}	
— Orthophosphorsyre	73	148	271	340	355 ^{..}
— Arseniksyre	74	150	276	359	374

De fire Syrers Neutralisationsvarme stiger næsten proportionalt med Natronmængden, indtil denne naaer 1 Æquivalent for 1 Molecul af Syren, og Tallene for de forskjellige Syrer afvige kun lidet indbyrdes. Naar Natronmængden overskrider 1 Æquivalent, skiller Metaphosphorsyren sig fuldstændigt fra de øvrige Syrer, idet det andet Æquivalent Natron kun viser en ringe Varmeudvikling*), som man kunde vente det af en eenbasisk Syre.

*) Som jeg allerede ovenfor har angivet, er den Værdi, jeg har fundet ved Forsøget for Indvirkningen af Metaphosphorsyre paa 2 Æquivalenter Natron, paa Grund af Syrens partielle Decomposition noget for høi.

De øvrige tre Syrer vise derimod tilnærmelsesviis samme Varmeudvikling. Stiger Natronmængden over 2 Æquivalenter mod 1 Molecul Syre, skiller Paraphosphorsyren sig fra de to sidste; for denne Syre er nemlig Varmeudviklingen for det tredje Æquivalent Natron kun ringe, medens Orthophosphorsyren og Arseniksyren endnu give en betydelig Varmeudvikling med det tredje Æquivalent. De to sidstnævnte Syrer følges ad saa langt, som Forsøget strækker sig, kun at Tallene for Arseniksyre gennemgaaende ere noget hoiere end for Orthophosphorsyre.

Favre & Silbermanns Resultater med Hensyn til Phosphorsyrens Neutralisationsvarme stemme aldeles ikke med mine Tal. Der synes ikke at være gjort nogen Bestemmelse af Varmeudviklingen ved Orthophosphorsyrens Neutralisation med Natron; for de to andre Modificationer finder man derimod nedenstaaende Talstørrelser¹⁾.



\ddot{P}	Favre & Silbermann	Thomsen	Differens.
Metaphosphorsyre . . .	15407	14376	1031 ^c eller 7 Procent.
Paraphosphorsyre . . .	15655	14322	1333 — 9 —

Lignende store Feil i Favre & Silbermanns Bestemmelser af Neutralisationsvarmen for Salpetersyre, Chlor-, Brom- og Jordbrintesyre har jeg allerede omtalt i de tidligere Afhandlinger.

6. Phosphorsyrning.

Mine Undersøgelser over Phosphorsyrningen have en ganske særegen Interesse derved, at de give fuldstændig Oplysning om denne Syres Natur og Basicitet. Som bekendt danner Phosphorsyrningen et krystallinsk Hydrat med 3 Æquivalenter Vand, men Saltene indeholde kun to Æquivalenter Base foruden idetmindste 1 Æquivalent Vand. Efter den nyere Chemis Sprogbrug er Phosphorsyrning en treatomet og tobasisk Syre; dens tobasiske Natur er nu fuldstændigt godtgjort ved mine Forsøg. Neutralisationsforholdene undersøgtes paa sædvanlig Maade ved Blanding af Opløsninger af Syre og Natron, idet nemlig 1 Molecul Phosphorsyrning (PO^3) bragtes til at indvirke paa $\frac{1}{2}$, 1, 2 og 3 Æquivalenter Natron. Resultaterne af de nedenfor under Nr. 220—223 meddelte Forsøg kunne sammenstilles paa følgende Maade:

¹⁾ Annales de Chimie et de Physique III Vol 37 pag. 494.

α	$(N\overset{\cdot}{a} Aq, \alpha \overset{\cdot\cdot}{P} Aq)$	β	$(\beta N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot\cdot}{P} Aq)$
2	14856 ^c	$\frac{1}{2}$	7428 ^c
1	14852	1	14852
$\frac{1}{2}$	14184	2	28568
$\frac{1}{3}$	9647	3	28940

Varmeudviklingen ved Phosphorsyrlingens Neutralisation stiger saaledes proportionalt med Natronets Mængde, indtil denne naaer 2 Æquivalenter for hvert Molecul af Syren; en Forøgelse af Natronmængden udover 2 Æquivalenter giver kun en ubetydelig Forøgelse i Varmeudviklingen, omtrent 2 Procent. Og omvendt stiger Varmeudviklingen næsten proportionalt med Syrens Mængde indtil $\frac{1}{2}$ Molecul Syre mod 1 Æquivalent Natron; en yderligere Syretilsætning giver kun en ubetydelig Forøgelse af Varmeudviklingen, 4 Procent. Heraf fremgaaer altsaa tydeligt, at Phosphorsyrlingens Molecul *kun* er istand til at mætte 2 Æquivalenter Natron.

Den Phosphorsyrling, som anvendtes i disse Forsøg, var fremstillet af Phosphorchlorure ved Decomposition med Vand og Fordampning af den derved dannede Chlorbrintesyre. Resten stivnede aldeles til en haard straalet krystallinsk Masse, der ikke indeholdt Spor af Chlorbrinte. Analysen gav med en Noiagtighed af en Brokdeel af en Procent Sammensætningen $3 HO + PO^3$.

Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:

Nr.		a	b	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
220	$(\frac{1}{2} N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot}{P} Aq)$	$N\overset{\cdot}{a}$ 300	$\overset{\cdot\cdot}{P}$ 600	$\left\{ \begin{array}{l} 17,0 \\ 17,6 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,278 \\ 18,355 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,435 \\ 17,490 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,300 \\ 18,445 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 621^c \\ 617 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{1\frac{1}{2}} \\ \frac{1}{1\frac{1}{2}} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 7428^c \\ 14852 \end{array} \right.$
221	$(N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot}{P} Aq)$	500	600	$\left\{ \begin{array}{l} 17,9 \\ 17,9 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,305 \\ 18,225 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,318 \\ 17,305 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,015 \\ 18,960 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1236 \\ 1256 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{1\frac{1}{2}} \\ \frac{1}{1\frac{1}{2}} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 14852 \\ 28448 \end{array} \right.$
222	$(2 N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot}{P} Aq)$	450	450	$\left\{ \begin{array}{l} 17,9 \\ 17,9 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,212 \\ 17,900 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,243 \\ 16,880 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,665 \\ 19,325 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1778 \\ 1778 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{1\frac{1}{2}} \\ \frac{1}{1\frac{1}{2}} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 28448 \\ 28940 \end{array} \right.$
223	$(3 N\overset{\cdot}{a} Aq, \overset{\cdot\cdot\cdot}{P} Aq)$	$\overset{\cdot\cdot\cdot}{P}$ 360	$N\overset{\cdot}{a}$ 540	$\left\{ \begin{array}{l} 17,6 \\ 17,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,610 \\ 17,570 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,075 \\ 18,075 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,480 \\ 19,460 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1454 \\ 1440 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2,0} \\ \frac{1}{2,0} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 28940 \\ \end{array} \right.$

I alle Forsøgene er $p = 9,7$ Gr. og $q = 10^c$. Beregningen skeer efter den tidligere anførte Formel.

7. Phosphorundersyrling.

De phosphorundersyrlige Salte indeholde som bekendt Bestanddelene af to Moleculer Vand, som ikke lade sig erstatte af Base; Syrens empiriske Formel er $3 HO + PO$, men da Phosphorundersyrlingen er eenbasisk, bliver den rationelle Formel $HO + PH^2 O^3$.

Den eenbasiske Character træder ogsaa ganske tydeligt frem i de thermochemiske Forsøg, men der viser sig tillige en væsenlig Forskjel i Affiniteten til Natron mellem Phosphorundersyringen paa den ene og Phosphorets øvrige Syrer paa den anden Side; for Phosphorundersyringen er nemlig Neutralisationsvarmen betydeligt større.

Ved Indvirkningen af 1 Molecul Phosphorundersyring paa $\frac{1}{2}$, 1 og 2 Æquivalenter Natron udvikles følgende Varmemængder:

α	$(\alpha N\dot{a}Aq, \dot{P}Aq)$
$\frac{1}{2}$	7695 ^c
1	15160
2	15275

Heraf fremgaaer det, at Varmeutviklingen er proportional med Natronmængden, indtil denne naaer 1 Æquivalent mod 1 Molecul Phosphorundersyring, og at en yderligere Tilsætning af Natron ikke har nogen kjendelig Virkning. Det sees saaledes tydeligt, at Phosphorundersyringen er en eenbasisk Syre. Enkelthederne i de herhenhørende Forsøg ere følgende:

Nr.		a	b	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
224	$(\frac{1}{2} N\dot{a}Aq, \dot{P}Aq)$	$\overset{\cdot}{N}\overset{\cdot}{a}$ 400	$\overset{\cdot}{P}$ 500	17,5 ^o	17,435 ^o	16,926 ^o	18,050 ^o	855 ^c	$\frac{1}{2}$	7695 ^c
225	$(N\dot{a}Aq, \dot{P}Aq)$	400	500	$\left\{ \begin{array}{l} 18,1 \\ 18,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,575 \\ 18,285 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,467 \\ 16,930 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,805 \\ 19,360 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1692 \\ 1677 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{2}$	15160
226	$(2 N\dot{a}Aq, \dot{P}Aq)$	$\overset{\cdot}{P}$ 346,2	$\overset{\cdot}{N}\overset{\cdot}{a}$ 553,8	$\left\{ \begin{array}{l} 17,1 \\ 17,3 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,175 \\ 17,363 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,295 \\ 17,327 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,530 \\ 18,628 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1172 \\ 1178 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{1\frac{1}{3}}$	15275

$p = 9,7$ Gr; $q = 10^c$. Oplosningernes Sammensætning var $N\dot{a} + 400 \dot{H}$ og $\dot{P} + 500 \dot{H}$, kun i Forsøget Nr. 224 var Natronopløsningens Sammensætning $N\dot{a} + 800 \dot{H}$.

Hovedresultaterne af det foreliggende Afsnit af mine thermochemiske Undersøgelser over de omtalte 7 Syrer af Qvælstof, Phosphor og Arsenik lade sig udtrykke paa følgende Maade:

1) Varmeudviklingen ved Indvirkningen af Natron paa Salpetersyre, Arseniksyre og Phosphorets 5 Syrer er med runde Tal følgende:

($\alpha Na Aq, Q Aq$)

$\alpha =$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	6
$Q = 1 \text{ Mol.}$					
Phosphorundersyring . . .	77·	152·	153·		
Phosphorsyring	74	148	284	289·	
Arseniksyre	74	150	276	559	574·
Orthophosphorsyre	75	148	271	540	555
Paraphosphorsyre	72	145	264	272	
Metaphosphorsyre	71	144	164		
Salpetersyre	68	136	136		

Tallene betyde Hundreder af Varmeenheder, hvilket udtrykkes ved de to Prikker efter Tallet, og deres Nøjagtighed er 1 Procent.

2) Naar et Molecul af de forskjellige Syrer mættes med Natron, er Varmeudviklingen proportional med Natronmængden, indtil denne naaer 1 Æquivalent. Den er mindst for Salpetersyren (136·), størst for Phosphorundersyring (152·).

3) Overstiger Natronmængden 1 Æquivalent, da fremtræder Syrernes forskjellige Basicitet. Ved de eenbasiske Syrer, Salpetersyre, Phosphorundersyring og Metaphosphorsyre, fremtræder med det andet Æquivalent Natron en høist ubetydelig Varmetoning. Med de andre Syrer derimod frembringer det andet Æquivalent Natron en betydelig Varmeudvikling, der dog ikke naaer Størrelsen af Varmeudviklingen med det første Æquivalent Natron; mindst er Forskjellen i denne Henseende ved Phosphorsyring, hvor 1ste og 2det Æqv. Natron frembringer henholdsvis 148· og 136·; Forskjellen er altsaa 12·, men for de øvrige Syrer Vedkommende beløber den sig til 22· à 25·. Stiger Natronmængden til 3 Æquivalenter, da træder Forskjellen med de tobasiske Syrer, Phosphorsyring og Paraphosphorsyre, og de trebasiske, Orthophosphorsyre og Arseniksyre, tydeligt frem, idet de to førstnævnte Syrer med det tredje Æquivalent kun udvikle henholdsvis 5· og 8·, medens de sidste udvikle 69· og 83·. En Forøgelse af Natronmængden udover 3 Æquivalenter giver med de to sidstnævnte Syrer endnu stedse en Forøgelse af Varmeudviklingen, henholdsvis 13· og 15·.

4) Beregner man Varmeudviklingen ved Indvirkning af 1 Æqv. Natron paa forskjellige Mængder af Syrerne, erholder man, med runde Tal, følgende Resultat:

$(\alpha \bar{N} \bar{a} A q, Q A q)$

$\alpha =$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2
$Q = 1 \text{ Mol.}$					
Phosphorundersyring . . . . .	....	....	76..	152..	154..
Phosphorsyring . . . . .	....	96..	142	148	149
Arseniksyre	62..	120	158	150	147
Orthophosphorsyre	59	115	155	148	147
Paraphosphorsyre . . . . .	....	91	152	145	144
Metaphosphorsyre . . . . .	....	....	82 ¹⁾	144	142
Salpetersyre . . . . .	....	....	68	156	156

I Ord lade disse Tal sig udtrykke paa følgende Maade: 1) Naar Natron neutraliseres med disse Syrer, stiger Varmemængden med Syrens Mængde, indtil denne naaer 1 Molecul mod 1 Æqv. Natron. En Førogelse af Syremængden udover 1 Molecul frembringer ingen kjendelig Forandring i Varmeudviklingen. 2) Den ved Neutralisationen udviklede Varmemængde stiger proportionalt med Syrens Mængde, indtil denne har naaet: for de eenbaiske Syrens Vedkommende 1 Molecul, for de tobaiske $\frac{1}{2}$ Molecul og for de trebaiske $\frac{1}{3}$ Molecul; fra dette Punct stiger Varmeudviklingen mindre stærkt, og ved dette sidste Forhold adskille Phosphorets og Arsenikens fleerbaiske Syrer sig fuldstændigt fra de fleste andre fleerbaiske Syrer, som jeg senere vil komme til at omtale.

5) Orthophosphorsyrens Aviditet er 0,24 eller omtrent det Halve af Svovlsyrens og en Fjerdedeel af Chlorbrintesyrens. Phosphorsyren er saaledes i vandig Oplosning en svag Syre.

¹⁾ Som allerede ovenfor angivet, er dette Tal noget for høit.

VI. Myresyre, Eddikesyre, Oxalsyre, Ravsyre, Viinsyre og Citronsyre.

Af de organiske Syrer har jeg, foruden Cyanbrinten, hvis Undersøgelse er behandlet i Afsnit II, og Kulsyren, der vil blive omtalt i næste Afsnit, undersøgt sex, nemlig de eenbaiske Syrer Myresyre og Eddikesyre, de tre tobaiske Syrer Oxalsyre, Ravsyre og Viinsyre, og den trebaiske Citronsyre.

Som man kunde vente det efter det Resultat, som Undersøgelsen af de tidligere omtalte Syrer har givet, stiger Varmeudviklingen ved Natronopløsningens Neutralisation med disse Syrer proportionalt eller næsten proportionalt med Syrens Mængde, indtil denne for hvert Molecul Natronhydrat (eller Æquivalent Natron) udgjør henholdsvis 1, $\frac{1}{2}$ eller $\frac{1}{3}$ Molecul, alt eftersom Syren er een-, to- eller trebaisk!

Den Varmeudvikling, som indtræder ved dette Mængdeforhold af Syre og Base, maa ansees som den egenlige Neutralisationsvarme. Betegner man Syrens Molecul ved Q , kan Neutralisationsvarmen udtrykkes ved $(N\alpha Aq, \alpha Q Aq)$, og man finder da ifølge de længere nede meddelte Enkeltheder i mine Forsøg følgende Storrelser:

Q	α	$(N\alpha Aq, \alpha Q Aq)$
Eddikesyre . . .	} 1	15200 ^c
Myresyre . . .		15155
Oxalsyre . . .	} $\frac{1}{2}$	14159
Ravsyre . . .		12078
Viinsyre . . .		12657
Citronsyre . . .	$\frac{1}{3}$	12735

Myresyrens og Eddikesyrens Neutralisationsvarme er altsaa lige stor, ligeledes Viinsyrens og Citronsyrens. Derimod afvige Oxalsyrens og Ravsyrens Neutralisationsvarme stærkt fra hinanden, idet Oxalsyren har den største, Ravsyren den mindste Værdi af de sex under-

søgte Syrer. — I Sammenligning med de fleste af de tidligere omtalte Syrer have disse Syrer, med Undtagelse af Oxalsyren, en temmelig lav Neutralisationsvarme.

Naar den til Neutralisationen anvendte Syremængde overskrider for de tre Grupper henholdsvis 1, $\frac{1}{2}$ eller $\frac{1}{3}$ Molecul, indtræder en ringe Forandring i Varmedeviklingen, der ved Eddikesyre og Ravsyre viser sig som en Forøgelse, ved Oxalsyre, Viinsyre og Citronsyre som en Formindskelse af Varmedeviklingen. Med Myresyre er dette Forhold ikke undersøgt. Vi ville betragte disse Tal noget nærmere.

Efter de tidligere meddelte Forsøg (Afsnit I), er, idet Q betegner et Molecul *Eddikesyre*, Varmedeviklingen ved forskellige Mængdeforhold af Syre og Natron følgende:

Q	α	$(Na\ Aq, \alpha\ Q\ Aq)$	$(\alpha\ Na\ Aq, Q\ Aq)$
Eddikesyre	$\frac{1}{2}$	6585 ^c	6616
	1	13155	13155
	2	13233	13170

Ved Eddikesyren frembringer det andet Æquivalent (eller Molecul) Syre kun en Varmedevikling af 78^c, medens Neutralisationsvarmen udgjør 13155^c. Tilsætningen af et andet Æquivalent Natron til det neutrale Salt frembringer ingen Varmetoning.

For *Oxalsyren* har jeg, efter ligeledes meddelte Forsøg, fundet følgende Værdier, idet Q betegner et Molecul eller to Æquivalenter Oxalsyre.

Q	α	$(Na\ Aq, \alpha\ Q\ Aq)$	$(\alpha\ Na\ Aq, Q\ Aq)$
Oxalsyre	$\frac{1}{4}$	7125 ^c	"
	$\frac{1}{2}$	14159	6904 ^c
	1	13844	13844
	2	13808	28278
	4	"	28500

Medens det første halve Molecul Oxalsyre giver en Varmedevikling af 14139^c, frembringer derimod det andet halve Molecul en Varmedevikling af 295^c. Et lignende Forhold have vi allerede iagttaget ved Svovlsyre, Selsyre og Fluorbrintsyre. Omvendt stiger Varmedeviklingen proportionalt med Natronmængden, indtil denne udgjør 2 Æquivalenter; en yderligere Forøgelse af Natronmængden frembringer kun en ganske ringe Forøgelse af Varmedeviklingen.

Et lignende Forhold viser *Viinsyren*, som det fremgaaer af følgende Talstørrelser.

Q	α	$(N\dot{a}Aq, \alpha Q Aq)$	$(\alpha N\dot{a}Aq, Q Aq)$
Viinsyre	$\frac{1}{3}$	8615 ^c	—
	$\frac{1}{2}$	12657	—
	1	12442	12442 ^c
	2	—	25314
	3	—	25845

Ogsaa her naaer den Varmeudvikling, som et Æquivalent Natronhydrat giver ved Neutralisation med Syren, et Maximum, naar dennes Mængde er $\frac{1}{2}$ Molecul; thi det andet halve Molecul frembringer en Varmeabsorption af 215^c. Og omvendt, naar et Molecul Syre neutraliseres med Natronhydrat, stiger Varmeudviklingen næsten lige stærkt for det første og det andet Æquivalent Natron, og dermed er Neutralisationen tilende; thi det tredje Æquivalent Natron giver kun 531^c eller omtrent 2 Procent af den hele Varmeudvikling.

Et noget afvigende Forhold synes at findes ved *Ravsyren*; af Forsøgene Nr. 228—230 finder man følgende Størrelser:

Q	α	$(N\dot{a}Aq, \alpha Q Aq)$	$(\alpha N\dot{a}Aq, Q Aq)$
Ravsyre	$\frac{1}{4}$	6096 ^c	—
	$\frac{1}{2}$	12078	—
	1	12400	12400
	2	—	24156
	4	—	24384

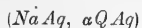
Medens Varmeudviklingen ved Oxalsyre og Viinsyre naaer sit Maximum, naar der findes $\frac{1}{2}$ Molecul Syre til 1 Æquivalent Natronhydrat, giver det andet halve Molecul Ravsyre en Forøgelse i Varmeudviklingen af omtrent 3 Procent.

Citronsyren er en trebasisk Syre, og den afviger derfor fra de sidstnævnte Syrer. Forsøgene ere meddeelte tidligere og have givet følgende Resultater:

Q	α	$(N\dot{a}Aq, \alpha Q Aq)$	$(\alpha N\dot{a}Aq, Q Aq)$
Citronsyre	$\frac{1}{6}$	6959 ^c	—
	$\frac{1}{3}$	12735	—
	$\frac{1}{2}$	12489	—
	1	12420	12420
	2	—	24978
	3	—	38205
	6	—	41634

Naar et Æquivalent Natronhydrat neutraliseres med Citronsyre, voxer Varmudviklingen næsten proportionalt med Syremængden, indtil denne udgjør $\frac{1}{3}$ Molecul, og naaar da sit Maximum, 12735^c. Derimod frembringer den anden og tredie Trediedeel af Moleculet en Varmeabsorption, omtrent lig 2 Procent af Neutralisationsvarmen. Dette Forhold stemmer altsaa noiagtigt med det for Oxalsyre, Viinsyre, Svovlsyre, Selensyre og andre Syrer fundne, idet Maximum af Varmudvikling ved disse Syrer indtræder ved Dannelsen af det normale Salt. Omvendt, naar 1 Molecul Citronsyre mættes med Natron, stiger Varmudviklingen næsten proportionalt med Natronmængden, indtil denne udgjør 3 Æquivalenter; men ogsaa udover 3 Æquivalenter indtræder der en Varmudvikling, idet de tre næste Æquivalenter Natron give en Forøgelse i Varmudviklingen af 3429^c eller omtrent 28 Procent af den Varmemængde, som 1 Æquivalent Natron udvikler.

Citronsyren afviger i thermisk Henseende fuldstændigt fra Orthophosphorsyren og Arseniksyren, der ligesom Citronsyren danne trebaseriske Salte. Sammenligner man først den Varmemængde, som 1 Æquivalent Natron giver med forskjellig Syremængde, faaar man, ifølge de tidligere i Afsnit V meddeelte Undersøgelser over Phosphorsyren og Arseniksyren, følgende Resultat, hvor Q betegner et Molecul af Syren:

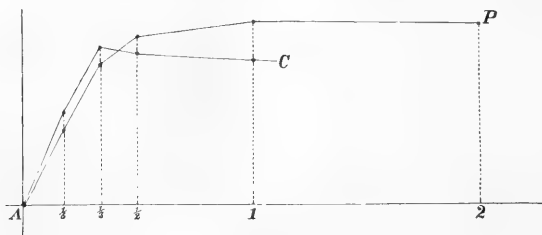


α	Citronsyre.	Phosphorsyre.	Arseniksyre.
$\frac{1}{6}$	6959 ^c	5880 ^c	6253 ^c
$\frac{1}{3}$	12735	11343	11972
$\frac{1}{2}$	12489	15539	15790
1	12420	14829	14994
2	—	14658	14724

Medens det Maximum af Varmudvikling, som et Æquivalent Natron kan frembringe med Syren, ved Citronsyre allerede er naaet ved $\frac{1}{3}$ Molecul af Syren, indtræder det for

Phosphorsyre og Arseniksyre først med et heelt Molecul af Syren; overskrides denne Syremængde, indtræder i alle tre Tilfælde en Formindskelse i Varmeudviklingen.

Den forskjellige Maade, hvorpaa disse Syrer forholde sig, oversees bedst ved en



graphisk Fremstilling. I hosstaaende Figur ere Syremoleculerne afsatte som Abscisser og Varmeudviklingen som Ordinater. AC er Citronsyrens og AP Phosphorsyrens Curve, med hvilken sidste Arseniksyrens næsten er fuldstændigt overensstemmende. Et Blik paa Figuren viser strax, at de to Functioner adlyde hver sin Lov.

Sammenligner man den Varmemængde, som udvikles ved Indvirkning af 1 Molecul af Syren paa forskjellige Mængder af Natron, faaer man følgende Resultat:

$$(\alpha Na^+ Aq, Q Aq)$$

α	Citronsyre.	Phosphorsyre.	Arseniksyre.
$\frac{1}{2}$	—	7529 c	7562 c
1	12420 c	14829	14994
2	24978	27078	27580
3	38205	34029	35916
6	41634	35280	37400

I Begyndelsen er den af Citronsyren udvikede Varmemængde betydeligt ringere end den, de to andre Syrer frembringe, men fra det 3die Æquivalent vendes Forholdet om, idet Citronsyren nu viser en betydeligt større Varmeudvikling end de andre.

Differenserne mellem de ovenstaaende Tal give nu den Varmeudvikling, som det 1ste, 2det og tredie Æquivalent Natron frembringer med et Molecul af Syren; man finder paa denne Maade:

	Citronsyre.	Phosphorsyre.	Arseniksyre.
Natron. 1ste Æqv. . . .	12420	14829 ^c	14994 ^c
— 2det — . . .	12558	12249	12586
— 3die — . . .	15227	6951	8336
— 4, 5 og 6 — . . .	5429	1251	1484
Sum	41634 ^c	35280 ^c	37400 ^c

Med et Molecul Citronsyre udvikler hvert af de tre første Natronæquivalenter en Varmemængde, der tilnærmelsesviis er lige stor, men dog noget stigende fra det 1ste til det 3die Æquivalent. Derimod udvikler et Molecul Phosphorsyre eller Arseniksyre med 1ste Æquivalent Natron en større Varmemængde end med 2det og med dette en langt større Mængde end med det 3die Æquivalent.

Man seer heraf, at Citronsyren paa den ene Side og Phosphorsyren og Arseniksyren paa den anden Side have en forskjellig Constitution, et Resultat som stemmer med de nyere kemiske Anskuelser.

Citronsyre er en vel karakteriseret trebasisk Syre; de tre Atomer basisk Brint, som Hydratet indeholder, have alle samme Værdi og lade sig lige let substituere af Metal; derfor er den Varmeutvikling, som indtræder ved den successive Indvirkning af de 3 Moleculer Natronhydrat, tilnærmelsesviis den samme. Anderledes er Forholdet derimod ved Orthophosphorsyren og Arseniksyren; i disse have de tre Atomer basisk Brint ikke samme Værdi; de to Atomer lade sig langt lettere end det tredie substituere af Metal. Disse Syrer ere derfor snarere at betragte som tobasisk- treatomede Syrer; den Varmeutvikling, som indtræder ved Indvirkningen af hvert af de to første Natronmoleculer, er derfor ikke meget forskjellig; derimod er den Varmeutvikling, som skyldes det tredie Molecul Natronhydrat, betydeligt lavere. Som bekendt viser Oplosningen af det sædvanlige phosphorsure Natron en svag alkalisk Reaction, skjøndt det kun indeholder 2 Æquivalenter Natron; om en egenlig Neutralisation ved det tredie Æquivalent Natron kan der altsaa ikke være Tale.

De ovenfor omtalte Forsøg med Myresyre og Ravsyre ere følgende, idet \bar{F} betegner den første, $\bar{S}u$ den sidste Syres Molecul.

Nr.		a	b	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
227	$(Na \dot{A}q, \bar{F} \dot{A}q)$	450	$\overset{\circ}{Na}$ 450	$\left\{ \begin{array}{l} 17,1^{\circ} \\ 17,1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,520 \\ 17,613 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,440 \\ 16,515 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,775 \\ 18,880 \end{array} \right.$	1647 1653	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{8}$	13200 ^c
228	$(Na \dot{A}q, \frac{1}{4} \bar{S}u \dot{A}q)$	500	600	$\left\{ \begin{array}{l} 19,0 \\ 19,0 \\ 18,2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,930 \\ 18,765 \\ 18,770 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,415 \\ 19,375 \\ 18,510 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,385 \\ 20,285 \\ 19,700 \end{array} \right.$	1016 1018 1014	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{6}$	6096
229	$(Na \dot{A}q, \frac{1}{2} \bar{S}u \dot{A}q)$	450	450	$\left\{ \begin{array}{l} 19,0 \\ 19,0 \\ 19,6 \\ 19,6 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,828 \\ 18,645 \\ 19,940 \\ 18,945 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,225 \\ 18,685 \\ 20,080 \\ 19,200 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,665 \\ 20,312 \\ 21,655 \\ 20,740 \end{array} \right.$	1499 1508 1506 1526	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{8}$	12078
250	$(Na \dot{A}q, \bar{S}u \dot{A}q)$	$\overset{\circ}{Na}$ 500	600	$\left\{ \begin{array}{l} 19,0 \\ 19,0 \\ 19,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,712 \\ 18,700 \\ 19,312 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,755 \\ 18,755 \\ 18,655 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,873 \\ 19,880 \\ 20,000 \end{array} \right.$	1057 1029 1054	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{7}$	12400

Alle Betegnelser ere de samme som tidligere, og Beregning skeer efter den bekjendte Formel

$$r = a (t_c - t_a) + (b + p) (t_c - t_b) + \frac{a}{450} q$$

idet $p = 9,7$ Gr. og $q = 10^{\circ}$.

VII. Chromsyre, Kulsyre og Svovlbrintesyre.

Disse tre Syrer ere kun af den Grund stillede sammen i een Gruppe, fordi de ere de sidste af 31 Syrer, hvis Neutralisationsforhold jeg har undersøgt, og fordi de i deres chemiske Forhold ikke slutte sig noie til nogen af de almindelige Syregrupper. De to sidstnævnte ere tilmed luftformige Syrer, der kun i ringe Grad opløses af Vand og derfor kræve en særegen Fremgangsmaade for Undersøgelsen. Som det strax vil vise sig, have mine Undersøgelser over Chromsyre og Kulsyre ikke udviist noget Forhold, der afviger fra de øvrige Syrer; derimod have Undersøgelserne over Svovlbrintesyren med fuldstændig Sikkerhed godtgjort, at *Svovlbrintesyren er en eenbasiske Syre*, et Resultat, der, som jeg senere skal vise, er af stor Betydning for den chemiske Theori. Jeg skal nedenfor meddele Undersøgelserne over de enkelte Syrer.

1. Chromsyre.

Paa Grund af Chromsyrens Tilboielighed til paa den ene Side at danne vandfrie sure Salte med Alkalierne, paa den anden Side med mange Ifter at danne basiske Salte, kunde man vente, at denne Syre vilde forholde sig paa en ganske særegen Maade, men Forsøget har givet et Resultat analogt med de øvrige Syrer. Chromsyren var fremstillet af reent tvechromsuurt Kali ved Fældning med salpetersuurt Sølvite og Decomposition af det chromsure Sølvite med Chlorbrintesyre; Opløsningen indeholdt ikke Spor af Sølvite eller Chlorbrinte. Syrens Concentration var $CrO^3 + 400 HO$, Æquivalentets Vægt altsaa 3650 Gram. Varmeudviklingen bestemtes ved Indvirkning af $\frac{1}{2}$, 1 og 2 Æquivalenter Chromsyre paa 1 Æquivalent Natronhydrat, hvis Opløsning var sammensat $NaO + 400 HO$. Resultaterne ere følgende:

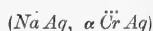
α	$(\alpha Na^{\cdot} Aq, \ddot{C}r^{\cdot} Aq)$	$(Na^{\cdot} Aq, \ddot{C}r^{\cdot} Aq)$
$\frac{1}{2}$	6557 ^c	6291 ^c
1	12560	12560
2	12582	15154

Ved Mætning af et Æquivalent Chromsyre med Natron stiger Varmeudviklingen næsten proportionalt med Natronmængden, indtil denne udgjør 1 Æquivalent, og er da 12360°; det 2det Æquivalent Natron frembringer kun 222° eller næppe 2 Procent af Neutralisationsvarmen. Naar omvendt 1 Æquivalent Natron mættes med Chromsyre, stiger Varmeudviklingen ligeledes næsten proportionalt med Syremængden, indtil denne udgjør 1 Æquivalent; det 2det Æquivalent Syre frembringer kun 774° eller omtrent 6 Procent af Neutralisationsvarmen.

Fra Svovlsyre og Selensyre, med hvilke Chromsyren til en vis Grad er beslektet, afviger den for det Første ved sin langt ringere Neutralisationsvarme (Svovlsyrens er 15689°), for det Andet ved, at det 2det Syreæquivalent frembringer en Varmeudvikling, der er 6 Procent af Neutralisationsvarmen, medens det ved de nævnte Syrer giver en Varmeabsorption, der for Svovlsyre er 6 Procent og for Selensyre 3 Procent af Neutralisationsvarmen.

At Chromsyren har sit Neutralisationspunct for lige Æquivalenter af Syre og Natron og efter den nyere Chemis Betegnelsesmaade er en tobasisk Syre, fremgaaer altsaa med Sikkerhed af Forsøgene.

Enkelthederne i de herhenhørende Forsøg ere følgende:



Nr.	α	a	b	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
251	$\frac{1}{2}$	$\overset{\cdot\cdot}{C}r$ 300	Na 600	$\left. \begin{array}{l} 18,6^{\circ} \\ 18,6 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,850^{\circ} \\ 18,860 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,577^{\circ} \\ 18,335 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 19,813^{\circ} \\ 19,687 \end{array} \right\}$	1049 ^c	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{6}$	6291 ^c
				$\left. \begin{array}{l} 18,8 \\ 18,8 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,900 \\ 18,905 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,878 \\ 18,800 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 20,578 \\ 20,537 \end{array} \right\}$	1547 1543	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{5}$		12360
253	2	Na 300	$\overset{\cdot\cdot}{C}r$ 600	$\left. \begin{array}{l} 18,8 \\ 18,8 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,950 \\ 18,975 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 18,912 \\ 18,915 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 20,123 \\ 20,127 \end{array} \right\}$	1097 1092	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{1\frac{1}{2}}$	15134

I disse Forsøg er $p = 9,7$ Gram, $q = 10^{\circ}$. Beregningen skeer efter Formlen

$$r = a(t_c - t_b) + (a + p)(t_c - t_b) \frac{\alpha}{450} q.$$

Ved Analysen af Chromsyreopløsningen er Chromets Æquivalent antaget at være 26,2.

2. Kulsyre.

Da Kulsyren ved almindeligt Lufttryk kun er lidet opløselig i Vand, og da alle hidtil meddelte Forsøg angaae Syrer, opløste i Vand, var det nødvendigt at bestemme *Absorp-*

tionsvarmen ved Kulsyrens Oplosning i Vand. Denne Oplosning fandt Sted ved almindeligt Lufttryk i en lukket Glaskugle af 500 Cubikcentimetres Indhold, der anbragtes indeni Calorimetret. Varmegradens Stigning iagttoges, og Mængden af optaget Kulsyre bestemtes strax ved Forsøgets Slutning ved Hjælp af et Apparat, som var specielt construeret i dette Øie-med, og som jeg har anvendt ved en stor Mængde Bestemmelser. Dette Apparat, hvora jeg ved Leilighed skal give en Beskrivelse, er construeret efter samme Grundprincip som de sædvanlige, nemlig Syrens Udvikling i luftformig Tilstand og derpaa følgende Absorption af Natron; kun har det været nødvendigt for at opnaae tilstrækkelig Nøjagtighed at give Apparatet en mere compliceret Indretning.

Da Varmegraden ved Kulsyrens Absorption i Vand kun stiger omtrent $0^{\circ},2$, var det nødvendigt at fjerne enhver fremmed Varmekilde. Kulsyren blev først ledet gennem Vand af den omgivende Lufts Varmegrad for at være mættet med Vanddamp; thi i denne Tilstand forlader den ikke absorberede Deel af Syren Calorimetret. Ved foreløbige Forsøg havde jeg gjort den Erfaring, at naar Vandet i den Glaskugle, der anvendtes som Calorimeter, havde samme Varmegrad som Luften, kunde en med Vanddamp mættet Luftstrøm i 15 Minuter passere gennem Vandet i Kuglen, uden at Varmegraden forandrede sig $0^{\circ},002$. Ligeledes havde jeg gjort den iagttagelse, at naar Vandet i Calorimetret havde mættet sig med Kulsyre, kunde der passere Kulsyre gennem Calorimetret i 15 Minuter, uden at Varmegraden forandrede. Men for at undgaae mulige Uregelmæssigheder, som kunde indtræde, naar Forsøget varede i længere Tid, mættede jeg ikke Vandet fuldstændigt med Kulsyre, idet foreløbige Forsøg havde viist, at Kulsyren i Begyndelsen optages temmelig hurtigt af Vandet, saaat dette efter 6 Minuters Forløb var omtrent $\frac{2}{3}$ mættet, og at det derfor vilde give et nøiagtigere Resultat ikke at oppebie en fuldstændig Mætning. Forsøget begynder nu med, at der ledes kulsyrefri, fugtig atmosfærisk Luft gennem Vandet for at tilveiebringe den fornødne Bevægelse; saasart Varmegraden er bleven constant, træder Kulsyrestrømmen istedetfor Luftstrømmen, og Forsøget fortsættes i 5—6 Minuter; man noterer dernæst Vandets Varmegrad, og Vandet underkastes en Analyse. I de tre nedenfor under Nr. 234 meddeelte Forsøg var Varmeforøgelsen i Gjennemsnit $0^{\circ},186$, Mængden af optaget Kulsyre i Gjennemsnit 0,640 Gram. (1,422 Gram. pr. Litre Vand) og Resultatet

$$(\bar{C}, Aq) = 2941^{\circ}$$

med Afvigelser af ± 16 og $- 24^{\circ}$ fra Middeltallet.

Naar jeg i et senere Arbeide kommer til at omtale Hydraterne og disses Forhold til Vandet, vil jeg komme tilbage til denne Størrelses Betydning. Her har jeg kun meddeelt den for at kunne benytte den ved den foreliggende Undersøgelse.

Til Bestemmelsen af Kulsyrens Neutralisationsphænomener anstilledes 3 Rækker Forsøg. Den første Række gik ud paa at bestemme den egenlige Neutralisationsvarme;

Forsøget udførtes ganske paa samme Maade som Bestemmelsen af Varmeudviklingen ved Kulsyrens Absorption i Vand, kun at der istedetfor Vand anvendtes en Natronopløsning i Calorimetret. Denne Opløsnings Concentration var $N\dot{a}O + 400 HO$. Af de nedenfor under Nr. 235 meddeelte 4 Forsøg, i hvilke Mængden af absorberet Kulsyre varierede fra 0,914 til 1,714 Gram., findes *Varmeudviklingen ved den luftformige Kulsyres Neutralisation med Natronopløsningen*

$$(N\dot{a}Aq, \ddot{O}) = 13033^{\circ}$$

med Afvigelser af $+ 138^{\circ}$ og $- 140^{\circ}$ fra Middeltallet. Trækkes herfra Varmeudviklingen ved Kulsyrens Absorption i Vand

$$(\ddot{O}, Aq) = 2941^{\circ},$$

faaer man *Varmeudviklingen ved Neutralisation af Kulsyrevand* med Natronopløsning

$$(N\dot{a}Aq, \ddot{O}Aq) = 10092^{\circ}.$$

I den anden Forsøgsrække blev tvekulsuurt Natron blandet med en æquivalent Mængde Natron, forat Varmeudviklingen ved Optagelsen af det 2det Æquivalent Kulsyre kunde bestemmes. I dette Øiemed blev Natronopløsningen $N\dot{a}O + 400 HO$ overmættet med Kulsyre, Overskudet af Kulsyre udrevet med atmosfærisk Luft og Opløsningen efter stedfunden Analyse noigtigt bragt til Sæmmensætningen $N\dot{a}\ddot{O}^2 + 400 H$. Den saaledes frembragte Opløsning blandedes i det sædvanlige Calorimeter med en æquivalent Mængde Natronopløsning, og Varmeudviklingen bestemtes. Resultatet af de nedenfor meddeelte Forsøg Nr. 236 var nu, at

$$(N\dot{a}\ddot{O}^2Aq, N\dot{a}Aq) = -9168^{\circ}$$

med en Afvigelse af $\pm 8^{\circ}$ fra Middeltallet. Da nu efter de af mig udviklede Grundprinciper

$$(N\dot{a}Aq, 2\ddot{O}Aq) + (N\dot{a}\ddot{O}^2Aq, N\dot{a}Aq) = 2(N\dot{a}Aq, \ddot{O}Aq),$$

finder man

$$(N\dot{a}Aq, 2\ddot{O}Aq) = 11016^{\circ} \text{ og}$$

$$(N\dot{a}\ddot{O}^2Aq, \ddot{O}Aq) = 924^{\circ}.$$

Den tredie Forsøgsrække indbefatter Forsøgene over Indvirkningen af Natron paa en æquivalent Mængde enkelt kulsuurt Natron. Forsøgene Nr. 237 give

$$(N\dot{a}\ddot{O}Aq, N\dot{a}Aq) = 204^{\circ}.$$

Da nu

$$(N\dot{a}Aq, \ddot{O}Aq) + (N\dot{a}\ddot{O}Aq, N\dot{a}Aq) = 2(N\dot{a}Aq, \frac{1}{2}\ddot{O}Aq),$$

har man

$$(N\dot{a}Aq, \frac{1}{2}\ddot{O}Aq) = 5148^{\circ}.$$

Kulsyrens Neutralisationsphænomener lade sig altsaa schematisk angive paa følgende Maade

α	$(N\dot{a}Aq, \alpha \ddot{O}Aq)$	$(\alpha N\dot{a}Aq, \ddot{O}Aq)$
$\frac{1}{2}$	5148 ^c	5508 ^c
1	10092	10092
2	11016	10296

eller med Ord:

- 1) Naar et Æquivalent Natron i vandig Opløsning mættes med en vandig Opløsning af Kulsyre, stiger Varmeudviklingen næsten proportionalt med Syremængden, indtil denne beløber sig til 1 Æquivalent, og er da 10092^c. Det andet Æquivalent Kulsyre frembringer en Varmeudvikling, der er omtrent 9 Procent af Neutralisationsvarmen.
- 2) Naar et Æquivalent Kulsyrevand neutraliseres med Natronopløsning, stiger Varmeudviklingen næsten proportionalt med Natronmængden, indtil denne udgjør 1 Æquivalent; det andet Æquivalent Natron forøger kun Varmeudviklingen med 2 Procent.
- 3) Anvendes istedetfor Kulsyrevand Syren i luftformig Tilstand, er Varmeudviklingen 2941^c større for hvert Æquivalent af Syren, fordi et Æquivalent Kulsyre ved Absorption i Vand udvikler 2941^c.

Kulsyrens hele Forhold minder meget om Svovlsyringens og Selsensyringens; jeg skal senere komme tilbage til den sandsynlige Aarsag til denne Analogi.

En ganske særegen Interesse have de fundne Tal derved, at de næsten fuldstændigt stemme med de Tal, jeg har fundet for Borsyre (see Afsnit IV). I nedenstaaende Tabel ere Resultaterne af Neutralisationsforsøgene med *Kulsyre* og *Borsyre* sammenstillede med runde Tal; de to sidste Chiffre, der altid maae betragtes som usikre, ere udelatte og Resultaterne saaledes udtrykte i Hundreder af Varmeenheder, hvilket antydes ved to Prikker efter Tallet.

		$(\alpha N\dot{a}Aq, Q Aq)$					
Q	α						
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	2	3	
CO^2	"	55··	101··	"	105··	"	
BO^3	32··	55,5	100	102··	"	105··	

$(\dot{N}\dot{a} Aq, \alpha Q Aq)$

Q	α					
	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1	2	4
CO ²	"	51··	"	101··	110··	"
BO ²	54··	"	68··	100	111	129··

Overensstemmelsen mellem disse Tal er næsten fuldstændig. Ved dette uventede Resultat har en Anskuelse, som jeg allerede har havt i flere Aar med Hensyn til Borsyrens Constitution, at Borets Æquivalent er 10 (Atomet 20) og Borsyrens Formel BO², vundet meget i Sandsynlighed. Jeg er for Øieblikket beskjæftiget med en nøiere Undersøgelse af dette Spørgsmaal.

Enkelthederne ved de ovennævnte Forsøg ere følgende :

 (CO^2, Aq)

Nr.	T	t ₁	t ₂	c	pro Æqv.
234	18, ^c ₈	18, ^o ₆₉₅	18, ^o ₈₇₀	^{Gr.} _{0,601}	2948 ^c
	18, ₄	18, ₂₉₅	18, ₄₈₅	0,659	2917
	19, ₀	18, ₉₁₂	19, ₁₆₅	0,660	2957
					2941 ^c

Vandmængden i Calorimetret er $a = 450$ Gr. Calorimetrets Æquivalent er $p = 14,6$. Varmegraderne før og efter Kulsyrens Absorption ere t_1 og t_2 ; c er Vægten af absorberet Kulsyre i Gram. Resultatet er beregnet efter Formlen

$$R = (a + p) (t_2 - t_1) \frac{22}{c}$$

Forsøgene over Kulsyrens Absorption i Natronopløsning ere følgende :

 $(\dot{N}\dot{a} Aq, \dot{U})$

Nr.	T	t ₁	t ₂	c	pro Æqv.
235	18, ^o ₃	17, ^o ₅₀₂	18, ^o ₆₉₀	^{Gr.} _{0,914}	13171 ^c
	18, ₂	17, ₆₀₀	18, ₈₉₀	1,005	12968
	18, ₈	17, ₆₇₂	19, ₈₈₈	1,714	13101
	18, ₅	17, ₈₃₈	19, ₂₅₅	1,098	12893
					13033 ^c

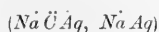
Calorimetret indeholdt 450 Gram. Natronopløsningens Concentration var $\dot{N}\dot{a} + 400 \dot{H}$; a bliver altsaa = 446. De øvrige Størrelser og Formlen til Beregningen ere de samme som i Forsøgene Nr. 234.



Nr.	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
236	18,7 ^o	18,195	18,205	19,450	1147 ^c	} $\frac{1}{8}$	916 ^c
	18,7	18,185	18,300	19,490	1145		

Forsøgene ere udførte efter Blandingsmetoden i det i Afsnit I beskrevne Calorimeter. $a = b = 450$ Gr., $p = 9,7$ Gr. og $q = 10^c$. Formlen, hvorefter Beregningen skeer, er

$$q = a(t_c - t_a) + (b + p)(t_c - t_b) + \frac{a}{450} q$$



Nr.	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro Æqv.
237	18,8	18,515	18,405	18,475	23 ^c	} $\frac{1}{8}$	204 ^c
	18,8	18,552	18,457	18,540	28		

a , b , p og q have samme Værdier som i Forsøgene Nr. 236.

3. Svovlbrintesyre.

Som allerede anført have mine Undersøgelser over Svovlbrintesyren givet et for den chemiske Theori hoist vigtigt Resultat, idet det af disse ganske bestemt fremgaaer, at *Svovlbrintesyren er en eenbasisisk Syre*, eller at Syrens Molecul (2 Æquivalenter eller H_2S) kun er istand til at neutralisere eet Æquivalent Natron.

Forsøgene med Svovlbrintesyren anstilledes ganske paa samme Maade som de ovenfor omtalte med Kulsyre. Først bestemtes *Varmeudviklingen ved Syrens Absorption i Vand*; dernæst Varmeudviklingen ved Natronopløsningens Neutralisation med Svovlbrinteluft; endvidere Indvirkningen af Natron paa Svovlbrinte-Svovlnatrium og endeligt Indvirkningen af Svovlbrinte paa Svovlbrinte-Svovlnatrium.

Svovlbrintesyrens quantitative Bestemmelse udførtes ganske paa samme Maade som Kulsyrens; Syren udvikles i Luftform og veiedes i Absorptionsapparater. Denne Methode er fuldkomment nøiagtig og maa foretrækkes for alle andre.

Varmeudviklingen ved Svovlbrinteluftens Absorption i Vand er ifølge de under Nr. 238 anførte 5 Forsøg

$$(SH, Aq) = 2377^c$$

med Afgivelser af $+28^c$ og -42^c fra Middeltallet. Svovlbrintens Absorptionsvarme er altsaa noget lavere end Kulsyrens.

Varmeudviklingen ved *Svovlbrinteluftens Absorption i Natronopløsning* er ifølge Forsøgene Nr. 239

$$(\dot{N}a\dot{A}q, SH) = 6278^{\circ}.$$

Drager man herfra den Størrelse, der svarer til Svovlbrinteluftens Absorption i Vand, har man

$$(\dot{N}a\dot{A}q, SH\dot{A}q) = 3901^{\circ}.$$

Men hermed er langt fra naaet det Maximum af Varmeudvikling, som et Æquivalent Natron kan give med Svovlbrinte; Varmeudviklingen vedbliver nemlig at være proportional med Syremængden, indtil denne udgjør 2 Æquivalenter mod 1 Æquivalent Natron. Af de nedenfor under Nr. 242 meddeelte Forsøg, hvor Indvirkningen af Natronopløsning paa Svovlbrinte-Svovlnatrium er undersøgt, fremgaaer det, at

$$(NaS . HS\dot{A}q, \dot{N}a\dot{A}q) = 64^{\circ}.$$

Da nu endvidere

$$(\dot{N}a\dot{A}q, 2SH\dot{A}q) + (\dot{N}a\dot{S} . HS\dot{A}q, \dot{N}a\dot{A}q) = 2(\dot{N}a\dot{A}q, SH\dot{A}q),$$

har man

$$(\dot{N}a\dot{A}q, 2SH\dot{A}q) = 7738^{\circ}$$

eller meget nær det Dobbelte af Varmeudviklingen ved Indvirkningen af et Æquivalent af Syren paa et Æquivalent Natron.

Hermed er nu Neutralisationen fuldbyrdet; thi en yderligere Tilsætning af Syren frembringer ingen kjendelig Varmetoning.

Dette Forhold ved Svovlbrintesyren har stor theoretisk Interesse; det viser nemlig, at Syrens Molecul (S^2H^2) kun udgjør 1 Æquivalent, og at denne Forbindelses rationelle Sammensætning maa være



idet kun det ene Atom Brint i vandig Opløsning lader sig erstatte af Natrium, i fuldstændig Analogi med Brintesyrene af Chlor, Brom og Jod, hvis Formel



svarer til den for Svovlbrinten opstillede, idet Radicalet S^2H træder i Stedet for t. Ex. Chlor; men ganske afvigende fra de tobasiske Brintesyrene som Fluskselsyre og Chlorplatin-syre, hvis moleculære Formel er



eller med den atomistiske Skrivemaade



og i hvilke begge Atomer Brint i vandig Opløsning lade sig ombytte med Natrium under lige stor Varmeudvikling. (See Afsnit IV.)

For fuldstændigere at constatere Svovlbrintesyrens eenbaseriske Charaktere undersøgte jeg Forholdet til andre i Vand opløselige Baser og valgte dertil de fra Natronhydrat meget forskellige Baser *Barythydrat* og *Ammoniakvand*. Resultatet af denne Undersøgelse stemmer ganske med det ovenfor Meddeelte. Af Forsøgene Nr. 238 og 240 findes

$$(\dot{B}\dot{a}Aq, SHAg) = 3985^{\circ}$$

$$(\dot{B}\dot{a}Aq, 2SHAq) = 7874,$$

og af Forsøgene Nr. 238 og 241

$$(NH^3 Aq, SHAg) = 3172^{\circ}$$

$$(NH^3 Aq, 2SHAq) = 6196.$$

Varmeudviklingen ved Neutralisation af et Æquivalent Baryt eller Ammoniakvand stiger altsaa proportionalt med Svovlbrintesyrens Mængde, indtil denne udgjør 2 Æquivalenter, ganske ligesom det viste sig at være Tilfældet med Natron. Der er altsaa ingen Tvivl om, at et Æquivalent Base i vandig Opløsning neutraliserer 2 Æquivalenter Svovlbrinte, at Svovlbrintens Molecul H^2S^2 eller H^2S er eenbaserisk, og at den rationelle Formel maa skrives $H.SH$, som ovenfor angivet.

Analogien med de eenbaseriske Brintesyre viser sig endvidere ved en Sammenligning af den Varmeudvikling, som ledsager Neutralisationen af disse Baser paa den ene Side med Svovlbrinte og paa den anden Side t. Ex. med Chlorbrinte.

Jeg har bestemt *Varmeudviklingen ved Neutralisation af Baryt og Ammoniak med Chlorbrintesyre*; Enkelthederne af disse Forsøg, der hore til en anden Forsøgsrække, ville senere blive meddeelte. Jeg har fundet

$$(\dot{B}\dot{a}Aq, HClAg) = 13914^{\circ}$$

$$(NH^3 Aq, HClAg) = 12294^{\circ} *)$$

Neutralisationsvarmen for Natron og Chlorbrintesyre er ifølge mine tidligere meddelte Forsøg

$$(\dot{N}\dot{a}Aq, HClAg) = 13740^{\circ}.$$

Sammenlignes nu disse Tal med dem, jeg har fundet for Svovlbrinte, har man

R =	$\dot{B}\dot{a}$	$\dot{N}\dot{a}$	NH^3
$(RAq, HClAg)$	13914 ^c	13740 ^c	12294 ^c
$(RAq, H.SHAq)$	7874	7758	6196
Differens	6040 ^c	6002 ^c	6098 ^c

*) I Favre og Silbermanns Bestemmelse af dette Tal (Ann. Chim. Phys. III V. 87 p. 494) er en Feil af omtrent 10 Procent, idet Tallet angives til 13536^c.

Differensen imellem Neutralisationsvarmen for et Molecul Chlorbrintesyre og et Molecul (2 Æquivalenter) Svovlbrintesyre er altsaa en constant Storrelse. Denne constante Differens i 2 Syrers Neutralisationsvarme med forskjellige Baser er allerede paa de thermochemiske Undersøgelers første Stadium efterviist som sandsynlig, t. Ex. af *Hess*. Jeg har allerede i et tidligere Arbeide «Bidrag til et thermochemisk System» (Vidensk. Selsk. Skrifter 5te Række 3die Bind, 1852) udledet dette Forhold ad theoretisk Vei.

Det fremgaaer altsaa tydeligt af mine Undersøgelser, at *de saakaldte neutrale Svovlforbindelser ikke kunne existere i vandige Opløsninger.* Enkelt-Svovlnatrium opløses i Vand under Decomposition, og Opløsningen indeholder en Blanding af Natriumsulphhydrat ($Na.SH$) og Natronhydrat ($Na.OH$), og paa ganske lignende Maade forholde sig de øvrige i Vand opløselige Svovlforbindelser. Ved dobbelt Decomposition af svovlsuur Magnesia og Bariumsulphhydrat kan man ogsaa med Lethed fremstille Magniumsulphhydrat ($Mg.S^2H$ eller $Mg.2SH$) i reen Tilstand. Dette Stofs Opløsning forholder sig som Opløsningen af Bariumsulphhydrat, kun at det temmelig let decomponeres ved Kogning under Udvikling af Svovlbrinte og Udskilning af Magnesiahydrat.

Hovedresultaterne af Undersøgelsen over Svovlbrintesyren kunne sammenstilles paa følgende Maade.

1. Naar et Æquivalent Natron, Baryt eller Ammoniak i vandig Opløsning møttes med Svovlbrintevand, stiger Varmeudviklingen proportionalt med Syremængden, indtil denne udgjør to Æquivalenter. Varmeudviklingen er da

$$(Ba.Aq, 2.SHAq) = 7874^{\circ}$$

$$(Na.Aq, 2.SHAq) = 7736$$

$$(NH^3.Aq, 2.SHAq) = 6196.$$

En Forøgelse af Syremængden udover 2 Æquivalenter frembringer ingen Forandring i Neutralisationsvarmen.

2. Der finder en constant Differens Sted imellem Varmeudviklingen ved Neutralisation af Chlorbrinte og Svovlbrinte med den samme Base; Forsøgene ere anstillede med Baryt, Natron og Ammoniak.
3. Svovlbrintesyren maa betragtes som en eenbasisk Brintesyre af Formlen $H.SH$, idet kun det ene Æquivalent Brint paa den vaade Vei lader sig ombytte med Barium, Natrium eller Ammonium.
4. Opløsningerne af de normale Svovlmetaller i Vand, t. Ex. af Svovlnatrium, maae betragtes som Blandinger af Hydratet og Sulphhydratet; i vandig Opløsning existere Svovlmetallerne kun som Sulphhydrater af Formlen $R.S^2H$. Radicalet S^2H svarer til Chlor i Chlorbrintesyre.

5. Ved Svovlbrintens Absorption i Vand udvikles Varme; Størrelsen af denne Varmedvikling er

$$(SH, Aq) = 2377^c.$$

6. Af Svovlbrintens Analogi med Vandet følger, at Vandet ligeledes maa betragtes som en eenbasisk Syre, og at dets rationelle Formel maa være $H. O^2 H$ eller $H. \theta H$, i fuldstændig Overeensstemmelse med den nyere Chemis Anskuelse.

Enkelthederne i de herhenhørende Forsøg ere følgende. Bestemmelsen af Svovlbrintens Absorptionsvarme udførtes som for Kulsyren. Resultaterne ere

(Aq, SH)

Nr.	T	t_1	t_2	c	pro $\Delta Eqv.$
258	$\left\{ \begin{array}{l} 16,1 \\ 17,4 \\ 18,4 \\ 20,1 \\ 17,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,955 \\ 17,295 \\ 18,248 \\ 20,012 \\ 16,957 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,340 \\ 17,578 \\ 18,648 \\ 20,340 \\ 17,255 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} Gr. \\ 1,291 \\ 0,940 \\ 1,312 \\ 1,085 \\ 0,972 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2335^c \\ 2357 \\ 2357 \\ 2405 \\ 2401 \end{array} \right.$
	} 2577 ^c				

Vandmængden er 450 Gr., $p = 10,6$, c Mængden af absorberet Svovlbrinte. Beregningen skeer efter Formlen

$$R = (a + p) (t_2 - t_1) \frac{17}{c}$$

Luftrykket var 770^{mm}. En Reduction til normalt Luftryk giver en Forskjel af nogle Enheder.

($Na Aq, SH$)

Nr.	T	t_1	t_2	c	pro $\Delta Eqv.$
259	$\left\{ \begin{array}{l} 18,2 \\ 18,1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,160 \\ 17,100 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,185 \\ 19,115 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} Gr. \\ 5,036 \\ 5,036 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 6299^c \\ 6265 \end{array} \right.$
	} 6278 ^c				

Calorimetret indeholdt $\frac{1}{4}$ $\Delta Eqv.$ Natronopløsning ($\Delta Eqv. = 3634$); Vandmængden er altsaa $\alpha = 900$ gr. Endvidere havs $p = 18,2$ Gr. og Luftrykket 773^{mm}. Beregningen skeer som ovenfor.

$(B\dot{a} Aq, SH)$

Nr.	T	t_1	t_2	c	pro $\mathcal{A}Eq.$
240	$\left\{ \begin{array}{l} 20,3 \\ 20,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,800 \\ 19,055 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 21,595 \\ 21,340 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} Gr. \\ 2,998 \\ 2,488 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 6371c \\ 6353 \end{array} \right\} 6562c$

$a = 392$ Gr.; $p = 10$ Gr.; Lufttrykket var 780^{mm} . Beregningen skeer som ovenfor.

 $(NH^3 Aq, SH)$

Nr.	T	t_1	t_2	c	pro $\mathcal{A}Eq.$
241	$\left\{ \begin{array}{l} 16,5 \\ 16,9 \\ 17,3 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 15,328 \\ 15,935 \\ 16,110 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,400 \\ 17,900 \\ 18,490 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} Gr. \\ 2,601 \\ 2,470 \\ 2,989 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 5551c \\ 5544 \\ 5551 \end{array} \right\} 5549c$

$a = 400$ Gr.; $p = 10$ Gr.; Lufttrykket var 780^{mm} .

Ved Subtraction af Talstørrelsen fra Nr. 238 fra de følgende Nr. 239—241 finder man nedenstaaende Værdier

$$(N\dot{a} Aq, SH Aq) = 6278 - 2377 = 3901^c$$

$$(B\dot{a} Aq, SH Aq) = 6362 - 2377 = 3985$$

$$(NH^3 Aq, SH Aq) = 5549 - 2377 = 3172$$

Nr.	T	t_a	t_b	t_c	r	s	pro $\mathcal{A}Eq.$
$(NaHS^2 Aq, Na Aq)$							
242	$\left\{ \begin{array}{l} 18,9 \\ 18,9 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,745 \\ 18,755 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,950 \\ 18,905 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,850 \\ 18,825 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 11^c \\ 5 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \frac{1}{8} \end{array} \right\}$	64^c
	$(BaHS^2 Aq, Ba Aq)$						
243	$\left\{ \begin{array}{l} 18,0 \\ 18,1 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,120 \\ 18,140 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,900 \\ 18,100 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,015 \\ 18,120 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 14 \\ 10 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \frac{1}{8} \end{array} \right\}$	96
	$(NH^4 HS^2 Aq, NH^3 Aq)$						
244	$\left\{ \begin{array}{l} 17,8 \\ 17,9 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,680 \\ 17,800 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,890 \\ 17,890 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,800 \\ 17,850 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 25 \\ 14 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \frac{1}{8} \end{array} \right\}$	148

Disse Forsøg ere alle udførte i Blandingscalorimetret. $a = b = 450$ Gr.; $p = 18$ Gr. og $q = 10^c$.

Formlen er

$$r = a (t_c - t_a) + (b + p) (t_c - t_b) + \frac{a}{450} q.$$

Af disse Størrelser combinerede med Størrelserne Nr. 239—241 finder man ifølge den almindelige Ligning

$$(\dot{R}Aq, 2 SHAg) + (RHS^2 Aq, \dot{R}Aq) = 2 (\dot{R}Aq, SHAg)$$

$$(\dot{N}aAq, 2 SHAg) = 7802^c - 64^c = 7738^c$$

$$(\dot{B}aAq, 2 SHAg) = 7970 - 96 = 7874$$

$$(NH^3 Aq, 2 SHAg) = 6344 - 148 = 6196$$

som Svovlbrintesyre's virkelige Neutralisationsvarme med de tre nævnte Baser.

VIII. Oversigt over Resultaterne af Undersøgelserne med Hensyn til Syrernes Neutralisation og Basicitet.

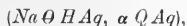
I det Foregaaende har jeg meddeelt mine Undersøgelser over Neutralisationsphænomenerne for et stort Antal Syrer. Jeg har i det Hele undersøgt 31 Syrer af de forskjelligste Grupper, og skal nu give en tabellarisk Sammenstilling af Hovedresultaterne, inden jeg underkaster disse en Discussion og viser, hvilken Betydning mine Forsøg kunne have med Hensyn til Bestemmelsen af Syrernes Basicitet og Constitution.

Det vil erindres, at Forsøgene gennemgaaende ere udforte paa den Maade, at Syrerne i vandige, stærkt fortyndede Opløsninger ere blandede med ligeledes stærkt fortyndede Natronopløsninger i forskjellige Forhold, forat den indtrædende Varmeudviklings Afhængighed af Æquivalentforhold mellem Syre og Base nærmere kunde bestemmes. For de fleste Syrers Vedkommende er Varmeudviklingen bestemt i tre forskjellige Tilfælde, nemlig for selve Æquivalentforholdet og for et Overskud af Syren og et Overskud af Basen; men flere Syrers fuldstændige Undersøgelse har dog krævet Varmeudviklingen bestemt ved 5—6 forskjellige Blandingsforhold. Herved adskille mine Undersøgelser sig fra de ældre af denne Art, idet man tidligere i Reglen kun bestemte Neutralisationsvarmen, hvorved man ikke faaer Oplysning om Syrens Constitution.

Mine Opløsningers normale Concentrations-Tilstand er den, at hvert Æquivalent af Syren eller af Natronet er opløst i 400 Æquivalenter Vand, saaat følgelig det dannede Salt er opløst i 800 Æquivalenter Vand.

I de foregaaende Afsnit, hvori de specielle Undersøgelser ere meddeelte, ere alle Størrelser beregnede efter Æquivalenttallene; men for den yderligere Discussions Skyld er det hensigtsmæssigt at henføre alle Resultater til de moleculære Formler, da disse bedre svare til Stoffernes physiske Egenskaber end de ældre Æquivalentformler.

Resultaterne ere nedenfor givne i to Tabeller. Den første indeholder den Varmendvikling, som opstaaer, naar et Molecul Natronhydrat indvirker paa forskjellige Mængder Syrehydrat; denne Reaction udtrykkes ved Formlen



idet Q betegner Syrens Molecul og α Antallet af Syremoleculer. Den anden Tabel indeholder den Varmendvikling, som opstaaer, naar et Molecul Syrehydrat indvirker paa forskjellige Mængder Natronhydrat, en Reaction, som udtrykkes ved Formlen



idet α betegner Antallet af Natronhydratets Moleculer.

Moleculernes Størrelse er den sædvanligt antagne t. Ex. HCl , H^2S , $B^2\theta^3$, $PH^3\theta^4$, $P^2H^4\theta^7$ o. s. v.

I de nedenstaaende Tabeller ere alle Størrelser udtrykte i Hundreder af Varmeenheder, hvilke antydes ved to Prikker efter Tallene; det er nemlig ikke til nogen Nytte at medtage de to sidste Chiffre, da de kun sjældent ere bestemte med Nøiagtighed. I ethvert Tilfælde er dog de i Tabellerne meddeelte Størrelser fundne med en Nøiagtighed af 1 Procent, saa at en Afvigelse af en Eenhed i sidste Ziffer for de fleste Størrelser maa betragtes som Grændsen for Feilen. En Afvigelse af en Eenhed i Tallene for Svovlsyre og Salpetersyre fra de i Afsnit I meddeelte Størrelser hidrører fra den forskjellige Fortyndingsgrad.

Tabel I.
($NaOHAq$, αQAg)

$Q = 1$ Molecul.		α					
Navn.	Formel.	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$
a. Eenbaiske Syrer.							
Chlorbrintesyre	HCl	137	157	68,5	"	"	"
Brombrintesyre	HBr	137	157	68,5	"	"	"
Jodbrintesyre	HJ	156	137	68,5	"	"	"
Fluorbrintesyre	HFl	160	163	82	"	"	"
Svovlbrintesyre ¹⁾	$H.S.H$	77	77	39	"	"	"
Cyanbrintesyre	$H.NC$	28	28	14	"	"	"
Salpetersyre	$H.NO^3$	156	157	68	"	"	"
Phosphorundersyring	$H.PH^2O^2$	154	152	76	"	"	"
Metaphosphorsyre	$H.PO^3$	142	144	2)	"	"	"
Myresyre	$H.CHO^2$	"	152	"	"	"	"
Eddikesyre	$H.C^2H^3O^2$	132	152	66	"	"	"
b. Tobaiske Syrer.							
Fluorsiliciumbrintesyre	$H^2.SiFl^6$	"	153	153	"	3)	"
Chlorplatinbrintesyre	$H^2.PtCl^6$	"	156	156	"	68	46
Svovlsyre	$H^2.SO^4$	142	146	155	"	78	"
Selensyre	$H^2.SeO^4$	"	148	152	"	76	"
Chromsyre	$H^2.CrO^4$	"	151	124	"	63	"
Svovlsyring	$H^2.SO^3$	"	159	145	"	73	"
Selensyring	$H^2.SeO^3$	"	148	135	"	69	"
Svovlundersyre	$H^2.S^2O^6$	"	"	135	"	"	"
Phosphorsyring	$H^2.PHO^3$	149	148	142	96	"	"
Kulsyre ⁴⁾	$H^2.CO^3$	"	110	101	"	51	"
Borsyre	$H^2.B^2O^4$	129	111	100	68	"	34
Kiselsyre	$H^2.SiO^3$	65	43	26	"	13,5	"
Tinsyre	$H^2.SnO^3$	"	"	"	"	24	"
Oxalsyre	$H^2.C^2O^4$	138	138	141	"	71	"
Ravsyre	$H^2.C^4H^4O^4$	"	124	121	"	61	"
Viinsyre	$H^2.C^4H^4O^6$	"	124	127	86	"	"
c. Trebaiske Syrer.							
Citronsyre	$H^3.C^6H^6O^7$	"	124	125	127	"	69
Orthophosphorsyre	$H^3.PO^4$	147	148	135	113	"	59
Arseniksyre	$H^3.AsO^4$	147	150	138	120	"	62
d. Firebaiske Syrer.							
Paraphosphorsyre	$H^4.P^2O^7$	"	144	143	"	132	91

¹⁾ Tallene gjælde for Svovlbrinte i vandig Opløsning.

²⁾ Er omtrent 74; men lader sig ikke med Nøjagtighed bestemme, see Afsnit VI.

³⁾ Lader sig ikke bestemme paa Grund af Syrens Decomposition, see Afsnit IV.

⁴⁾ Gyldig for Kulsyre i vandig Opløsning.

Tabel II.
(α NaOH Aq, Q Aq)

Q = 1 Molecul.		α					
Navn.	Formel.	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	6
a. Eenbaiske Syrer.							
Chlorbrintesyre	<i>H. Cl</i>	68,5	137	137	"	"	"
Brombrintesyre	<i>H. Br</i>	68,5	137	137	"	"	"
Jodbrintesyre	<i>H. J</i>	68	137	137	"	"	"
Fluorbrintesyre	<i>H. Fl</i>	80	165	165	"	"	"
Svovlbrintesyre ¹	<i>H. SH</i>	39	77	78	"	"	"
Cyanbrintesyre	<i>H. NC</i>	14	28	27	"	"	"
Salpetersyre	<i>H. NO³</i>	68	137	137	"	"	"
Phosphorundersyring	<i>H. PH²O²</i>	77	152	155	"	"	"
Metaphosphorsyre	<i>H. P²O³</i>	71	144	2)	"	"	"
Myresyre	<i>H. C¹H²O²</i>	"	152	"	"	"	"
Eddikesyre	<i>H. C²H²O²</i>	66	132	132	"	"	"
b. Tobaiske Syrer.							
Fluorsiliciumbrintesyre	<i>H². Si Fl⁶</i>	"	153	266	"	3)	"
Chlorplatinbrintesyre	<i>H². Pt Cl⁶</i>	"	156	272	"	272	275
Svovlsyre	<i>H². S O⁴</i>	71	146	310	"	310	"
Selensyre	<i>H². Se O⁴</i>	"	148	304	"	304	"
Chromsyre	<i>H². Cr O⁴</i>	"	151	247	"	252	"
Svovlsyring	<i>H². S O³</i>	"	159	290	"	295	"
Selensyring	<i>H². Se O³</i>	"	148	270	"	275	"
Svovlundersyre	<i>H². S² O⁶</i>	"	"	271	"	"	"
Phosphorsyring	<i>H². P H O³</i>	74	148	284	289	"	"
Kulsyre	<i>H². C O³</i>	"	110	202	"	206	"
Borsyre	<i>H². B² O⁴</i>	64	111	200	205	"	206
Kiselsyre	<i>H². Si O³</i>	32	43	52	"	54	"
Tinsyre	<i>H². Sn O³</i>	"	"	"	"	96	"
Oxalsyre	<i>H². C² O⁴</i>	69	138	283	"	285	"
Ravsyre	<i>H². C⁴ H⁴ O⁴</i>	"	124	242	"	244	"
Viinsyre	<i>H². O⁴ H⁴ O⁶</i>	"	124	253	258	"	"
c. Trebaiske Syrer.							
Citronsyre	<i>H³. C⁶ H⁶ O⁷</i>	"	124	250	382	"	416
Orthophosphorsyre	<i>H³. P O⁴</i>	73	148	271	340	"	353
Arseniksyre	<i>H³. As O⁴</i>	74	150	276	359	"	374
d. Firebaisk Syre.							
Paraphosphorsyre	<i>H⁴. P² O⁷</i>	"	144	286	"	527	545

¹⁾ Gyldig for Syren i vandig Opløsning.

²⁾ Kan ikke bestemmes med Nøjagtighed paa Grund af Syrens Foranderlighed.

³⁾ Kan ikke bestemmes, fordi Syren decomponeres.

⁴⁾ Gyldig for Syren i vandig Opløsning.

Jeg skal nu i Korthed angive det Vigtigste af de Resultater, som indeholdes i ovenstaaende Tavler, idet jeg med Hensyn til alle Enkeltheder henviser til de tilsvarende Afsnit af mine Undersøgelser, som gaae forud for denne Oversigt; jeg troer at maatte fremhæve, at alle af mig benyttede thermochemiske Talstørrelser ogsaa ere bestemte af mig selv, da jeg aldeles ikke har kunnet stole paa de ældre Undersøgelser. Hovedresultaterne ere nu følgende:

- 1) Af Tabel I fremgaaer som en **almindelig Lov** for alle Syrer, at
 - a) Naar et Molecul Natronhydrat i vandig Oplosning indvirker paa en Syre, er Varmeudviklingen meget nær proportional med Syremængden, indtil denne udgjør $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ eller $\frac{1}{4}$ Molecul, eftersom Syren er een-, to-, tre-, eller firebasisk.
 - b) Overstiger derimod Syremængden den Mængde, der udfordres til Dannelsen af det normale Salt, vise Syrerne et forskjelligt Forhold efter deres Constitution, idet den Varmetoning, der frembringes ved Overskudet af Syre, enten er Nul, positiv eller negativ.
- 2) Af Tabel II fremgaaer i Overeensstemmelse hermed, at
 - a) Naar et Molecul af en Syre i vandig Oplosning indvirker paa en Oplosning af Natronhydrat, stiger Varmeudviklingen i de fleste Tilfælde proportionalt med Natronmængden, indtil denne udgjør 1, 2, 3 eller 4 Moleculer Natronhydrat, alt eftersom Syren er een-, to-, tre- eller firebasisk. Afvigelser fra denne Lov finde deres Forklaring i det under I b. Udviklede;
 - b) men foroges Natronmængden udover denne Størrelse, indtræder kun en hoist ubetydelig Forandring i Varmetoningen.
- 3) Naar Moleculets Størrelse er bestemt ad anden Vei, kan man ved denne Art Undersøgelser ganske sikkert afgjøre Syrens Basicitet, saafremt den overhovedet har nogen saadan.

4) Det fremgaaer saaledes ganske afgjort, at **Scovlbrintesyren** er en eenbasisk Syre, hvis Formel maa skrives $H.SH$, da det andet Æquivalent Brint ikke i vandig Oplosning lader sig ombytte med Natrium. Dette Resultat, som i første Oieblik synes noget overraskende, viser sig ved nærmere Betragtning fuldstændig overensstemmende med de nyere chemiske Anskuelser; det opklarer paa den ene Side fuldstændigt Syrens Forhold og afgiver paa den anden Side en væsenlig Støtte for Hydroxyl-Theorien; thi den store Analogi mellem III og Svovl gjør det hoist sandsynligt, at Vandets Formel maa være $H.OH$, og at Vandet maa betragtes som en eenbasisk Syre. Heraf følger endvidere, at de saakaldte neutrale Svovlmetaller t. Ex. Na^2S ikke existere i vandig Oplosning ligesaa lidt som de tilsvarende Iter (Na^2O), og at de saakaldte Sulphhydrater, som $Na.SH$, $Ba.2SH$ og $Mg.2SH$, maae betragtes som denne Syres normale i Vand opløselige Salte.

5) *Da de eenbaisiske Syrer* kun indeholde eet Brintatom, som kan fortrænges af Natrium, maa det andet Molecul Natronhydrat være uden Virkning paa Natriumsaltet, saaledes som Forsøget (Tab. II) ogsaa har viist. Da endvidere de eenbaisiske Syrer ikke danne sure Salte, maa et Overskud af Syre ligeledes være uden Virkning paa Natriumsaltet, saaledes som ogsaa Forsøget (Tab. I) har viist. Strengt taget viser der sig næsten altid ved det andet Molecul Syre en svag Varmetoning, der i Reglen fremtræder som en Varmeabsorption, men den udgjør kun et Par Promille af Neutralisationsvarmen. Fluorbrintesyren gjør derimod en Undtagelse, idet det andet Syremolecul frembringer en Varmeabsorption lig 2 Procent af Neutralisationsvarmen. Dette i Forbindelse med Existensen af det sure Fluornatrium gjør det *tviivlsomt, om Fluorbrintesyren hører til de eenbaisiske Syrer*. Tallene for Metaphosphorsyre og Phosphorundersyring vise rigtignok en ringe Varmetoning (omtrent 1 Procent) for det andet Molecul Syre; men da Talstørrelserne for den første Syre ikke lade sig bestemme med Skarphed paa Grund af Syrens store Foranderlighed, og da Tallet for 2 Moleculer af den sidste Syre tilfældigviis kun er bestemt ved et enkelt Forsøg, lægger jeg ingen Vægt paa denne Afvigelse; for Fluorbrintesyrens Vedkommende er Afvigelsen derimod fuldstændigt constateret.

6) *De tobaisiske Syrer*, der altsaa indeholde to Brintatomer, kunne indeeles i flere Grupper efter den Varmemængde, som de udvikle med det første og andet Molecul Natronhydrat.

Den første Gruppe indbefatter de tobaisiske Brintesyre, nemlig *Fluorbrintesyre* og *Chlorplatinbrintesyre* ($PtCl^6 \cdot H^2$); ved disse er der ingen kjendelig Forskjel mellem Varmeutviklingen for det første og det andet Molecul Natronhydrat; de forholde sig altsaa som de eenbaisiske Brintesyre, kun at Varmeutviklingen for et Molecul Syre voxer proportionalt med Natronmængden indtil to Moleculer Natronhydrat.

Den anden Gruppe indbefatter *Svovlsyre*, *Selensyre*, *Oxalsyre* og *Viinsyre*; ved Neutralisation af disse Syrer frembringer det første Molecul Natronhydrat en ringere Varmeutvikling end det andet. Forskjellen er mellem 5 $\cdot\cdot$ og 18 $\cdot\cdot$.

Natronhydrat.	Svovlsyre.	Selensyre.	Oxalsyre.	Viinsyre.
1ste Molecul . .	146 $\cdot\cdot$	148 $\cdot\cdot$	158 $\cdot\cdot$	124 $\cdot\cdot$
2det — . .	161	156	145	129

Den tredje Gruppe indbefatter *Svovlsyrling*, *Selensyrling*, *Kulsyre* og *Borsyre*; ved disse Syrers Neutralisation frembringer det første Molecul Natronhydrat en større Varmeudvikling end det andet. Forskjellen er mellem 18° og 28°.

Natronhydrat.	Svovlsyrling.	Selensyrling.	Kulsyre.	Borsyre.
1ste Molecul . . .	159··	148··	110··	111··
2det — . . .	131	122	92	89

Til denne Gruppe slutter sig *Chromsyre*, *Phosphorsyre* og, som det synes, ogsaa *Ravsyre*.

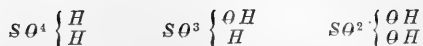
Ved Indvirkning af de normale Salte af Syrerne af anden Gruppe paa de tilsvarende Syrer opstaaer, som det let vil indsees, en Varmeabsorption, medens de normale Salte af Syrerne af tredje Gruppe ved en tilsvarende Indvirkning give en Varmeudvikling.

7) **De trebasiske Syrer** vise lignende Forskjelligheder som de tobasiske, idet *Citronsyren* slutter sig til den anden Gruppe, *Arseniksyre* og *Orthophosphorsyre* til den tredje Gruppe. Man har nemlig

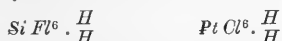
Natronhydrat.	Citronsyre.	Arseniksyre.	Orthophosphorsyre.
1ste Molecul . . .	124··	150··	148··
2det — . . .	126	126	125
3die — . . .	132	85	69

Det andet og det tredje Molecul Natronhydrat udvikler nemlig med Citronsyre mere Varme, med Arseniksyre og Orthophosphorsyre mindre Varme end det første Molecul. Forskjellen mellem Varmeudviklingen af 2det og 3die Molecul Natronhydrat er endvidere meget stor for Arseniksyrens og Orthophosphorsyrens Vedkommende, hvilket har sin Aarsag i, at de tre Brintatomer i disse tvende Syrer ikke have samme Stilling i Moleculet.

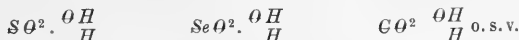
8) Grunden til, at de tobasiske Syrer falde i 3 Grupper, af hvilke 2 gjenfindes i de trebasiske Syrers Classe, maa sandsynligviis tilskrives **Syrernes forskellige Constitution**. Stillingen af de to Brintatomer, der i de tobasiske Syrers Molecul kunne ombyttes med Natrium, kan nemlig opfattes paa tre Maader; saaledes kan t. Ex. Svovlsyrehydrat fremstilles ved følgende 3 Formler:



Den første Formel vilde være den rimeligste, naar Syren var en Brintesyre; den anden Formel er den sandsynligste for en Syre, hvis Anhydrid har ringe Affinitet til Vand; den tredie Formel gjælder for en tobasisisk Hydroxylsyre. Den Constitution, der udtrykkes ved den første Formel, gjælder sandsynligviis for de tobasiske Brintesyre, t. Ex. Fluorsiliciumbrintesyre og Chlorplatinbrintesyre.

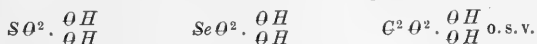


Den anden Formel svarer rimeligviis til Svovlsyring, Selsensyring, Kulsyre, Chromsyre og Borsyre, af hvilke idetmindste de 4 første let og af sig selv spaltes i Anhydrid og Vand, saa at Hydraterne (den egenlige Syre) for flere af disse Syrers Vedkommende næppe ere fremstillede. Den rationelle Formel for disse Syrer vilde saaledes være



Dette stemmer ogsaa ganske med den Maade, hvorpaa Kulsyrens Homologer, som Glycolsyre og de øvrige Led af Mælkesyrerækken, optræde, idet disse vel ere toatomede Syrer, men sædvanligt optræde som eenbasiske, idet det andet Brintatom ikke let lader sig ombytte med Natrium, men derimod let med Syre- og Alkoholradicaler.

Til tredie Formel svarer da Svovlsyre, Selsensyre, Oxalsyre og Viinsyre, hvis Formler saaledes i Overensstemmelse med det almindeligt Antagne blive



Analogien mellem de tobasiske og trebasiske Syrer fører da til følgende Formel for Citronsyre



medens Formlerne for Phosphorsyrens 3 Modificationer blive



hvorefter den thermiske Forskjel mellem Citronsyren og Phosphor- og Arseniksyren lader sig forklare i Overensstemmelse med de herskende chemiske Anskuelser.

9) **Kiselsyren** er i Tabellerne opført som en tobasisk Syre, men den adskiller sig dog betydeligt fra de øvrige Syrer af denne Gruppe derved, at den ganske mangler et bestemt Neutralisationspunct. Talstørrelserne i Tabel II vise rigtignok, at den Varmedvikling, som et Molecul af Syren giver med voxende Natronmængde, kun stiger meget ubetydeligt, naar Natronhydratets Mængde overskrider to Moleculer, og Tabel I viser, at Varmedviklingen voxer tilnærmelsesviis proportionalt med Syrens Mængde indtil $\frac{1}{2}$ Molecul Kiselsyre

mod 1 Molecul Natronhydrat. Men Tabel II viser endvidere, at Talstørrelserne langtfra voxe proportionalt med Natronets Mængde, og Tabel I, at Varmeudviklingen ved yderligere Tilsætning af Kiselsyre endnu voxe meget betydeligt. Af det i 4de Afsnit Udviklede fremgaaer det, at Maximum af Varmeudvikling, som et Molecul Natronhydrat kan udvikle med Kiselsyre, og som først indtræder, naar Syremængden bliver uendeligt stor, udgjør 134'', medens Varmeudviklingen for $\frac{1}{2}$ Molecul Kiselsyre kun udgjør 26''; endvidere, at Maximum af Varmeudvikling, som frembringes ved Indvirkning af 1 Molecul Kiselsyre paa Natronhydrat og ligeledes først indtræder, naar Natronmængden er uendeligt stor, kun udgjør 63'', medens allerede to Moleculer Natronhydrat udvikle 52''.

10) *Anomalien i Kiselsyrens Neutralisationsforhold har meget sandsynligt sin Grund i den samtidige Indvirkning af Vandet og Kiselsyren paa Natronhydratet.* Efter det ovenfor under (4) Udviklede maa Vandet ansees som en eenbasisk Syre og Natronhydratet som et Natriumsalt. Naar nu Natriumsaltet (Natronhydratet) samtidigt angribes af begge Syrer (Vand og Kiselsyre), deler Basen sig mellem Syrerne efter et Forhold, der afhænger af deres Aviditet og Mængde (see Afsnit I).

Er nu Vandets Aviditet mod Basen meget ringe i Sammenligning med Syrens, de-componerer denne en (tilnærmelsesviis) æquivalent Mængde Natronhydrat, og Varmeudviklingen bliver saaledes (tilnærmelsesviis) proportional med Syremængden, saaledes som det ogsaa er Tilfældet med alle andre Syrer. Er derimod Vandets Aviditet mod Basen en kjendelig Størrelse i Sammenligning med Syrens, ophører Proportionaliteten i Varmeudviklingen, og denne følger da den Lov, der gjælder for den delvise Adskillelse (see nævnte Afsnit). Den Varmeabsorption, som fremtræder, naar en Opløsning af kiselsuurt Natron (og ligeledes flere andre Saltopløsninger) fortyndes med Vand, har rimeligviis for en Deel sin Grund i en af Vandet frembragt delviis Adskillelse af Saltet.

11) *Størrelsen af Varmeudviklingen ved Indvirkning af et Molecul Natronhydrat paa et Molecul Syrehydrat i vandige Opløsninger er meget forskjellig.* Den største Varmeudvikling giver Fluorbrintesyre (163''), derefter kommer Svovlsyrling (159''), Phosphorundersyrling (152'') og Arseniksyre (150''); de forskjellige Phosphorsyrer, Phosphorsyrling, Selsensyrling, Selsensyre og Svovlsyre give imellem 148 og 144''; derefter kommer Chlor-, Brom- og Jodbrintesyre og Sapetersyre (137''); betydeligt lavere staae Borsyre og Kulsyre (110—111''), og den mindste Varmeudvikling give Svovlbrinte, (Kiselsyre) og Cyanbrinte. Men sammenlignes den Varmeudvikling, som et Molecul Natronhydrat giver med den til Dannelsen af det normale Salt fornødne Syremængde, er Rækkefølgen tildeels en anden, dog fremtræder ogsaa her Fluorbrintesyren med den største Varmeudvikling (163''), derefter kommer Svovlsyre, Selsensyre, Metaphosphorsyre (155—152''), Svovlsyre, Phosphorsyrling

og Oxalsyre (135—141^o); derefter aftage Størrelserne efterhaanden, indtil man kommer til Svovlbrinte, Cyanbrinte og Kiselsyre.

12) For nogle af de af mig undersøgte Syrer er Neutralisationsvarmen tidligere bleven bestemt. De ældre Bestemmelser vise ofte betydelige Afvigelser fra de af mig fundne Talstørrelser, og navnlig er dette Tilfældet med *Favre & Silbermanns* Bestemmelser (Ann. Chim. Phys. III. V. 37 p. 494); for Chlor-, Brom- og Jodbrintesyre, Salpetersyre og Phosphorsyre ere disse Experimentatorers Bestemmelser 10—12 Procent for høie, t. Ex. for de første 4 Syrer 151—152^o istedetfor 137^o. Aarsagen hertil ligger sandsynligviis i de unøjagtige Angivelser af det af dem benyttede Qviksølvalorimeter, og jeg tvivler meget om, at de Forsøg, man i den nyeste Tid har anstillet med dette Apparat, have givet et nøiagtigere Resultat. I de bekjendtgjorte Resultater har jeg allerede fundet flere betydelige Feil, som jeg senere skal komme tilbage til. Forøvrigt henviser jeg med Hensyn til Unøjagtigheden af de med Qviksølvalorimetret fundne Resultater til min Meddelelse i «Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin», 1869, p. 701.

I n d h o l d.

	Side.
Salpetersyre	3.
Orthophosphorsyre	4.
Arseniksyre	6.
Paraphosphorsyre	8.
Metaphosphorsyre	9.
Phosphorsyrling	13.
Phosphorundersyrling	14.
Myresyre	18.
Eddikesyre	19.
Oxalsyre	19.
Ravsyre	20.
Viinsyre	20.
Citronsyre	21.
Chromsyre	25.
Kulsyre	26.
Svovlbrintesyre	31.

Oversigt over Resultaterne af Undersøgelserne med Hensyn til Syrernes Neutralisation og Basicitet . . 38.

Conclusions

du mémoire intitulé:

Recherches thermo-chimiques sur les rapports d'affinité entre
les acides et les bases dans une solution aqueuse

V, VI et VII Parties

par M. Julius Thomsen.

Le mémoire qui précède est consacré à des recherches relatives aux rapports de neutralisation dans les trois groupes suivants d'acides:

- a) acides de l'azote, du phosphore et de l'arsenic;
- b) acides formique, acétique, oxalique, succinique, tartrique et citrique;
- c) acides chromique, carbonique et sulfhydrique.

Ces recherches ont donné les résultats qui suivent:

V Partie: *acides de l'azote, du phosphore et de l'arsenic.*

1) Les chaleurs dégagées par l'action de la soude sur les acides azotique et arsénique, et les 5 acides du phosphore, sont en nombres ronds:

($\alpha Na Aq$, $Q Aq$)

$\alpha =$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	6
$Q = 1 \text{ Mol.}$					
Acide hypophosphoreux . .	77..	152..	155..		
Acide phosphoreux	74	148	284	289..	
Acide arsénique	74	150	276	559.	374..
Acide orthophosphorique .	75	148	271	540	355
Acide pyrophosphorique .	72	143	264	272	
Acide métaphosphorique .	71	144	164		
Acide azotique	68	136	136		

Ces nombres expriment des centaines de calories, ce qu'on a indiqué par deux points placés à côté, et sont exacts à 1 p. c. près.

2) Lorsqu'une molécule des acides précédents est saturée par la soude, la chaleur dégagée est proportionnelle à la quantité de soude, jusqu'à ce que celle-ci atteigne un équivalent. Elle est minimum pour l'acide azotique (136^{..}), et maximum pour l'acide hypophosphoreux (152^{..}).

3) Au-delà de 1 équivalent de soude, on voit se manifester la basicité différente des acides. Avec les acides monobasiques — les acides azotique, hypophosphoreux et métaphosphorique — le second équivalent de soude ne donne lieu qu'à un effet thermique insignifiant. Mais, avec les autres acides, il produit un dégagement de chaleur considérable, moins grand cependant que le premier équivalent; la différence est minimum pour l'acide phosphoreux, avec lequel le 1^{er} et le 2^d équivalent de soude donnent respectivement 148^{..} et 136^{..}; elle n'est donc que de 12^{..}, mais s'élève à 22^{..}—25^{..} pour les autres acides. Lorsque la quantité de soude dépasse 3 équivalents, on voit apparaître clairement la différence entre les acides bibasiques — acides phosphoreux et paraphosphorique — et les acides tribasiques — acides orthophosphorique et arsénique — car les deux premiers ne donnent avec le troisième équivalent de soude que 5^{..} et 8^{..}, tandis que les deux derniers en dégagent 69^{..} et 83^{..}. La quantité de soude continuant à croître jusqu'au delà de 3 équivalents, la chaleur dégagée avec les deux derniers acides va toujours en augmentant, et cette augmentation est respectivement de 13^{..} et 15^{..}.

4) En calculant les chaleurs dégagées par l'action de 1 équivalent de soude sur des quantités variables de ces acides, on trouve en nombres ronds:

$$(\alpha N^{\alpha} Aq, Q Aq)$$

$\alpha =$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2
$Q = 1 \text{ Mol.}$					
Acide hypophosphoreux . . . . .	....	....	76 ^{..}	152 ^{..}	154 ^{..}
Acide phosphoreux . . . . .	....	96 ^{..}	142	148	149
Acide arsénique	62 ^{..}	120	138	150	147
Acide orthophosphorique	59	115	135	148	147
Acide pyrophosphorique . . . . .	....	91	152	143	144
Acide métaphosphorique . . . . .	....	....	82 ¹⁾	144	142
Acide azotique . . . . .	....	....	68	156	156

Ces chiffres traduits en langage ordinaire, donnent les résultats suivants: a) Dans la neutralisation de la soude par ces acides, la chaleur croît avec la quantité d'acide jusqu'à ce que celle-ci atteigne 1 molécule pour un équivalent de soude. Une augmentation de la quantité d'acide au delà de 1 molécule, ne modifie pas d'une manière sensible

¹⁾ Comme il a été dit plus haut, ce chiffre est un peu trop fort.

le dégagement de chaleur. b) La chaleur de neutralisation croit proportionnellement à la quantité d'acide, jusqu'à ce que celle-ci atteigne: pour les acides monobasiques 1 molécule, pour les bibasiques $\frac{1}{2}$ molécule, et pour les tribasiques $\frac{1}{3}$ de molécule; à partir de ce point, la chaleur dégagée croit moins rapidement, et les acides polybasiques du phosphore et de l'arsenic se séparent complètement par ce dernier caractère de la plupart des autres acides polybasiques dont je parlerai plus tard.

5) L'avidité de l'acide orthophosphorique est 0,24, ou environ la moitié de celle de l'acide sulfurique, et le quart de celle de l'acide chlorhydrique. L'acide phosphorique en solution aqueuse est ainsi un acide faible.

VI Partie. Acides formique, acétique, oxalique, succinique, tartrique et citrique.

Outre l'acide cyanhydrique que j'ai examiné dans la II partie, et l'acide carbonique, dont il sera traité plus loin, j'ai soumis à mes recherches six acides organiques, savoir: deux monobasiques: les acides formique, et acétique; trois bibasiques: les acides oxalique, succinique et tartrique, et un tribasique: l'acide citrique.

Comme on pouvait s'y attendre d'après le résultat des recherches contenues dans les parties précédentes, la chaleur dégagée dans la neutralisation de la soude par les acides qui nous occupent, croit proportionnellement ou presque proportionnellement à la quantité d'acide, jusqu'à ce que celle-ci, pour chaque molécule de soude hydratée (ou chaque équivalent de soude) atteigne respectivement 1, $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ de molécule, suivant que l'acide est mono, bi ou tribasique.

Le dégagement de chaleur qui se manifeste avec ces proportions d'acides et de bases, doit être regardé comme constituant la chaleur de neutralisation proprement dite. Si l'on désigne la molécule de l'acide par Q , la chaleur de neutralisation peut s'exprimer par $(N\alpha Ag, \alpha Q Ag)$, et on trouve alors les valeurs suivantes:

Q	α	$(N\alpha Ag, \alpha Q Ag)$
Acide acétique .	1	15200 ^c
Acide formique .		15155
Acide oxalique .	$\frac{1}{2}$	14139
Acide succinique .		12078
Acide tartrique .		12657
Acide citrique .	$\frac{1}{3}$	12755

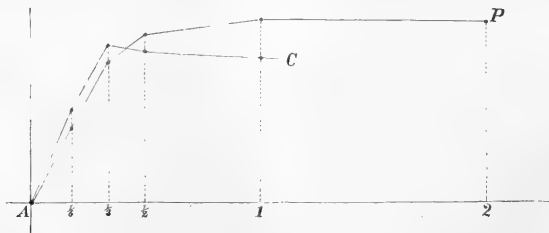
La chaleur de neutralisation des acides acétique et formique est donc la même, comme celle des acides tartrique et citrique. Par contre, les acides oxalique et succinique diffèrent beaucoup l'un de l'autre sous ce rapport, la chaleur de neutralisation de l'acide oxalique étant la plus forte, et celle de l'acide succinique, la plus faible des six acides ci-dessus. — En comparaison de la plupart des acides que nous avons déjà examinés, ces six acides, l'acide oxalique excepté, ont une assez faible chaleur de neutralisation.

Lorsque la quantité d'acide employée pour la neutralisation dépasse, pour les trois groupes, respectivement 1 molécule, $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ de molécule, la chaleur dégagée subit un léger changement, savoir une augmentation avec les acides acétique et succinique, et une diminution avec les acides oxalique, tartrique et citrique. Je n'ai pas examiné comment l'acide formique se comporte à cet égard.

Voici, exprimés en centaines de calories, les résultats que j'ai obtenus :

Q		α	$(N\dot{a}Aq, \alpha Q Aq)$	β	$(\beta N\dot{a}Aq, Q Aq)$
Acide acétique $C^2H^4O^2$	}	$\frac{1}{3}$	66	$\frac{1}{2}$	66
		1	152	1	132
		2	152	2	132
Acide oxalique $C^2H^2O^4$	}	$\frac{1}{3}$	71	$\frac{1}{2}$	69
		$\frac{1}{2}$	141	1	138
		1	158	2	283
		2	158	4	285
Acide tartrique $C^4H^6O^{12}$	}	$\frac{1}{3}$	86	1	124
		$\frac{1}{2}$	127	2	253
		1	124	3	258
Acide succinique $C^4H^6O^8$	}	$\frac{1}{3}$	61	1	124
		$\frac{1}{2}$	121	2	242
		1	124	4	244
Acide citrique $C^{12}H^{10}O^{14}$	}	$\frac{1}{6}$	69	1	124
		$\frac{1}{3}$	127	2	250
		$\frac{1}{2}$	125	3	352
		1	124	6	416

Tandis que les 4 premiers acides se comportent comme les acides mono et bi-basiques du chapitre précédent, l'acide citrique, au point de vue thermique, diffère au contraire complètement des acides orthophosphorique et arsénique. Cette différence, pour les acides orthophosphorique et citrique, a été représentée graphiquement dans la figure ci-dessous, où les abscisses expriment le nombre des molécules de l'acide, et les ordonnées,



le dégagement de chaleur correspondant. *AC* est la courbe de l'acide citrique et *AP* celle de l'acide phosphorique. Il suffit d'y jeter un coup d'œil pour voir que ces deux acides obéissent à une loi différente, le maximum de chaleur dégagée correspondant, pour l'acide citrique, à $\frac{1}{3}$ de molécule, et, pour l'acide phosphorique, à 1 molécule.

En comparant la chaleur que le 1^{er}, le 2^a et le 3^e équivalent de soude donnent avec une molécule d'acide, on trouve :

	Ac. citrique.	Ac. phosphorique.	Ac. arsénique.
Soude 1 ^r équiv.	124 ^{..}	148 ^{..}	150 ^{..}
— 2. —	126	122	126
— 3. —	132	70	83
— 4.5.6 —	34	13	15
Somme	416 ^{..}	353 ^{..}	374 ^{..}

Chacun des trois premiers équivalents de soude dégage avec une molécule d'acide citrique une quantité de chaleur à peu près égale, mais qui croit cependant un peu du 1^r au 3^e équivalent. Par contre, une molécule d'acide phosphorique ou d'acide arsénique dégage avec le 1^r équivalent de soude plus de chaleur qu'avec le 2^a, et avec celui-ci une quantité bien plus grande qu'avec le 3^e.

On voit par là que l'acide citrique, d'une part, et les acides phosphorique et arsénique, d'autre part, ont une constitution différente, résultat qui est conforme aux nouvelles théories chimiques.

L'acide citrique est un acide tribasique bien caractérisé; les trois atomes d'hydrogène basique que contient l'hydrate ont toutes la même valeur, et se laissent avec la même facilité remplacer par un métal; c'est pour cela que le dégagement de chaleur produit par l'action successive des 3 molécules d'hydrate de soude est approximativement le même. Il en est autrement des acides orthophosphorique et arsénique; leurs trois atomes d'hydrogène basique n'ont pas la même valeur; les deux premiers se laissent plus facilement remplacer par un métal que le troisième. Ces acides, par suite, sont plutôt à considérer comme des acides bibasiques triatomiques; c'est pourquoi le dégagement de chaleur dû à l'action de chacune des deux premières molécules de soude ne présente pas une grande différence, tandis que la chaleur dégagée par la troisième est beaucoup moins considérable. Comme on sait, la solution de phosphate de soude ordinaire a une faible réaction alcaline, quoiqu'elle ne renferme que 2 équivalents de soude; il ne peut donc être question d'une neutralisation proprement dite par le troisième équivalent de soude.

VII Partie. Acides chromique, carbonique et sulfhydrique.

1) **Acide chromique.** Par suite de la tendance de l'acide chromique à former, d'un côté, des sels acides anhydres avec les alcalis, et, de l'autre, des sels basiques avec un grand nombre d'oxydes, on pouvait s'attendre que cet acide se comportât d'une manière particulière, mais l'expérience a donné un résultat analogue à celui des autres acides. J'ai trouvé les nombres suivants :

α	$(\alpha N\overset{\cdot}{a}Ag, \overset{\cdot\cdot}{C}rAg)$	$(N\overset{\cdot}{a}Ag, \alpha \overset{\cdot\cdot}{C}rAg)$
$\frac{1}{2}$	66··	65··
1	124	124
2	126	151

Le point de neutralisation de l'acide chromique correspond donc à 1 équivalent d'acide pour 1 équivalent de soude, et un excès d'acide ne produit qu'une faible augmentation dans la chaleur dégagée.

2) **Acide carbonique.** Les phénomènes de neutralisation de l'acide carbonique peuvent se traduire schématiquement ainsi qu'il suit :

α	$(N\overset{\cdot}{a}Ag, \alpha \overset{\cdot}{C}Ag)$	$(\alpha N\overset{\cdot}{a}Ag, \overset{\cdot}{C}Ag)$
$\frac{1}{2}$	5148 ^c	5508 ^c
1	10092	10092
2	11016	10296

ou, en langage ordinaire :

a) Lorsqu'un équivalent de soude, dans une solution aqueuse, est saturé par de l'acide carbonique dissous dans l'eau, la chaleur dégagée croît presque proportionnellement à la quantité d'acide, jusqu'à ce que celle-ci atteigne 1 équivalent, et elle est alors de 10092^c. Le second équivalent d'acide carbonique donne lieu à un dégagement de chaleur égal à 9 p. c. environ de la chaleur de neutralisation.

b) Lorsqu'un équivalent d'acide carbonique dissous dans l'eau est neutralisé avec une solution de soude, la chaleur dégagée croît presque proportionnellement à la quantité de soude, jusqu'à ce que celle-ci atteigne 1 équivalent; le second équivalent de soude n'augmente le dégagement de chaleur que de 2 p. c.

c) Si au lieu d'une solution aqueuse d'acide carbonique, on emploie cet acide sous forme de gaz, la chaleur dégagée est de 2941^c plus grande pour chaque équivalent d'acide, parce qu'un équivalent d'acide carbonique, par son absorption dans l'eau dégage 2941^c.

La manière dont se comporte l'acide carbonique rappelle beaucoup celle des acides sulfureux et sélénieux; je reviendrai plus tard sur la cause probable de cette analogie.

Les valeurs qui précèdent présentent un intérêt tout particulier, en ce qu'elles s'accordent presque entièrement avec celles que j'ai trouvées pour l'acide borique (voir IV. Partie). Dans les tableaux ci-après, on trouvera en nombres ronds, et en regard les uns des autres, les résultats des expériences de neutralisation faites sur ces deux acides; les deux derniers chiffres, qui doivent toujours être regardés comme incertains, ont été supprimés, et les résultats sont exprimés en centaines de calories.

($\alpha \bar{N}aAg, QAg$)

Q	α					
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{3}{2}$	2	3
CO ²	"	55·	101·	"	105·	"
BO ³	"	55,5	100	102·	"	105·

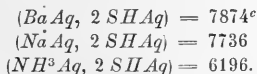
($\bar{N}aAg, \alpha QAg$)

Q	α					
	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1	2	4
CO ²	"	51·	"	101·	110·	"
BO ³	54·	"	68·	100	111	129·

L'accord entre ces valeurs est presque complet. Ce résultat inattendu a donné beaucoup de vraisemblance à une opinion que j'avais déjà émise depuis plusieurs années sur la constitution de l'acide borique, à savoir que l'équivalent du bore est 10 (l'atome 20) et la formule de l'acide borique, BO². Je m'occupe en ce moment d'examiner de plus près cette question.

3) **Acide sulfhydrique** Les résultats principaux de mes recherches sur l'acide sulfhydrique peuvent être résumés comme il suit:

a) Lorsqu'un équivalent de soude, de baryte ou d'ammoniaque en solution aqueuse est saturé par de l'acide sulfhydrique dissous dans l'eau, la chaleur dégagée croît proportionnellement à la quantité d'acide, jusqu'à ce que celle-ci atteigne deux équivalents. Le dégagement de chaleur est alors:



Une augmentation de la quantité d'acide, au-delà de 2 équivalents, n'amène aucun changement dans la chaleur de neutralisation.

b) Il existe une différence constante dans le dégagement de chaleur dû à la neutralisation des acides chlorhydrique et sulfhydrique avec la même base. Les expériences ont été faites avec la baryte, la soude et l'ammoniaque.

c) *L'acide sulfhydrique doit être considéré comme un hydracide monobasique de la formule $H.SH$, un seul équivalent d'hydrogène se laissant, par voie humide, remplacer par le barium, le sodium ou l'ammonium.*

d) Les solutions aqueuses des sulfures métalliques normaux, de sulfure de sodium par exemple, doivent être considérées comme un mélange d'hydrate et de sulfhydrate; dessous dans l'eau, les sulfures métalliques n'existent qu'à l'état de sulfhydrates de la formule $R.S^2H$. Le radical S^2H répond au chlore dans l'acide chlorhydrique.

e) L'absorption de l'acide sulfhydrique donne lieu à un dégagement de chaleur qui a pour valeur:

$$(SH, Aq) = 2377^c.$$

f) De l'analogie de l'acide sulfhydrique avec l'eau, il résulte que *l'eau doit également être considérée comme un acide monobasique*, et que sa formule rationnelle doit être $H.O^2H$ ou $H.\Theta H$, ce qui est complètement en harmonie avec les théories de la Chimie moderne.

Recherches thermo-chimiques sur les rapports d'affinité entre les acides et les bases dans une solution aqueuse.

VIII Partie.

*Résumé des résultats principaux de mes recherches au point de vue de la neutralisation
et de la basicité des acides.*

Dans les sept parties qui précèdent, j'ai exposé mes recherches sur les phénomènes de neutralisation pour un grand nombre d'acides. J'ai examiné en tout 31 acides appartenant aux groupes les plus différents, et je donnerai maintenant un tableau des principaux résultats, avant de les soumettre à une discussion, et de montrer quelle importance ces recherches peuvent avoir relativement à la détermination de la basicité et de la constitution des acides.

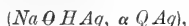
On se souvient que, dans tout le cours de ces recherches, les acides fortement étendus d'eau ont été mélangés, en diverses proportions, avec des solutions aqueuses de soude également très étendues, afin de pouvoir déterminer plus exactement la relation existant entre le dégagement de chaleur produit et le rapport des équivalents de l'acide et de la base. Pour la plupart des acides, le dégagement de chaleur a été mesuré dans trois cas différents, savoir pour le rapport d'équivalents répondant au sel neutre, pour un excès de l'acide et pour un excès de la base; mais il y a plusieurs acides dont l'examen complet a exigé la détermination de la chaleur dégagée avec 5—6 mélanges différents. C'est par là que mes recherches se distinguent de celles de mes prédécesseurs, car auparavant on se bornait généralement à déterminer la chaleur de neutralisation, ce qui ne donne aucun éclaircissement sur la constitution de l'acide.

Le degré normal de concentration de mes liqueurs est réglé de façon que chaque équivalent d'acide ou de soude est dissous dans 400 équivalents d'eau, d'où il suit que le sel formé est dissous dans 800 équivalents d'eau.

Dans les parties précédentes, où il est traité des recherches spéciales à chaque groupe, toutes les valeurs sont calculées d'après les équivalents; mais, pour la discussion, il convient plutôt de rapporter tous les résultats aux formules moléculaires, qui répondent mieux que les anciennes formules en équivalents aux propriétés physiques des corps.

Les résultats sont renfermés dans les deux tableaux qu'on trouvera plus loin. Le premier indique le dégagement de chaleur qui se produit lorsqu'une molécule d'hydrate de

soude agit sur un nombre variable de molécules d'acides hydratés; cette réaction s'exprime par la formule :



où Q désigne la molécule de l'acide, et α , le nombre des molécules de l'acide. Le second tableau donne le dégagement de chaleur dû à l'action d'une molécule d'acide hydraté sur des quantités variables d'hydrate de soude, réaction qui s'exprime par la formule :



où α désigne le nombre des molécules de soude.

La grandeur des molécules est celle qui est généralement adoptée, par exemple HCl , H^2S , B^2O^3 , PH^3O^4 , $P^2H^4O^7$, etc.

Dans ces tableaux, toutes les valeurs sont exprimées en centaines de calories, ce qui est indiqué par deux points placés après les nombres; il est en effet inutile de mettre les deux derniers chiffres, qui sont rarement déterminés avec exactitude. En tout cas, les valeurs données par les tableaux sont exactes à 1 p. c. près, de sorte qu'une différence d'une unité dans le dernier chiffre doit, pour la plupart des grandeurs, être considérée comme la limite de l'erreur. L'écart d'une unité que les nombres relatifs aux acides sulfurique et azotique présentent avec les valeurs trouvées dans la 1^e Partie, provient d'une concentration différente des solutions employées.

Tableau I.
($N\alpha\theta HAq$, $\alpha Q Ag$)

$Q = 1$ Molécule.		α					
Noms des acides.	Formules.	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$
a. Acides monobasiques.							
Ac. chlorhydrique	HCl	157 ^{..}	157 ^{..}	68,5 ^{..}	"	"	"
Ac. bromhydrique	HBr	137	137	68,5	"	"	"
Ac. iodhydrique	HJ	156	137	68,5	"	"	"
Ac. fluorhydrique	HFl	160	163	82	"	"	"
Ac. sulfhydrique ¹⁾	$H.SH$	77	77	59	"	"	"
Ac. cyanhydrique	$H.NC$	28	28	14	"	"	"
Ac. azotique	$H.NO^3$	136	157	68	"	"	"
Ac. hypophosphoreux	$H.PH^2O^2$	154	152	76	"	"	"
Ac. métaphosphorique	$H.PO^3$	142	144	²⁾	"	"	"
Ac. formique	$H.CHO^2$	"	132	"	"	"	"
Ac. acétique	$H.C^2H^3O^2$	152	152	66	"	"	"
b. Acides bibasiques.							
Ac. hydrofluosilicique	$H^2.SiFl^6$	"	153	135	"	³⁾	"
Ac. hydrochloroplatinique	$H^2.PtCl^6$	"	156	156	"	68 ^{..}	46 ^{..}
Ac. sulfurique	$H^2.SO^4$	142	146	155	"	78	"
Ac. séléniq.	$H^2.SeO^4$	"	148	152	"	76	"
Ac. chromique	$H^2.CrO^4$	"	151	124	"	63	"
Ac. sulfureux	$H^2.SO^3$	"	159	145	"	73	"
Ac. sélénieux	$H^2.SeO^3$	"	148	135	"	69	"
Ac. hyposulfurique	$H^2.S^2O^6$	"	"	135	"	"	"
Ac. phosphoreux	$H^2.PHO^3$	149	148	142	96 ^{..}	"	"
Ac. carbonique ⁴⁾	$H^2.CO^3$	"	110	101	"	51	"
Ac. borique	$H^2.B^2O^4$	129	111	100	68	"	34
Ac. silicique	$H^2.SiO^3$	65	43	26	"	13,5	"
Ac. stannique	$H^2.SnO^3$	"	"	"	"	24	"
Ac. oxalique	$H^2.C^2C^4$	158	158	141	"	71	"
Ac. succinique	$H^2.C^4H^4O^4$	"	124	121	"	61	"
Ac. tartrique	$H^2.C^4H^4O^6$	"	124	127	86	"	"
c. Acides tribasiques.							
Ac. citrique	$H^3.C^6H^5O^7$	"	124	125	127	"	69
Ac. orthophosphorique	$H^3.PO^4$	147	148	135	113	"	59
Ac. arsénique	$H^3.AsO^4$	147	150	138	120	"	62
d. Acides tétrabasiques.							
Ac. pyrophosphorique	$H^4.P^2O^7$	"	144	143	"	132	91

¹⁾ Ces valeurs s'appliquent à l'acide sulfhydrique en solution aqueuse.

²⁾ Est 74 environ; mais ne se laisse pas déterminer exactement, voir V^e partie.

³⁾ Ne peut se déterminer à cause de la décomposition de l'acide, voir IV^e partie.

⁴⁾ Valable pour l'acide carbonique en solution aqueuse.

Tableau II.
($\alpha Na \Theta H Aq, Q Aq$)

Q = 1 Molécule.		α					
Noms des acides.	Formules.	$-\frac{1}{2}$	1	2	3	4	6
a. Acides monobasiques.							
Ac. chlorhydrique	<i>H. Cl</i>	68,5	137	137	"	"	"
Ac. bromhydrique	<i>H. Br</i>	68,5	137	137	"	"	"
Ac. iodhydrique	<i>H. J</i>	68	137	137	"	"	"
Ac. fluorhydrique	<i>H. Fl</i>	80	165	165	"	"	"
Ac. sulhydrique ¹⁾	<i>H. SH</i>	39	77	78	"	"	"
Ac. cyanhydrique	<i>H. NC</i>	14	28	27	"	"	"
Ac. azotique	<i>H. NO³</i>	68	137	137	"	"	"
Ac. hypophosphoreux . . .	<i>H. PH² O²</i>	77	152	155	"	"	"
Ac. métaphosphorique . .	<i>H. PO³</i>	71	144	²⁾	"	"	"
Ac. formique	<i>H. CH O²</i>	"	132	"	"	"	"
Ac. acétique	<i>H. C² H³ O²</i>	66	132	132	"	"	"
b. Acides bibasiques.							
Ac. hydrofluosilicique . .	<i>H². Si Fl⁶</i>	"	153	266	"	³⁾	"
Ac. hydrochloroplatinique	<i>H². Pt Cl⁶</i>	"	156	272	"	272	275
Ac. sulfurique	<i>H². SO⁴</i>	71	146	310	"	310	"
Ac. sélénique	<i>H². Se O⁴</i>	"	148	504	"	504	"
Ac. chromique	<i>H². Cr O⁴</i>	"	151	247	"	252	"
Ac. sulfureux	<i>H². S O³</i>	"	159	290	"	295	"
Ac. sélénieux	<i>H². Se O³</i>	"	148	270	"	275	"
Ac. hyposulfurique	<i>H². S² O⁶</i>	"	"	271	"	"	"
Ac. phosphoreux	<i>H². PH O³</i>	74	148	284	289	"	"
Ac. carbonique	<i>H². CO³</i>	"	110	202	"	206	"
Ac. borique	<i>H². B² O⁴</i>	64	111	200	205	"	206
Ac. silicique	<i>H². Si O³</i>	32	45	52	"	54	"
Ac. stannique	<i>H². Sn O³</i>	"	"	"	"	96	"
Ac. oxalique	<i>H². C² O⁴</i>	69	158	285	"	285	"
Ac. succinique	<i>H². C⁴ H⁴ O⁴</i>	"	124	242	"	244	"
Ac. tartrique	<i>H². O³ H⁴ O⁶</i>	"	124	255	258	"	"
c. Acides tribasiques.							
Ac. citrique	<i>H³. C⁶ H⁵ O⁷</i>	"	124	250	582	"	416
Ac. orthophosphorique . .	<i>H³. PO⁴</i>	73	148	271	340	"	355
Ac. arsénique	<i>H³. As O⁴</i>	74	150	276	559	"	374
d. Acides tétrabasiques.							
Ac. pyrophosphorique . .	<i>H⁴. P² O⁷</i>	"	144	286	"	527	545

¹⁾ Valable pour l'acide en solution aqueuse.

²⁾ Ne peut être déterminé avec exactitude à cause du changement de basicité de l'acide.

³⁾ Ne peut être déterminé parce que l'acide se décompose.

⁴⁾ Valable pour l'acide en solution aqueuse.

J'indiquerai maintenant en peu de mots les principaux résultats contenus dans les tableaux qui précèdent, en renvoyant, pour les détails, aux différentes parties de mes mémoires, et crois à ce sujet devoir relever que toutes les valeurs thermo-chimiques que j'ai employées ont été déterminées par moi, comme il m'a été impossible de m'en rapporter aux recherches antérieures. Voici quels sont ces résultats :

1) Du tableau I découle, comme une **loi générale** pour tous les acides, que

a) *Lorsqu'une molécule d'hydrate de soude agit sur un acide dans une solution aqueuse, le dégagement de chaleur est à très peu de chose près proportionnel à la quantité d'acide, jusqu'à ce que celle-ci atteigne 1 molécule ou $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ de molécule, suivant que l'acide est mono, bi, tri ou tétrabasique.*

b) *Par contre, si la quantité d'acide dépasse celle qu'exige la formation du sel normal, les acides se comportent différemment suivant leur constitution, l'effet thermique produit par l'excès d'acide étant soit nul, soit positif ou négatif.*

2) Du tableau II découle, conformément à ce qui précède, que

a) *Lorsqu'une molécule d'un acide, dans une solution aqueuse, agit sur une solution d'hydrate de soude, le dégagement de chaleur croît en général proportionnellement à la quantité de soude, jusqu'à ce que celle-ci atteigne 1, 2, 3 ou 4 molécules, suivant que l'acide est mono, bi, tri ou tétrabasique. Les exceptions à cette loi trouvent leur explication dans 1, b.*

b) *mais si la quantité de soude dépasse ces limites, il ne se manifeste qu'un changement insignifiant dans l'effet thermique.*

3) *Lorsque la grandeur de la molécule est déterminée par une autre voie, on peut par ce genre de recherches établir en toute certitude la basicité de l'acide, en tant qu'il en ait une.*

4) On constate de cette manière que **l'acide sulfhydrique** est un acide monobasique dont la formule doit s'écrire $H.SH$, le second équivalent d'hydrogène ne se laissant pas remplacer par le sodium dans une solution aqueuse. Ce résultat, qui, au premier abord, paraît un peu surprenant, se montre, après plus mûr examen, être en parfaite harmonie avec les nouvelles théories chimiques; d'un côté, il éclaire complètement le rôle de l'acide, et de l'autre, il fournit un appui important à la théorie de l'hydroxyle; car la grande analogie qui existe entre l'oxygène et le soufre rend fort vraisemblable que la formule de l'eau doit être $H.OH$, et que l'eau doit être considérée comme un acide monobasique. Il suit en outre de là que les soi-disant sulfures métalliques neutres, tels que Na^2S n'existent pas plus en solution aqueuse que les oxydes correspondants (Na^2O), et que les soi-disant sulfhydrates de sulfures, comme $Na.SH$, $Ba.2SH$ et $Mg.2SH$ doivent être regardés comme les sels normaux de cet acide solubles dans l'eau.

5) **Les acides monobasiques** ne renfermant qu'un atome d'hydrogène qui puisse être remplacé par le sodium, la seconde molécule d'hydrate de soude doit être sans action sur le sel de sodium, ainsi que le prouve l'expérience (Tab. II). De plus, comme les acides monobasiques ne forment pas des sels acides, un excès d'acide doit également

être sans influence sur le sel de sodium, et c'est ce que montre aussi l'expérience (Tab. I). A vrai dire, la seconde molécule d'acide présente presque toujours un faible effet thermique qui se traduit ordinairement par une absorption de chaleur, mais cette absorption ne s'élève qu'à quelques millièmes de la chaleur de neutralisation. L'acide fluorhydrique fait toutefois une exception, car la seconde molécule d'acide produit une absorption de chaleur qui est égale à 2 p. c. de la chaleur de neutralisation. En rapprochant ce fait de l'existence du fluorure de sodium acide, il devient *douteux que l'acide fluorhydrique appartienne aux acides monobasiques*. Les chiffres relatifs à l'acide métaphosphorique et à l'acide hypophosphoreux indiquent à la vérité un faible effet thermique (environ 1 p. c.), pour la seconde molécule d'acide; mais comme, par suite de sa grande instabilité, ils ne peuvent être établis avec exactitude pour le premier de ces acides, et que le chiffre qui se rapporte à 2 molécules du second n'a été déterminé que par une seule expérience, je n'attache aucune importance à cet écart. Par contre, en ce qui concerne l'acide fluorhydrique, l'écart a été parfaitement constaté.

6) **Les acides bibasiques**, qui renferment par conséquent deux atomes d'hydrogène, peuvent se diviser en plusieurs groupes suivant la quantité de chaleur qu'ils dégagent avec la première et la seconde molécule d'hydrate de soude.

Le premier groupe comprend les hydracides bibasiques, savoir les *acides hydrofluosilicique* et *hydrochloroplatinique* ($Pt. Cl^6. H^2$); ils ne présentent aucune différence appréciable dans le dégagement de chaleur pour la première et la seconde molécule d'hydrate de soude, et se comportent donc comme les hydracides monobasiques, sauf que le dégagement de chaleur pour une molécule d'acide croît proportionnellement à la quantité de soude jusqu'à 2 molécules d'hydrate de soude.

Le second groupe comprend les *acides sulfurique, sélénique, oxalique et tartrique*; dans la neutralisation de ces acides, la première molécule d'hydrate de soude donne lieu à un dégagement de chaleur *moins grand* que la seconde. La différence est de 5'' à 18''.

Hydrate de soude.	Ac. sulfurique.	Ac. sélénique.	Ac. oxalique.	Ac. tartrique.
1 ^e Molécule . . .	146''	148''	138''	124''
2 ^d — . . .	164	156	145	129

Le troisième groupe comprend les *acides sulfureux, sélénieux, carbonique et borique*; dans la neutralisation de ces acides, la première molécule d'hydrate de soude produit un dégagement de chaleur *plus grand* que la seconde. La différence est de 18'' à 28''.

Hydrate de soude.	Ac. sulfureux.	Ac. sélénieux.	Ac. carbonique.	Ac. borique.
1 ^e Molécule . . .	159''	148''	110''	111''
2 ^d — . . .	151	122	92	89

A ce groupe se rattachent *l'acide chromique, l'acide phosphorique*, et, comme il semble aussi, *l'acide succinique*.

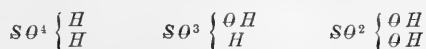
Comme il est facile de le voir, l'action des sels normaux des acides du second groupe sur les acides correspondants, est accompagnée d'une absorption de chaleur, tandis que, dans les mêmes circonstances, les sels normaux des acides du troisième groupe donnent lieu à un dégagement de chaleur.

7) **Les acides tribasiques** présentent des différences analogues à celles des acides bibasiques, car *l'acide citrique* répond au second groupe, et les *acides arsénique* et *orthophosphorique* au troisième groupe. On a en effet:

Hydrate de soude.	Ac. citrique.	Ac. arsénique.	Ac. ortho- phosphorique.
1 ^e Molécule . . .	124**	150**	148**
2 ^d — . . .	126	126	125
3 ^e — . . .	132	85	69

La seconde et la troisième molécule d'hydrate de soude donnent avec l'acide citrique *plus* de chaleur, avec les acides arsénique et orthophosphorique *moins* de chaleur que la première molécule. La différence entre le dégagement de chaleur dû à la 2^d et à la 3^e molécule d'hydrate de soude est en outre très grande pour les acides arsénique et orthophosphorique, ce qui provient de ce que, dans ces deux acides, les trois molécules d'hydrogène n'occupent pas la même position dans la molécule.

8) La cause pour laquelle les acides bibasiques se divisent en 3 groupes, dont 2 se retrouvent dans la classe des acides tribasiques, doit sans doute être rapportée à la **constitution différente des acides**. La position des deux atomes d'hydrogène, lesquels se laissent remplacer par le sodium dans la molécule des acides bibasiques, peut en effet se concevoir de trois manières; l'acide sulfurique hydraté, par exemple, peut être représenté par les 3 formules:

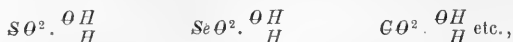


La *première formule* serait la plus vraisemblable, si l'acide était un hydracide; la seconde convient surtout à un acide dont l'anhydride a peu d'affinité pour l'eau; la troisième s'applique à un acide hydroxyle bibasique. La constitution exprimée par la première formule est probablement celle des hydracides bibasiques, p. ex. les acides hydrofluosilicique et hydrochloroplatinique.



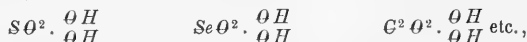
La *seconde formule* répond sans doute aux acides sulfureux, sélénieux, carbonique, chromique et borique, dont les 4 premiers du moins se séparent facilement en anhydride

et en eau, de sorte qu'on connaît à peine les hydrates (l'acide proprement dit) de plusieurs de ces acides. Leur formule rationnelle serait ainsi :



ce qui s'accorde tout-à-fait avec la manière d'être des homologues de l'acide carbonique, comme l'acide glycolique et les autres termes de la série lactique, lesquels, quoique biatomiques, se comportent ordinairement comme des acides monobasiques, le second atome d'hydrogène ne se laissant guère remplacer par le sodium, mais facilement au contraire par des radicaux acidés et alcooliques.

La *troisième formule* répond aux acides sulfurique, sélénique, oxalique et tartrique, dont les formules, conformément aux idées généralement admises, deviennent ainsi :



L'analogie entre les acides bibasiques et tribasiques conduit donc pour l'acide citrique à la formule suivante :



tandis que les formules des 3 modifications de l'acide phosphorique deviennent :



ce qui permet d'expliquer conformément aux nouvelles théories chimiques la différence thermique qui existe entre l'acide citrique et les acides phosphorique et arsénique.

9) **L'acide silicique** figure dans les tableaux comme un acide bibasique, mais il se sépare par un point important des autres acides de ce groupe, en ce qu'il ne présente pas de point de neutralisation fixe. Le tableau II montre, il est vrai, que le dégagement de chaleur qu'une molécule d'acide donne avec une quantité croissante de soude n'augmente que fort peu lorsque cette quantité dépasse 2 molécules, et le tableau I, que le dégagement de chaleur croît à peu près proportionnellement à la quantité d'acide jusqu'à $\frac{1}{2}$ molécule d'acide silicique pour 1 molécule d'hydrate de soude. Mais le tableau II montre aussi que la chaleur dégagée est loin de croître proportionnellement à la quantité de soude, et le tableau I, que le dégagement de chaleur augmente encore considérablement lorsqu'on continue à ajouter de l'acide silicique. Il résulte des développements donnés dans la 4^e partie 1^o que le maximum de chaleur qu'une molécule d'hydrate de soude peut dégager avec l'acide silicique, et qui survient seulement lorsque la quantité d'acide devient infiniment grande, s'élève à 134°, tandis que le dégagement de chaleur pour $\frac{1}{2}$ molécule d'acide silicique n'est que de 26°; 2^o que le maximum de chaleur dégagé par l'action d'une molécule d'acide silicique sur l'hydrate de soude, lequel ne survient également que lorsque la quantité de soude est infiniment grande, ne s'élève qu'à 63°, tandis que deux molécules d'hydrate de soude dégagent déjà 52°.

10) *L'anomalie que présente la neutralisation de l'acide silicique a très probablement sa cause dans l'action simultanée de l'eau et de l'acide silicique sur l'hydrate de*

soude. D'après ce qui a été dit plus haut (4), l'eau doit être considérée comme un acide monobasique, et l'hydrate de soude, comme un sel de sodium. Or, si le sel de sodium (hydrate de soude) est attaqué en même temps par deux acides (eau et acide silicique), la base se partage entre les acides suivant un rapport qui dépend de leur avidité et de leur quantité (voir 1^e partie).

Si l'avidité de l'eau pour la base est très faible en comparaison de celle de l'acide, celui-ci décompose une quantité (approximativement) équivalente d'hydrate de soude, et le dégagement de chaleur est (approximativement) proportionnel à la quantité d'acide, comme c'est aussi le cas pour tous les autres acides. Mais si l'avidité de l'eau pour la base a une valeur sensible relativement à celle de l'acide, le dégagement de chaleur cesse d'être proportionnel, et suit alors la loi qui régit la séparation partielle (voir la 1^e partie). L'absorption de chaleur qui se fait lorsqu'une solution de silicate de soude (de même que plusieurs autres solutions salines) est étendue d'eau, a sans doute en partie pour cause une décomposition partielle du sel par l'eau.

11) *L'intensité du dégagement de chaleur* causé par l'action d'une molécule d'hydrate de soude sur une molécule d'acide hydraté dans des solutions aqueuses est très variable. L'acide fluorhydrique donne le dégagement de chaleur le plus considérable (163^{..}), puis viennent les acides sulfureux (159^{..}), hypophosphoreux (152^{..}) et arsénique (150^{..}); les divers acides phosphorique, et les acides phosphoreux, sélénieux, sélénique et sulfurique donnent entre 148 et 144^{..}; nous arrivons ensuite aux acides chlorhydrique, bromhydrique, et azotique (137^{..}); les acides borique et carbonique donnent un chiffre notablement plus bas, et le dégagement de chaleur le plus faible est dû aux acides sulfhydrique (silicique) et cyanhydrique. Mais si l'on compare la chaleur qu'une molécule d'hydrate de soude donne avec la quantité d'acide nécessaire à la formation du sel normal, la série n'est plus la même; cependant l'acide fluorhydrique reste toujours en tête, puis viennent les acides sulfurique, métaphosphorique (155—152^{..}), sulfureux, phosphoreux et oxalique (135—141^{..}), et ces valeurs vont ensuite en diminuant jusqu'aux acides sulfhydrique, cyanhydrique et silicique.

12) La chaleur de neutralisation de quelques uns des acides que j'ai examinés, a déjà été déterminée auparavant; mais ces anciennes déterminations présentent souvent avec mes résultats des écarts considérables. C'est ainsi que les valeurs trouvées par M. M. *Favre* et *Silbermann* (Ann. Chim. Phys. III. V. 37 p. 494) pour les acides chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique, azotique et phosphorique, sont de 10—12 p. c. trop élevées, par exemple, pour les 4 premiers de ces acides 151—152^{..} au lieu de 137^{..}. Il faut vraisemblablement en attribuer la cause aux indications inexactes du calorimètre à mercure qu'ils ont employé, et je doute fort que les recherches qu'on a entreprises récemment avec le même appareil aient donné de meilleurs résultats. Dans ceux qui ont été publiés, j'ai déjà trouvé plusieurs erreurs assez notables sur lesquelles je reviendrai plus tard. Du reste, pour ce qui regarde l'inexactitude des résultats fournis par le calorimètre à mercure, je renvoie le lecteur à ma communication dans les «Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin» 1869, p. 701.



Om Strømningsforholdene

i

almindelige Ledninger og i Havet

af

A. Colding.

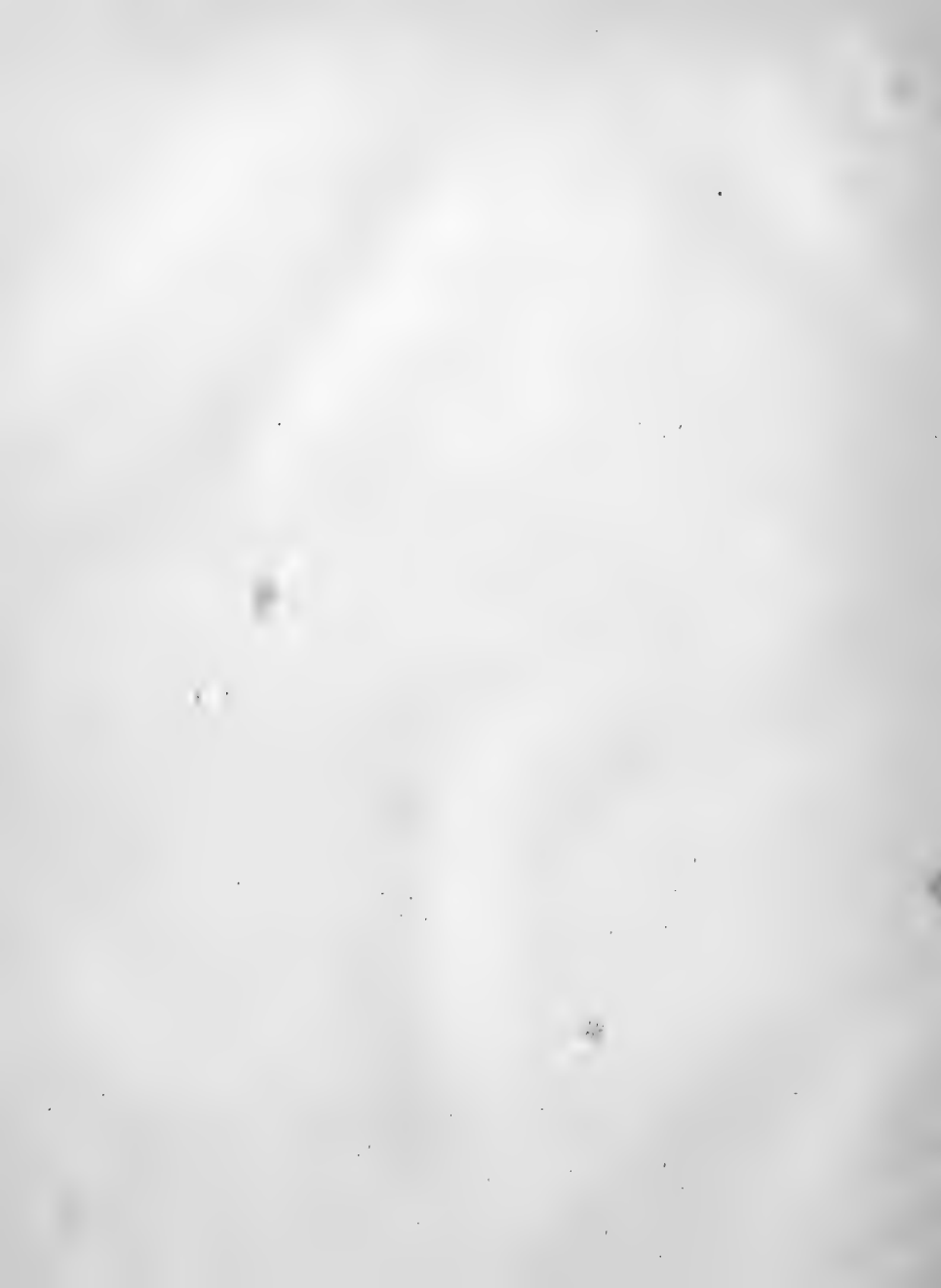
Med tre Tavler.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. III

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

1870.



I. Om Lovene for Vandets Bevægelse i Strømme, som begrændses af faste Ledninger.

Foranlediget af hele vor mangelfulde Kundskab om flydende Legemers Bevægelse og drevet af Ønsket om at blive i Stand til paa en tilfredsstillende Maade at kunne løse forskellige Opgaver, som Tiden krævede og min Embedsstilling førte med sig, har jeg alt i en lang Række af Aar været sysselsat med Undersøgelser over flydende Legemers Bevægelse, og Resultaterne af nogle af disse Undersøgelser har jeg meddeelt i tvende Afhandlinger, som findes optagne i Videnskabernes Selskabs Skrifters 5te Række, 4de og 6te Bind, den første i Aaret 1855 og den senere i Aaret 1861, hvilke Afhandlinger omfatte Lovene for Vandets Bevægelse i cylindriske og prismatiske Ledninger.

I den første Afhandling har jeg givet en Fremstilling af Resultaterne af forskellige interessante Undersøgelser som Kjøbenhavns Commune lod udføre i Aaret 1852 for at komme til Kundskab om glasserede Rørs Vandføringsevne, hvorom der dengang herskede en ikke ringe Meningsforskjel blandt forskellige engelske Ingenieurer, hvoraf Nogle antog, at den bekjendte af Eytelwein fremstillede Theori af Strømbevægelsen maatte være urigtig, da Vandføringsevnen af Rørcloaker, ifølge deres Erfaring, var langt større end man efter Eytelweins Theori skulde antage, og disse Ingenieurer paastode derfor, at man ved Cloak-anlæg med Sikkerhed kunde anvende glasserede Rørcloaker i en meget videre Udstrækning end det vilde være tilladeligt efter den Eytelweinske Theori.

Med Fuldførelsen af de af Kjøbenhavns Commune foranstaltede Undersøgelser over glasserede Rørs Vandføringsevne maatte imidlertid den reiste Tvivl om Paalideligheden af den Eytelweinske Theori forsvinde, fordi det ved disse Undersøgelser blev bestemt paaviist, at uagtet Eytelweins Theori kun kan betragtes som tilnærmelsesviis rigtig, saa er den dog baade saa vel begrundet og i saa nøie Overensstemmelse med Forsøgsresultaterne, navnlig naar Spørgsmaalet dreier sig om almindelige Ledningers Vandføringsevne, at man kan være fuldkommen sikker paa, at den Feil, som man begaaer ved at følge Theorien, næsten altid vil være forsvindende lille.

I den senere Afhandling, fra 1861, har jeg ved Behandlingen af de frie Vandspeilsformer, som kunne fremtræde, naar Strømme med constant Vandføring gennemstrømme cylindriske eller prismatiske Ledninger, fremdeles fulgt den Eytelweinske Betragtning af Strømforholdene; den Overeensstemmelse, som derved blev funden mellem de naturlige Vandspeilsformer, som fremtræde i almindelige cylindriske eller prismatiske Ledninger, og de beregnede Vandspeilsformer, som jeg har fremstillet i min Afhandling, viser tydeligt, at uagtet Eytelweins Theori gaar ud fra, at alle Dele af Strømmen bevæge sig med samme Hastighed, og Strømmen altsaa paa en Maade betragtes som et fast Legeme, der kun er underkastet en Modstand langs med Ledningens Overflade, saa stemme de erhholdte theoretiske Resultater dog i det Hele saaledes med de sande Naturforhold, at man næppe vil begaae nogen mærkelig Feil ved ogsaa paa dette Punkt at følge Eytelweins Theori.

Men uagtet det saaledes viser sig paa forskjellige Maader at vi, ved simpelthen at følge Eytelweins Theori og altsaa ganske at see bort fra den indre Bevægelse, som virkelig finder Sted i enhver Strøm, i Reglen under de sædvanlige Forhold tør gjøre Regning paa at komme de sande Naturforhold temmelig nær, saa kan det dog aldeles ikke betvivles, at der gives Strømforhold, hvor Eytelweins Theori ikke kan benyttes, fordi den vilde fore til fuldkommen urigtige Resultater, og at saadanne Tilfælde navnlig ville indtræde, hvor Strømforholdene have deres væsentlige Grund i, at ikke alle Strømmens Elementer bevæge sig med samme Hastighed. Saalænge vi holde os indenfor den sædvanlige Kredts af Strømforhold, have vi altsaa Erfaring for, at de Formler, som grunde sig paa den Eytelweinske Betragtning ere paalidelige; men gaee vi derimod over til at betragte andre Strømme og Strømforhold, kan Sagen blive en heel anden.

Men naar dette er klart, og naar det saa derhos betænkes, at det hidindtil ikke har været muligt med Held at anvende den Eytelweinske Theori paa andre Strømme end netop paa dem, som foregaae i cylindriske og prismatiske Ledninger, medens alle andre Strømforhold næsten have været ligesom lukkede for al videnskabelig Behandling, saa ligger det nær at antage, at Grunden til denne hoist ufuldkomne Kundskab til Strømforholdene i Almindelighed nærmest maa søges deri, at Eytelweins Theori er saa mangelfuld, at den kun er skikket til at give os et Overblik over Strømforholdene i visse Tilfælde, men derimod er ude af Stand til at give os et Udtryk for hvad der virkelig foregaaer i Strømmens Indre.

At dette virkelig er en af Grundene til vor hoist tarvelige Kundskab til Strømforholdene, har længe været mig klart, og netop derfor har det i en meget lang Tid, — siden Aaret 1853, da jeg var sysselsat med at bearbejde Resultaterne af de af mig i Communes Tjeneste udførte Forsøg over Vandets Bevægelse i glasserede Rør, — været min Bestræbelse at fremstille en paa de virkelige Naturforhold bedre begrundet Theori af Strømforholdene end den, som Eytelwein har givet. Det er Resultatet af denne Undersøgelse over Strømfor-

holdene, som jeg her skal have den Ære at fremstille, og det vil bedst fremgaae deraf, hvorvidt mine Bestræbelser ere lykkedes.

En omhyggelig Undersøgelse af de i en Strøm stedfindende Forhold havde nemlig overbeviist mig om, at det er fuldkommen urigtigt at betragte alle Elementer af en Strøm som løbende med Strømmens Middelhastighed, da Forholdet snarere maa siges at være det, at hvert Strømelement bevæger sig med sin særegne Hastighed, der er afhængig af Elementets Plads i hele den betragtede Strøm. Men ligesom jeg dengang hovedsagelig beskjeftigede mig med Strømme i cylindriske og prismatiske Ledninger, hvori Strømhastigheden var constant i hele Ledningens Længde, da Strømmen overalt havde samme Tværnsitsareal, saaledes gik mine første Bestræbelser ogsaa kun ud paa at bestemme den Lov, hvorefter Strømhastigheden varierer fra Element til Element i en saadan Strøm, og for yderligere at simplificere den stillede Opgave betragtede jeg først en Vandstrøm, som bevægede sig paa en plan Flade saaledes, at Strømmen overalt havde den samme Dybde, at Strømmens Brede var meget stor i Forhold til dens Dybde, og at dens Vandspeil netop havde samme Fald, som den plane Bundflade, hvorpaa Bevægelsen fandt Sted.

Under disse Forhold maatte nemlig Strømmen bevæge sig med constant Hastighed ned ad den betragtede plane Bundflade, og dette ikke blot saaledes, at Middelhastigheden, som den Eytelweinske Theori alene tager Hensyn til, er constant, men ogsaa saaledes, at Strømhastigheden for hvert enkelt Strømelement er constant under hele Bevægelsen. Hvad angaaer Strømhastighedens Variation med Strømdybden, da viser Erfaring, at Hastigheden varierer continuerligt med Dybden saaledes, at den er mindst ved Ledningens Bundflade og voxer derfra op imod Vandspeilet. Betegne vi Vandspeilets Fald paa en Længde = l af Ledningen ved h , samt Tyngdekraften ved g , saa er det klart, at ethvert Strømelement er paavirket af en constant accelererende eller drivende Kraft = $g \cdot \frac{h}{l}$, og da ethvert Strømelement desuagtet bevæger sig med en constant Hastighed, saa er det tilmed aabenbart, at hvert enkelt Strømelement maa lide en Modstand i sin Bane, som noigtig er ligestor med Accelerationen $\left(g \cdot \frac{h}{l}\right)$. Anledningen til denne Modstand er let at see, naar det betænkes, at hvis Ledningens faste Overflade ikke frembod nogen Modstand imod Vandets Bevægelse, saa vilde hele Strømmen bevæge sig med et frit Fald og som en Følge deraf med en jevnt voxende Hastighed formedelst Accelerationen $g \cdot \frac{h}{l}$; men da vi see, at alle Strømelementer vedligeholde en constant Hastighed i deres Baner, saa kunne vi deraf med fuldkommen Sikkerhed drage den Slutning, at Summen af alle Ledningsmodstande maa være ligestor med den drivende Kraft. Men vi kunne fremdeles indsee, at ligesom den hele Vandmasse i det betragtede Tilfælde maa gennemstrømme Ledningen med en saadan Hastighed, at

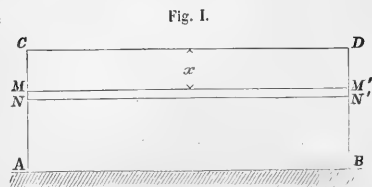
den derved fremkaldte Friction eller Ledningsmodstand netop bliver tilstrækkelig til at holde Ligevægt med den drivende Kraft, som paavirker hele den flydende Masse, saaledes maa ogsaa hvert enkelt Stromelement glide forbi Naboelementerne med en saadan Hastighed, at den derved fremkaldte Reaction bliver ligestor med Accelerationen for samme Element; det er altsaa den gjensidige Forskydning af Vanddelene i Strømmen, som er Grunden til at den Reaction opstaaer, som forhindrer hvert enkelt Stromelement fra at følge Loven for det frie Fald, og som tvinger det til at bevæge sig med en constant Hastighed. Men heraf fremgaaer aabenbart, at naar et Fluidum gjenløber en Ledning med constant Hastighed, saa glide de Elementer af Strømmen, som gjenløbe Ledningen med størst Hastighed, paa en Overflade af Stromelementer, der alle have en uendelig lidt mindre Hastighed, forudsat at Fluidet er fuldkommen flydende; denne Elementoverflade glider igjen hen over en anden Elementoverflade, som atter har en uendelig lidt mindre Hastighed, og saaledes fremdeles videre lige ud til Ledningens faste Overflade, hvor Strømhastigheden som sagt er mindst. Ved denne Gliden forbi hinanden af Vanddelene fremkaldes som sagt en Reaction, som for hvert enkelt Stromelement maa være ligestor med Accelerationen $(g \cdot \frac{h}{l})$; thi uden at dette fandt Sted kunde Strømhastigheden umuligt vedblive at være constant.

Naar vi skjelne mellem flydende Legemer og faste Legemer, saa betegne vi i Almindelighed de Legemer som fuldkommen flydende, hvis Deles Omflytning imellem hverandre kan tilveiebringes ved enhver Kraft, den være nok saa ringe α : ved en uendelig liden Kraft; hvorimod vi ved faste Legemer, derunder indbefattet bløde eller halvflydende Legemer, forstaae saadanne, hvor Delenes Stedforandring fordrer en Kraft af en endelig Storrelse *). Jo længere et halvflydende Legeme staaer fra de fuldkommen flydende Legemer, desto større er den Kraft, hvormed det modsætter sig Delenes indbyrdes Forskydning, og desto større er følgelig den Arbeidsmængde, som udfordres til at forskyde Delene imellem hinanden, og omvendt, jo mere det halvflydende Legeme nærmer sig til at være fuldkommen flydende, desto mindre er den Arbeidsmængde, som medgaaer til Delenes indbyrdes Forskydning. Er Legemet fuldkommen flydende, saa glide de enkelte Stromelementer, der ligge hinanden uendelig nær, forbi hinanden med en Hastighed, der er uendelig lille, og Tabet af levende Kraft i selve Fluidet, der er proportionalt med Quadraten af Hastigheden, bliver derved for hvert enkelt Stromelement uendelig lille i Sammenligning med den drivende Kraft, og Tabet i Arbeidsmængde, som finder Sted i et fuldkommen flydende Legeme paa Grund af Delenes indre Forskydninger, kan derfor betragtes som forsvindende lille. Den hele Arbeidsmængde, som medgaaer for at vedligeholde den constante Strøm-

*) H. C. Ørsted's Naturlære § 38.

hastighed, hvormed et fuldkommen flydende Legeme (t. Ex. Vand) bevæger sig paa den betragtede Lednings Overflade, forplanter sig altsaa heelt og holdent fra Element til Element ud til Ledningens Overflade, hvor den tjener til Overviudelse af Ledningsmodstanden; den Kjendsgjærning, at Eytelweins Formel i alt Væsentligt viser sig stemmende med Naturen, naar Talen er om Vandføringen af almindelige Ledninger og navnlig om cylindriske Ledningers Vandføring, bekræfter aabenbart Rigtigheden heraf. Formedelst Vanddelenes Reaction forplanter den drivende Kraft sig altsaa igjennem et fuldstændigt flydende Legeme fra Element til Element af Strømmen ud til Ledningens Overflade, og naar Strømhastigheden langs hele denne Overflade er den samme, saa er det klart, at Strømmen vil paavirke Ledningen paa samme Maade, som naar Fluidet var ubevægelig i det Indre. I dette specielle Tilfælde er det da let at forstaae, at Eytelweins Formel kan vise sig correct, og i Tidens Løb kan have vundet en større Tillid end den virkelig fortjener, idet en uforandret Bundhastighed netop er et Tilfælde, som hyppigt forekommer, eftersom det indtræder ved alle Strømme, som bevæge sig i Rør med cirkelformigt Tværsnit, naar Ledningen er heelt eller halvt fyldt, og ligeledes finder Sted, naar en Strøm flyder i en aaben Canal, hvis Bundplan er parallel med det frie Vandspeil. Ved at betragte Strømme, som bevæge sig med en forskjellig Hastighed i de forskjellige Punkter, der følge langs med Ledningens Overflade, er det paa den anden Side let at see, at Eytelweins Formel, der forudsætter at Hastigheden ved Overfladen af Ledningen er den samme overalt, kun vil være istand til at fremstille Lovene for Vandets Løb med en vis Grad af Tilnærmelse. Hvad Ledningsmodstanden angaaer, da forudsætter den Eytelweinske Theori som bekjendt, at denne voxer med Quadraten af Strømmens Middelhastighed, og denne Antagelse er i det Hele taget fundet saaledes bekræftet af Naturen, at der næppe kan være nogen Tvivl om, at den Reaction, som udgaaer fra Ledningens Overflade og som forplanter sig fra Elementoverflade til Elementoverflade gennem den hele Strøm, lodret paa Ledningens Overflade, i alt Væsentligt er proportional med Quadraten af den Hastighed, hvormed de forskjellige Strømelementer glide forbi hinanden. Det er derfor denne Forudsætning, som ligger til Grund for de Undersøgelser over Strømførholdene, som jeg i det Følgende skal meddele, og jeg skal strax bemærke, at da Consequentserne af denne Hypothese paa en mærkelig Maade vise sig overensstemmende med hvad Erfaring paa det Tydeligste har lært, saa holder jeg mig overbeviist om, at den nævnte Forudsætning virkelig grunder sig paa en Naturlov.

Efter disse foreløbige Bemærkninger ville vi nu gaae over til at betragte en Vandstrøm, hvis Tværsnit er fremstillet i den hestaaende Fig. I som et Rectangel $ABCD$, hvori CD betegner det frie Vandspeil, som flyder parallelt med den Bundplan AB , hvorpaa Strømmen antages at bevæge sig paa Grund af et Fald af be-



meldte Plan og af det dermed parallelt løbende Vandspeil. Lad nu MM' betegne en Flade eller et uendeligt tyndt Lag af Strømelementer, som ligger i Dybden x under Vandspeilet og som bevæger sig fremad formedelst Faldet med constant Hastighed v , og lad NN' betegne en consecutiv Elementoverflade, der ligger i Dybden $(x + dx)$ og bevæger sig frem med Hastigheden v' , saa have, idet Strømhastigheden v er en continuerlig Function $f(x)$,

$$v = f(x) \quad \text{og} \quad v' = f(x + dx) = v + \frac{dv}{dx} dx + \dots$$

Den relative Hastighed, hvormed Elementoverfladen MM' glider hen over den underliggende Elementoverflade NN' , lader sig da tilnærmelsesviis fremstille ved:

$$\left(\frac{v - v'}{dx}\right) = - \frac{dv}{dx},$$

naar Hastigheden tages i Forhold til Afstanden mellem de to Elementoverflader, og Reactionen, som hindrer hele den overliggende Vandmasse $MM'D$ fra at følge Lovene for det frie Fald, antager jeg som sagt at være proportional med Quadraten af denne relative Hastighed. Bemærk vi nu derhos, at Reactionen mellem de to betragtede Elementoverflader tillige maa voxe proportionalt med Fluidets Tæthed ρ , samt betegne vi Frictionscoefficienten ved μ , saa er det klart, at den omhandlede Reaction, som Elementfladen NN' udøver imod Elementfladen MM' under dennes Bevægelse, for en Bredde $= 1$ af den betragtede Strøm, kan fremstilles ved:

$$\mu \cdot \rho \cdot \left(\frac{dv}{dx}\right)^2.$$

Men betragt vi dernæst den overliggende Vandmasse $MM'D$, som ved denne Reaction forhindres fra at følge Lovene for det frie Fald, saa see vi let, at den bevægende Kraft af hele denne Vandmasse kan fremstilles ved:

$$g \cdot \frac{h}{l} \cdot \rho \cdot x;$$

og da Strømmen desuagtet bevæger sig med constant Hastighed, saa følger deraf ligefrem:

$$g \frac{h}{l} \rho x = \mu \cdot \rho \cdot \left(\frac{dv}{dx}\right)^2.$$

Af denne Betingelsesligning fremgaaer:

$$\left(\frac{dv}{dx}\right)^2 = \frac{g h}{\mu l} \cdot x \quad \text{og} \quad \frac{dv}{dx} = - \sqrt{\frac{g h}{\mu l}} \cdot x^{\frac{1}{2}}, \dots \dots \dots (1)$$

idet Strømhastigheden aftager nedad imod Ledningens Bundflade, og ved Integration af den

sidste Ligning finde vi, at Strømhastigheden v svarende til Dybden x under Vandspeilet kan fremstilles ved:

$$v = V - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{gh}{\mu l}} \cdot x^{\frac{3}{2}}, \dots \dots \dots (2)$$

idet V betegner Strømhastigheden svarende til $x=0$, altsaa Vandspeilshastigheden.

Af Ligningen (2) følger:

$$(V - v)^2 = \frac{4}{9} \frac{gh}{\mu l} \cdot x^3,$$

der viser, at $(V-v)$ og x forholde sig som de retvinklede Coordinater til Evoluten for en Parabel af 2den Grad, hvis Parameter er $p = \frac{4}{3} \cdot \frac{\mu l}{gh}$ og hvis Ligning ved retvinklede Coordinater, α og β , er $\beta^2 = p \cdot \alpha$.

Efter at jeg alt i Aaret 1853 var kommen til dette Resultat, turde jeg imidlertid i lang Tid ikke ret fæste Lid til Rigtigheden af den saaledes fremstillede Lov for Hastighedens Variation med Dybden, fordi jeg savnede de nødvendige Kjendsgjerninger, som kunde overbevise mig om, at jeg virkelig var paa det rigtige Spor; thi jeg havde ikke erfaret, at der forelaae Resultater af Forsøg, som kunde afgjøre Sagen, og selv havde jeg heller ingen Leilighed til at anstille saadanne. Vel var det mig bekjendt, at der i *Allgemeine Wasserbaukunst af Wiebeking og Kröncke, Darmstadt 1798*, findes optaget Resultaterne af en Mængde Strømmaalninger, som ere udførte i Slutningen af det forrige Aarhundrede i Floderne Rhinen, Waal m. fl., af daværende General-Inspecteur i Holland C. Brunings, og vel havde jeg overbeviist mig om, at disse Undersøgelser vise hen paa en Lov, som i ethvert Fald kommer nær til den, jeg har fremstillet ved Formlen (2); men da disse Maalninger af let forstaaelige Grunde ere blevne foretagne med mindre nøiagtige Instrumenter, og da de heller ikke ere saa fuldstændige eller saa udtømmende beskrevne som ønskeligt vilde være, saa kunde jeg ikke ansee dem for tilstrækkelige eller skikkede til derpaa at bygge noget afgjørende Beviis for Rigtigheden af min Theori, skjøndt allerede disse Forsøg ganske vist bibragte mig den Overbeviisning, at mine Betragtninger sandsynligviis vare rigtige.

Forst i Slutningen af Aaret 1856 kom jeg i Besiddelse af et af Capitain Boileau i Paris i Aaret 1854 udgivet Værk, *Traité de la mesure des eaux courantes*, hvori Forfatteren blandt Andet har meddelt Resultaterne af 2de Rækker af Maalninger, som vare blevne udførte i Metz i Aaret 1845 ved en Canal af Træ, der havde en Længde af 46 Metre og en Brede af 0,680 Meter, hvilken Canal havde et jevnt Fald 1 : 1000. Under den første Række af Forsøg, som Forfatteren tillægger størst Paalidelighed, havde den regelmæssige Strøm, som passerede Canalen, en Vanddybde af 0,348 Meter, hvorimod Strømdybden i den anden Række af Forsøg kun beløb sig til 0,206 Meter.

Strømmaalningerne, som blev udførte i disse to Strømme for at bestemme Vandets Hastighed i forskjellige Dybder under Vandspeilet, blev alle foretagne i Midten af Canalen, og Resultaterne af disse Undersøgelser kunne, ifølge det nævnte Værk pag. 306 & 307, fremstilles saaledes:

1ste Række af Strømmaalninger.			2den Række af Strømmaalninger.		
Observationens Nummer.	Dybden under Vandspeilet (x) udtrykt i Meter.	Strømhastighed i Dybden x (v) udtrykt i Meter.	Observationens Nummer.	Dybden under Vandspeilet (x) udtrykt i Meter.	Strømhastighed i Dybden x (v) udtrykt i Meter.
1	0,000	0,823	1	0,000	0,592
2	0,052	0,870	2	0,014	0,600
3	0,062	0,871	3	0,024	0,604
4	0,072	0,870	4	0,034	0,611
5	0,082	0,868	5	0,044	0,615
6	0,092	0,865	6	0,054	0,615
7	0,102	0,862	7	0,064	0,611
8	0,142	0,859	8	0,070	0,606
9	0,172	0,805	9	0,080	0,600
10	0,192	0,781	10	0,100	0,583
11	0,242	0,719	11	0,150	0,526
12	0,272	0,681	12	0,170	0,508
13	0,292	0,651	13	0,190	0,475
14	0,512	0,621			
15	0,532	0,592			

Den Lov som ligger skjult i disse Tal har Boileau troet at kunne fremstille ved en Ligning af 2den Grad, og navnlig ved Ligningen for en Parabel med Størrelserne x og v som retvinklede Coordinater. Ved at bestemme Constanterne i denne Ligning ved Hjælp af ovenanførte Forsøg, finder Boileau for de to Forsøgsrækker Nr. I og Nr. II, følgende:

$$\text{I.} \dots\dots\dots v = 0,878 - 2,615 \cdot x^2$$

$$\text{II.} \dots\dots\dots v = 0,627 - 4,283 \cdot x^2;$$

men ved derhos at construere tvende Curver med v som Abscisse og x som Ordinat, sva- rende til den første Forsøgsrække, har Forfatteren selv paaviist, at Afvigelserne mellem de beregnede og de observerede Curver ere af saadan Beskaffenhed, at der alene kan være Tale om en Tilnærmelse til det virkelige Forhold.

Forfatteren gjør opmærksom paa, at Strømmen ved den første Række af Forsøg har størst Hastighed i en Dybde af $0,065^m$ under Vandspeilet, altsaa omtrent i $\frac{1}{6}$ af

Strømmens hele Dybde, medens den ved den anden Række af Forsøg har størst Hastighed i en Dybde under Vandspeilet af $0,050^m$, altsaa omtrent i $\frac{1}{4}$ af Strømmens hele Dybde. Men Capitain Boileau fremhæver forøvrigt, at Hovedresultaterne af hans Undersøgelser kunne angives saaledes:

1. Naar en Vandstrøm gjenløber en rectangular Canal, som har et eensformigt Fald, saa ere de Elementer af Strømmen, som have Maximum af Hastighed, ikke beliggende i Vandspeilet, men i en større eller mindre Dybde derunder.

2. Under det Punkt i Strømmen, hvor Hastigheden er størst, varierer denne næsten proportionalt med Differentseen mellem Qvadraterne af Afstanden fra Vandspeilet, og

3. At fra det Punkt, hvor Hastigheden er et Maximum, og op til Vandspeilet varierer Hastigheden ikke efter den samme Lov, som nedad imod Bunden, hvad enten nu dette har sin Grund i en ny Aarsag eller i den samme Aarsag, som fremkalder Variationen i Hastighed nedad; Forfatteren udtaler den Mening derved, at denne Aarsag ikke kan hidrøre fra Luftens Modstand, fordi Luften er for let bevægelig til at det kan antages, at den kan udøve en saa stor Retardation, som den den hurtige Aftagelse af Hastigheden op imod Overfladen tyder hen paa.

Idet det staaer mig ganske klart, — naar jeg betragter den af Capitain Boileau i hans Værk, Pl. VII, angivne Figur, der giver en graphisk Fremstilling af Forsøgenes Resultater tilligemed det Resultat, som skulde have viist sig ifald den af ham angivne Lov var rigtig, — at Loven for Hastighedens Variation med Dybden under Vandspeilet er grundforskjellig fra den af Boileau angivne, skal jeg her forsøge at begrunde denne Mening yderligere ved i en Tabel at sammenstille de observerede Værdier med de beregnede. Af Boileau's tvende Ligninger følger nemlig:

$$x = 0,618\sqrt{0,878 - v} \text{ svarende til den første Række og}$$

$$x = 0,483\sqrt{0,627 - v} \text{ — — — anden —,}$$

og naar vi herefter beregne Værdierne af x , svarende til de ved Forsøgene fundne Hastigheder, og indføre disse i en Tabel ved Siden af de observerede med Tilføielse af de tilsvarende Differentser, fremkommer følgende Oversigtstabel:

Forsøgsrækken Nr. I.				Forsøgsrækken Nr. II.			
Observations Nummer.	Dybden α udtrykt i Meter.			Observations Nummer.	Dybden α udtrykt i Meter.		
	observeret.	beregnet.	Differents.		observeret.	beregnet.	Differents.
1	0,000	0,146	+ 0,146	1	0,000	0,091	+ 0,091
2	0,052	0,056	+ 0,004	2	0,014	0,079	+ 0,065
3	0,062	0,051	- 0,011	3	0,024	0,072	+ 0,048
4	0,072	0,056	- 0,016	4	0,034	0,062	+ 0,028
5	0,082	0,062	- 0,020	5	0,044	0,055	+ 0,009
6	0,092	0,071	- 0,021	6	0,054	0,053	- 0,001
7	0,102	0,091	- 0,011	7	0,064	0,062	- 0,002
8	0,142	0,122	- 0,020	8	0,070	0,070	0,000
9	0,172	0,155	- 0,017	9	0,080	0,079	- 0,001
10	0,192	0,192	0,000	10	0,100	0,101	+ 0,001
11	0,242	0,248	+ 0,006	11	0,150	0,153	+ 0,003
12	0,272	0,275	+ 0,003	12	0,170	0,165	- 0,005
13	0,292	0,298	+ 0,006	13	0,190	0,187	- 0,003
14	0,312	0,314	+ 0,002				
15	0,332	0,332	0,000				

Af denne Tabel viser det sig ganske klart, at den af Boileau angivne Lov umuligt kan være rigtig; thi Afvigelserne mellem de observerede Værdier af α og de efter Boileau's Lov beregnede, ere deels saa store, at der slet ikke kan være Tale om, at de kunne være Observationsfeil, og deels følge Differentserne aabenbart en bestemt Lov, som viser, at de have deres Grund i den Omstændighed, at den tænkte Lov er urigtig.

Den af Capitain Boileau angivne Lov for Strømbastighedens Variation med Strømdybden holder altsaa ikke Stand, men derfor maa det ligefuldt erkjendes, at de to Rækker af Forsøg, som han har udført, indeholde et værdifuldt Bidrag til Bestemmelsen af den sande Lov for Hastighedens Variation med Dybden under Vandspeilet. Saasnat jeg kom i Besiddelse af Boileaus Værk om Vandstrømme greb jeg naturligtvis med Glæde disse Undersøgelser for af dem at erfare, hvorvidt den af mig frenstillede Lov (Formel (2)) og dermed den Theori, hvorpaa samme er bygget, hvilede paa en rigtig Betragtning af Naturen; man vil let forstaa, at det blev mig en stor Tilfredsstillelse at see mine Tanker fuldstændigt bekræftede af Naturen.

Forinden jeg gaar over til at paavise denne Overensstemmelse mellem Theorien og Erfaringen, maa det være mig tilladt at gjøre et Par almindelige Bemærkninger an-

gaaende den Udstrækning, hvori den fra Ledningens Overflade udgaaende Ledningsmodstand forplanter sig i en given Strøm.

Tænke vi os en Vandstrøm gjennemløbe en rectangular Ledning, hvis Brede er saa stor, at Sidefladerne ingen mærkelig Indflydelse udøve paa den betragtede Deel af Strømmen og hvis frie Overflade eller Vandspeil flyder parallelt med Ledningens Bund; forestille vi os derhos Strømmens Dybde at være mindre end Afstanden fra Ledningens Bund til dens Dæksel, samt at hverken Luftmodstanden eller nogen anden Kraft end den egentlige Ledningsmodstand modsætter sig Vandets Bevægelse i Ledningen, saa er det klart, efter hvad jeg har udviklet, at Strømhastigheden maa være størst i Vandspeilet, og at den derfra maa aftage nedad mod Ledningens Bund, hvor den er mindst. Tænke vi os derefter, at Strømmen har en saa stor Dybde, at den fuldstændigt fylder hele Ledningens Tværnit lige til Dækslet, saa vil det fremdeles være klart, at ikke blot Bunden men ogsaa Dækslet maa udøve Indflydelse paa Strømmens Hastighed. Men da opstaaer det Spørgsmaal, om den Ledningsmodstand, som Dækslet foranlediger, forplanter sig ned til de Dele af Strømmen, som i Ledningens nedre Halvdeel bevæge sig under Indflydelse af Ledningsmodstanden fra Bunden, og om omvendt Ledningsmodstanden fra Bunden forplanter sig op til de Vanddele, som i Ledningens øvre Halvdeel bevæge sig under Indflydelse af den Modstand, som Dækslet udøver. For at afgjøre dette Spørgsmaal, behøve vi dog kun at erindre, at det er en velbekendt Erfaring, at Vandføringen af en eensartet, rectangular Ledning er dobbelt saa stor, naar Ledningen er heelt fyldt, som naar den er halvt fyldt — naar alle Forhold forøvrigt ere lige —; thi deraf følger ligefrem, at den Modstand, som Dækslet foranlediger, ikke forplanter sig videre end netop til Midten af Strømmen paa samme Maade som Modstanden fra Bunden, og at intet Stromelement paa eengang er paavirket af Ledningsmodstanden fra diametralt modsatte Sider. I en eensartet rectangular Ledning, der gjennemløbes af en Strøm, som fylder hele Ledningens Tværprofil, glide altsaa de Elementer, som ligge Dækslet nærmest, paa dettes Overflade, og de Elementer, som ligge Bunden nærmest, paa Bundfladen; Overgangen mellem det System af Stromelementer, som paavirkes af Dækslet, og det, som paavirkes af Bunden, findes selvfølgelig i Midten af Strømmen, hvor Hastigheden altsaa maa være et Maximum og tilmed ligestor for begge Systemer. Tænkes Ledningens Dæklade at udøve en mindre Modstand imod Strømmens Løb end Bundfladen, saa er det indlysende, at Hastigheden ved Dækslet vil være større end Hastigheden ved Bunden, og Strømmens Maximumhastighed, der naturligviis er Maximumhastighed baade for de Dele, der glide paa Dækslet, og for dem, som glide paa Bunden, vil følgelig ligge nærmere ved Dækslet end ved Bunden af Ledningen. Et saadant Tilfælde foreligger netop ved de Forsøg, som Boileau har udført, og paa en lignende Maade maae Strømforsøgene stille sig i alle andre Tilfælde, hvor Vandspeilet ikke er fuldkommen frit og upaavirket af enhver Reaction ved Overfladen, Luftmodstanden derunder indbefattet.

Herefter vil man let see, at der i enhver Strøm, som bevæger sig i en begrændset Ledning, i Reglen gives en Samling af Strømelementer eller en vis Elementoverflade, som bevæger sig med Maximum af Hastighed, og at denne første Flade bevæger sig paa en anden Elementoverflade, hvis Hastighed er uendelig lidt mindre. Denne Overflade (Nr. 2) glider igjen paa en Elementoverflade (Nr. 3), hvis Hastighed er uendelig lidt mindre end Hastigheden af Nr. 2, og Overfladen Nr. 3 glider atter paa en Overflade Nr. 4, dannet af Elementer, der have en uendelig lidt mindre Hastighed end Nr. 3 o. s. fr. fortsat lige ud til den ydre Elementoverflade, der bevæger sig langs Ledningens Overflade. Under denne Bevægelse i Strømmen, forplanter Modstanden, som udgaaer fra Ledningens Overflade, sig altsaa fra Elementoverflade til Elementoverflade ind i Strømmens Indre, lodret paa alle disse Elementoverflader, indtil de Strømelementer, som bevæge sig med Maximum af Hastighed; men heller ikke videre. Strømhastighedens Størrelse i de forskellige Punkter af et vilkaarligt Strømsprofil er afhængig af Ledningens Tværnsnitsform, og naar denne ved polære Coördinater, R og θ , kan fremstilles ved $R = f(\theta)$, saa maa en Elementoverflade i Strømmen, som bevæger sig med Hastigheden v , kunne fremstilles ved $r = F(\theta, v)$, idet r betegner den bevægelige Radius til den Curve, som svarer til Hastigheden v . Tænke vi os nu et System af Curver (de orthogonale Trajectorier) lagte lodret paa den hele Samling af Elementoverflader, som er bestemt ved $r = F(\theta, v)$, saa ville hver to paa hinanden følgende Curver begrænse de Dele af Strømmen, som glide paa den tilsvarende Deel af Ledningens Overflade.

Betragte vi derefter Resultaterne af Boileau's Forsøg, viser det sig strax, som alt bemærket, at ved begge Forsøgsrækker falder Maximum af Strømhastighed noget under Vandspeilet, og deraf maae vi altsaa drage den Slutning, at det frie Vandspeil har været paavirket af en Modstand, som enten maa have sin Grund i selve Vandspeilets eiendommelige Sammenhængskraft, i Luftmodstanden, eller i begge tilsammen.

Betegn vi Afstanden fra Vandspeilet til den Elementoverflade, som bevæger sig med Maximum af Hastighed, ved x_0 og selve Hastigheden i Dybden x_0 ved V , saa have vi i Henhold til det Foregaaende og specielt ifølge Formlen (2), naar x betegner Afstanden fra Vandspeilet til et hvilket som helst Strømelement, hvis Hastighed er v :

$$\left. \begin{array}{l} \text{for } x < x_0, \\ \text{for } x > x_0, \end{array} \right\} \begin{array}{l} v = V - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{g}{\mu}} \frac{h}{l} (x_0 - x)^{\frac{3}{2}} \quad \text{og} \\ v = V - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{g}{\mu}} \frac{h}{l} (x - x_0)^{\frac{3}{2}}. \end{array} \quad (3)$$

Oplose vi begge disse Ligninger med Hensyn paa x , da kan Resultatet under eet skrives saaledes:

$$x = x_0 \mp \sqrt{\frac{9}{4} \frac{\mu l}{g h}} (V - v)^{\frac{2}{3}}, \dots \dots \dots (4)$$

hvori øverste eller nederste Fortegn svarer til $x \leq x_0$.

Bestemmes Værdierne af de to Constanter:

$$x_0 \text{ og } \sqrt[3]{\frac{9}{4} \frac{\mu l}{gh}}$$

ved Hjælp af de sammensvarende Værdier af x og v , som Boileau har fundet ved sine Forsøg, idet Regningen udføres efter den approximerede Mindste-Quadramethode, — meddeelt i Oversigt over Vidensk. Selsk. Forhandlinger i Aaret 1857 —, saa finde vi, at til de to Forsøgsrækker I og II svare følgende Værdier:

I. $V = 0,871$, $x_0 = 0,070$ og $\sqrt[3]{\frac{9}{4} \frac{\mu l}{gh}} = 0,6156$

II. $V = 0,616$, $x_0 = 0,048$ og $\sqrt[3]{\frac{9}{4} \frac{\mu l}{gh}} = 0,5264$.

Indsættes disse Værdier i Formlen (4), erholdes for de to Rækker:

I. $x = 0,070 \mp 0,6156 (0,871 - v)^{\frac{2}{3}}$ }
 II. $x = 0,048 \mp 0,5264 (0,616 - v)^{\frac{2}{3}}$ } (5)

Ved Hjælp af disse Formler kunne vi nu let beregne de Værdier af x , som svare til de observerede Hastigheder i de forskjelligt valgte Dybder under Vandspeilet. Sammenstilles de saaledes bestemte Dybder med de observerede Dybder tilligemed Differensen mellem de observerede og de beregnede Værdier af Dybden x , saa erholdes følgende

Oversigtstabel:

1ste Række Nummer	Dybden x udtrykt i Meter			2den Række Nummer	Dybden x udtrykt i Meter		
	observeret	beregnet	Differents.		observeret	beregnet	Differents
1	0,000	-0,011	-0,011	1	0,000	0,004	0,004
2	0,052	+0,064	+0,012	2	0,014	0,014	0,000
3	0,062	0,070	0,008	3	0,024	0,020	-0,004
4	0,072	0,076	0,004	4	0,054	0,053	-0,001
5	0,082	0,085	0,001	5	0,044	0,045	-0,001
6	0,092	0,090	-0,002	6	0,054	0,053	-0,001
7	0,102	0,097	-0,005	7	0,064	0,063	-0,001
8	0,142	0,152	-0,010	8	0,070	0,072	+0,002
9	0,172	0,171	-0,001	9	0,080	0,081	0,001
10	0,192	0,194	+0,002	10	0,100	0,101	0,001
11	0,242	0,245	0,003	11	0,150	0,155	0,005
12	0,272	0,273	0,001	12	0,170	0,167	-0,003
13	0,292	0,294	0,002	13	0,190	0,188	-0,002
14	0,512	0,514	0,002				
15	0,532	0,532	0,000				

Ved at betragte denne Tabel vil det sees, at Overensstemmelsen imellem de observerede og de beregnede Værdier af x er saa stor, at Forsøgene maa siges fuldstændigt at bekræfte Theoriens Rigtighed.

Betragte vi dernæst de fundne Værdier for de to Constante x_0 og $\sqrt{\frac{9}{4} \frac{\mu l}{g h}}$, som indgaae i Formlen (4), saa see vi at ikke blot den første er forskjellig i de to Rækker af Forsøg, men at tillige den sidste er væsentlig større ved første end ved anden Række. Da saavidt vides kun Strømdybderne vare forskjellige i de to Rækker af Forsøg, saa maa altsaa μ være afhængig af Vandstrømmens Dybde, som vi betegne ved H , og som ved første og anden Forsøgsrække respective havde Værdierne $H_1 = 0,348^m$ og $H_2 = 0,206^m$. Bestemmes Forholdet mellem de to Værdier af μ , som svare henholdsvis til første og anden Forsøgsrække og som vi betegne ved μ_1 og μ_2 , saa findes, $\sqrt[3]{\frac{9}{4} \frac{\mu_1 l}{g h}} = 0,6156$ og $\sqrt[3]{\frac{9}{4} \frac{\mu_2 l}{g h}} = 0,5264$, hvoraf følger $\frac{\mu_1}{\mu_2} = 1,600$; og da vi samtidigt have $\frac{H_1}{H_2} = 1,689$, saa ledes vi deraf til at antage, at Størrelsen μ er proportional med Strømdybden, og at vi derfor kunne sætte:

$$\mu = \mu_0 \cdot H, \dots \dots \dots (6)$$

hvor μ_0 betegner en Coefficient, som kun afhænger af Ledningens og Fluidets Beskaffenhed. I det følgende skulle vi imidlertid see, at Formlen (6) ikke kan betragtes som correct, eftersom den staaer i Strid med nyere Forsøg, der vise hen paa, at hvis Vandspeilsfaldene nøiagtigt have været ligestore i begge Rækker af Forsøg, saa maa Ledningens eiendommelige Modstand have været noget mindre ved den anden Forsøgsrække end ved den første. Som en Følge af denne Unøiagtighed ville vi her ikke gaae ind paa nærmere Betragtning af Formlen (6), men alene betragte Formlen (2) noget nøiere, idet vi indtil videre antage μ som en ubekjendt Function af H . Multipliceres Strømhastigheden v med dx og integreres fra $x = 0$ til $x = H$, saa findes Strømmens Vandføring for Eenhed af Brede; betegnes denne Vandføring ved q samt Strømmens Middelhastighed ved w , saa er $q = w \cdot H = \int_0^H v dx$. Men indsættes Værdien for v ifølge Formlen (2), finde vi:

$$q = w \cdot H = \left[V - \frac{2}{5} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{g h}{\mu l}} \cdot H^{\frac{3}{2}} \right] \cdot H, \text{ hvoraf følger:}$$

$$w = V - \frac{2}{5} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{g h}{\mu l}} \cdot H^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (7)$$

Bebetegnes Vandstrømmens Hastighed ved Ledningens Bund, for $x = H$, ved v_0 , saa havest følgende (2):

$$v_0 = V - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{g}{\mu} \frac{h}{l}} \cdot H^2 \dots \dots \dots (8)$$

og sammenligne vi Formlerne (7) og (8), saa finde vi, at w , V og v_0 , stedse tilfredsstillende følgende Ligning:

$$5w = 3V + 2v_0 \dots \dots \dots (9)$$

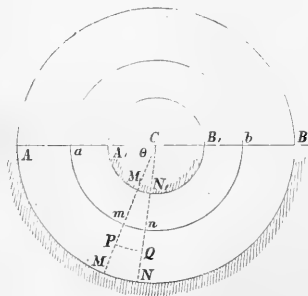
uafhængigt baade af Strømmens Dybde, Vandspejlets Fald samt Ledningens og Fluidets Beskaffenhed.

Da det saaledes ved Boileau's Forsøg var blevet mig klart, at Rigtigheden af den angivne Theori havde en stor Sandsynlighed for sig, søgte jeg at gaae et Skridt videre, nemlig til at anvende Theorien paa Strømme, som bevæge sig i cylindriske Ledninger, men indskrænkede mig for Simpelteds Skyld til cylindriske Ledninger med cirkelformigt Tværnsnit, hvori Strømmen overalt i ligestore Afstande fra Ledningens Overflade bevæger sig med samme Hastighed. Dette Forhold indtræder imidlertid ikke blot naar Ledningen er en hul Cylinder, som er heelt fyldt af det gennemstrømmende Fluidum; men det vil ligeledes og mere almindeligt indtræde, naar Ledningen er dannet af 2de concentriske Cylinderflader, som tillige kunne tænkes at have en forskjellig Modstandsevne efter de to Cylinderfladers særegne Natur.

Lad $AMNB$ og $A_1M_1N_1B_1$, Fig. II, fremstille et Tværnsnit paa de to Cylinderflader, som begrænde den betragtede ringformige, cylindriske Ledning, der imellem de to Cylinderflader $AMNB$ og $A_1M_1N_1B_1$ tænkes gennemstrømmet af et Fluidum, hvis Tæthed er ρ . Antage vi nu at $amnb$ betegner Tværnsnittet af den med begge Cylinderflader concentriske Elementoverflade, der bevæger sig med den største Hastighed og navnlig med Hastigheden V i alle Punkter, saa er det klart, at tvende paa hinanden følgende Normaler CM og CN , som begrænde en Deel MM_1N_1N af Strømmen, tillige angive Grændserne for de Dele af Fluidet, som fra mn bevæge sig paa Ledningens Overflade-Elementer MN og M_1N_1 uden at udøve nogensohmhelst Indflydelse paa hinanden. Naar vi da ved θ betegne den Vinkel MCA , som Radius $CM = R$ danner med Horizontalen CA , samt ved α betegne Radius til den Elementoverflade i Strømmen, som har Maximum af Hastighed, saa kan Tværnsnitsarealet af det uendelig lille Element MM_1N_1N fremstilles ved:

$$\frac{R^2 - \alpha^2}{2} \cdot d\theta,$$

Fig. II.



medens Bredden MN af det Overflade-Element, hvorpaa samme Strømelement bevæger sig, kan fremstilles ved: $R \cdot d\theta$. Den hele Modstandskraft, hvormed Elementet $R \cdot d\theta$ af Ledningens Overflade paavirker det betragtede Strømelement $MmnN$, og hvorved dette, skjøndt paavirket af Tyngdekraften, forbindres fra at bevæge sig med jevnt voxende Hastighed efter Lovene for det frie Fald, kan udtrykkes ved:

$$m \cdot \rho \cdot R d\theta \cdot v_0^2$$

idet v_0 betegner den Hastighed, hvormed Strømmen flyder langs ad Ledningens Overflade, medens m betegner en af Ledningens og Vædskens Natur afhængig Modstandscoefficient.

Da Strømelementet $MmnN$ har en Masse

$$= \rho \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2} \cdot d\theta,$$

saa er Modstandskraften svarende til en Masse-Eenhed af Strømmen:

$$\frac{m \rho \cdot R d\theta v_0^2}{\rho \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2} d\theta} = m v_0^2 \cdot \frac{2R}{R^2 - \alpha^2}; *)$$

idet man forudsætter, at Strømmen løber med constant Hastighed igjennem Ledningens hele Længde, kan den drivende Kraft formedelst Tyngden udtrykkes ved:

$$g \cdot \frac{h}{l},$$

og da denne Kraft maa være ligestor med Modstandskraften for samme Masse, maa man nødvendigviis have:

$$g \frac{h}{l} = m v_0^2 \cdot \frac{2R}{R^2 - \alpha^2} \dots \dots \dots (10)$$

Betragtes videre den Deel, $PmnQ$, af Strømelementet $MmnN$, som glider paa den lille Overflade PQ , saa bliver det indlysende, at den bevægende Kraft for samme kan fremstilles ved:

$$g \frac{h}{l} \rho \cdot \frac{r^2 - \alpha^2}{2} d\theta,$$

hvor $CP = r$ betegner den Radius, som svarer til Elementoverfladen PQ , hvis Strømhastighed betegnes med v . Idet Strømelementet $PmnQ$ glider hen over de underliggende Vanddele paa Overfladen PQ , hvis Brede = $r \cdot d\theta$, lider det en Modstand, som i Henhold til det Foregaaende kan fremstilles ved:

$$\mu \cdot \rho \cdot r d\theta \cdot \left(\frac{dv}{dr}\right)^2,$$

*) Naar Eytelwein sætter Ledningsmodstanden proportional med Quadraten paa Strømmens Middelhastighed (w), er saadant ikke ganske correct, da Vandstrømmen ikke passerer forbi Ledningens Overflade med denne Hastighed, men derimod med Hastigheden v_0 .

og da endvidere Strømhastigheden er constant i Retning af Ledningens Længde, saa er nødvendigviis:

$$\mu r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2 = g \frac{h}{l} \frac{r^2 - \alpha^2}{2} \dots \dots \dots (11)$$

Af denne Formel følger, da Modstandscoefficienten μ for alle Punkter af det samme Fluidum maa være den samme, at:

$$\mu R \left[\frac{dv}{dr} \right]^2 = g \frac{h}{l} \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2}, \dots \dots \dots (12)$$

idet vi ved $\left[\frac{dv}{dr} \right]$ betegne den specielle Værdi af $\left(\frac{dv}{dr} \right)$, som svarer til $r = R$; af Formlerne (10) og (12) følger dernæst:

$$m v_0^3 = \mu \cdot \left[\frac{dv}{dr} \right]^2 = g \frac{h}{l} \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2} R \dots \dots \dots (13)$$

Betragte vi det Tilfælde, hvor Strømmen fylder en enkelt cylindrisk Ledning aldeles, saa er $\alpha = 0$. I dette Tilfælde kan Formlen (11) altsaa skrives saaledes:

$$\left(\frac{dv}{dr} \right)^2 = \frac{g}{\mu} \frac{h}{l} \cdot \frac{r}{2}, \text{ hvoraf:}$$

$$\frac{dv}{dr} = -\sqrt{\frac{1}{2} \frac{g}{\mu} \frac{h}{l}} \cdot r^{\frac{1}{2}},$$

idet v aftager, naar r voxer; af denne sidste Ligning findes ved Integration:

$$V - v = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{2} \frac{g}{\mu}} \cdot \sqrt{\frac{h}{l}} \cdot r^{\frac{3}{2}}, \dots \dots \dots (14)$$

naar vi betegne Strømmens største Hastighed svarende til $r = 0$ ved V .

Rigtigheden af denne Formel er heldigviis i den nyere Tid bleven fuldstændigt godtgjort ved Forsøg, som ere foretagne af den afdøde franske General-Inspecteur Darcy, hvis Undersøgelser findes udførligt beskrevne i hans bekendte Skrift: *Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux*, Paris 1857, der er optaget i det franske Videnskabernes Selskabs Skrifter. Darcy har nemlig paa en aldeles experimental Maade paaviist, at naar et cylindrisk Rør med et cirkelformet Tværsnit, er heelt fyldt af Vand, som gjennemstrømmer samme, saa kan Loven for Vandets Bevægelse i Ledningen fremstilles saaledes:

$$V - v = K_0 \sqrt{\frac{h}{l}} \cdot r^{\frac{3}{2}}, \dots \dots \dots (15)$$

naar V , v , h , l og r have den ovenfor angivne Betydning, og K_0 betegner en Størrelse, som alene afhænger af Ledningens Radius R , der tillige angiver Vanddybden fra Ledningens Axe, hvori Hastigheden er et Maximum (V), til dens Overflade.

Af Darcy's Formel (15), der som man seer er ganske den samme som Formlen (14), følger ved Differentiation, idet vi derefter for r sætte R :

$$\left[\frac{dv}{dr}\right]^2 = \frac{9}{4} K_0^2 \frac{h}{l} R,$$

hvoraf videre følger:

$$\mu_0 = \frac{h}{l} \cdot \left[\frac{dv}{dr}\right]^2 = \frac{4}{9} \cdot \frac{1}{K_0^2} \cdot R, \dots \dots \dots (16)$$

hvilken Størrelse efter Boileaus 2de Forsøgsrækker skulde antages at være constant.

Darcy har derimod af sine Forsøgsresultater troet at kunne antage, at Størrelsen K_0 er omvendt proportional med Radius R , hvorved (16) antager Formen: $\mu_0 = B \cdot R$, idet B er constant. Men denne Antagelse synes dog heller ikke at svare saa fuldkommen til Resultaterne af Forsøgene som ønskeligt kunde være.

Ved at udføre Forsøg med 5 forskellige Rørledninger med cirkelformet Tværnit, hvis Diametre vare ($2R$) = 0,188, = 0,2432, = 0,2447, = 0,297 og = 0,50 Meter, har Darcy nemlig bestemt den tilsvarende Værdi af K_0 , idet han har maalt Differentshastigheden ($V-v$) deels svarende til Værdier af r lig $\frac{1}{3}R$ og deels svarende til r lig $\frac{2}{3}R$. Han har derved for hver Ledning fundet 2de Værdier for Størrelsen K_0 , hvilke naturligvis vilde have været lige store, hvis Forsøgene havde været fuldkommen nøiagtige. Men naar vi sammenligne de fundne Værdier for K_0 , viser det sig, at jo mindre Ledningens Diameter var, desto mere afveg disse Værdier fra hinanden, og desto lettere maa det følgelig have været at begaae Observationsfeil. Da Vanskeligheden netop bestod i at bestemme Differentshastigheden ($V-v$) med Nøiagtighed, maae vi aabenbart tillægge de Værdier af K_0 , som grunde sig paa de mindste Differentser, den mindste Paalidelighed, og vi ville næppe feile meget, dersom vi tillægge Værdierne af K_0 en Grad af Paalidelighed, der forholder sig som Størrelsen ($V-v$); da de to Værdier af ($V-v$), som svare til hvert enkelt Rør, paa det Nærmeste forholde sig som 1 : 3, saa vilde vi formeentlig komme Sandheden saa nær som muligt ved at antage, at den Værdi af K_0 , som svarer til $r = \frac{2}{3}R$, har tre Gange saa stor Paalidelighed som den Værdi, der svarer til $r = \frac{1}{3}R$. Paa Grund heraf troer jeg at turde regne paa at erholde den paalideligste Værdi for K_0 , naar det Tredobbelte af den Værdi, som svarer til $r = \frac{2}{3}R$, adderes til den Værdi, som svarer til $r = \frac{1}{3}R$, og derpaa Summen divideres med 4. Paa denne Maade findes, at der til de 5 forskellige Ledninger, hvis Diametre vare:

$$(2R) = 0,188, = 0,2432, = 0,2447, = 0,297, = 0,50 \text{ Meter}$$

svarer: $K_0 = 126,66, = 97,27, = 92,07, = 76,14, = 53,16$ — , og ifølge (16), findes derefter respective:

$$\mu_0 = 0,0002947, = 0,0003863, = 0,0004288, = 0,0005163, = 0,0006291,$$

hvoraf sees, at $\mu_0 = \frac{h}{l} \left[\frac{dv}{dr}\right]^2$ ingenlunde er constant, men tværtimod er voxende med

Strømdybden R . Det synes herefter naturligt at undersøge om ikke en Ligning af Formen:

$$g \cdot \mu_0 = Ag + B \cdot R,$$

hvori A og B ere Constanter, tilfredsstiller Forsøgene med en tilstrækkelig Grad af Nøjagtighed; gjøre vi dette, idet de sandsynligste Værdier af Constanterne A og B bestemmes efter den approximerede Kvadratmethode, erholdes:

$$g \cdot \mu_0 = 0,0001628 (g + 117,7 \cdot R) \dots \dots \dots (17)$$

Bestemmes ifølge Formlen (17) Værdierne af μ_0 svarende til de undersøgte 5 Rør, fremkomme de Tal, som ere indførte i efterfølgende

Oversigtstabel:

Rørdiameter	μ_0 (beregnet)	μ_0 (observeret)	Differens
0,188 Meter	0,0003460	0,0002947	+ 0,0000513
0,2452 —	0,0004005	0,0003865	+ 0,0000142
0,2447 —	0,0004018	0,0004288	- 0,0000270
0,297 —	0,0004499	0,0005163	- 0,0000664
0,50 —	0,0006512	0,0006291	+ 0,0000221

Af denne Sammenligning fremgaaer, at Formlen (17) tilfredsstiller Darcy's Forsøg saa nie som det paa Grund af uundgaaelige Observationsfeil var at vente, hvorfor vi tor betragte denne Formel som temmelig nær rigtig. Den omhandlede Formel (17) gjælder saaledes for heelt fyldte Ledninger, hvori Strømmen har Dybden R ; er Ledningen derimod af Formen Fig. II eller kun delviis fyldt, har Strømmen kun en Dybde = $(R-\alpha)$, hvorfor vi i Overensstemmelse med (17) under disse Forhold maae sætte:

$$g \cdot \mu_0 = 0,0001628 (g + 117,7 \cdot (R-\alpha)), \dots \dots \dots (18)$$

hvori Tyngdekraften g saavel som Størrelserne R og α udtrykkes i samme Maal (Fod, Meter, etc.), medens μ_0 er et reent Tal.

Efter saaledes at have bestemt Størrelsen μ_0 og derved ifølge (16) Forholdet $\frac{g \frac{h}{l}}{\left[\frac{dv}{dr}\right]^2} = g \cdot \mu_0$,

kan Modstandscoefficienten μ beregnes ifølge Formlen (13), som derefter kan skrives:

$$\mu = g \mu_0 \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2R} \dots \dots \dots (19)$$

Ved at indføre denne Værdi for μ i Formlen (11), finde vi:

$$\left(\frac{dv}{dr}\right)^2 = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{R}{R^2 - \alpha^2} \cdot \frac{r^2 - \alpha^2}{r} \dots \dots \dots (20)$$

For Ledninger, der have et cirkelformet Tværsnit og ere heelt fyldte af Vand, hvor som ovenfor bemærket $\alpha = 0$, reducerer Formlen (20) sig til følgende:

$$\left(\frac{dv}{dr}\right)^2 = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{r}{R} \dots \dots \dots (21)$$

Er den betragtede Ledning en plan Flade, som beskylles af en Vandstrøm, hvis Dybde er H , saa maae alle Størrelserne R , r og α betragtes som uendelig store, medens $R - \alpha = H$ og $r - \alpha = x$ ere endelige Størrelser. I dette Tilfælde findes $\left(\frac{dv}{dr}\right) = \left(\frac{dv}{dx}\right)$, $\frac{R^2 - \alpha^2}{2R} = H$ og $\frac{r^2 - \alpha^2}{2r} = x$; for rektangulære Strømme af stor Brede erhoides derfor ifølge (20):

$$\left(\frac{dv}{dx}\right)^2 = \frac{1}{\mu_0} \frac{h}{l} \cdot \frac{x}{H}, \dots \dots \dots (22)$$

som fuldstændigt stemmer overeens med Formlen (1), naar vi efter Formlen (19) lægge Mærke til Betydningen af Størrelsen μ .

Ved at integrere Formlerne (21) og (22), der altsaa respective gjælde for Vandstrømme, som have et cirkelformet Tværsnit (circularø Strømme), og for Vandstrømme, som have et rektangulært Tværsnit af stor Brede (plane Strømme), erhoides, naar Hensyn tages til Formlen (13)

$$\text{henholdsviis: } V - v = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \frac{h}{l}} \cdot \frac{r^3}{R^{\frac{3}{2}}} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2m}{g \mu_0}} \cdot v_0 \cdot \frac{r^3}{R^{\frac{3}{2}}} \dots \dots \dots (23)$$

$$\text{og } V - v = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \frac{h}{l}} \cdot \frac{x^3}{H^{\frac{3}{2}}} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{m}{g \mu_0}} \cdot v_0 \cdot \frac{x^3}{H^{\frac{3}{2}}}, \dots \dots \dots (24)$$

idet V betegner den Værdi af v , som respective svarer til $r = 0$ og $x = 0$, nemlig Maximum af Strømhastigheden.

Ved i disse Formler at indsætte Værdien for $g \mu_0$ ifølge Formlen (18) erhoides henholdsviis for cylindriske og for plane Ledninger:

$$\left. \begin{aligned} V - v &= 6,8 \cdot \sqrt{m} \cdot v_0 \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot R}{g + 117,7 \cdot R}} \text{ og } \\ V - v &= 4,8 \cdot \sqrt{m} \cdot v_0 \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot H}{g + 117,7 \cdot H}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (25)$$

hvori m , som tidligere angivet, betegner Ledningens særlige Modstandscoefficient.

Men naar vi i den første af disse to Ligninger sætte $r = R$ og altsaa $v = v_0$, saa erholve vi let følgende mærkelige Resultat:

$$\left(\frac{V}{v_0}\right) = 1 + 6,8 \cdot \sqrt{m} \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot R}{g + 117,7 \cdot R}}, \dots \dots \dots (26)$$

der viser, at den samme Ledning stedse giver det samme Forhold $\left(\frac{V}{v_0}\right)$ mellem den største og mindste Hastighed enten Strømmen bevæger sig med en stor eller lille Hastighed. For nu at see hvorvidt dette stemmer med Erfaring, ville vi betragte de Forsøg, som findes

anførte i Darcy's Værk pag. 157—161, hvor Forfatteren har angivet baade V og v_0 samt Middelhastigheden w for de fem forskjellige Ledninger, hvormed han har eksperimenteret.

Resultatet af disse Forsøg har jeg sammenstillet i efterstaaende

Tabel.

Ledningens Diameter (2 R)	Middel- hastighed w	Central- hastighed V	Overflade- hastighed v_0	Forholdet $\left(\frac{V}{v_0}\right)$
$\overset{m}{0,188}$	0,758	0,878	0,669	1,31
	1,128	1,305	0,996	1,31
	1,488	1,716	1,317	1,30
	1,935	2,229	1,712	1,30
	2,506	2,891	2,218	1,30
$\overset{m}{0,2452}$	4,325	4,976	3,855	1,30
	0,452	0,556	0,575	1,49
	0,707	0,867	0,588	1,47
	1,547	1,899	1,284	1,48
	1,853	2,249	1,522	1,48
$\overset{m}{0,2447}$	3,855	4,702	3,182	1,48
	0,537	0,625	0,471	1,35
	0,949	1,102	0,854	1,32
	1,904	2,214	1,672	1,35
	4,497	5,250	3,950	1,32
$\overset{m}{0,297}$	0,355	0,417	0,508	1,35
	1,256	1,421	1,097	1,30
	1,665	1,915	1,478	1,30
	2,565	2,718	2,100	1,30
	$\overset{m}{0,50}$	0,4752	0,568	0,406	1,40
0,7951		0,929	0,695	1,34
1,1197		1,313	0,976	1,35

Naar vi betragte denne Tabel, vil det formentlig blive utvivlsomt, at Forholdet $\left(\frac{V}{v_0}\right)$ virkelig er constant for ethvert af de undersøgte Rør, saaledes som Formlen (26) angiver.

Men idet det saaledes maa erkjendes, at Formlen (26) er correct, kunne vi her-
 efter benytte denne til Bestemmelse af de forskjellige Rørledningers særegne Modstands-
 coefficienter (m). Udføre vi de dertil svarende Beregninger, erholde vi følgende Resultat:

For Ledningen med Diamtr. = 0,188, for hvilken $\left(\frac{V}{v_0}\right) = 1,30$, findes $m = 0,0036$
- - - - - = $0,2432$, - - - - - = 1,48, - - - = 0,0083
- - - - - = $0,2447$, - - - - - = 1,33, - - - = 0,0041
- - - - - = $0,297$, - - - - - = 1,32, - - - = 0,0036
- - - - - = $0,50$, - - - - - = 1,36, - - - = 0,0036

Af denne Tabel fremgaaer, at Modstandscoefficienten er ligestor for det mindste og for det største Rør, hvilket netop kunde ventes, da begge disse Rør vare nye Støbejernsrør; fremdeles viser det sig som rimeligt er, at Modstandscoefficienten for ethvert af de to næststørste Rør, der vare gamle veludrensede Jernrør, ikke afviger meget fra den, som svarer til nye Rør. For det næstmindste Rør viser Modstandscoefficienten sig derimod at være betydeligt større end for nye Jernrør; men dette var ogsaa bedækket med Bundfald, hvilket efter Darcy's Iagttagelse fremkalder en betydelig større Modstand end rene Overflader. Det her Anførte vil være et nyt Beviis paa, at Formlen (26) er i fuldstændig Overensstemmelse med de virkelige Naturforhold.

I det Følgende skal jeg vise, hvorledes vi fremdeles kunne bestemme Modstandscoefficienten for en heel Række af Ledninger af forskjellige Materialier, hvormed Darcy har eksperimenteret; men forinden jeg gaaer ind paa den nærmere Bestemmelse af disse forskjellige Modstandscoefficienter m , vil det være hensigtsmæssigt i Korthed at give en Fremstilling af nogle fælles Resultater, som lade sig udlede af den almindeligt gjældende Formel (20).

Af denne Ligning følger:

$$\frac{dv}{dr} = -\sqrt{\frac{1}{\mu_0} \frac{h}{l} \frac{R}{R^2 - \alpha^2}} \cdot \sqrt{\frac{r^2 - \alpha^2}{r}},$$

og ved at multiplicere denne Ligning med dr og integrere samme fra $r = \alpha$ til r :

$$v = V - \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \frac{h}{l} \frac{R}{R^2 - \alpha^2}} \int_{\alpha}^r \sqrt{\frac{r^2 - \alpha^2}{r}} \cdot dr, \dots \dots \dots (27)$$

idet V betegner Strømhastigheden svarende til $r = \alpha$.

Ved heri at sætte $\frac{r^2 - \alpha^2}{r} = z^2$, kan man fremstille Integralet:

$$\int_{\alpha}^r \sqrt{\frac{r^2 - \alpha^2}{r}} dr = \frac{2}{3} \sqrt{r(r^2 - \alpha^2)} - \frac{2}{3} \alpha^2 \int_0^{z^2} \frac{dz}{\sqrt{\frac{1}{4}z^4 + \alpha^2}}.$$

og ved dernæst at sætte $z = \sqrt{2} \alpha \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi}{2} \right)$ finde vi:

$$\int_{\alpha}^r \sqrt{\frac{r^2 - \alpha^2}{r}} \cdot dr = \frac{2}{3} \sqrt{r(r^2 - \alpha^2)} - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{\alpha^3}{2}} \int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}}, \text{ og}$$

Formlen (27) kan altsaa fremstilles saaledes:

$$v = V - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l}} \left[\sqrt{Rr \cdot \frac{r^2 - \alpha^2}{R^2 - \alpha^2}} - \sqrt{\frac{R}{2} \cdot \frac{\alpha^3}{R^2 - \alpha^2}} \int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} \right], \quad \left. \begin{array}{l} \text{idet } \varphi = 2 \cdot \operatorname{arc} \left(\operatorname{tg} = \sqrt{\frac{r^2 - \alpha^2}{2r\alpha}} \right) \end{array} \right\} \dots (28)$$

Betegnes nu, som tidligere, Strømhastigheden ved Ledningens Overflade med v_0 , saa finde vi ifølge (28), idet $r = R$, at:

$$v_0 = V - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l}} \left[R - \sqrt{\frac{R}{2} \cdot \frac{\alpha^3}{R^2 - \alpha^2}} \int_0^{\varphi_1} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} \right], \quad \left. \begin{array}{l} \text{idet } \varphi_1 = 2 \cdot \operatorname{arc} \left(\operatorname{tg} = \sqrt{\frac{R^2 - \alpha^2}{2R\alpha}} \right). \end{array} \right\} \dots (29)$$

Dersom vi borteliminerer Hastigheden v_0 mellem Ligningerne (10) og (29), finde vi Hastigheden:

$$V = \sqrt{\frac{h}{l}} \left[\sqrt{\frac{g}{m}} \cdot \sqrt{\frac{R^2 - \alpha^2}{2R}} + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0}} \left(R - \sqrt{\frac{R}{2} \cdot \frac{\alpha^3}{R^2 - \alpha^2}} \int_0^{\varphi_1} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} \right) \right] \dots (30)$$

og naar denne Værdi indsættes i Formlen (28), erholdes:

$$v = \sqrt{\frac{h}{l}} \left[\sqrt{\frac{g}{m}} \sqrt{\frac{R^2 - \alpha^2}{2R}} + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0}} \left(R - \sqrt{Rr \cdot \frac{r^2 - \alpha^2}{R^2 - \alpha^2}} - \sqrt{\frac{R}{2} \cdot \frac{\alpha^3}{R^2 - \alpha^2}} \int_{\varphi}^{\varphi_1} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} \right) \right]. \quad (31)$$

Betragte vi den tidligere Figur II, vil det sees, at Vandføringen af Strømelementet $MmnN$ kan fremstilles ved:

$$dq = d\theta \cdot \int_m^R v \cdot r dr,$$

som, naar Værdien for v indsættes ifølge (28), kan skrives saaledes:

$$dq = d\theta \cdot \left[V \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2} - \frac{1}{7} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l}} \left((2R^2 + \alpha^2) R^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{R\alpha^3(7R^2 - \alpha^2)^2}{2 \cdot (R^2 - \alpha^2)}} \cdot \int_0^{\varphi_1} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} \right) \right] \dots (32)$$

Bemærkes dernæst, at Tværnsitsarealet af Strømelementet $MmnN$ er udtrykt ved $\frac{R^2 - \alpha^2}{2} \cdot d\theta$, saa kan Strømmens Middelhastighed, ifølge Formlen (32), skrives:

$$w = V - \frac{2}{7} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l}} \left[\frac{2R^2 + \alpha^2}{R^2 - \alpha^2} \cdot R^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{R\alpha^3(7R^2 - \alpha^2)^2}{2 \cdot (R^2 - \alpha^2)^3}} \cdot \int_0^{\varphi_1} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} \right] \dots (33)$$

Bestemmes dernæst $(V - w)$ ifølge denne Ligning, og subtraheres denne Differens fra $(V - v_0) \cdot \frac{R^2 - \frac{1}{7}\alpha^2}{R^2 - \alpha^2}$, bestemt ifølge Formlen (29), saa findes det, at Storrelserne R , α , $\frac{h}{l}$, V , w og v_0 i Almindelighed afhænge af hinanden efter følgende Lov:

$$\frac{R^2 - \frac{1}{7}\alpha^2}{R^2 - \alpha^2} (V - v_0) - (V - w) = \frac{2}{7} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l}} \cdot R \dots \dots \dots (34)$$

For cylindriske Ledninger, der ere fyldte med Vand, saaledes som Tilfældet var under Darcy's Forsøg, er $\alpha = 0$, og under disse Forhold kan Formlen (34) altsaa skrives:

$$w = v_0 + \frac{2}{7} \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l}} \cdot R \dots \dots \dots (34 a.)$$

Men da $\alpha = 0$, kan Formlen (29) skrives:

$$V - v_0 = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{h}{l}} \cdot R,$$

der i Forbindelse med (34, a) fører til følgende almindelige Relation mellem Hastighederne:

$$7w = 3V + 4v_0, \dots \dots \dots (35)$$

hvilken Ligning ligeledes er udledet af Darcy, der nærmere har undersøgt samme og fundet den bekræftet ved Forsøg.

Som Resultat af en stor Mængde Forsøg, der ere udførte af Darcy over Vandets Bevægelse i Rørledninger af meget forskellige Diametre og under høist ulige Tryktab $\left(\frac{h}{l}\right)$, — hvilke Forsøg ere beskrevne i det 4de Capitel af hans Værk, — har Forfatteren paaviist, at man med en stor Grad af Tilnærmelse kan fremstille Loven for Vandets Bevægelse igjennem [heelt fyldte Ledninger saaledes:

$$\frac{1}{V b_1} = \frac{w}{\sqrt{\frac{h}{l}} \cdot R}, \dots \dots \dots (36)$$

naar w , l , h og R alle have de Betydninger, der i det Foregaaende ere angivne, og b_1 er en Størrelse, der er constant for alle Ledninger af samme Beskaffenhed. Have Ledningerne derimod en forskjellig Beskaffenhed, saa har Darcy fundet, at $\frac{1}{\sqrt{b_1}}$ er desto større jo mindre Ledningsmodstanden er; men han har tillige paaviist, at om end $\frac{1}{\sqrt{b_1}}$ meget nær kan betragtes som constant for alle Ledninger af samme indre Beskaffenhed, saa er den dog strengt taget ikke fuldkommen constant, men derimod svagt voxende med Radius R .

At dette Erfarings-Resultat er overensstemmende med den her udviklede Theori, skal jeg først søge at vise. Af Formlen (34, a) følger nemlig:

$$\frac{1}{\sqrt{b_1}} = \frac{w}{\sqrt{\frac{h}{l}R}} = \frac{v_0}{\sqrt{\frac{h}{l}R}} + \frac{2}{7} \sqrt{\frac{R}{\mu_0}};$$

naar vi heri for $\frac{v_0}{\sqrt{\frac{h}{l}R}}$ indsætte Værdien $\sqrt{\frac{g}{2m}}$, ifølge Formlen (10), samt istedetfor μ_0 indsætte dens Værdi, ifølge Formlen (17), saa finde vi:

$$\frac{1}{\sqrt{b_1}} = \sqrt{g} \left(\frac{1}{\sqrt{2m}} + 2,063 \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot R}{g + 117,7 \cdot R}} \right), \dots \dots \dots (37)$$

hvilken Ligning visér os, at $\frac{1}{\sqrt{b_1}}$ voxer, baade naar Modstandscoefficienten m aftager og naar R voxer, saaledes som Darcy har fundet ved sine Forsøg.

For derefter nærmere at undersøge, hvorvidt denne Formel kan betragtes som stemmende med Forholdene i Naturen, ville vi sammenholde den med de Resultater af Darcy's Forsøg, som findes anførte i hans Værk pag. 96—98, hvor navnlig Værdien af $\frac{1}{\sqrt{b_1}}$ er bestemt for en Mængde forskjellige Rørledninger.

Beregne vi Modstandscoefficienten m ifølge (37) og sammenstille vi de erholdte Resultater med de observerede, saa fremkommer følgende

Oversigtstabel:

Forsøgs- række- nummer.	Ledningens		$\frac{1}{\sqrt{b_1}}$	Modstands- coefficienten m beregnet ifølge (37)	
	Diameter	Radius = R			
Rørledninger af Smedejern.					
1.	$0,0122$	$0,0061$	24,44	0,0094	
2.	$0,0266$	$0,0133$	33,00	0,0052	
3.	$0,0395$	$0,01975$	55,70	0,0045	
Rørledninger af Bly.					
4.	$0,014$	$0,0070$	55,54	0,0043	
5.	$0,027$	$0,0135$	54,90	0,0047	
6.	$0,041$	$0,0205$	56,95	0,0042	
Jernrørledninger med Asphaltovertræk.					
7.	$0,0268$	$0,0134$	54,56	0,0047	
8.	$0,0826$	$0,0413$	44,49	0,0029	
9.	$0,196$	$0,098$	48,00	0,0026	
10.	$0,285$	$0,1425$	47,70	0,0027	
Ledninger af Glas.					
11.	$0,04968$	$0,02484$	56,65	0,0043	
Rørledninger af Støbejern.					
12.	$0,0559$	$0,01795$	25,10	0,0117	Ledningen var bedækket med Bundfald.
13.	$0,0564$	$0,0182$	36,50	0,0043	Efter Bundfaldets Udrensning.
14.	$0,0795$	$0,03975$	26,07	0,0092	Ledningen var bedækket med Bundfald.
15.	$0,0801$	$0,04005$	55,53	0,0048	Efter Bundfaldets Udrensning.
16.	$0,0819$	$0,04095$	57,94	0,0045	Ny Ledning.
17.	$0,137$	$0,0685$	42,51	0,0054	ligeledes.
18.	$0,188$	$0,094$	41,57	0,0056	ligeledes.
19.	$0,2452$	$0,1216$	29,26	0,0083	Ledningen var bedækket med Bundfald
20.	$0,2447$	$0,12235$	37,75	0,0045	Efter Bundfaldets Udrensning.
21.	$0,297$	$0,1485$	40,43	0,0054	Ny Ledning.
22.	$0,50$	$0,25$	44,32	0,0053	ligeledes.
Saltglasserede Leerrør.					
23.	$0,0958$	$0,0479$	42,85	0,0052	Ny Ledning.
24.	$0,2982$	$0,1491$	46,22	0,0029	ligeledes.

De første 22 Forsøgsrækker ere som alt bemærket udførte af Darcy; men de to sidste Rækker, der ere foretagne med saltglasserede Rør, ere derimod udførte af mig og findes beskrevne i Vid. Selsk. Skrifter 5te Række, 4de Bind, p. 305.

Sammenligne vi nu først de tidligere, efter Formlen (26), fundne Værdier af Modstandscoefficienten m med de Værdier, som her ere fundne for de samme fem Ledninger, og som i Oversigtstabellen ere angivne under Nr. 18 til Nr. 22, saa viser det sig, at uagtet Formlerne (26) og (37) ere grundforskjellige, og uagtet Darcy's Observationer, som danne Grundlaget for Beregningerne, ligeledes ere aldeles forskjelliges, falde dog de fundne Værdier for m næsten fuldstændigt sammen, — en god Bekræftelse paa Formlernes Paalidelighed.

Betragtes dernæst de i Tabellen angivne Værdier af m , viser det sig, som det ogsaa var at vente, at for alle Rør af samme indre Beskaffenhed er Modstandscoefficientens Størrelse uafhængig af om Ledningen er stor eller lille. Vi finde saaledes:

- For Jernledninger, bedækkede med Bundfald, at m er beliggende mellem 0,0083 og 0,0117, men fjernes dette omhyggeligt, mellem 0,0043 og 0,0048.
- For nye rene Smedejernsledninger finde vi m beliggende mellem 0,0045 og 0,0052; — den Afvigelse herfra som Ledningen Nr. 1 viser, har næppe nogen anden Grund end den, at bemeldte lille Ledning ikke har været aldeles fri for Rust.
- For Blyrør sees det, at Modstanden omtrent er den samme som for nye Smedejernsrør, idet Forsøgene Nr. 4, 5 og 6 vise, at m ligger mellem 0,0042 og 0,0047.
- For nye, rene Støbejernsrør vise Forsøgene Nr. 16, 17, 18, 21 og 22 at m -ligger mellem 0,0033 og 0,0045.
- For gode Asphaltrør, samt for saltglasserede Leerrør er Modstanden omtrent lige, idet Forsøgene Nr. 8, 9, 10, 23 og 24 give Værdier for m beliggende mellem 0,0026 og 0,0032, og det viser sig tillige, at disse Rør frembyde mindst Modstand af alle de undersøgte Rør.
- Den Afvigelse, som den snævre Rørledning Nr. 7 viser, har vistnok sin Grund i, at dennes Asphaltbedækning ikke har været vel udført.
- Den undersøgte Glasrørsledning Nr. 11, der var samlet af mange korte Glasrør, giver for m Værdien 0,0043, som dog sandsynligviis er lidt for stor for rene og ikke sammensatte Glasrør, der næppe frembyde større Modstand end glasserede Rør.

I Henhold til det saaledes Anførte troer jeg at turde regne paa, at de i det Foregaaende fremstillede Formler for Vandets Bevægelse i cylindriske Rørledninger ere correcte og skal blot særlig fremhæve, at Formlen (26) stemmer fuldstændigt med Naturen, naar m i hvert enkelt Tilfælde erholder den constante Værdi, som er begrundet i Ledningens eiendommelige Modstand mod Vandets Bevægelse.

Naar vi derefter betragte den 2den Formel (25), som gjælder for rectangulære Ledninger, der have saa stor Brede, at Sidefladerne ikke udøve mærkelig Indflydelse paa Bevægelsen af de betragtede Vanddele, saa viser det sig, naar vi sætte $x = H$, at man for plane Strømme i Overensstemmelse med Formlen (26) har følgende Relation:

$$\left(\frac{V}{v_0}\right) = 1 + 4,8 \sqrt{m} \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot H}{g + 117,7 \cdot H}} \dots \dots \dots (38)$$

der udtrykker, at Forholdet $\left(\frac{V}{v_0}\right)$ ogsaa for rectangulære Ledninger er uafhængigt af Strømhastigheden.

Anvende vi denne Formel paa at bestemme Modstandscoefficienten m for de to Ledninger, hvormed Boileau har udført sine tvende Forsøgsrækker, af hvilke den første Række gav:

Maximums-Hastigheden $V = 0,871$ i Dybden $0,070$ under Vandspeilet, og

Minimums-Hastigheden $v_0 = 0,567$ — — $0,348$ — —

medens den anden gav:

Maximums-Hastigheden $V = 0,616$ i Dybden $0,048$ under Vandspeilet og

Minimums-Hastigheden $v_0 = 0,451$ — — $0,206$ — — ,

saa finde vi $m = 0,016$ svarende til første Forsøgsrække,

og $m = 0,009$ svarende til anden Række.

Det viser sig altsaa, at i de to Rækker af Forsøg, som Boileau har udført, har Modstandscoefficienten m været noget forskjellig, og navnlig, at den har været større under den første Forsøgsrække end under den senere, saaledes som tidligere nævnt. Men paa den anden Side sees det tillige, at de her fundne Værdier for m ikke afvige mere fra de Værdier, som efter Darcy's Forsøg svare til Jernrørsledninger, end at hele Afvigelsen kan hidrøre fra Bundfaldets Beskaffenhed.

Jeg kan her ikke tilbageholde den Bemærkning, at den nævnte Uoverensstemmelse mellem Modstandscoefficienterne for de to Rækker af Forsøg, som Boileau har udført, har spildt mig en overordentlig lang Tid, idet jeg af disse Forsøg blev ledet til den Antagelse, at Formlen (6) var correct, medens Darcy's tilsvarende Formel, der med Hensyn paa rectangulære Ledninger antager Formen $\mu = \mu_0 \cdot H^2$, som en Følge deraf maatte for-

kastes. Denne Mening havde dog ikke sin Grund deri, at jeg ubetinget ansaa Boileau's Forsøg som mere paalidelige end Darcy's, men snarere i den Omstændighed, at det ligefrem syntes mig at være umuligt, at Darcy's Formel kunde være rigtig; thi deraf vilde følge, at i Strømme af betydelig eller rettere af uendelig stor Dybde maatte Strømhastigheden blive ligestor i alle Dybder — en Antagelse, som aabenbart maatte være urigtig, naar Strømmen under sit Løb var underkastet den sædvanlige Ledningsmodstand. Paa Grund heraf forlod jeg Darcy's Udtryk for Størrelsen μ og fastholdt Boileau's (Formel (6)), som gav Resultater, der stemte temmelig godt med Darcy's Forsøg og ikke syntes at føre til saadanne Modsigelser, som de, Darcy's Formel stillede i Udsigt. Under den derpaa følgende Udvikling af Loven for Vandets Bevægelse i faste Ledninger, blev jeg kun yderligere bestyrket i min Mening, at Formlen (6) maatte være rigtig; thi skjøndt Formlerne fremstillede sig under temmelig sammensatte Former, saa syntes dog Resultaterne, som deraf kunde afledes, at være i Overensstemmelse med hvad der om disse Forhold var bekjendt. Da jeg derimod vilde gjøre Anvendelse af de udviklede Formler paa Havstrømninger, saaledes som jeg senere skal omtale, viste Beregningerne sig at føre til Resultater, som vare i Strid med hvad Naturen viser, og da ethvert Forsøg paa at komme ud over disse Vanskeligheder bestandigt viste sig frugtesløst, var jeg flere Gange nær ved at opgive Haabet om paa en tilfredsstillende Maade at kunne føre denne Undersøgelse til Ende; men jeg kunde dog aldrig heelt opgive Haabet om en heldig Løsning af disse ligesaa interessante som vanskelige Spørgsmaal, da det vedblivende stod mig klart, at skjøndt der maatte være noget urigtigt i mine Betragtninger, saa maatte Hovedsagen dog utvivlsomt være rigtig. — Først da det til Slutning faldt mig ind at undersøge, hvorledes Sagen vilde stille sig, hvis Darcy's Udtryk for μ var rigtigt, og altsaa Boileau's Udtryk (Formel (6)) urigtigt, fandt jeg til min Overraskelse og Glæde, at alle Vanskeligheder og Modsigelser med det samme pludselig forsvandt; fra nu af viste de beregnede Resultater sig gjennemgaaende at være i fuldkommen Overensstemmelse med Naturforholdene.

I Anledning af Boileau's Mening, at den Aftagelse i Hastighed, som finder Sted i aabne Strømme i Nærheden af Vandspeilet, ikke kan tilskrives Luftens Modstand, skal jeg gjøre opmærksom paa, at denne Modstands Størrelse let lader sig beregne ifølge Formlen (38). Under den første Forsøgsrække, hvor Hastigheden i Dybden $H = 0,070$ under Vandspeilet var $V = 0,871$, fandtes nemlig Vandspeilshastigheden at være $0,823$, og naar vi indsætte denne Værdi for v_0 i Formlen (38) samt for V og H sætte de nylig angivne Værdier, finde vi Modstandscoefficienten $m = 0,00031$; sammenligne vi denne Coefficient med Coefficienten for den egentlige Ledningsmodstand (0,016), viser det sig, at Luftmodstanden ikke fuldt har udgjort 2 Procent af den egentlige Ledningsmodstand. For den anden

Række af Forsøg, som Boileau har udført, finde vi paa samme Maade ifølge (38), naar vi for v_0 indsætte den observerede Vandspeilshastighed $0,592^m$ samt for V og H respective indsætte Værdierne $0,616^m$ og $0,048^m$, Vandspeilets Modstandscoefficient $m = 0,0002$; men hvad enten den sande Værdi af Coefficienten m er $0,0002$ eller $0,0003$, er saameget i ethvert Fald indlysende, at Luftmodstanden kun behøver at være meget ringe for at være istand til at frembringe den Formindskelse i Hastighed, som Vandstrømmen viser i Nærheden af Vandspeilet.

I den nyere Tid har den franske Ingenieur Bazin udgivet et temmelig betydeligt Værk, *Recherches Hydrauliques, Paris 1865*, som indeholder Resultaterne af en stor Mængde Forsøg over Vandets Bevægelse i Ledninger af forskjellige Tværnsitsformer og af forskjellige Materialier. Dette Arbeide, der alt var paabegyndt af Darcy og efter dennes Død senere er bleven fortsat og fuldendt af Bazin, er bestemt til at danne en Fortsættelse af Darcy's *Recherches expérimentales sur le mouvement de l'eau dans les tuyaux*; men skjøndt Bazin's Arbeide indeholder en Mængde meget interessante og oplysende Forsøg, troer jeg dog, at Alle ville være enige i, at det hverken med Hensyn paa Noiagtighed eller med Hensyn paa Valget af Experimenter for at bringe Klarhed tilveie i de omhandlede dunkle Forhold, kan sættes ved Siden af Darcy's udmærkede Arbeider. Til nogle af de interessanteste Undersøgelser i Bazin's Arbeide hører formeentlig de Forsøg, som ere beskrevne i Capitel II af det nævnte Værk og som ere udførte med tvende rectangulære Ledninger af ulige Størrelse, for at komme til Kundskab om de Love, hvorefter Vandet bevæger sig i de forskjellige Punkter af en rectangulær Strøm, saavel i lukkede og heelt fyldte, som i aabne og for Luftens Paavirkning udsatte Ledninger. Den første af disse Ledninger, der var af Poppeltræ, havde en Brede af $0,8^m$ og en Høide af $0,5^m$ i indvendig Lysning; med denne har Darcy udført Forsøg med Vandstrømme, der fyldte Ledningen aldeles, og derved bestemt Strømhastigheden i 45 forskjellige Punkter, der fremkom som Skjæringspunkter imellem 5 horizontale og 9 verticale Linier. Af de 5 horizontale Linier gik een igjennem Ledningens Axe, to over og to under samme, respective i Afstandene $0,11^m$ og $0,22^m$ fra Axen. Af de 9 verticale Linier gik ligeledes een igjennem Axen og fire paa hver Side af denne, respective i Afstandene $0,11^m$, $0,22^m$, $0,33^m$ og $0,37^m$ fra Axen.

Darcy udførte dermed trede Rækker af Forsøg under følgende:

$$\begin{aligned} \text{Trykhøidetak: } \frac{h}{l} &= 0,001899, = 0,004272, = 0,005063 \\ \text{Vandføring: } Q &= 0,411, = 0,618, = 0,674 \text{ og} \\ \text{Middelhastighed: } W &= 1,028, = 1,545, = 1,685, \end{aligned}$$

hvorefter han overbeviste sig om, at der for et hvilket som helst Punkt af Strømmen existerer et constant Forhold mellem den stedfindende Strømhastighed og Strømmens Middelhastighed, hvilket Forhold er uafhængigt af, om Vandet løber med større eller mindre Fart. Tages Middeltallet af de af Darcy observerede 3de Forholdstal for ethvert af de angivne 45 Punkter, kommer man til følgende Resultat:

Vertical Afstand fra Axen	Horizontalafstand fra Axen									
	^m 0,37	^m 0,35	^m 0,22	^m 0,11	0	^m 0,11	^m 0,22	^m 0,35	^m 0,37	
^m 0,22	0,809 (0,801)	0,863 (0,850)	0,880 (0,887)	0,885 (0,898)	0,891 (0,898)	0,889 (0,898)	0,867 (0,887)	0,855 (0,850)	0,801 (0,801)	
^m 0,11	0,847 (0,872)	0,967 (0,955)	1,110 (1,085)	1,112 (1,087)	1,120 (1,087)	1,117 (1,087)	1,109 (1,085)	0,952 (0,955)	0,854 (0,872)	
0	0,872 (0,898)	0,975 (0,973)	1,129 (1,158)	1,166 (1,190)	1,176 (1,190)	1,161 (1,190)	1,131 (1,158)	0,960 (0,975)	0,869 (0,898)	
^m 0,11	0,844 (0,872)	0,959 (0,955)	1,096 (1,085)	1,110 (1,087)	1,117 (1,087)	1,103 (1,087)	1,105 (1,085)	0,952 (0,955)	0,850 (0,872)	
^m 0,22	0,789 (0,801)	0,862 (0,850)	0,874 (0,887)	0,880 (0,898)	0,892 (0,898)	0,877 (0,898)	0,861 (0,887)	0,839 (0,850)	0,797 (0,801)	

De under de observerede Tal i Parenthes angivne Tal ere Beregningstal, som senere skulle omtales.

Heraf fremgaaer, hvad ogsaa umiddelbart er klart, at naar Ledningsmodstanden er ligestor for alle Punkter af Ledningens Overflade, saa ere Hastighederne symmetrisk fordeelte, baade med Hensyn til det horizontale og verticale Plan, som kan lægges gennem Ledningens Axe; ved at tage Middeltallene af de fire Værdier i ovenstaaende Tavle, som svare til de symmetrisk beliggende Punkter i hver Kvadrant, har Bazin fremstillet Vandets Bevægelse i Ledningen, saaledes som Figur III. paa Plan II. an-

giver*), hvori $ABCD$ betegne Ledningens Tværsnit, $aaaa$ den Elementoverflade, hvori Strømhastigheden $v = 0,8 \cdot W$, $bbbb$ den Elementoverflade, hvori Hastigheden $v = 0,9 \cdot W$, $cccc$ den Flade, hvori $v = W$ og $dddd$ den Flade, hvori $v = 1,1 \cdot W$.

Af denne Figur fremgaaer umiddelbart, at alle de angivne Hastighedscurver fra Ledningens Hjørner nærme sig til at løbe parallelt med Ledningens Overflade, hvilket fuldstændigt indtræder udfor de 4 Begrænsningsfladers Midtpunkter; men deraf følger videre, at ethvert af de fire Strømelementer, som bevæger sig paa Midtpunktet af en af Ledningens 4 Planflader, i Formen er rectangulart. Strømhastigheden deri maa følgelig være fordeelt som i en rectangular Ledning af ubegrændset Brede, og Hastigheden i forskjellige Dybder kan altsaa bestemmes ved den sidste Formel (25).

Anvende vi denne Formel, der kan skrives saaledes:

$$V - v = A \cdot \left(\frac{x}{H} \right)^{\frac{3}{2}}, \text{ idet } A = 4,8\sqrt{m} \cdot v_0 \sqrt{\frac{117,7 \cdot H}{g + 117,7 \cdot H}},$$

paa at bestemme Loven for Vandets Bevægelse i det verticale Plan, som gaaer igjennem Ledningens Axe, saa have ifølge Observationerne:

$$\begin{aligned} \text{for } x = 0, \quad v &= 1,176 \cdot W \\ - \quad x &= 0,11^m, \quad v = 1,119 \cdot W \text{ og} \\ - \quad x &= 0,22^m, \quad v = 0,891 \cdot W, \text{ samt } H = 0,25^m. \end{aligned}$$

Ved Hjælp af disse Værdier lade de sandsynligste Værdier af Constanterne V , v_0 , A og m sig let beregne ifølge den approximative Quadratformel, og naar Beregningen udføres, finde vi:

$$V = 1,193 \cdot W, \quad v_0 = 0,839 \cdot W, \quad A = 0,354 \cdot W \text{ og } m = 0,0104.$$

Anvende vi derefter samme Formel paa at bestemme Loven for Vandets Bevægelse i det horizontale Plan, som indeholder Ledningens Axe, idet vi ogsaa her sætte Dybden af den Strøm, som bevæger sig paa Ledningens Sideflade $= \frac{m}{0,25} = H$, saa have dertil ifølge Forsøgene:

*) See Bazin «Recherches Hydrauliques» Plan XVIII, Fig. 7.

$$\begin{aligned}
 v &= 1,163 \cdot W \text{ for } x = 0, \\
 v &= 1,130 \cdot W \text{ — } x = 0,07, \\
 v &= 0,967 \cdot W \text{ — } x = 0,18 \text{ og} \\
 v &= 0,870 \cdot W \text{ — } x = 0,22;
 \end{aligned}$$

ved Hjælp af de mindste Quadraters Methode finde vi derefter følgende Værdier for Constanterne, nemlig:

$$V = 1,172 \cdot W, v_0 = 0,818 \cdot W, A = 0,354 \cdot W \text{ og } m = 0,0104.$$

Naar disse Værdier sammenlignes med de foran fundne Værdier, sees det, at Constanterne alene afvige fra hinanden deri, at Hastighederne V og v_0 i det sidste Tilfælde begge ere lidt mindre, og navnlig $0,021$ mindre end de tilsvarende Værdier af V og v_0 , som fandtes i det verticale Plan. Men see vi hen til de Forskjelligheder, som de enkelte observerede Forholdstal, hvoraf Ovenstaaende ere Middeltallene, frembyde, samt lægge vi endvidere Mærke til det sidste af de tre Forsøg, som Bazin har angivet i sit Værk paa Plan XVIII ved Figur 3, saa bliver det meget sandsynligt, at hele den mellemste Deel af Strømmen i en Brede af $0,8 - 0,5 = 0,3$ har bevæget sig paa Ledningens Over- og Underflade som en rectangulær Strom af ubegrænset Brede, i hvilken Hastigheden har været den samme i ligestore Afstande fra Ledningens Overflade. Gaae vi ud fra, at Forholdet har været saaledes, samt vælg vi Middeltallene af de to fundne Værdier for V og v_0 , erholde vi: $V = 1,182 \cdot W$ og $v_0 = 0,829 \cdot W$, $m = 0,0104$, hvorefter Ligningen for Vandets Bevægelse saavel i hele den mellemste Deel af Strømmen, i en Brede $= 0,3$, som i de Strom-elementer, der flyde midt imellem Over- og Underfladen og som ere underkastede Friction fra Ledningens Sideflader, kan fremstilles saaledes:

$$\frac{v}{W} = 1,182 - 0,354 \left(\frac{x}{H} \right)^{\frac{3}{2}}, \text{ idet } H = 0,25 \dots \dots \dots (39)$$

Til Støtte for denne Antagelses Rigtighed skal jeg dernæst bemærke, at naar vi benytte de observerede Forholdstal, svarende til Strømhastigheden i det verticale Plan, som ligger i Afstanden $0,11$ fra Ledningens Axe, og derefter i Ligningen:

$$V - v = A \cdot \left(\frac{x}{H} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad A = 4,8 \sqrt{m} \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot H}{g + 117,7 \cdot H}}$$

i Overensstemmelse med Darcy's Undersøgelser sætte:

$$\begin{aligned}
 v &= 1,163 \cdot W, \text{ for } x = 0 \\
 v &= 1,111 \cdot W, \text{ — } x = 0,11 \\
 v &= 0,883 \cdot W, \text{ — } x = 0,22 \text{ samt } H = 0,25,
 \end{aligned}$$

saa finde vi efter de mindste Qvadraters Methode:

$$V = 1,182.W, v_0 = 0,832.W, A = 0,350.W \text{ og } m = 0,0104,$$

hvilke Værdier, næsten fuldstændigt sees at falde sammen med de i Formel (39) angivne.

I Henhold hertil tor det derfor antages, at Vandstrømmens mellemste Deel indtil en Brede af $0,3$, udelukkende bevæger sig paa Ledningens Over- og Underflade, med en Bundhastighed $v_0 = 0,832.W$ og Maximumhastighed $V = 1,182.W$, samt at Hastigheden i denne Deel af Strømmen, — ligesom Hastigheden i det midterste horizontale Element, der indtil en Afstand $H = 0,25$ fra Ledningens Sideflader, udelukkende bevæger sig paa disse Flader, — er bestemt ved Formlen (39). Beregnes Strømhastighederne ifølge (39) svarende til de forskjellige Punkter, hvori denne er observeret, navnlig for

$$x = 0, \quad = 0,07, \quad = 0,11, \quad = 0,18 \quad \text{og} \quad = 0,22,$$

saa finde vi:

$$v = 1,182.W, = 1,129.W, = 1,080.W, = 0,966.W \text{ og} = 0,892.W,$$

medens Middeltallet af Forsøgene giver:

$$v = 1,170.W, = 1,130.W, = 1,115.W, = 0,967.W \text{ og} = 0,887.W.$$

Betragt vi imidlertid de enkelte Forsøg nærmere, findes v henholdsvis at variere mellem Grændserne:

$$v = \begin{cases} 1,158.W \\ 1,182.W \end{cases}, = \begin{cases} 1,115.W \\ 1,147.W \end{cases}, = \begin{cases} 1,077.W \\ 1,133.W \end{cases}, = \begin{cases} 0,954.W \\ 0,993.W \end{cases}, = \begin{cases} 0,840.W \\ 0,902.W \end{cases},$$

og det viser sig saaledes at alle Afgigelserne mellem de beregnede og de observerede Hastigheder falde indenfor lagttagesfeilenes Grændser.

Med Hensyn til de fire i Ledningens Hjørner indesluttete kvadratiske Strømme, der begrændses af den nyligt omtalte rectangulære Midterstrøm, er det oiensynligt, navnlig naar vi betragte de forskjellige Hastighedscurvers Krumning, at enhver af disse Strømme maa tænkes sammensat af en Samling af Strømelementer, der glide paa tilsvarende Elementer af Ledningens Overflade, og som efter en bestemt Lov gaee over fra den rectangulære Form, der er tilstede i de tænkte Begrændsningsflader, til en triangulær Form i selve Hjørnet, hvor Strømforholdene aabenbart maae være analoge med dem, som finde Sted i en cylindrisk Ledning, der er heelt fyldt med Vand og for hvilken den første Formel (25) er gjældende.

Betragt vi til Exempel Vandets Bevægelse i Diagonalen MD , i den paa Fig. III fremstillede Hjørnestrøm $DFMI$, der har Form af et Qvadrat, hvis to Sider DI og DF begrændses af Ledningens Overflade, idet vi efter det Foregaaende forudsætte, at Strømhastigheden i Punktet M er $V = 1,182.W$, saa finde vi let, ifølge de udførte Observationer, at Strømhastigheden maa regnes at være saaledes fordeelt som angivet paa Figuren.

For nu at undersøge om og hvorvidt Vandets Bevægelse i Strømelementet MD følger den Lov, som er fremstillet ved den første af Formlerne (25), der ogsaa kan skrives saaledes:

$$V-v = B \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}}, \quad B = 6,8 \cdot \sqrt{m} \cdot v_0 \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot R}{g + 117,7 \cdot R}},$$

naar r betegner Afstanden fra M til et vilkaarligt Punkt af Linien MD , og R betegner hele Linien MD , altsaa $R = 0,25 \cdot \sqrt{2} = 0,354$, maa det bemærkes, at Darcy's Observationer give følgende sammensvarende Værdier for forskjellige Punkter af Diagonalen MD :

observeret.		beregnet.
$\frac{r}{R} = 0,28, \quad \frac{v}{W} = 1,114$		$\frac{v}{W} = 1,119$
$\frac{r}{R} = 0,44, \quad \frac{v}{W} = 1,055$		$\frac{v}{W} = 1,052$
$\frac{r}{R} = 0,72, \quad \frac{v}{W} = 0,900$		$\frac{v}{W} = 0,900$
$\frac{r}{R} = 0,88, \quad \frac{v}{W} = 0,799$		$\frac{v}{W} = 0,799$

Bestemmes Constanterne V , v_0 , B og m i ovenstaaende Ligninger ved Hjælp af disse Værdier for $\frac{r}{R}$ og $\frac{v}{W}$, ifølge de mindste Quadraters Methode, erholdes:

$$\frac{V}{W} = 1,190, \quad \frac{v_0}{W} = 0,713, \quad \frac{B}{W} = 0,477 \text{ og } m = 0,0119.$$

De saaledes erholdte Værdier for $\frac{V}{W}$ og m afvige, som man seer, lidt fra de tidligere fundne Værdier ($\frac{V}{W} = 1,182$ og $m = 0,0104$), men Forskjellen er dog ikke væsentlig, og den større Modstandscoefficient hidrører maaskee derfra, at det skarpe Hjørne kan have frembudt smaa extra Modstande for Strømelementet MD . Indføres de her fundne Værdier for V og B i Formlen ovenfor, erholdes:

$$\frac{v}{W} = 1,190 - 0,477 \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Ved Hjælp af denne Formel ere de ovenfor tilføiede Værdier for $\frac{v}{W}$ beregnede. Overensstemmelsen mellem de saaledes beregnede og observerede Værdier er som man seer næsten fuldstændig.

Sammenligne vi denne Formel for Vandets Bevægelse i de forskjellige Punkter af Linien MD med Formlen (39), som fremstiller Loven for Bevægelsen i den midterste Deel af

Ledningen indtil Verticalen MF , saa sees det, naar vi bemærke at $\frac{x}{H} = \frac{r}{R}$, at ovenstaaende Ligning kan skrives saaledes:

$$\frac{v}{W} = 1,190 - 0,477 \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}}$$

og at den væsentlige Forskjel mellem begge disse Ligninger bestaaer deri, at Coefficienten for $\left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}}$ her er 1,35 Gange større end den tilsvarende i Formlen (39). Men bemærke vi dernæst, at Strømdybderne for de to Strømelementer MD og MF forholde sig som 1,41 : 1, saa ledes vi derved let paa den Tanke, at ovenstaaende Ligning i Virkeligheden bør gives Formen

$$\frac{v}{W} = 1,190 - 0,354 \cdot \frac{R}{H} \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Sættes da foreløbigt Længden $FD = \alpha$, saa er $R = \sqrt{H^2 + \alpha^2}$, hvorefter Ligningen antager følgende Form:

$$\frac{v}{W} = 1,190 - 0,354 \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{H}\right)^2} \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (40)$$

Betragte vi denne Formel, viser det sig, at den foruden at gjælde for Strømelementet MD tillige gjælder for Strømelementet MF , naar vi sætte $\alpha = 0$; men derved føres vi naturligt videre til at antage, at Formlen (40) sandsynligviis gjælder for ethvert Strømelement MN , beliggende mellem MD og MF , og bevægende sig paa Ledningens Overflade i Punktet N , idet α da betegner Afstanden fra F til N .

For nærmere at undersøge, hvorvidt denne Antagelse bekræftes af Naturen, har jeg for ethvert af de 45 Punkter af Ledningen, ved Hjælp af Formlen (40), beregnet de tilsvarende Værdier af $\frac{v}{W}$, og Resultatet af denne Beregning har jeg derefter anført i den Side 33 fremstillede Tabel, hvori ethvert af de beregnede Tal findes anført i en Parenthes lige under det Middeltal, som er fremgaaet af Darcy's tre Observationsrækker.*) Anstille vi en Sammenligning imellem de saaledes beregnede Værdier og de Værdier, som de forskellige Observationer have givet for det samme Punkt, saa viser det sig, at næsten ethvert af de beregnede Tal ligger imellem de observerede Værdier, og denne Overensstemmelse indholder derfor et afgjørende Beviis for, at Formlen (40) fremstiller Loven for Vandets Bevægelse i alle Punkter af Ledningen med stor Grad af Nøjagtighed.

Gaae vi ud fra at Formlen (40) er correct, sees det let, naar vi sætte Afstanden fra Punktet M til et vilkaarligt Punkt P i Linien MN lig r og Vinklen $NMF = \theta$, at Ligningen for hvilken som helst af de Element-Flader (see Fig. III. *aaaa*, *bbbb*), hvori Strømmen bevæger sig med constant Hastighed $= v$, kan fremstilles ved:

*) De af Darcy med denne Ledning udførte Forsøg findes fremstillede ved Fig. 1, 2 og 3 paa Plan XVIII i Bazin's Værk.

$$r \cdot \cos \frac{1}{3} \theta = \left(\frac{1,190 - \frac{v'}{IV}}{0,354} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot H.$$

Betragte vi herefter Vandføringen af det Strømelement, som befinder sig i Punktet P (see Fig. III) og hvis Hastighed ifølge (40) almindeligt kan fremstilles ved:

$$v = V - B_1 \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{H}\right)^2} \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}}, \text{ idet } B_1 = 4,8\sqrt{m} \cdot v_0 \sqrt{\frac{117,7 \cdot H}{g + 117,7 \cdot H}} \dots (41)$$

bemærkes, at Tværnsitsarealet af dette Strømelement kan fremstilles ved $\frac{x dx d\alpha}{H}$, og at dets Vandføring kan udtrykkes ved $\frac{v \cdot x dx \cdot d\alpha}{H}$. Den hele Vandføring af den triangulære Strøm DMF kan folgelig fremstilles ved:

$$q = \int_{\alpha=0}^{\alpha=H} \int_{x=0}^{x=H} \frac{v \cdot x dx d\alpha}{H} = \frac{V \cdot H^2}{2} - 0,327 \cdot B_1 H^2;$$

naar vi for den betragtede Strøm sætte $V = 1,190 \cdot W$ og $B_1 = 0,354 \cdot W$, saa finde vi $q = 0,475 \cdot W \cdot H^2$, hvorefter Vandføringen af den kvadratiske Deel $FDJM$ af Strømmen bliver: $2q = 0,95 \cdot W H^2$. Heraf sees foreløbigt, da W betegner hele Strømmens Middelhastighed og da Tværnsitsarealet af den kvadratiske Deel $FDJM$ af Strømmen er $= H^2$, at Middelhastigheden for denne Deel af den hele Strøm er mindre end W og navnlig lig $0,95 \cdot W$, og fremdeles, at dersom Darcy's Ledning havde haft et kvadratisk Tværnsnit af Høide og Brede $= 2H$, saa vilde Strømmens Middelhastighed kun have været 95 % af hvad den for den undersøgte Ledning fandtes at være. For den mellemliggende Deel af den betragtede rektangulære Strøm, der har en Brede $= \frac{2}{3} \cdot H$ og som i en Dybde $= H$ bevæger sig paa Ledningens Over- og Underflade, findes Vandføringen $= 2 \cdot \frac{2}{3} H \cdot \int_0^H v dx = 2,52 \cdot W \cdot H^2$, hvilken Deel af Strømmen har et Tværnsitsareal $= 2,4 \cdot H^2$; i denne midterste Deel af Strømmen, som ligger mellem de omtalte 4 kvadratiske Dele, der tilsammen have en Vandføring af $3,8 \cdot W \cdot H^2$, bevæger Strømmen sig altsaa med en Middelhastighed $= 1,05 \cdot W$. For den hele Strøm, hvis Vandføring er $= 6,32 \cdot W \cdot H^2$ og Tværnsitsareal $= 6,4 \cdot H^2$, viser det sig altsaa, at Middelhastigheden kan udtrykkes ved Størrelsen W . Bestemmes Ledningens Modstandscoefficient m ved Hjælp af den sidste Formel (41), idet vi sætte $B_1 = 0,354$, findes $m = 0,015$, som sees at være næsten den samme Størrelse, som svarer til Boileau's første Forsøgsrække.

To Aar efter at Darcy havde udført de ovenfor omtalte Forsøg, construerede Bazin i Aaret 1859 en lignende rektangulær Ledning, hvis Høide og Brede dog kun udgjorde $\frac{9}{10}$ af de Dimensioner, som Darcy havde anvendt; med denne Ledning, der altsaa havde en

Hoide af $0,30^m$ og en Brede af $0,48^m$, udførtes ligeledes tre Rækker Forsøg over Strømhastigheden i de til Darcy's Forsøg svarende 45 Punkter.

Ved de tre Rækker af Forsøg, som Bazin saaledes udførte, vare Forholdene følgende:

$$\text{Vandspeilsfaldet} \dots \frac{h}{l} = 0,002733, = 0,006267, = 0,008800,$$

$$\text{Vandføringen} \dots \dots \dots Q = 0,129, = 0,191, = 0,233,$$

$$\text{samt Middelastigheden } W = 0,896, = 1,326, = 1,618.$$

Benyttes Middeltallene af de observerede Værdier for $\frac{v}{W}$ i disse Forsøgsrækker for alle 45 Punkter, kan Resultatet, i Overensstemmelse med hvad der i det Foregaaende er angivet for den større Ledning, fremstilles i følgende

T a b e l.

Vertical-afstand fra Axen	Horizontalafstand fra Axen								
	m 0,222	m 0,198	m 0,152	m 0,066	0	m 0,066	m 0,152	m 0,198	m 0,222
m 0,132	0,790	0,860	0,937	0,951	0,961	0,959	0,943	0,869	0,790
m 0,066	0,816	0,964	1,135	1,147	1,147	1,143	1,133	0,972	0,837
0	0,816	0,965	1,150	1,214	1,226	1,216	1,167	0,990	0,845
m 0,066	0,798	0,940	1,102	1,109	1,116	1,114	1,107	0,974	0,850
m 0,132	0,696	0,744	0,792	0,805	0,833	0,832	0,818	0,761	0,708

Ved at betragte denne Tabel vil man imidlertid snart overbevise sig om, at det er langt fra, at de heri opførte Forholdstal indbyrdes stemme saaledes overeens, som Tilfældet var med de til den større Ledning svarende Tal. Dette fremtræder, naar man sammenligner Værdierne, som ere opførte for de symmetrisk beliggende Punkter i enhver af de horizontale Rækker; men Uoverensstemmelsen viser sig-dog storst, naar vi betragte de verticale Colonner, der næsten synes at tyde hen paa, at Strømhastigheden i Ledningens øvre Deel har været væsentligt større end i dens nedre Deel. Men havde Strømmen virkelig havt en saadan forskjellig Hastighed i den nedre og øvre Deel, maatte Ledningsmodstanden af Dækslet have været væsentlig mindre end Modstanden af Bunden, og i saa Tilfælde maatte For-

sogsledningen have manglet den Eensartethed, som var en nødvendig Betingelse for et paalideligt Resultat. Det er derfor mere rimeligt at antage, at Ledningen er udført med samme Grad af Omhu, som den større Ledning, og at Uoverensstemmelserne især hidrore fra, at Ledningen var saa lille, at Unoagtighed i Dybdemaalningen har været Anledningen til den tilsyneladende forskjellige Hastighed i den øvre og nedre Deel; i denne Formodning bestyrkes man yderligere derved, at det netop er dette, som Bazin forudsætter, idet han simpelthen tager Middeltallene af alle de til de symmetrisk beliggende Punkter svarende Værdier for derved at udjevne Uoverensstemmelsen mellem Forsøgene indbyrdes. Resultatet af Forsøgene med denne mindre Ledning har Bazin derefter fremstillet saaledes som Figur IV paa Plan II angiver*), hvori $ABCD$ betegner et Tværsnit paa Ledningen, og $aaaa$, $bbbb$, $cccc$, $dddd$ og $eeee$ de Curver, i hvilke Vandstrømmen bevæger sig med Hastighederne $v = 0,8 \cdot W$, $= 0,9 \cdot W$, $= W$, $= 1,1 \cdot W$ og $= 1,2 \cdot W$.

Ved at betragte de forskjellige Hastighedscurvers Beliggenhed vil det blive klart, navnlig naar Hensyn tages til Overensstemmelsen mellem de til samme Forsøgsrække svarende Forholdstal, at vi maae være berettigede til at antage Strømhastigheden i de tre midterste Punkter af enhver horizontal Række som ligestor, samt at vi tilmed, ligesom tidligere ved den større Ledning, tør regne paa, at Hastigheden i hele den mellemste Deel af Strømmen, indtil en Afstand af $0,15^m$ fra Ledningens Sideplaner, er ligestor for ligestore Afstande fra Bundfladen. Men betragte vi derhos de enkelte Forsøgs Resultater, findes tillige Strømhastigheden i det horizontale Midterplan saa noie at svare til den Hastighed, som er observeret i samme Afstand fra Ledningens Bund i den midterste Deel af Strømmen, at vi i nærværende Tilfælde, ligesom ved den større Ledning, kunne antage, at for ligestore Afstande fra Ledningens Overflade er Strømhastigheden i det horizontale Plan, som kan lægges gennem Ledningens Axe, ligestor med Hastigheden i den midterste Deel af Strømmen, som bevæger sig paa Ledningens Bund- eller Dæklflade. Anvendes altsaa Formlen (25) paa den her omhandlede Ledning, idet vi ifølge Forsøgene regne paa, at til

$$x = 0, \quad = 0,066, \quad = 0,132,$$

har Hastigheden været: $v = 1,219 \cdot W$, $= 1,129 \cdot W$, $= 0,891 \cdot W$,

saa finde vi, efter de mindste Quadraters Methode, at Constanterne svarende til denne Ledning blive følgende:

$$V = 1,233 \cdot W, \quad v_0 = 0,813 \cdot W, \quad A = 0,420 \cdot W \text{ og } m = 0,0180,$$

hvorefter Ligningen (25) kan fremstilles saaledes:

*) See Bazin's Værk, Plan XVIII. Fig. 9.

$$\frac{v}{W} = 1,233 - 0,420 \cdot \left(\frac{x}{H}\right)^{\frac{3}{2}}, \text{ idet } H = 0,15.$$

Beregnes de forskjellige Værdier af $\left(\frac{v}{W}\right)$, som efter denne Formel svare til:

$$x = 0, \quad = 0,042, \quad = 0,066, \quad = 0,108, \quad = 0,132,$$

$$\text{saa finde vi: } \frac{v}{W} = 1,233, \quad = 1,172, \quad = 1,111, \quad = 0,977, \quad = 0,884,$$

$$\text{medens } \frac{v}{W} = 1,219, \quad = 1,151, \quad = 1,128, \quad = 0,971, \quad = 0,891$$

ere de Middelværdier, som Forsøgene med den mindre Ledning have givet, og efter den Noiagtighedsgrad, som Forsøgsresultaterne fremvise, maae vi være berettigede til at betragte Afvigelserne mellem de observerede og beregnede Værdier som Iagttagelsesfeil.

Jeg skal ikke gaae ind paa en nærmere Undersøgelse angaaende Lovene for Vandets Bevægelse i den omhandlede mindre Ledning, fordi Forsøgene mangle den Grad af Noiagtighed, som en saadan kræver, men skal blot bemærke, at Ledningsmodstanden synes at have været noget større ved denne Ledning end ved Darcy's Ledning. Hvad jeg derimod skal henlede Opmærksomheden paa er, at Bazin ved at borttage Dækslerne af de to omtalte Ledninger har udført Forsøg over Vandets Bevægelse i halvt fyldte Ledninger til Sammenligning med den Bevægelse, som finder Sted i heelt fyldte Ledninger, og at han derved, idet Observationerne over Strømbastigheden udførtes paa samme Maade og i de samme Punkter i Ledningerne, som naar Ledningerne vare heelt fyldte, er kommet til de Resultater, som efter ham ere angivne i Figurerne V og VI paa Plan II*).

Til en Oversigt over Strømforsøgene i disse to Ledninger behøves det kun at bemærkes, at de angivne Curver *aa*, *bb*, *cc*, *dd* og *ee* fremstille Beliggenheden af de forskjellige Strømelementer, som respective bevæge sig med Hastighederne:

$$v = 0,8, \quad W = 0,9, \quad W = W, \quad = 1,1, \quad W \text{ og } = 1,2 \quad W.$$

Jeg skal først anføre, at Bazin under iøvrigt lige Strømningsforhold har udført 2de Rækker af Forsøg over de to Ledningers Vandføring, naar disse vare heelt og halvt fyldte. Ved den ene af disse Forsøgsrækker med den større Ledning har han fundet, at Vandmængden, som den halvt fyldte Ledning førte, var lidt *større* end Halvdelen af hvad den førte, naar den var heelt fyldt; ved den anden Forsøgsrække med den mindre Ledning fandt han derimod, at Vandmængden af den halvt fyldte Ledning var ubetydeligt *mindre* end Halvdelen af hvad den heelt fyldte førte. Da Afvigelsen i begge Tilfælde er saa lille, at den fuldstændigt ligger indenfor Iagttagelsesfeilenes Grændser, saa er det derved yderligere godtgjort, hvad jeg tidligere har omtalt, at Vandet i Ledningens nederste Halvdeel bevæger sig uden Paavirkning af Ledningens øverste Halvdeel, naar Ledningen er heelt

*) See Bazin's Værk Pl. XVIII. Fig. 8 og 10.

fyldt, hvoraf Bazin drager den rigtige Slutning, at den Modstand som Luften i stille Veir udøver paa en fritløbende Vandstrøm maa være overmaade ringe. Dernæst gjør han opmærksom paa den Forskjel, som Beliggenheden af Curverne med lige Hastighed viser for een og samme Ledning, eftersom denne er heelt eller kun halvt fyldt. Han fremhæver saaledes, at medens Curverne i første Tilfælde i det Væsentlige forme sig rectangulært efter Ledningen, saa antage de i de aabne og kun halvt fyldte Ledninger krumme Former, som istedetfor at skjære Vandspeilet under rette Vinkler skjære dette under spidse; dette viser sig især ved den større Ledning. Bazin gjør videre opmærksom paa, at af Curverne med lige Hastighed ligge de, som ere betegnede med Bogstaverne *c* og *d*, nærmere ved Bundplanen i den halvtfyldte Ledning end i den heeltfyldte Ledning, hvorimod det omvendte finder Sted med Curven *a*, medens Curven *b* omtrent beholder samme Beliggenhed i begge Tilfælde. Idet han dernæst henviser til Curvernes Form gjør han opmærksom paa, at i den aabne Ledning ere de Strømelementer, som løbe med størst Hastighed beliggende under Vandspeilet, og da Luftmodstanden er funden at være forsvindende lille, drager han endvidere den Slutning, at Aarsagen til de paaviste Forandringer maa søges deri, at Vanddelene i den heelt fyldte Ledning ere nødte til at bevæge sig som en samlet Masse, da Ledningens Eensartethed modsætter sig den hvirlvende Bevægelse, som viser sig paa Vandfladen i aabne Canaler.

En saadan Forklaring af det omhandlede Naturphænomen er meget utilfredsstillende; thi den siger kun, at det, uagtet de mange Forsøg, endnu er Bazin uklart paa hvilken Maade Vandet bevæger sig i aabne Ledninger. Forovrigt er det meget sandsynligt, at de Vanddele, som bevæge sig umiddelbart ved Ledningens faste Overflade med Strømmens Hastighed paa den ene Side og under Paavirkning af den stillestaaende Ledning paa den anden, erholde en hvirlvende Bevægelse, saaledes som blandt Andet sees, hvor en stærk Strøm løber ud gennem en Sluse eller Broaabning i en stillestaaende Vandbeholdning; men at alle Vanddele af en samlet Strøm, der bevæge sig jevnside i samme Retning og med samme Hastighed, — thi Hastighedsforskjellen for de hinanden berørende Strømelementer er, som Darcy har viist, uendelig lille —, skulle bevæge sig fremad i uregelmæssige Baner og under et hvirlvende Lob, det er der aldeles ingen Grund til at antage, og det finder ganske vist heller ikke Sted i en regelmæssig Strøm.

For at gjøre det klart, hvorfra de Forskjelligheder hidrøre, som Curverne for halvt og heelt fyldte Ledninger vise, vil det være hensigtsmæssigt dels at sammenligne de to Systemer af Curver, som svare til halvt fyldte Ledninger, og som ere fremstillede i Figurerne V og VI, dels at betragte Figurerne IV og VI, der svare til Strømbevægelsen i den mindre Ledning under forskjellige Fyldningsgrader; derved vil man let overbevise sig om, at det er vanskeligere at paavise Overensstemmelsen mellem Curverne for halvt fyldte Ledninger, hvor Loven efter Bazin's Mening skulde være den samme, end at paa-

vise Overensstemmelsen mellem Curverne for den samme Ledning under de forskjellige Fyldningsgrader, hvor Loven efter Bazin skulde være forskjellig, skjøndt Overensstemmelsen ligger klart for Dagen. Selv for den større Ledning vil Overensstemmelsen mellem Curvene i Figurerne III og V blive indlysende, naar det erindres, at en Luftmodstand, som er saa lille, at den ingen kjendelig Indflydelse udover paa Strommens Vandføring, er istand til især i Nærheden af Vandspeilet at fremkalde den hele tilsyneladende betydelige Indflydelse paa Hastighedscurvernes Beliggenhed, som Figur V viser. Betænkes dette, saa bliver det formeentlig ogsaa klart, at den Tilboielighed til at danne lukkede Curver, som Bazin omtaler, og som den større aabne Ledning peger hen paa, efter al Sandsynlighed kun har sin Grund i, at Luftmodstanden har gjort sig gjældende under Forsøget med den halvt fyldte Ledning, Fig. V, medens denne Modstand næsten fuldkommen har manglet under Forsøget med den mindre Ledning Fig. VI. Uagtet det saaledes staaer klart, at de Forandringer i Hastighedscurvernes Form og Beliggenhed, som vise sig ved aabne Ledninger, kunne være fremkaldte ved Luftens Modstand, lader det sig dog ikke let afgjøre, hvor stor en Deel af disse Afgivelser der skyldes Observationsfeil. Der er nemlig kun udført een Række af Forsøg med hver af de aabne Ledninger, medens der er udført 3de Rækker med hver af de lukkede Ledninger. Vil man danne sig et Begreb om, hvormeget man kan stole paa Resultaterne af en enkelt Række af Observationer, naar Spørgsmaalet er om at bestemme de sande Værdier af Hastighedsforholdet $\left(\frac{v}{W}\right)$ for en Samling af bestemte Punkter i en Strøm, behøver man blot at betragte de forskjellige Værdier, som baade Darcy, men navnlig Bazin har fundet ved Forsøgene med de lukkede Ledninger. Gjøres dette, finder man, at de enkelte Tal afvige saa betydeligt fra hinanden, at de begaaede Observationsfeil nødvendigvis have været meget store, og man vil derhos, ved at sammenligne Hastighedsforholdet for samme Punkt, baade for lukkede og aabne Ledninger, see, at Tallene svarende til de aabne Ledninger for en stor Deel ligge indenfor de Grændser, som Forsøgene med den lukkede Ledning have givet. Dette gjælder navnlig om den mindre Ledning og især i Nærheden af dens Overflade, men dog ogsaa for den større Ledning om end i ringere Grad. En saadan Sammenligning vil derhos vise, at man ved Hjælp af Forholdstallene for lukkede Ledninger vilde kunne construere Curver, der meget ligne dem, som efter Bazin's Forsøg ere angivne i Fig. V og Fig. VI for aabne Ledninger. At de saaledes construerede Curver vilde være urigtige for de lukkede og heelt fyldte Ledninger vide vi nu, da Middeltallene af flere Forsøg foreligge; men netop derfor bliver det meget tvivlsomt, hvorvidt Bazin ved en enkelt Række af Forsøg med hver af de aabne Ledninger er kommet til et paalideligt Resultat, og det bliver til Vished, at dette ikke er naaet, naar vi see hen til de Forskjelligheder, som Figurerne V og VI frembyde. Herpaa at grunde den Paastand, at Lovene for Vandets Bevægelse i aabne og i lukkede, heelt fyldte Led-

ninger ere ganske forskellige, saaledes som Bazin har søgt at vise Pag. 179—181 i hans *Recherches Hydrauliques*, er formeentlig ganske urigtigt.

Holde vi fast ved den af Bazin paaviste Kjendsgjerning, at naar den rectangulære Ledning er heelt fyldt med Vand, har den øverste Halvdeel af Strømmen samme Vandføring som den nederste, og at hver af disse to Halvdele netop have samme Vandføring, som den aabne, kun halvt fyldte Ledning, — saa følger deraf ligefrem, at den Vandstrøm, som bevæger sig i Ledningens nederste Halvdeel, er underkastet ligestore Ledningsmodstande, hvad enten Ledningen er heelt eller kun halvt fyldt af Vand. Da vi fremdeles vide, at Ledningsmodstandens Storrelse for hvert Element af Ledningens Overflade er proportional med Quadraten af den Strømhastighed, hvormed Vandet passerer det betragtede Element af Overfladen, saa er deraf fremdeles en Følge, at den samlede Ledningsmodstand af Ledningens nederste Halvdeel, der er ligestor enten Ledningen er heelt eller kun halvt fyldt, er repræsenteret ved Summen af alle Elementer af den nederste Halvdeel af Ledningens Overflade, hvert Element multipliceret med Quadraten af Strømmens Hastighed langs dette Element, hvilken Sum altsaa maa være den samme enten Ledningen er heelt eller kun halvt fyldt. Deraf følger ligefrem, at det er umuligt, at Strømhastigheden for alle de Dele, som ligge nærmest ved Ledningens Overflade, kan have været mindre for Ledningerne, naar disse vare halvt fyldte, end naar de vare heelt fyldte, hvad Bazin synes at antage, og desuden, at hvis Hastighedsforholdene virkelig vare forskjelligt fordeelte, naar Ledningen er aaben og naar den er lukket, saa maatte Fordelingen dog være en saadan, at Summen af alle Overflade-Elementers Modstande blev ligestor i begge Tilfælde. Som en Følge heraf kunde altsaa Strømførholdene ikke være anderledes forskellige, end at Vandet lige let maatte kunne følge enhver af de Love, som Bazin har søgt at paavise for heelt og for halvt fyldte Ledninger. Da Vandet i det ene Tilfælde (ved heelt fyldte Ledninger) vides at følge den Lov, som er antydnet i Figurerne III og IV, og desuden, at det i det andet Tilfælde kan følge samme Lov med samme Lethed, som det kan følge den derfra forskellige Lov, hvortil Bazin henviser, saa er det formeentlig urigtigt at antage, at de Forskjelligheder, som Hastighedscurverne for halvt fyldte Ledninger vise, forsaavidt de ikke hidrøre fra Observationsfeil, skyldes nogen anden Aarsag end den svage Virkning, som udgaer fra det frie Vandspeil.

Jeg betragter det altsaa som værende udenfor al Tvivl, at Vandstrømmen i den nederste Halvdeel af enhver af de undersøgte Ledninger i alt Væsentligt bevæger sig paa samme Maade enten Ledningen er heelt eller kun halvt fyldt, og at de Forskjelligheder, som Curverne antyde, have deres Grund i de smaa Modstande, som hidrøre fra det frie Vandspeil, hvad enten det nu er selve Vandspeilet, Luften, eller begge i Forening, som foranlediger disse Forskjelligheder i Curvernes Form og Beliggenhed. Men naar saa smaa Modstande, som de, hvorom der her er Tale, kunne frembringe saa mærkelige Forskjellig-

heder i Hastighedscurvernes Form, som Bazins Forsøg vise, navnlig for de Dele af Strømmen, hvor Hastigheden er størst, altsaa i Nærheden af det frie Vandspeil, saa er det aabenbart, at den lille Modstand, som Nedsænkningen af det benyttede Maaleapparat i Strømmen maa have fremkaldt, kan have givet Anledning til en Deel af de Forskjelligheder, som Bazin har fundet ved sine Forsøg.

Der staaer herefter kun tilbage at paavise, at det ligger i Forholdenes Natur, at ganske smaa Modstande, som virke paa det frie Vandspeil af en Strøm, maae kunne fremkalde mærkelige Forandringer i Beliggenheden og Formen af de Hastighedscurver, som ligge nærmest ved Vandspeilet og bevæge sig med størst Hastighed. For at vise dette, ville vi betragte Vandets Bevægelse i en Strøm paa en plan Flade med Faldet $\frac{h}{l}$, idet Strømmens Vandspeil løber parallelt med Bundplanen. For en Brede af Strømmen = 1 vil den bevægende Kraft af hele Strømmen være fremstillet ved:

$$g \frac{h}{l} \varrho \cdot H,$$

hvori H betegner Strømmens Dybde og ϱ Vandets Tæthed; da Vandstrømmen løber med constant Hastighed, fremstiller:

$$g \frac{h}{l} \varrho \cdot H$$

tillige hele Modstanden, som Ledningens Bund udøver.

For den øverste Deel af denne Strøm indtil Dybden x under Vandspeilet, vil den bevægende Kraft paa samme Maade være fremstillet ved:

$$g \frac{h}{l} \varrho \cdot x,$$

der altsaa tillige betegner den hele Modstand, som den underliggende Vandmasse udøver mod den overliggende Strøms Bevægelse. De Vanddele, som befinde sig i Dybden x under Vandspeilet, lide altsaa paa Grund af den egentlige Ledningsmodstand en Modstand, som er udtrykt ved:

$$g \frac{h}{l} \varrho \cdot x.$$

En tilfældig Modstand i Dybden x , som vi ville betegne med m , vil altsaa forøge Reactionen til $\left(g \frac{h}{l} \varrho \cdot x + m\right)$, og da den bevægende Kraft vedblivende er: $g \frac{h}{l} \varrho \cdot x$, saa er det klart, at Modstanden m maa formindske Hastigheden i Dybden x af Strømmen. Men den Forandring i Hastighed, som Modstanden m fremkalder, beroer som man seer ikke blot paa Størrelsen af den tilfældige Modstand m , men tillige paa Størrelsen x , og det navnlig saaledes, at Indflydelsen af den samme Modstand m vil være desto større jo mindre x er. Heraf indsees, at enhver nok saa lille Modstand, som fremtræder i den Deel af Strømmen,

hvor Hastigheden er størst, maa kunne fremkalde en mærkelig Indflydelse paa Hastigheds-curvernes Form og Beliggenhed, samt at Forandringen bliver desto svagere jo dybere i Strømmen Modstanden indtræder. At denne Virkning maa vise sig tydeligst i aabne Ledninger, hvor Strømmen ikke er bunden til at bevæge sig noiagtigt med samme Tværsnits-areal, men tværtimod med Lethed kan bevirke smaa Hævninger og Sænkninger af Vand-speilet, er indlysende; det Anførte vil saaledes være tilstrækkeligt til at forstaae, hvorfra de forskjellige større og mindre Uregelmæssigheder hidrøre, som Bazin's talrige Forsøg, med aabne Ledninger, fremvise.

Efter saaledes i det Foregaaende at have paaviist, at baade Boileau's, Darcy's og Bazin's Forsøg over Vandets Bevægelse i forskjellige Ledninger bekræfte Rigtigheden af den af mig fremstillede Theori af Strømforholdene, skal jeg dog endnu henlede Opmærksomheden paa de tidligere omtalte, af General-Inspecteur Brunings i Slutningen af det forrige Aarhundrede udførte storartede Maalninger af Strømhastigheden i forskjellige Floder, navnlig Rhinen og Waal m. fl. Vistnok ere Brunings Maalninger i det Hele taget temmelig ufuldkomne paa Grund af mangelfulde Maaleapparater; men de have paa den anden Side den Fordeel, at de ere udførte i Strømme af usædvanlige store Dybder og i et usædvanligt stort Antal for hver enkelt af de perpendicularære Linier, hvori Strømhastigheden er bestemt; begge disse Omstændigheder gjøre det derfor muligt alligevel at uddrage værdifulde Resultater af disse Undersøgelser.

Det vil ikke være nødvendigt at betragte alle de Strømmaalninger, som Brunings har udført, og som findes i Wiebekings & Krönckes Allgemeine Wasserbaukunst Pag. 352—378; det vil være nok at betragte nogle af disse Resultater, og navnlig saadanne, som svare til Vandets Bevægelse i en Deel af de dybe Strømme, som ere undersøgte i Rhinen, i den pannerdenske Canal samt i Waal; disse Maalninger ville være tilstrækkelige til at vise, at den sidste Formel (25), som kan skrives:

$$v = V - A \cdot x^{\frac{3}{2}}, \text{ idet } A = \frac{4,8 \cdot \sqrt{m} \cdot v_0}{H^{\frac{3}{2}}} \dots \dots \dots (42)$$

ogsaa gjælder for dybe Strømme.

Maalningerne over Strømhastigheden ere udførte i en Række af Perpendicularærer for hvert enkelt undersøgt Tværnit, og i disse perpendicularære Linier er Hastigheden bestemt fra Overfladen indtil Bunden for hver halv Fods Dybde. Strømhastigheden er angivet i Hele og Brøker af Duodecimaltommer; men for Kortheads Skyld anføres her kun Hastigheden for hver Fods Dybde under Vandspeilet i hele Tal i efterfølgende Tabel.

Tabel over Resultaterne af Brunings Maalninger af Vandets Hastighed i forskellige Punkter af 20 perpendicularære Linier (Lodlinier) henbørende til forskellige Tværnsnit paa de undersøgte Strømme: Rhinen, den pannerdenske Canal og Waal. Strømhastigheden er udtrykt i Tommer.

Lodlinierens Nr.	Rhinen.								Canalen.			Waal.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Dybde under Vandspeilet i Fod	(Strømhastigheden i selve Vandspeilet er ikke observeret.)																			
1	57	55	51	51	57	61	61	61	58	71	67	62	64	71	65	58	62	61	60	57
2	54	50	52	48	59	62	61	62	59	67	65	62	62	70	65	57	61	59	60	55
3	57	51	51	48	55	58	56	62	58	65	65	60	62	67	65	55	61	60	61	54
4	55	51	50	47	55	54	59	61	59	64	64	58	64	70	66	55	61	61	61	54
5	53	48	48	40	54	55	55	59	58	65	65	57	61	69	64	54	59	60	59	53
6	51	50	48	42	51	55	55	61	57	65	65	57	61	68	62	55	57	59	54	51
7	50	42	45	45	50	55	54	57	54	62	61	57	60	68	60	55	55	59	55	51
8	49	42	45	44	49	55	51	57	54	62	61	56	61	67	59	55	55	57	55	48
9	49	59	42	59	45	50	52	57	54	61	60	55	60	65	61	55	54	56	55	51
10	47	57	45	58	44	45	54	59	54	57	57	55	59	62	60	51	55	59	57	48
11	45	58	58	58	42	45	55	54	51	59	48	55	55	60	59	50	54	54	52	47
12	58	35	34	40	58	46	48	54	47	51	45	51	54	61	58	49	52	55	52	44
13	..	..	..	36	38	42	49	51	..	..	..	47	54	59	56	45	53	51	51	45
14	..	..	..	31	..	42	47	55	..	..	..	45	51	60	55	45	50	51	48	44
15	..	..	..	..	..	41	44	55	..	..	..	45	51	55	54	42	47	50	47	39
16	..	..	..	..	..	..	45	51	..	..	..	44	50	55	52	39	48	44	44	36
17	..	..	..	..	..	..	44	45	..	..	..	39	48	55	48	38	44	44	41	..
18	..	..	..	..	..	..	..	42	..	..	..	37	44	51	50	36	39	36	..	..
19	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	37	50	45	..	32	34	..	..
20	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	44	..	..	..	..	..
21	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	38	..	..	..	..	..
22	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	34	..	..	..	..	..
Strømmens Dybde i Fod =	15½	15½	15½	15½	15	16	19	19	15½	15½	15	19	20½	20½	25	19	20½	20	18	17

Naar de i denne Tabel angivne sammensvarende Værdier for Strømhastigheden og Strømhastighedsdybden efterhaanden indsættes i Formlen (42) istedetfor v og x , fremkommer derved et Antal af numeriske Ligninger for hver enkelt af de undersøgte Lodlinier, hvoraf de tilsvarende Constante kunne bestemmes efter de mindste Quadraters Methode.

Betegne vi altsaa for en hvilkenksomhelst af de 20 Lodlinier de observerede Hastigheder svarende til Dybderne $x = 1, 2, 3, \dots, n$ Fod ved $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$, saa haves:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= V - A \cdot 1^{\frac{3}{2}} \\ v_2 &= V - A \cdot 2^{\frac{3}{2}} \\ v_3 &= V - A \cdot 3^{\frac{3}{2}} \\ v_4 &= V - A \cdot 4^{\frac{3}{2}} \\ &\dots \\ &\dots \\ v_n &= V - A \cdot n^{\frac{3}{2}} \end{aligned} \right\}$$

hvoraf følger efter de mindste Qvadraters Methode:

$$\left\{ \begin{aligned} (v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n) &= n \cdot V - A (1^{\frac{3}{2}} + 2^{\frac{3}{2}} + 3^{\frac{3}{2}} + \dots + n^{\frac{3}{2}}) \text{ og} \\ (1^{\frac{3}{2}} \cdot v_1 + 2^{\frac{3}{2}} \cdot v_2 + 3^{\frac{3}{2}} \cdot v_3 + \dots + n^{\frac{3}{2}} \cdot v_n) &= (1^{\frac{3}{2}} + 2^{\frac{3}{2}} + \dots + n^{\frac{3}{2}}) V - A (1^3 + 2^3 + \dots + n^3), \end{aligned} \right.$$

hvoraf Constanterne V og A bestemmes.

For at simplificere Beregningen anvender jeg imidlertid her den approximative Qvadratmethode, som bestaaer i, at man istedetfor at benytte Factorerne $1^{\frac{3}{2}}, 2^{\frac{3}{2}}, \dots, n^{\frac{3}{2}}$ til Dannelsen af den sidste af ovenstaaende Ligninger benytter visse simple Tal, som med tilstrækkelig Grad af Tilnærmelse kunne sættes istedetfor Tallene $1^{\frac{3}{2}}, 2^{\frac{3}{2}}, 3^{\frac{3}{2}}, \dots, n^{\frac{3}{2}}$. Betegnes disse Tal ved $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, blive de to Ligninger, hvoraf V og A skulle bestemmes følgende:

$$\left\{ \begin{aligned} (v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n) &= n \cdot V - A (1^{\frac{3}{2}} + 2^{\frac{3}{2}} + 3^{\frac{3}{2}} + \dots + n^{\frac{3}{2}}) \text{ og} \\ (a_1 v_1 + a_2 v_2 + \dots + a_n v_n) &= (a_1 + a_2 + \dots + a_n) V - A (a_1 \cdot 1^{\frac{3}{2}} + a_2 \cdot 2^{\frac{3}{2}} + \dots + a_n \cdot n^{\frac{3}{2}}). \end{aligned} \right.$$

Ved den her antydede Beregning har jeg kun benyttet det Antal af Tæere, som findes i Tallene $1^{\frac{3}{2}}, 2^{\frac{3}{2}}, 3^{\frac{3}{2}}, \dots, n^{\frac{3}{2}}$, som Coefficienter ($a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$) i den sidste af ovenstaaende Ligninger, fordi man efter Forsøgenes Noiagtighedsgrad ikke tør gjøre Regning paa at komme Sandheden væsentlig nærmere ved Benyttelsen af mere noiagtige Værdier for $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$; naar Beregningen derefter udføres, erholdes de i efterfølgende Tabel angivne Tal for de enkelte Lodlinier:

Lodliniernes		Største	Mindste	Constanten	Modstands-
Nummer	Dybde	Hastighed	Hastighed			$A$	coefficienten
		V	v_0		\sqrt{m}
1.	13½ Fod	57,05 Tom.	38,24 Tom.	0,379	0,105
2.	13½ —	55,17 —	50,24 —	0,462	0,158
3.	13½ —	52,89 —	52,74 —	0,406	0,128
4.	15 —	48,59 —	51,60 —	0,289	0,111
5.	15 —	58,51 —	51,67 —	0,462	0,177
6.	16 —	60,02 —	56,60 —	0,566	0,153
7.	19 —	58,72 —	40,25 —	0,223	0,096
8.	19 —	62,89 —	44,17 —	0,226	0,088
9.	13½ —	59,86 —	47,40 —	0,251	0,055
10.	13½ —	68,89 —	51,42 —	0,552	0,071
11.	13½ —	68,54 —	45,26 —	0,469	0,107
12.	19 —	62,40 —	56,56 —	0,512	0,147
13.	20½ —	65,52 —	40,08 —	0,275	0,133
14.	20½ —	71,45 —	46,85 —	0,266	0,110
15.	25 —	67,24 —	37,46 —	0,270	0,166
16.	19 —	57,95 —	55,32 —	0,275	0,133
17.	20½ —	62,54 —	36,18 —	0,285	0,152
18.	20 —	63,51 —	37,57 —	0,290	0,144
19.	18 —	61,18 —	41,78 —	0,254	0,097
20.	17 —	56,00 —	36,80 —	0,274	0,109

Ved efterhaanden at indsætte disse Værdier for V og A i Formlen (42) og derefter beregne de Værdier af v , som svare til $x = 1, 2, 3 \dots$ Fod, vil man finde, at de beregnede Hastigheder ere saa nær overensstemmende med de observerede, som det paa Grund af Forsøgenes Ufuldkommenhed paa nogen Maade kunde ventes; saaledes vise ogsaa Brunings Undersøgelser, at den opstillede Theori bekræftes af Naturen.

Betragte vi de fundne Værdier for \sqrt{m} svarende til forskellige Punkter af de undersøgte Strømme, sees det, at \sqrt{m} varierer fra Sted til andet indenfor visse Grændser, men forøvrigt uden at vise Spor af Afhængighed, hverken af Hastigheden eller Strømdybden. Vi see fremdeles, at Coefficienten \sqrt{m} i det Hele taget er en Deel større ved alle disse Strømme end ved de tidligere undersøgte regelmæssige Ledninger af Træ, Steen, Jern o. desl., selv naar disse findes belagte med Bundfald; men vi see tillige, at Modstanden i disse Floder og Strømme dog ikke er større end det maatte formodes, idet

der blandt de fundne Værdier for \sqrt{m} findes flere, som ere mindre end de, der svare til Vandets Bevægelse i Ledninger med Bundfald. Dette viser sig navnlig for den pannerdanske Canal, hvis Bund aabenbart har været jevnere end de øvrige Strommes Bund, som rimeligviis have frembudt mange Uregelmæssigheder, saavel Fordybninger som fremspringende Forhindringer mod Vandets frie Lob.

Sammenlignes Værdierne for \sqrt{m} svarende til Rhinen og Waal, viser det sig, at den høiere Grændse omtrent er den samme i begge, og indtil videre troer jeg at turde sætte Grændsen for $\sqrt{m} = 0,16$. Vi see fremdeles, at Middeltallene, som for Rhinen er $\sqrt{m} = 0,124$ og for Waal er $\sqrt{m} = 0,132$ komme hinanden saa nær, at vi udentvivel ikke ville begaae nogen stor Feil ved for begge disse Floder som Middeltal for Modstandcoefficienten (m) at sætte $m = 0,016$; medens Grændsen for m maa sættes lig 0,025.

Betænkes det, at Flodbunden i begge disse Stromme var gennemtrængt af stillestaaende Vand, samt fuld af større og mindre Ujevnheder, og af Fordybninger fyldte med Vand, som paa Grund af fremspringende Forhøiinger i Bunden ikke kunde deeltage i den fremskridende Strømning, der kun bevirkede, at det i Fordybningerne staaende Vand sattes i rullende Bevægelse, troer jeg ikke at feile meget ved at antage, at Ledningsmodstanden i disse Floder maa nærme sig meget til den Grændseværdi, som fremtræder, hvor en Overfladestrom løber hen over et stillestaaende Vand, hvis Dele paa samme Maade sættes i en rullende Bevægelse uden at følge Strommens Lob. Som Følge heraf sætter jeg Grændsen for Modstanden ved en Vandstrøm:

$$m \cdot v_0^2 = 0,025 \cdot v_0^2 \dots \dots \dots (43)$$

og den Modstandskraft, som paavirker hver Masse-Eenhed af en saadan Strom, kan da efter Formlen (10) fremstilles ved:

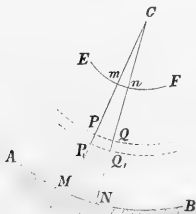
$$g \frac{h}{l} = 0,025 \cdot \frac{v_0^2}{H} \dots \dots \dots (44)$$

Idet jeg saaledes omstændeligt troer at have paaviist, at alle mig bekendte Erfaringer angaaende Vandets Bevægelse i Stromme med constant Hastighed, bekræfte Rigtigheden af den opstillede Theori, skal jeg blot bemærke, at denne omstændelige Behandling af de bekendte Strømningsforhold har sin Grund i, at jeg, forinden jeg byggede videre paa Theorien, ønskede at gjøre det fuldkommen klart, at denne i det Hele taget tor betragtes som correct.

Jeg gaaer nu videre for at søge at bestemme Lovene for Vandets Bevægelse i Strømme, hvis Hastighed varierer med Længden af den gjennebløbne Bane, hvorved jeg dog vil indskrænke mig til alene at betragte permanente Strømme, hvori Vandet uaf-

hængigt af Tiden stedse bevæger sig under de samme Forhold i et hvilket som helst Punkt af Ledningen. For at simplificere denne Undersøgelse ville vi desuden antage Ledningens Tværnsitsform at være en saadan, at alle Dele af Strømmen, som ligge i samme Afstand fra Ledningens Overflade, bevæge sig med samme Hastighed i et vilkaarligt Tværnsnit, som vi betragte; thi da ville alle de Stromelementer, som bevæge sig under Paavirkning af det samme Element af Ledningens Overflade, være beliggende mellem de to paa hinanden følgende Normaler, der begrænse det nævnte Element af Ledningens Overflade.

Fig. VII.



Lad det vilkaarlige Tværnsnit paa Ledningen være betegnet ved hosstaaende Figur VII, hvori $AMNB$ betegner den givne Lednings Overflade, $A E F B$ Vandstrømmen, som bevæger sig paa denne Ledning, og $E m n F$ det frie Vandspeil eller den Hastighedscurve, der svarer til den største Hastighed, som vi betegne med V . $CM = CN = R$ fremstiller dernæst tvende paa hinanden følgende Normaler til Ledningens Overflade, hvilke altsaa fuldstændigt begrænse den Deel $M m n N$ af den betragtede Strøm, som bevæger sig paa den uendelig lille Deel $M N$ og alene er paavirket af den Ledningsmodstand som skyldes $M N$. Af det hele Stromelement $M m n N$, som bevæger sig paa $M N$, ville vi betragte et vilkaarligt Element $P Q Q_1 P_1$, hvis Hastighed er v , og som antages at ligge i Afstanden $CP = CQ = r$ fra Punktet C , medens den ved $E m n F$ betegnede Elementoverflade, som har Hastigheden V , ligger i Afstanden $Cm = Cn = \alpha$ fra Punktet C . Betegne vi fremdeles Heldningsvinklen imellem de to paa hinanden følgende Normaler CM og CN ved $d\theta$, saa kan Tværnsitsarealet $P Q Q_1 P_1$ af det uendeligt lille Stromelement i Afstanden r fra Punktet C fremstilles ved: $r dr d\theta$; betegnes Fluidets Tæthed ved ρ , kan dets Masse for en Længde - Eenhed fremstilles ved:

$$\rho \cdot r dr d\theta.$$

Antage vi dernæst, at Strømmen, naar den naaer det betragtede Tværnsnit, har gennemløbet en Længde $= l$, og at Vandspeilet samtidigt har sænket sig igjennem Høiden u , saa kan Vandspeilets Fald i det betragtede Tværnsnit fremstilles ved: $\frac{du}{dl}$; betegnes endvidere Tyngdekraften ved g , kan den fra samme hidrørende bevægende Kraft for det betragtede Masse-Element fremstilles ved:

$$g \frac{du}{dl} \cdot \rho r dr d\theta.$$

Denne Kraft, som virker i Strømmens Retning, er dog ikke den eneste, som paavirker det betragtede Masse-Element i det omtalte Tværnsnit; thi deels glider Stromelementet $P Q Q_1 P_1$ paa den underliggende Vandmasse $P_1 Q_1 N M$, som har en mindre Hastighed end $P Q Q_1 P_1$, hvorved det paavirkes af en Reaction, som skyldes $P_1 Q_1 N M$'s

Modstand imod PQ_1P_1 's Forskydning, og dels virker Strømelement PQ_1P_1 reagerende paa den overliggende Vandmasse PQ_1m , som bevæger sig hen over Elementet PQ_1P_1 med en større Hastighed, hvorved Elementet PQ_1P_1 drives fremad med en tilsvarende Kraft.

Naar vi betegne Strømhastigheden for Strømelementet PQ_1P_1 , der ligger i Afstanden r fra Punktet C , med v , og endvidere Hastigheden for det underliggende Element, der ligger i Afstanden $(r+dr)$ fra C , med v_1 , samt Hastigheden for det overliggende Element, i Afstanden $(r-dr)$ fra Punktet C , med v' , saa kan man fremstille Hastigheds-tilvæksten i Forhold til Tilvæksten af r

$$\text{umiddelbart under Elementet } PQ_1P_1 \text{ ved: } \left(\frac{v-v_1}{dr}\right) = -\left(\frac{dv}{dr} + \frac{d^2v}{dr^2} \cdot \frac{dr}{2} + \dots\right) \text{ og}$$

$$\text{— over — — — } \left(\frac{v'-v}{dr}\right) = -\left(\frac{dv}{dr} - \frac{d^2v}{dr^2} \cdot \frac{dr}{2} + \dots\right).$$

Men da Reactionen, som opstaaer imellem det betragtede Element PQ_1P_1 og ethvert af de consecutive Elementer, er proportional *deels* med Quadraten af Hastighedsforholdet, *deels* med Berøringsfladens Størrelse saavel som med Fluidets Tæthed, saa vil den drivende Kraft, som skyldes den overliggende Vandmasse, være proportional med:

$$\left(\frac{v'-v}{dr}\right)^2 \cdot r d\theta \cdot \rho = \left(\left(\frac{dv}{dr}\right)^2 - \frac{dv}{dr} \frac{d^2v}{dr^2} \cdot dr + \dots\right) \cdot r d\theta \cdot \rho,$$

medens den retarderende Kraft, som skyldes det underliggende Strømelement, bliver proportional med:

$$\left(\frac{v-v_1}{dr}\right)^2 (r+dr) d\theta \cdot \rho = \left(\left(\frac{dv}{dr}\right)^2 + \frac{dv}{dr} \frac{d^2v}{dr^2} \cdot dr + \dots\right) r d\theta \cdot \rho$$

$$+ \left(\left(\frac{dv}{dr}\right)^2 \cdot dr + \dots\right) d\theta \cdot \rho.$$

Subtrahere vi det første fra det sidste af disse Udtryk, erholdes:

$$\left(\frac{v-v_1}{dr}\right)^2 (r+dr) d\theta \cdot \rho - \left(\frac{v'-v}{dr}\right)^2 \cdot r d\theta \cdot \rho = \frac{d \cdot r \left(\frac{dv}{dr}\right)^2}{dr} \cdot dr d\theta \cdot \rho,$$

idet vi udelade de Led, som ere uendelig smaa i Sammenligning hermed. Med denne Størrelse maa altsaa den retarderende Kraft, som virker paa PQ_1P_1 , og som hidrører fra Vanddelenes indbyrdes Friction, være proportional. Betegnes den hele retarderende Kraft, der virker paa en Masse-Eenhed af det betragtede Strømelement PQ_1P_1 ved φ , saa kan den *bevægende Kraft*, som virker paa det betragtede Strømelement i Retning af Strømmens Bane, og som skyldes Vanddelenes Modstand mod Forskydning, fremstilles ved:

$$-\varphi \cdot r dr d\theta \cdot \rho = -\mu \cdot \frac{d \cdot r \left(\frac{dv}{dr}\right)^2}{dr} \cdot dr \cdot d\theta \cdot \rho, \dots \dots \dots (45)$$

naar vi ved μ betegne en positiv Størrelse, der afhænger af Vædskens Natur, men er uafhængig af Strømtraadens Plads, altsaa af r og θ .

Ved at addere denne Kraft til den, som hidrører umiddelbart fra Tyngden, erholder man den hele bevægende Kraft, som en Længde-Eenhed af den betragtede Vanddeel $PQ Q_1 P_1$ er underkastet efter Forløbet af Tiden t , da Punktet befinder sig i Afstanden l fra Ledningens Begyndelsespunkt, fremstillet ved:

$$\left(g \frac{du}{dl} - \varphi \right) r dr d\theta \cdot \rho,$$

og den accelererende Kraft, som i det betragtede Punkt virker til Bevægelse i Strømmens Retning paa en Masse-Eenhed af Strømmen, kan følgende fremstilles saaledes:

$$\left(g \frac{du}{dl} - \varphi \right).$$

Ligningen for Vandets Bevægelse i den betragtede Strømtraad, kan derfor, ifølge en bekendt Sætning i Mechanik, fremstilles saaledes:

$$\left. \begin{aligned} v dv &= g du - \varphi dl, \\ \text{idet } \varphi &= \frac{\mu}{r} \cdot \frac{d.r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2}{dr} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (46)$$

Efter saaledes at have fremstillet Ligningen for et Strømelements Bevægelse langs ad den concave Side af en Ledning, ville vi undersøge, hvorledes Forholdet stiller sig, naar Strømmen bevæger sig paa Ledningens convexe Side, saaledes som angivet i hestaaende Figur VIII, hvori $AMNB$ betegner Ledningens Overflade, og $E m n F$ Strømmens Vandspeil eller den Curve, hvori Vandet har størst Hastighed. Naar vi ligesom før antage, at de forskellige Hastighedscurver ere jevntløbende med Ledningens Overflade, saa ville alle Strømelementer, som bevæge sig under Paavirkning af det uendeligt lille Overflade-Element MN , være begrænsede af Normalerne CMm og CNn til de to Punkter M og N ; sættes Ledningens Krumningsradius $CM = CN = R$, $CP = CQ = r$ og $Cm = Cn = \alpha$, kan Tværsnitsarealet af den uendelig lille Strømtraad $PQ Q_1 P_1$ fremstilles ved $r dr d\theta$, og Massen af en Vanddeel, der gennemløber denne Strømtraad, for Enhed af Længde fremstilles ved: $\rho \cdot r dr d\theta$, idet $d\theta$ betegner Hældningsvinklen $M CN$ og ρ er Fluidets Tæthed.

Den fra Tyngden hidrørende bevægende Kraft er følgende udtrykt ved:

$$g \frac{du}{dl} \rho r dr d\theta,$$

naar Vandspeilets Fald i det betragtede Tværsnit i Afstanden l fra Begyndelsespunktet ligesom tidligere sættes $= \frac{du}{dl}$. Ved dernæst, som i foregaaende Tilfælde, at anstille en Betragtning over Reactionens Indflydelse, findes let, at denne Modstand for det betragtede Element af Strømmen kan fremstilles saaledes:

$$\varphi \cdot \rho r dr d\theta = -\mu \cdot \frac{d.r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2}{dr} \cdot \rho dr d\theta,$$

idet μ er en positiv Størrelse, der har samme Betydning, som i det tidligere Tilfælde. Heraf findes da Loven for Vandets Bevægelse paa samme Maade som ved Formlen (46) at kunne skrives:

$$\left. \begin{aligned} v dv &= g \cdot du - \varphi \cdot dl, \\ \text{idet } \varphi &= -\frac{\mu}{r} \cdot \frac{d.r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2}{dr} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (47)$$

For nærmere at bestemme Betydningen af den Størrelse μ , som indgaaer i Formlerne (46) og (47), behøve vi blot at betragte det specielle Tilfælde, hvor Strømmen bevæger sig i en cylindrisk Ledning under et Vandspeil, som er parallelt med Ledningens Overflade, der antages at have et Fald h paa Længden l ; thi for dette Tilfælde er:

$$dv = 0 \text{ og } \frac{du}{dl} = \frac{h}{l}, \text{ og altsaa ifølge (46):}$$

$$\varphi = g \frac{h}{l} = \frac{\mu}{r} \cdot \frac{d.r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2}{dr}.$$

Sammenligne vi denne Ligning med Formlen (20), som er gjældende for dette Tilfælde og som, ved at multipliceres med r og derpaa differentieres med Hensyn til r , giver:

$$g \frac{h}{l} = g\mu_0 \frac{R^2 - \alpha^2}{2R} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{d.r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2}{dr},$$

saa fremgaaer deraf, at Størrelsen μ , som indgaaer i Formlerne (46) og (47), ganske i Almindelighed er bestemt ved den tidligere Formel (19), forudsat, at man deri iagttager at sætte $(\alpha^2 - R^2)$ istedetfor $(R^2 - \alpha^2)$ i de Tilfælde hvor $\alpha > R$.

Herved skal fremdeles bemærkes, at ligesom Formlen (20) kan udvides til at gjælde for Ledninger, der vende den convexe Side imod Strømmen, ved at give α Værdier, som ere større end R , saaledes vil ogsaa Formlen (46) forvandle sig til Formlen (47), naar for μ indsættes Udtrykket (19), idet α betragtes som større end R ; som Følge deraf

behøve vi ikke i det følgende særligt at betragte Formlen (47), da den er indbefattet under Formlen (46).

Naar Ledningens Form er given, og Strømforholdene ere permanente for hvert enkelt Punkt i Ledningen, saa ere alle Størrelserne R , α og μ at betragte som Functioner af Ledningens Længde l fra Begyndelsespunktet indtil det betragtede Tværsnit, hvor den vilkaarlige Vanddeel befinder sig efter i Tiden t at have gennemløbet Længden l , hvilke Functioner i Reglen uden Vanskelighed kunne bestemmes i forekommende Tilfælde, hvad vi senere skulle see.

Det Problem, som nu foreligger til Løsning er, at bestemme det fuldstændige Integral, som svarer til den partielle Differentialligning (46); istedetfor ligefrem at indlade os paa dette betænkelige Arbejde, ville vi foreløbigt henvende Opmærksomheden paa et herunder indbefattet specielt Tilfælde, fordi en Betragtning deraf formentlig kan lede os ind paa et Spor, som vil føre til Løsningen af den foreliggende Opgave, uden at vi behøve at integrere Ligningen (46) i dens hele Almindelighed.

Af Formlen (46) følger, at naar Hastigheden v af det vilkaarlige Strømelement er constant, saa er:

$$\varphi = g \cdot \frac{du}{dl} = g\mu_0 \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2R} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{d.r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2}{dr},$$

hvoraf fremgaaer, at naar Ledningen gennemløbes af en Strøm, hvis Tværsnitsareal er constant, saa er, selv om Strømmen møder forskellig Modstand mod Vandets Bevægelse langs ad Ledningen, Reactionen ligestor for alle de enkelte Strømelementer i det vilkaarlige Tværsnit, som vi betragte, idet denne Modstandskraft for et hvilket som helst Strømelement er

$$= g \frac{du}{dl}.$$

Da denne Modstandskraft ifølge Formlen (10) kan fremstilles ved:

$$\varphi = \frac{mv_0^2}{\frac{R^2 - \alpha^2}{2R}}$$

er det klart, at naar Strømhastigheden er constant langs igjennem Ledningen, saa kan Formlen (46) fremstilles saaledes:

$$\frac{mv_0^2}{\frac{R^2 - \alpha^2}{2R}} = g\mu_0 \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2R} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{d.r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2}{dr} \dots \dots \dots (48)$$

Af det her betragtede Tilfælde lære vi, at naar den drivende Kraft $g \cdot \frac{du}{dl}$ er den samme for alle Punkter af det vilkaarlige Tværsnit, vi betragte, saa er ogsaa Modstandskraften

ligestor i alle Punkter af det samme Tværnsnit, og fremdeles, at hvis den drivende Kraft er en Function af Coordinaterne til det betragtede Strømelement i det nævnte Tværnsnit, saa maa ogsaa Reactionen være en Function af disse Coordinater, da Hastigheden af det betragtede Strømelement er constant.

Men derved ledes vi naturligt paa den Tanke, at i en hvilkensomhelst permanent Strom er Reactionen saaledes afhængig af den drivende Kraft, at den varierer med den drivende Kraft og er constant naar denne Kraft er constant. At dette i Almindelighed er rigtigt, er foreløbigt kun en Hypothese; thi skjøndt den som anført har Sandsynlighed for sig, er dens Rigtighed endnu ikke beviist; men da vi i det Følgende skulle see, at de Resultater, hvortil den fører, ere i Overeensstemmelse med de virkelige Naturforhold, troer jeg, at det derigjennem maa erkjendes, at den opstillede Hypothese virkelig er naturtro.

Gaae vi ud fra, at denne Hypothese er correct, følger deraf ligefrem, at da den drivende Kraft $g \frac{du}{dt}$ er den samme for alle Punkter af det vilkaarlige Tværnsnit, som vi betragte, maa ogsaa Reactionen φ være den samme for alle Punkter af dette Tværnsnit.

Men er Modstandskraften φ uafhængig af Afstanden r til det betragtede Element i det vilkaarlige Tværnsnit, saa finde vi ifølge den sidste af Formlerne (46) at:

$$\varphi \cdot \frac{r^2 - \alpha^2}{2} = \mu r \left(\frac{dv}{dr} \right)^2,$$

idet vi for $\left(\frac{dv}{dr} \right) = 0$ sætte $r = \alpha$; heraf følger videre, idet φ er constant og idet

$\left[\frac{dv}{dr} \right]^2$ betegner Værdien af $\left(\frac{dv}{dr} \right)^2$ for $r = R$, at:

$$\varphi \cdot \frac{R^2 - \alpha^2}{2R} = \mu \left[\frac{dv}{dr} \right]^2 = m \cdot v_0^2.$$

Af denne Ligning fremgaaer, at Reactionen formedelst Ledningsmodstanden, svarende til en Masse-Eenhed af Fluidet i et hvilketsomhelst Punkt af et vilkaarligt Tværnsnit paa Strømmen, kan fremstilles ved:

$$\varphi = \frac{m v_0^2}{\frac{R^2 - \alpha^2}{2R}}, \dots \dots \dots (49)$$

ganske i Overeensstemmelse med hvad der finder Sted, naar en Strom bevæger sig i en cylindrisk Ledning med constant Hastighed.

Ved at indsætte Værdien for φ af (49) i foranstaaende Formel, erholdes nøiagtigt Formlen (48), der følgelig maa betragtes som almindeligt gjældende for alle Strømme, hvori den drivende Kraft er constant for alle Punkter af det betragtede Tværnsnit.

Naar Formlen (48) multipliceres med $\frac{rdr}{g\mu_0\left(\frac{R^2-\alpha^2}{2R}\right)}$ og integreres, erhoides:

$$\frac{m}{g\mu_0} \cdot \left(\frac{v_0}{\frac{R^2-\alpha^2}{2R}}\right)^2 \cdot \frac{r^2-\alpha^2}{2} = r \cdot \left(\frac{dv}{dr}\right)^2, \text{ hvoraf følger:}$$

$$\frac{dv}{dr} = -\sqrt{\frac{m}{g\mu_0} \cdot \frac{v_0}{\frac{R^2-\alpha^2}{2R}} \cdot \sqrt{\frac{r^2-\alpha^2}{2r}}},$$

der ved at multipliceres med dr og integreres giver:

$$v = V - \sqrt{\frac{m}{g\mu_0} \cdot \frac{v_0}{\frac{R^2-\alpha^2}{2R}}} \cdot \int \sqrt{\frac{r^2-\alpha^2}{2r}} dr, \dots \dots \dots (50)$$

hvori v betegner Strømmens Hastighed i det vilkaarlige Punkt, som er bestemt ved Coordinaterne r og l , medens V er en arbitrar Function af Storrelsen l . Med Hensyn til Functionen (V) overbeviser man sig let om, at den betegner den Værdi af v , som svarer til $r = \alpha$, saaledes at altsaa V fremstiller den største Strømhastighed, som finder Sted i det betragtede Tværsnit.

Af det saaledes Udviklede fremgaar, at Strømningsforholdene i et vilkaarligt Tværsnit paa en hvilkenksomhelst Ledning eller Strøm nøiagtigt ere fordeelte paa samme Maade, som i en Strøm, der bevæger sig i en cylindrisk Ledning med constant Hastighed.

Hvad Vandets Bevægelse langs igjennem Ledningen angaaer, da er denne for et hvilketksomhelst Strømelement bestemt ved den første af Formlerne (46), som, naar Værdien for φ indsættes ifølge (49), kan skrives:

$$v dv = g \cdot du - \frac{mv_0^2}{R^2 - \alpha^2} \cdot dl; \dots \dots \dots (51)$$

denne Formel viser, at Tilvæksten i levende Kraft er ligestor for ethvert Punkt af det vilkaarlige Tværsnit paa Strømmen, samt, at denne Tilvæxt er ligestor med den ved den drivende Kraft frembragte Tilvæxt i Arbeidsmængde med Fradrag af den Arbeidsmængde, som samtidigt er medgaaet til at overvinde Ledningsmodstanden. Ved Integrationen af Ligning (51) maa der naturligviis tilføies en arbitrar Function af r .

Formlerne (50) og (51), der sees at supplere hinanden, kunne altsaa betragtes som de almindelige Grundformler for flydende Legemers Bevægelse i permanente Strømme, drevede af Tyngdekraften, og give os Midler ihænde til at løse forskjellige Problemer, som man tidligere har været ude af Stand til at behandle.

Med Hensyn til disse Formlers almindelige Gyldighed skal jeg først henlede Opmærksomheden paa, at alle de i det Foregaaende fremstillede Formler for flydende Legemers Bevægelse i cylindriske Ledninger med constant Strømningshastighed ere indbefattede under disse Formler som specielle Tilfælde. Derefter skal jeg søge at fremstille Lovene for Vandets Bevægelse i en ny Klasse af Strømme, hvori Vandet bevæger sig med variabel Hastighed i Retning af Ledningens Længde, for ogsaa i dette Tilfælde at faae Leilighed til at paavise Gyldigheden af Formlerne (50) og (51). Der gives nemlig en Mængde Vandløb, dels naturlige og dels kunstige, der have en saa stor Brede i Forhold til Strømdybden, at vi uden mærkelig Feil kunne see bort fra den Modstand, som Vandledningens Sider udøve paa Vandets Bevægelse, og hvori vi desuden kunne betragte Vandledningens eller Vandløbets Bund enten som en plan Flade eller dog idetmindste som en Cylinderflade, der er saaledes beliggende, at dennes rettede Elementer staae lodrette paa Strømretningen. For Strømme af denne Art er Krümningsradierne R , r og α , svarende til et vilkaarligt Tværsnit i Afstanden l fra Begyndelsepunktet, alle uendelig store, hvorimod Strømdybden $H = R - \alpha$, saavel som Afstanden $x = r - \alpha$ fra Vandspeilet til det vilkaarlige Element af Strømmen, ere endelige Størrelser.

Da vi i dette Tilfælde, som man let seer, have:

$$\frac{R^2 - \alpha^2}{2R} = H \text{ og } \frac{r^2 - \alpha^2}{2r} = x,$$

følger deraf, at Formlerne (50) og (51) kunne skrives:

$$\left. \begin{aligned} v &= V - 4,8 \sqrt{m} \cdot v_0 \left(\frac{x}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\frac{117,7 \cdot H}{g + 117,7 \cdot H}} \text{ og } \\ v \, dv &= g \cdot du - \frac{m v_0^2}{H} \cdot dl, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (52)$$

idet vi for $g\mu_0$ i Formlen (50) have indsat Værdien ifølge (17).

For Strømme, der have en ikke ganske ringe Vanddybde, kan den første af Formlerne (52) med Tilnærmelse skrives:

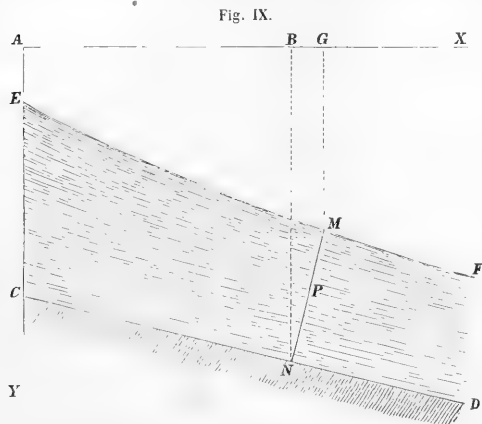
$$\left. \begin{aligned} v &= V - 4,8 \sqrt{m} \cdot v_0 \cdot \left(\frac{x}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \\ v_0 &= \frac{V}{1 + 4,8 \cdot \sqrt{m}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (53)$$

hvoraf følger:

$$\left. \begin{aligned} q &= \int_0^H v \, dx = (1 + 2,88 \cdot \sqrt{m}) v_0 \cdot H \\ \text{og } w &= (1 + 2,88 \cdot \sqrt{m}) v_0, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (54)$$

idet vi ved w betegne Strømmens Middelhastighed.

Antage vi, at Ledningens Bund er en plan Flade, og at et lodret Længdesnit igjennem Strømmen er fremstillet i den vedføjede Figur IX



ved $E C D F$, hvori $E F$ betegner Strømmens frie Vandspeil, og $M N$ et vilkaarligt Tværnsnit lodret paa Bundplanen $C D$ i Afstanden $C N = l$ fra Ledningens Indløb. $A X$ og $A Y$ være de horizontale og verticale Coordinataxer, og $A B = x_1$ samt $B N = y_1$, være Coordinaterne til det Punkt af Ledningens Bund, hvorigjennem det betragtede Snit $M N$ tænkes lagt. Antage vi, at Ledningens Bund $C D$ danner Vinklen ω med Horizontalen $A X$, samt at $A C = \beta$; saa kan Bundfladens Ligning fremstilles:

$$y_1 - \beta = \operatorname{tg} \omega \cdot x_1.$$

Spørge vi dernæst om Formen af det frie Vandspeil $E M F$, saa vil ogsaa denne temmelig let kunne bestemmes; men det vil derved være beqvemt at flytte Coordinaternes Begyndelsespunkt til Punktet C og at benytte Linien $C D$ som Abscisseaxe, og en Linie lodret derpaa som Ordinataxe for et nyt Sæt af Coordinater $C N = l$ og $N M = H$. Foretage vi Transformationen, idet vi sætte Afstanden $G M$ til det Punkt af Vandspeilet, som svarer til Tværnsnittet $M N$, lig u , saa finde vi:

$$u = \beta + \sin \omega \cdot l - \cos \omega \cdot H, \dots \dots \dots (55)$$

hvoraf følger:

$$du = \sin \omega \cdot dl - \cos \omega \cdot dH.$$

Indsættes denne Værdi for du i den sidste af Formlerne (52), finde vi, naar v betragte det Strømelement, som følger langs ad Ledningens Bundflade $C D$ og hvis Hastighed er v_0 , at:

$$\frac{1}{2} dv_0^2 = g \sin \omega \cdot dl - g \cos \omega \cdot dH - \frac{m v_0^2}{H} dl.$$

Bemærke vi nu fremdeles, at ifølge den første Formel (54) er:

$$v_0^2 = \frac{q^2}{(1 + 2,88 \cdot \sqrt{m})^2} \cdot \frac{1}{H^2} \text{ og } \frac{1}{2} dv_0^2 = - \frac{q^2}{(1 + 2,88 \cdot \sqrt{m})^2} \cdot \frac{dH}{H^3},$$

naar Strømmens Vandføring betragtes som constant for alle Tværnsnit paa Strømmen, saa finde vi, naar disse Værdier indsættes for v_0^2 og for $\frac{1}{2} dv_0^2$ i foranstaaende Ligning:

$$\left[g \cos \omega - \frac{q^2}{(1 + 2,88\sqrt{m})^2} \cdot \frac{1}{H^3} \right] \cdot dH = \left[g \sin \omega - m \frac{q^2}{(1 + 2,88\sqrt{m})^2} \cdot \frac{1}{H^3} \right] \cdot dl,$$

hvoraf altsaa følger:

$$\frac{dH}{dl} = \frac{g \sin \omega \cdot H^3 - \frac{m}{(1 + 2,88\sqrt{m})^2} \cdot q^2}{g \cos \omega \cdot H^3 - \frac{1}{(1 + 2,88\sqrt{m})^2} \cdot q^2} \dots \dots \dots (56)$$

Naar denne Ligning mellem l og H integreres, erhoides Ligningen for Strommens frie Vandspeil. Ved at sammenligne Ligningen (56) med Formlen (38) i min tidligere Afhandling om de frie Vandspeilsformer, der er grundet paa den Eytelweinske Theori og som med de her brugte Betegnelser kan skrives:

$$\frac{dH}{dl} = \frac{g \sin \omega \cdot H^3 - (g\alpha) \cdot q^2}{g \cos \omega \cdot H^3 - \frac{q^2}{w}},$$

viser der sig en stor Overensstemmelse imellem begge, og denne bliver endnu større, naar vi bemærke, at Ledningsmodstanden svarende til en Masse-Eenhed af Fluidet, — der naturligviis er ligestor hvilken Theori vi end anvende —, efter den ældre Theori er udtrykt ved: $g\alpha \cdot \frac{w^2}{H}$ og efter den nye Theori er udtrykt ved: $\frac{m v_0^2}{H}$.

Heraf følger nemlig:

$$g\alpha = m \cdot \left(\frac{v_0}{w} \right)^2,$$

og da den sidste Formel (54) giver:

$$\left(\frac{v_0}{w} \right)^2 = \frac{1}{(1 + 2,88 \cdot \sqrt{m})^2},$$

saa kan Formlen (56) skrives:

$$\frac{dH}{dl} = \frac{g \sin \omega \cdot H^3 - (g\alpha) \cdot q^2}{g \cos \omega \cdot H^3 - \left(\frac{v_0}{w} \right)^2 \cdot q^2}.$$

Overensstemmelsen imellem denne og den ovenfor angivne ældre Formel er vel ikke fuldkommen; men den er paa den anden Side dog saa stor, som man kunde vente, naar det betænkes, at Eytelwein's Theori kun tager Hensyn til Strommens Middelhastighed. Naar det derhos bemærkes, at Formlen (56) fører os til alle de bekjendte Vandspeilsformer, som kunne fremtræde ved plane Ledninger under forskjellige Omstændigheder, — ligesaafuldt som den tidligere efter den Eytelweinske Theori fremstillede Formel, — samt at Forskjellen mellem begge kun bestaaer deri, at efter den nye Theori falder og stiger Vandspeilet lidt mindre stærkt end efter Eytelwein's Theori, synes det at være utvivlsomt, at Formlen (56) tør betragtes som correct.

I det specielle Tilfælde, hvor Strømdybden H er constant erholdes, saavel efter den ældre som efter den nye Theori, den bekendte Ligning for Vandets Bevægelse:

$$\sin \omega = \alpha \cdot \frac{w^2}{H},$$

hvis Rigtighed paa mange Maader er godtgjort ved Forsøg.

Ved Fremstillingen af Formlerne (53), (54) og (56) er det forudsat, at Strømmens Dybde er saa stor, at Størrelsen $\sqrt{\frac{117,7 \cdot \bar{H}}{g + 117,7 \cdot \bar{H}}} = 1$; i Almindelighed er denne imidlertid en ægte Brøk, som vi ville betegne med ε og som aftager fra 1 til Nul samtidigt med, at H aftager fra ∞ til 0. Betragtes ε som constant, da findes:

$$\frac{dH}{dl} = \frac{g \sin \omega H^3 - (ga) \cdot q^2}{g \cos \omega H^3 - \left(\frac{v_0}{w}\right)^2 \cdot q^2}, \text{ og } \left(\frac{v_0}{w}\right)^2 = \frac{1}{(1 + 2,88 \cdot \varepsilon \sqrt{m})^2},$$

hvoraf sees, at Formlen (56) nærmer sig mere og mere til Formlen (38) i min tidligere Afhandling jo mindre Strømdybden er dermed ε er.

Ved at sammenholde Formlen (56) med mine tidligere Formler, sees det let, naar vi sætte:

$$\left. \begin{aligned} & \sqrt{\frac{m}{g} \cdot \frac{q^2}{(1 + 2,88 \sqrt{m})^2 \cdot \sin \omega}} = H_p \text{ og} \\ & \frac{1}{3} \left[\text{nat. Log } \frac{\pm \left(\frac{H}{H_p} - 1\right)}{\sqrt{\left(\frac{H}{H_p}\right)^2 + \left(\frac{H}{H_p}\right) + 1}} - \sqrt{3} \cdot \text{arc} \left(\text{tg} = \frac{2 \frac{H}{H_p} + 1}{\sqrt{3}} \right) \right] = \Delta \left(\frac{H}{H_p} \right), \end{aligned} \right\} \dots (57)$$

at Ligningen for det frie Vandspeil kan skrives:

$$l - l_0 = \frac{H_p}{\text{tg } \omega} \left[\frac{H}{H_p} - \frac{H_0}{H_p} + \left(1 - \frac{\text{tg } \omega}{m}\right) \left(\Delta \left(\frac{H}{H_p} \right) - \Delta \left(\frac{H_0}{H_p} \right) \right) \right],$$

idet H_0 er Værdien af H , som svarer til $l = l_0$.

Efter saaledes at have bestemt Lovene for Vandstrømmens Bevægelse paa en plan Flade, ville vi dernæst betragte Vandets Bevægelse paa en Cylinderflade, hvis retlinede Elementer danne en Vinkel af 90° med Strømretningen. Lad CD Figur IX være denne Cylinderflades Overskæring med et verticalt Længdesnit paa Strømmen, og EMF Snittets Skæringslinie med Vandspeilet, hvis Ligning søges. De coordinerte Axer være AX og AY , og Coordinaterne til et vilkaarligt Punkt N af Bunden være x_1 og y_1 , der afhænge af hinanden efter følgende givne Ligning:

$$y_1 = \varphi(x_1).$$

Ligningen for det betragtede normale Tværsnit paa Strømmen i Punktet N , kan altsaa skrives:

$$y - y_1 = - \frac{1}{\varphi'(x_1)} (x - x_1),$$

hvor vi betragte x og y som Coordinater til Punktet M af Vandspejlslinien EMF . Sættes nu Strømdybden $MN = H$, saa er:

$$H = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} = \sqrt{1 + \varphi'(x_1)^2} (y_1 - y),$$

$$\text{hvoraf } y = \varphi(x_1) - \frac{H}{\sqrt{1 + \varphi'(x_1)^2}} \text{ og } dy = \varphi'(x_1) dx_1 + \frac{H \cdot \varphi'(x_1) \cdot \varphi''(x_1) dx_1}{(1 + \varphi'(x_1)^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{dH}{(1 + \varphi'(x_1)^2)^{\frac{1}{2}}}.$$

Indsættes denne Værdi for dy istedetfor du i den sidste af Formlerne (52), samt

$$v = v_0 = \frac{g}{(1 + 2,88 \sqrt{m}) H}, \text{ erholdes:}$$

$$d \left(\frac{g}{H} \right)^2 = 2g (1 + 2,88 \cdot \sqrt{m})^2 \cdot \left[\varphi'(x_1) dx_1 + \frac{H \varphi'(x_1) \varphi''(x_1) dx_1}{(1 + \varphi'(x_1)^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{dH}{(1 + \varphi'(x_1)^2)^{\frac{1}{2}}} \right] - 2m \frac{g^2}{H^3} (1 + \varphi'(x_1)^2)^{\frac{1}{2}} dx_1,$$

hvor Vandføringen g kan være en given Function af Vanddybden H eller af x_1 .

Ved at integrere denne Ligning som en Differentiaalligning mellem x_1 og H , ved derefter at borteliminere H ved Hjælp af: $H = \sqrt{1 + \varphi'(x_1)^2} (\varphi(x_1) - y)$ og endelig x_1 mellem den saaledes erholdte Ligning, og Ligningen: $x - x_1 = \varphi'(x_1) (\varphi(x_1) - y)$ faaer man Ligningen for det frie Vandspejl EMF .

Det saaledes Anførte vil være tilstrækkeligt til at vise, at denne Theori, som jeg i det Foregaaende har udviklet, sætter os istand til at følge Strømforholdene i faste Ledninger meget videre end hidindtil ved Hjælp af den Eytelweinske Theori.

Jeg forlader nu Strømforholdene i faste Ledninger for at undersøge en ny Klasse af Strømme nemlig de frie Havstrømme, hvorom den Eytelweinske Theori aldeles ikke har givet eller kunde give os tilfredsstillende Oplysning, fordi den ganske seer bort fra de Forskydninger mellem Vanddelene, hvorpaa de frie Strømninger i en væsentlig Grad beroe.

II. Om Lovene for Vandets Bevægelse i frie Strømme i Havet.

Vor nuværende Kundskab om Strømningerne i Havet er, ligesom vor Kundskab om Strømningerne i Luften, kun hoist ufuldkommen. Vel have vi en samlet Masse af Erfaringer angaaende Strømbevægelserne og de Forhold, som ledsage disse; men nogen egentlig videre gaaende Kundskab om Lovene for Bevægelsen eller om de Kræfter, som fremkalde samme, have vi ikke. Vore Forestillinger om disse vigtige Forhold ere derfor endnu saa uklare og mangelfulde, at vi næsten ganske ere ude af Stand til at forklare, hvad Naturen viser, og ere indskrænkede til at tage Forholdene som vi træffe dem uden at indlade os paa at forstaae, hvorfra de hidrøre. Trangen til en Forklaring af disse gjennemgribende Naturphænomener er følt af Alle, som have beskjeftiget sig med Strømningsforholdene, og den har derfor ogsaa givet sig tilkjende ved en Mængde Theorier, som ere blevne opstillede paa Grundlag af de meest forskjellige Anskuelser og Meninger angaaende Strømmenes egentlige Aarsag; men saa vidt mig bekendt har endnu ingen Theori givet blot en nogenlunde fyldestgjørende Forklaring af Havets Strømningsforhold. Der er og har bestandigt været, om jeg saa maa sige, et Hul i vor Kundskab om flydende Legemers Bevægelse, og denne Mangel er, efter min Mening, ogsaa Aarsagen til vor Ukjendskab med Strømforholdene i Havet. Dette kunde ved første Øiekast synes at være en urimelig Paa-stand, eftersom Lovene for flydende Legemers Bevægelse i almindelige Ledninger ere saa vel bekendte, at man i practiske Tilfælde med fuldkommen Sikkerhed kan stole paa de theoretiske Resultater. Men ved nærmere at overveie Sagen kommer man dog snart til den Erkjendelse, at Grunden, hvorfor det hidindtil har været umuligt at anvende Formlerne, som gjælde for flydende Legemers Bevægelse i sædvanlige Ledninger, paa fritløbende Strømme i Havet eller i Luften, er den, at efter den nuværende almindelige Theori forudsættes det, at alle de forskjellige jevntløbende Strømelementer bevæge sig med Strømmens Middelhastighed, medens Sandheden er, at Hastigheden er forskjellig for de forskjellige Strømelementer, saaledes som jeg i det Foregaaende har søgt at vise.

I det Følgende skal jeg bestræbe mig for at paavise, at Lovene for Vandets Bevægelse i almindelige Ledninger tillige gjælde om fritløbende Strømme, naar man blot holder fast ved den Kjendsgjerning, at enhver Strom bestaaer af en Samling af Strømelementer, der bevæge sig med forskjellige Hastigheder, efter Elementernes Beliggenhed i Strømmen.

Paa Grund af den store Indflydelse, som Havets Strømninger i det Hele taget udøve paa Skibsfarten, have Havstrømmene til alle Tider været Gjenstand for Søfarendes særdeles

Opmærksomhed, og ved de utallige Erfaringer, som derved ere gjorte, er man ogsaa Tid efter anden kommet til større og større Kundskab om Havstrømmenes Løb. Men da slige Undersøgelser stedse ere forbundne med særlige Vanskeligheder, som de Søfarende, navnlig i tidligere Tider, af let forstaaelige Grunde ikke altid have været istand til at overvinde, og da Havstrømmenes Udstrækning er saa betydelig, at de paalidelige Iagttagelser, som ere blevene udførte til Bestemmelsen af deres Løb og Strømforskel, endnu bestandigt vise sig mere som spredte og tildeels enestaaende Erfaringer end som en udtømmende Undersøgelses Resultater, saa er det ikke til at undres over, at vor Viden angaaende disse mærkværdige Forhold endnu er temmelig ufuldkommen.

Den eneste Havstrøm, som har været underkastet en mere systematisk Undersøgelse, er Golfstrømmen; men denne Undersøgelse, som er udført af den amerikanske Kystopmaaling-Bestyrelse i Aarene 1845—1860 og hvorom forskjellige Beretninger findes i *The Reports of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for 1855—1860*, omfatter dog kun en mindre Deel af hele den store Golfstrøm, og navnlig kun den Deel, som er beliggende paa Strækningen fra Yucatanstrædet, Vest for Cuba, til Bugten Sandy Hook ved New York. For hele den øvrige Deel af Golfstrømmen haves kun isolerede Iagttagelser, og uagtet Amerikanerne have anvendt baade megen Tid og stor Dygtighed paa nærmere at bestemme Golfstrømmens Løb og Strømforskel i den af dem undersøgte Deel langs den amerikanske Kyst, er det dog umiskjendeligt, at der endnu er overmaade meget at gjøre før man ad denne Vei kan komme til rigtig Klarhed i disse Strømforskel.

Naar vi i Kortbed skulle give en Fremstilling af Golfstrømmens Løb efter de forhaanden værende Erfaringer, troer jeg, at vi derom kunne bemærke følgende:

Golfstrømmen regnes sædvanligt at udspringe fra den mexikanske Havbugt, men dens Løb kan dog mærkes langs igjennem det caraibiske Hav, hvori den indstrømmer fra Atlanterhavet mellem de vestindiske Øer, fra hvilke den fortsætter sit Løb i nordvestlig Retning med en Fart af henimod $\frac{1}{3}$ Miil i Timen igjennem hele det caraibiske Hav indtil Yucatanstrædet. Efter at Strømmen har passeret dette Stræde, mellem Halvøen Yucatan og Cap St. Antonio paa Cubas Vestside, løber den ind i den mexikanske Bugt, hvor man tidligere antog, at den fulgte Fastlandet op mod Nord og videre fra Venstre til Høire indtil Tortugas, medens Ingenieur-Lieutenant Hunt efter de nyere Undersøgelser angiver*), at Strømmen i Hovedsagen fortsætter Veien fra Yucatanstrædet langs Cubas Nordkyst i nordostlig Retning henimod Floridastrædet. Paa Strækningen fra Tortugas-Havana til den bekjendte Snævring i Floridastrædet ved Cap Florida-Bemini er der ved de nyere Undersøgelser fundet følgende Forhold: Fra Tortugas hen imod Havana (Plan II Figur X) falder Havbunden jævnt nedad, og naaer derved en Dybde af indtil 800 Favne under

*) *Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for 1858 p. 213—222.*

Vandspeilet, men fra denne Dybde stiger Bunden igjen forholdsvis steilt op imod Havana. Ved de Temperaturbestemmelser, som ere blevne udførte i denne Linie paa en Længde af 90 Quartmiil, har man dernæst fundet, at Havvandets Varmegrad aftager til begge Sider af et Punkt, som ligger c. 25 Quartmiil fra Cuba, hvor Temperaturen er et Maximum og hvor Golfstrømmen regnes at have sit Hovedlob. For et Tværnsnit fra Sombrero ved Floridas Kyst til Salt—Key Banke, hvilket er 45 Quartmiil bredt med en Dybde af indtil 600 Favne, har man dernæst fundet Vandets største Varmegrad nærmest ved Salt—Key Banke; ved Undersøgelsen af et følgende Tværnsnit udfor Carysfort, hvor Strømmen har en Brede af 60 Quartmiil, fandtes Vandets største Varmegrad omtrent midtvejs i Bugten. Paa hele denne Strækning, hvor Golfstrømmen regnes at løbe med en Hastighed af $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ Quartmiil i Timen, kan det derfor, efter Temperaturfordelingen i de undersøgte Tværnsnit, antages, at Golfstrømmen bevæger sig omtrent fra *V. S. V.* til *O. N. O.* henimod »Overfaldet« over Grundene ved Bemini. I selve Snævringen mellem Cap Florida og Bemini, hvor Golfstrømmen løber med en Hastighed af 3 til 5 Quartmiil i Timen, har Strømmen en Brede af c. 32 Quartmiil, og en Middeldybde af c. 250 Favne, see Plan II, Figur XI, der fremstiller Resultaterne af de udførte Dybde- og Temperaturmaalinger. I tidligere Tider antog man, at Stromdybden paa det omhandlede Punkt var overordentlig stor; men ved de nyere Undersøgelser, som ere udførte af Lieutenant Craven*) har det derimod viist sig, at hiin tidligere Antagelse var urigtig, idet Havbunden i Snævringen ved Bemini har et bølgeførmigt Udseende, men forøvrigt stiger temmelig jævnt fra c. 330 Favne ved Bemini til c. 170 Favne ved Cap Florida.

En Betragtning af Havbundens Beliggenhed i det omhandlede Tværnsnit minder stærkt om, hvad der hyppigt forefindes i almindelige Vandløb, naar Strømmen gjør et brat Sving, som fremkalder en Udskjæring langs Vandløbets concave Bred, samt en Tilsanding ved dets convexe Bred, hvilket Forhold er saameget mere værdt at lægge Mærke til, som Professor Agassis**), der specielt har undersøgt de geologiske Forhold paa Halvoen Florida, netop er kommet til det Resultat, at Florida maa betragtes som dannet ved Afsætning af Masser af Sand, Steen, etc., som ere bundfældte af Havet.

Fra Snævringen ved Bemini løber Golfstrømmen Nord hen langs Kysten af Amerika, dog stedse i en saadan Afstand fra Land, at Havets Dybde under Strømmens Vandspeil sædvanligt er flere Hundrede Favne. Efterhaanden som den skrider frem, udbreder den sig bestandig mere og mere, men desværre kjende vi hverken med Sikkerhed dens Brede eller dens Hastighed langs ad Strømmens Bane, da den amerikanske Regerings nyere Undersøgelser ikke saa meget have været rettede paa at bestemme Strøm-

*) *Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for 1855.*

**) — — — — — for 1851.

hastigheden, som paa at bestemme Havets Temperaturforhold i en Række Tværsnit paa Strømmen, deels i Overfladen og deels i forskjellige Dybder under Vandspeilet. Derimod er det ved disse Undersøgelser blevet fuldstændigt paaviist, hvad ogsaa tidligere var almindeligt antaget, at der paa Golfstrømmens vestlige eller nordvestlige Side løber en stor Koldvandsstrøm Syd hen langs den amerikanske Kyst paa den ene Side, og i saa umiddelbar Berøring med Golfstrømmen paa den anden, at Grænsen mellem Golfstrømmens dybe indigoblaa Vand og Polarstrømmens smudsige grønne Vand viser sig som en skarp Linie paa Strækningen fra Florida indtil Carolina, hvorhos det er blevet efterviist, at der i selve Golfstrømmen findes ligesom en Samling af varmere og koldere Striber eller Belter af Vand, der strømmer frem ved Siden af hinanden. Angaaende disse Belter eller saakaldte Baand af varmere og koldere Vand er det ved de nyere Undersøgelser over Strømforskelene godtgjort, at der hverken finder nogen skarp Overgang, eller nogen betydelig Temperaturforskjel Sted fra et Belte til et andet i Strømmen; men at Overgangen fra det ene til det andet af disse Belter tværtimod foregaaer ganske jævnt igjennem en Række af Maxima og Minima. Heelt anderledes stiller Temperaturforholdet sig derimod paa Overgangen fra Golfstrømmen til den kolde Vandstrøm Vest for samme; thi her viser der sig en saa stor og brat Overgang, at Bestyrelsen for den amerikanske Kystopmaaling har troet at kunne sammenligne Polarstrømmen med en Muur af koldt Vand (The cold wall), fordi dennes Temperatur i alle Dybder omtrent er $9^{\circ} C.$ lavere end Golfstrømmens; herfra maa dog undtages de Dele af Koldvandsstrømmen, som ligge nærmest ved Overfladen, hvor Forskjellen udjævnes af en Overflade-Strøm, som fra Golfstrømmen flyder til Siden ud over Polarstrømmen og opvarmer denne saaledes, som jeg strax nærmere skal omtale.

Paa hele Strækningen fra Florida lige til Sandy Hook, hvor Golfstrømmen bøier om fra nordostlig Retning til en ostnordostlig Retning, har den amerikanske Kystopmaaling-Bestyrelse ved sine Undersøgelser af 9 forskjellige Tværsnit, hvoriblandt flere ere undersøgte gjentagende Gange, fundet, at Temperaturforholdene gjennemgaaende ere saaledes, som ovenfor nævnt, og fuldkommen overensstemmende fordeelte; paa intet Sted har man fundet de forhaandenværende Forhold tydeligere udtalte end i et Tværsnit ved Sandy Hook, hvorfor man, som Repræsentant for Temperaturforholdene langs hele den amerikanske Kyst, har givet en fuldstændig graphisk Fremstilling af Forholdene paa dette Sted.

Af denne Fremstilling, som findes i *Report of the U. S. Coast Survey for 1860*, Plan 19, Figur 4, er Figur XII paa Plan III en Copi.

Betragte vi denne Figur, hvis enkelte Curver fremstille Havtemperaturen i Dybder af 0, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300 og 400 Favne under Overfladen, vil det findes, at Polarstrømmen i det Hele for lige Dybder har en betydelig lavere Varmegrad baade end Golfstrømmen og Atlanterhavet Øst for samme. Fremdeles sees det, at

for enhver Dybde stiger Havtemperaturen temmelig brat fra Verticalen Nr. 13, paa Overgangen fra Polarstrømmen til Golfstrømmen, indtil Verticalen Nr. 12, hvor Golfstrømmen har sin største Varmegrad, samt, at Golfstrømmens Temperatur derefter, gennem et Minimum ved Verticalen Nr. 11, faaer et nyt Maximum ved Verticalen Nr. 10; endnu længere imod Ost viser den Spor af et Minimum ved Verticalen Nr. 9, og et Maximum ved Nr. 8; men vi see tillige, som alt bemærket, at alle disse Temperaturovergange i Golfstrømmen kun ere smaa i Sammenligning med den, som finder Sted mellem Verticalerne Nr. 13 og 12 fra Polarstrømmen til Golfstrømmen. Hvor stor den egentlige Golfstrøms Brede er, har man ikke Midler til med Bestemthed at afgjøre, da de fornødne Hastighedsmaalinger, som sagt, mangle; men at dens Udstrækning langtfra er saa stor, som det angivne yderste Spor af Maximum og Minimum ved første Øiekast kunde give Anledning til at troe, det synes i ethvert Tilfælde at være udenfor al Tvivl. I den foreliggende *Report* for 1860 har man heller ikke forudsat, at den egentlige Golfstrøm strakte sig saa vidt; thi man angiver kun dens Brede ved Sandy Hook (*the width of Gulf Stream proper*) til 127 Quartmiil, idet man til den egentlige Strøm alene henregner de tre første Belter af varmt og koldere Vand:

Det første varme Belte med Brede = 60 Quartmiil og Max. Tempt. = 82° Fahrenheit,

Det første koldere Belte — — = 30 — - Min. — = 80° — og

Det andet varme Belte — — = 37 — - Max. — = 81½° —

med tilsammen 127 Quartmiils Brede,

medens det følgende koldere Belte, der har en Brede af 60 Quartmiil og Minimums Tempt. = 78° Fah., regnes at ligge udenfor den egentlige Golfstrøm.

Den amerikanske Kystopmaalmingsbestyrelse henleder særligt Opmærksomheden paa de tre øverste Curver svarende til 0, 5 og 10 Favnes Dybde, fordi de henpege paa, at der fra Overfladen af Golfstrømmen flyder en Strøm af varmt Vand til Siden ud over Polarstrømmens kolde Vand, hvilken Sidestrøm opvarmer dennes Overflade i en særdeles mærkelig Grad til en Dybde af 10 til 20 Favne. Ved Siden heraf maa jeg fremhæve, at de angivne Temperaturcurver tillige vise hen paa, at der i Dybden af Golfstrømmen netop finder det modsatte Forhold Sted. Ligesom det nemlig af Temperaturforholdene indtil 20 Favnes Dybde fremgaer, at der finder en Overstrømning Sted fra Golfstrømmen til Polarstrømmen, saaledes vil det ogsaa være uden for al Tvivl, efter den eensartede Form, som alle Curverne i Polarstrømmen have fra Dybder af 20 Favne indtil 400 Favne, at der ikke her finder nogen Indstrømning Sted af varmt Vand fra Golfstrømmen. Betragt vi dernæst Temperaturforholdene i Golfstrømmen, vil det være iøinefaldende, at alle de Curver, som svare til Dybder fra 0 til 150 Favne, vise hen paa overensstemmende Temperaturforhold i denne øvre Deel af Strømmen, ihvorvel det maa erkjendes, at Vandet nedsvales fra oven nedad i et noget stærkere Forhold paa den vestlige end paa den østlige Side af Golfstrømmen. De Temperaturcurver, som svare til de dybere

liggende Dele af Golfstrømmen, vise ligeledes hen paa indbyrdes overensstemmende Temperaturforhold; men disse Curver vise tillige, at der finder en væsentlig Forskjel Sted mellem Temperaturforholdene i den nedre og øvre Deel af Golfstrømmen, idet Vandet i 200 til 400 Favnes Dybde har en hoiere Varmegrad i den østlige end i den vestlige Deel, hvilket netop er det Omvendte af hvad der finder Sted i Strømmens øvre Deel. Den Nedsvaling, som saaledes finder Sted i den vestlige Deel af de dybere liggende Dele af Golfstrømmen, fremfor i den østlige, har utvivlsomt sin Grund deri, at Polarstrømmen sender en stor Mængde koldt Vand ind forneden i Golfstrømmen.

Ved paa samme Maade som for Tværnittet ved Sandy Hook at undersøge Temperaturforholdene i en Række af Tværnit lige ned til Cap Cañaverál, har Bestyrelsen for Kystopmaalingen bestemt Beliggenheden af Golfstrømmens vestlige Rand, samt af dens forskjellige varme og koldere Belter, tilligemed dens sandsynlige Brede paa hvert enkelt Sted, og har derved erholdt følgende Resultater:

Tværnittets Beliggenhed.	Afstand fra Land til Golf- strømmen (koldt Vand).	Breden af						udtrykt i Quartmil.	
		1ste Belte (varmt Vand)	2det Belte (koldere Vand)	3die Belte (varmt Vand)	Golfstrom- mens Brede	4de Belte (koldere Vand)	5te Belte (varmt Vand)		6te Belte (koldere Vand)
Sandy Hook . .	240	60	50	37	127	60	50	ubestemt	
Cap May. . . .	125	55	50	40	125	70	65	70	
Cap Henry. . .	95	45	32	47	124	80	60	50	
Cap Hatteras .	50	47	25	45	117	37	75	70	
Cap Fear . . .	60	30	20	37	87	50	60	25	
Charleston . .	62	25	15	30	67	26	35	—	
St. Simon's . .	87	25	13	20	58	25	25	—	
St. Augustine .	70	20	13	12	47	22	20	—	
Cap Cañaverál	20	35	—	—	35	14	12	—	

For Tværnittet ved Cap Florida-Bemini har Bestyrelsen for den amerikanske Kystopmaaling troet at maatte regne paa, at den Koldvandsstrøm, som følger den amerikanske Kyst imod Syd, fortsætter sig i en Brede af 10 Quartmil igjennem Snævringen ved Bemini ind i den mexikanske Bugt langs Vestsiden af Golfstrømmen, hvis Brede man derfor kun har anslaaet til 25 Quartmil paa dette Punkt. Jeg troer imidlertid i det Følgende at kunne paavise, at Rigtigheden af denne Antagelse aldeles ikke er sandsynlig, men at man omtrent bør regne Golfstrømmens Brede ved Bemini til 32 Quartmil, saaledes som det tidligere var almindeligt antaget.

Ved alle de ovenfor anførte Tværnit har man, som tidligere nævnt, fundet Temperaturforholdene at være overeensstemmende med Forholdene ved Sandy Hook, og naar man specielt betragter de i de amerikanske *Reports* angivne graphiske Fremstillinger for disse Tværnit, saa finder man tillige, at Temperaturcurverne hentyde paa, at der overalt i Dybden finder en Indstrømning Sted af koldt Vand fra Polarstrømmen til Golfstrømmen, ligesom ved Sandy Hook. I Golfstrømmen Syd for Bemini findes de afvejlende Temperaturforhold eller saakaldte *Baand* af varmt og koldere Vand aldeles ikke; her vise Curvene heller ikke nogen Formforandring, som tyder paa en Indstrømning af koldt Vand i større Dybder.

Fra Bemini paa $25\frac{1}{2}^{\circ}$ N. Br. indtil St. Augustine paa 30° N. Br. gennemløber Golfstrømmen en Længde af c. 70 Miil lige imod Nord; men fra St. Augustine bøier Strømmen mere og mere imod Øst, indtil dens Hovedretning bliver Nordost, i hvilken Retning den løber videre, parallelt med Kysten, heelt op forbi Cap Hatteras, hvor Strømmen igjen antager en noget nordligere Retning. Naar Golfstrømmen har naaet Hoiden af Chesapeakbugten paa 37° N. Br., bøier den sig efterhaanden mere østlig hen, indtil dens Hovedretning, efter Berghaus Atlas, bliver omtrent Ø. 20° N. I denne Retning fortsætter Strømmen derpaa sit Løb over imod Eüropa, passerer underveis først Tværnittet ved Sandy Hook i en Afstand fra St. Augustine af 180 Miil og løber senere Sønden om Newfoundland i en Afstand fra Sandy Hook af omtrent 200 Miil, idet den forøvrigt følger langs med den store Koldvandsstrøm, som fra Østsiden af Newfoundland løber over den store Banke Vest-Sydvest hen langs Kysterne indtil Sandy Hook, hvorfra den, som alt omtalt, løber Sydvest hen til St. Augustine.

Hvad Golfstrømmens Hastighed angaaer, da er vor Kundskab derom meget ufuldkommen. Vel have mangfoldige Sofarende søgt at bestemme Strømhastigheden ved Hjælp af Forskjellen mellem den observerede og gissede Plads for Skibet, men da der paa denne Maade let kan begaaes betydelige Feil i Bestemmelsen af den virkelige Strømsætning, bliver Resultatet altid mere eller mindre tvivlsomt; den store Mængde forskellige Værdier, som man har fundet, vise dette tydeligt. Man regner imidlertid sædvanligt, at Golfstrømmen i Snævringen ved Bemini løber med en Middelhastighed af 4 Kvartmiil i Timen eller $6\frac{2}{3}$ Fod pr. Sec., og det kan derhos antages, at man ikke vil begaae nogen stor Feil ved at sætte Strømmens Middelhastighed ved Cap Cañaverall = 5 Fod pr. Sec., og ved St. Augustine = 4 Fod. Ved Charleston og Cap Hatteras antages Hastigheden respective at være c. $3\frac{1}{3}$ og 3 Fod pr. Sec. i Middeltal, medens den ved Sandy Hook regnes at løbe med en Middelhastighed af $2\frac{1}{2}$ Fod pr. Sec. Idet Strømmen løber videre Sønden om Newfoundland, hvor dens Brede, ifølge Berghaus Angivelse, maa sættes til c. 80 Miil, aftager dens Hastighed efterhaanden yderligere til omtrent 2 Fod pr. Sec. Golfstrømmens Hastighed angives forøvrigt at være variabel paa alle Punkter; Rennell bemærker saaledes i sit Værk over Strømningerne i det

Atlantiske Ocean*), at Golfstrømmen har sin største Hastighed i Maanederne Juli, August og tildeels September, fordi den østlige Vind i de tropiske Have paa den Tid er stærkest og driver meest Vand ind i det caribiske Hav, og anslaaer navnlig dens Hastighed i Snævringen ved Bemini for Juli, August og Septbr. til 4 à 5 Quartmiil i Timen. Det paastaaes fremdeles, at man har bestemte Erfaringer for, at Golfstrømmens Hastighed forøges, naar der i den mexikanske Bugt i længere Tid blæser Nordenvinde eller i Atlanterhavet østlige Vinde, hvorimod Vestenvinde formindsker Hastigheden, saa at det endog undertiden skal kunne indtræde, at Golfstrømmen flyder ganske langsomt igjennem Floridastrædet. De nyere Undersøgelser have, som alt bemærket, godtgjort, at Vandet i Golfstrømmen, foruden at have en fremadskridende Bevægelse, tillige har en Bevægelse til Siden; men dette var ogsaa tidligere udledet af Erfaring, idet det var en almindelig Kjendsgjerning, at alle Gjenstande, som flød paa Strømmen, efterhaanden dreve af til Siderne; Maury bemærker derom udtrykkeligt i *The physical geography of the sea***), at ifølge denne Kjendsgjerning maa Golfstrømmens Overflade have Form af et Tag, med Fald fra Midten til Siderne. Det er fremdeles en Kjendsgjerning, at Golfstrømmen ikke løber med samme Hastighed i hele dens Brede, men at den derimod stribevist løber mere og mindre hurtigt, samt at der overalt i Strømmen viser sig stærke Opkøgninger fra Dybet, som give Anledning til de berygtede Havvirvler (Races) og til voldsomme Brydninger, som give Havet Udseende af at være fuldt af Klipper og Skjær.

Fra Newfoundland, hvor Golfstrømmen har en Hastighed af 2 Fod pr. Sec., fortsætter den sit Løb videre i ostnordostlig Retning forbi Azorerne; efterat have gennemløbet en Længde af c. 300 Miil, er dens Hastighed aftaget til 0,6 Fod pr. Sec. samtidigt med, at dens Brede er voxet fra 80 til c. 200 Miil. Naar Strømmen har naaet 25° vestlig Længde fra Greenwich, efter at have gennemløbet en Længde af c. 750 Miil fra Bemini, deler den sig efter Berghaus' Angivelse i to Grene, nemlig i en sydgaaende Green af c. 100 Miils Brede, der sætter ned imod den afrikanske Kyst med en Hastighed af 0,6 Fod pr. Sec., og en nordgaaende Green, der følger de engelske Kyster op imod Island gennem en Middellængde af omtrent 200 Miil, hvilken Strækning gennemløbes med en Hastighed, der aftager fra 0,6 Fod til 0,3 Fod pr. Sec., samtidigt med, at Strømmens Brede udvider sig fra 100 til 150 Miil. Naar den har naaet den 60de Bredegrad, afgiver den, langs Islands sydlige og sydvestlige Kyst, en varm Siderstrøm, som, ifølge Berghaus' Angivelse, deels løber Nordvest over imod den østgrønlandske Polarstrøm, deels følger langs denne Polarstrøm imod Syd. Golfstrømmens Hovedarm bøier derimod Øster

*) *An Investigation on the Currents of the Atlantic Ocean.* London 1832.

**) Oversat af H. J. Müller, Captl. i den norske Marine. Christiania. 1865.

hen imod Norge, saasart den har passeret Skotlands Nordspids, og løber derpaa langs med den norske Kyst i nordostlig Retning indtil Iishavet, hvori den udtømmer sig.

De Masser af varmt Vand, som gjennem Golfstrømmen tilflyde Iishavet og som naturligviis betydeligt bidrage til paa visse Strækninger at holde dette Hav iisfrit, afkøles efterhaanden indtil Frysepunktet og give saaledes Anledning til Dannelsen af de bekendte Polarstrømme, der fra Iishavet tilstrømme Atlanterhavet i to store Hovedstrømme, den ene Øst, den anden Vest for Grønland.

Fra den nordligste Deel af Iishavet, som vi kjende, nemlig fra 80° N. B. og 5° Ø. L. for Greenwich, Vest for Spidsbergen, gaaer den ene af disse Polarstrømme, belæsset med Driviis, ned imod Sydvest. Paa 70° N. B. og 23° V. L. berører denne Strøm Grønlands Østkyst, hvilken den derefter vedbliver at følge indtil Cap Farvel. Naar denne Strøm, der regnes at have en Brede af 40 Miil, og en Hastighed af $\frac{3}{4}$ Fod pr. Sec., har passeret Cap Farvel, bøier den Senden om Grønland, løber rundt om Landet, først Vest og senere Nordvest hen, indtil den er kommet et Par Bredegrader op i Davisstrædet. Her bøier den Vester og Sydvest over imod Kysten af Labrador, som den derpaa følger Sydost hen, i Forening med den anden store Polarstrøm, der kommer ned fra Iishavet igjennem Baffinsbugten, Hudsonsstrædet, m. fl. Efter at være ankommen til Newfoundland, hvor den sender en Green ind i St. Lorenzbugten gjennem Strædet ved Belleisle, løber Polarstrømmen, i en Brede af omtrent 50 Miil, videre frem imod Sydost med en Hastighed af 12 Quartmiil i Dognet eller $\frac{5}{8}$ Fod pr. Sec. indtil Østsiden af Newfoundland. Her bøier Strømmen imod Syd, idet den følger Østkysten af Landet indtil forbi Cap Race, og passerer derpaa over Newfoundlands store Banke til den møder Golfstrømmen, hvilken den derpaa deelviis følger langs den amerikanske Kyst indtil Kysten af Florida; medens den Deel af Polarstrømmen, som ikke følger Golfstrømmen imod Sydvest, sædvanligt antages at løbe under Golfstrømmen Øst for Newfoundland og derefter at fortsætte Veien i sydostlig Retning over imod den afrikanske Kyst, hvor Havvandet har en forholdsviis lav Temperatur.

For nu ved Hjælp af de i det Foregaaende fremstillede Love for Vandets Bevægelse i almindelige Ledninger at kunne udlede Lovene for Bevægelsen af disse umaadelige Havstrømme, er det naturligviis først nødvendigt at søge at komme til Erkjendelse af de Kræfter, som fremkalde og vedligeholde disse Strømmes Løb.

I *The physical geography of the sea* bemærker Capitain Maury: «Golfstrømmen er en Flod i Havet; i den stærkeste Tørke mangler den aldrig Vand, i dens mægtigste Op-svulmen flyder den aldrig over; dens Bredder og dens Bund ere af koldt, dens Strøm er af varmt Vand; den udspringer i den mexikanske Bugt og udtømmer sig i Iishavet;

i hele Verden gives der ingen mere majestætisk Strøm.» Dens Løb er hurtigere end Mississippis og Amazonens, og dens Vandmasse er mere end tusinde Gange større. En Mængde forskellige Meninger og Gisninger over Golfstrømmens Aarsag og Væsen ere blevne opstillede for at forklare denne Strøms Løb; men Maury troer, at man nu meest holder til den Mening, at saavel denne som andre vedvarende Strømme i Havet væsentligt ere foranledigede ved den bestandige Forskjel, som Temperatur og Saltmængde foraarsager i Vandets specifikke Vægt. Da en saadan Forskjel i Vægtfylde efter hans Anskuelse ikke kan bestaa med Ligevægten, maae de store Havstrømme sættes i Bevægelse; men da de Kræfter, som forrykke Ligevægten i Havet ere ligesaa ufortrodne som Varmen og Kulden, kræver Ligevægtens Gjenoprettelse et System af stedsevarende (permanente) Strømme. I tidligere Tider betragtede man Golfstrømmen som en Fortsættelse af Mississippis; men denne Mening maatte forkastes, da det blev paaviist, at Golfstrømmens Vandføring var mere end tusinde Gange større end Mississippis, og da Golfstrømmens Vand tilmed fandtes at være salt medens Flodvandet var fersk. Den Mening, som derefter vandt størst Tillro hos de Sofarende var efter Maury's Angivelse den, som blev fremsat af den berømte Benjamin Franklin, der betragtede Golfstrømmen, som en Virkning af Passatvindene, hvilke efter hans Mening trykke paa Havfladen under Troperne og derved bevirke en Opstemning af Vandet imod Sydvest og en Bevægelse af samme ind i det caraibiske Hav, hvorfra det søger Udvei gennem den mexikanske Bugt og Golfstrømmen. Capitain Maury benægter bestemt Rigtigheden af Franklins Theori, som foreøvrigt forsvares af Mange, bl. A. af Rennell, der ligesaa bestemt fraskriver de af Maury opstillede Aarsager, nemlig Fordampning, Temperatur, Salte, Muslinger etc., enhver Betydning med Hensyn til Havstrømmenes Dannelse. Maury indrømmer vel, at Passaterne kunne hjælpe til at give Golfstrømmen dens Hastighed, men paastaar paa den anden Side, at disse Vinde ere ude af Stand til at give en Vandmasse, saa stor som Golfstrømmen, et saadant Moment, at den alene paa Grund deraf kan gennemkrydse Atlanterhavet fra Amerika indtil Europas Kyster i en saa bestemt udpræget Strøm som Tilfældet er.

Maury henviser i saa Henseende til Niagara som «en uhyre Flod», hvis Vand løber ned i en lavere Slette, saaledes som Golfstrømmen, efter Franklins Anskuelse, antages at gjøre; men han fremhæver da tillige, at denne Strøm, istedetfor i mange Miil at bevare sin Character som en særskilt og tydelig begrændset Flod gennem Ontario-Søen, strax breder sig ud og taber sig i Indsøen. Maury gjør endvidere opmærksom paa, at i Sommertiden, hvor Golfstrømmen fører sin største Vandmasse gennem Strædet ved Florida og løber Nordpaa med størst Hastighed, løber der en Koldvandsstrøm med lige saa stor Hastighed imod Syd fra Baffinsbugten, Labrador og de nordlige Kyster af Amerika, og han stiller nu det Spørgsmaal: «Hvor er den Passat, som giver Baffinsbugten en høiere Vandstand eller som blot trykker paa og hjælper til at sætte denne Koldvandsstrøm

Bevægelse?» — Ved Newfoundland's Banker, hvor denne Koldvandsstrøm møder Golfstrømmen, deler Polarstrømmen sig efter Maury's Angivelse i to Strømme, hvoraf den ene løber under Golfstrømmen og tilsidst udtømmer sig i det caraibiske Hav, hvor man har fundet Vandet i Dybet at have en Temperatur, der er langt under Jordskorpens Middelvarme og næsten lige saa koldt, som i en tilsvarende Dybde ved Spidsbergens Kyster, medens den anden Green af Koldvandsstrømmen fra Labrador ifølge Maury løber Sydvest hen mellem Golfstrømmen og Amerikas Kyster, indtil den tilsidst synes at udmunde i den mexikanske Bugt, hvor Vandspeilet efter Franklins Theori skulde have et saameget høiere Niveau, at Golfstrømmen derved i en samlet Strøm skulde drives tværs over Atlanterhavet i mere end 800 Miils Længde. Det urimelige, som efter Maury's Mening ligger i den Franklinske Theori, søger han derefter yderligere at belyse ved nogle Bemærkninger, der grunde sig paa den af Kepler først udtalte Tanke, at Jordrotationen maa udøve en mærkelig Indflydelse paa alle Strømme, der bevæge sig i Retning fra Nord til Syd eller omvendt.

Paa det Sted, hvor Golfstrømmen træder ud i det aabne Atlanterhav, siger Maury, nemlig Nord for Bahamaerne, har Strømmen paa Grund af Jordens Rotation en Hastighed fra Vest til Øst, som langt overstiger den Hastighed, hvormed Vandstrømmen bevæger sig i samme Retning naar den ankommer til Newfoundland's Banker. Forskjellen har Strømmen altsaa tabt paa Veien paa Grund af Havets Modstand, hvilken Modstand derfor efter Maury's Beregning maa beløbe sig til mange Atmosfærers Tryk. «Er det tænkeligt», spørger Maury, «at Trykket af de spagfærdige Passatvinde kan overvinde en saadan Modstand eller frembringe den Virkning, man har tillagt dem? — Intet uden en stadigt virkende Kraft kan vedligeholde Strømmen i Havet eller bringe en Flod til at løbe paa Landet. Var ikke Tyngdekraften, vilde Mississippis Vande forblive i dens Kilder, og var ikke den specifikke Vægt forskjellig, vilde Golfstrømmens Vande bestandigt forblive i Atlanterhavets tropiske Farvand».

For derefter at forklare sine Meninger om Strømforholdene, tænker Maury sig en Klode af Størrelse som Jorden, overalt bedækket med Vand af 200 Favnes Dybde. Han forestiller sig Temperaturen at være den samme overalt, og enhver Kilde til Fordampning og Varmeudstrømning at være fjernet. Paa denne Klode vilde der altsaa hverken være Vind eller Strøm. Fremdeles tænker han sig alt Vand indenfor Vendekredsene indtil en Dybde af 100 Favne pludseligt forvandlet til Olie; derved vilde Ligevægten være forstyrret, og et almindeligt System af Strømme og Modstrømme maatte da opstaae. Olien maatte i et sammenhængende Lag flyde hen imod Polerne, medens Vandet i en nedre Strøm maatte bevæge sig imod Ækvator. I det Øieblik, da Olien træder ind i Polareggen, tænker han sig den paany forvandlet til Vand, som i en Understrøm løber tilbage til Ækvator, men naar det saaledes tilbagestrømmende Vand, som en Understrøm igjen ankommer indenfor Vendecirklerne, tænker han sig det atter forvandlet til Olie, som stiger op til Overfladen for der at udbrede

sig. Paa denne Maade maa der da opstaae et System af tropiske og polære Strømme. Maury tænker sig nu videre, at Kloden sættes i omdreieende Bevægelse fra Vest til Øst om dens Axe, en Gang rundt i 24 Timer. Enhver Oliiepartikkel vilde da, ifølge Maury's Angivelse, nærme sig Polen i en spiralformet Bane med større og større østlig Hastighed, indtil den endelig vilde naae Polen og fare rundt om denne med en Hastighed af omtrent 225 Miil i Timen, hvilken er Jordens og altsaa ogsaa Vandets Hastighed under Æquator. Naar Oliiepartiklen derpaa blev til Vand og tabte sin Hastighed, vilde den atter nærme sig Troperne i modsat Retning efter en lignende Spiral. Hvis Forholdene mellem Hav og Land tillige tænkes fordeelt paa samme Maade, som Tilfældet er paa selve Jordoverfladen, saa vil nødvendigviis det eensformige Strømsystem afbrydes af de mange forskjellige locale Forhold, hvorved der da paa nogle Steder kunde fremkomme Strømme, som vilde overgaae de andre baade i Størrelse og Hastighed. Men ikke destomindre vil et System af Strømme og Modstrømme bestandigt vedblive deres Løb imellem Æquator og begge Polerne. — «Kunne ikke de koldere Vande fra Norden, og de fra den mexikanske Bugt kommende varme Vande, der ved den tropiske Hede ere gjorte lettere, ialtfald indtil en vis Grad siges at forholde sig til hinanden som Vandet og Olien i vort Exempel?» spørger Capitain Maury. —

Den af Maury saaledes udtalte Tanke, at Havvandet strømmer fra Æquatorialegnene langs Overfladen imod Polerne, fordi det er mindre vægtfuldt end det underliggende Havvand, som imidlertid maa strømme fra Polarhavene imod Æquator i en nedre Strøm, forekommer mig ikke blot sindrig og naturlig, men jeg troer endog at turde paastaae, at den til en vis Grad er rigtig. Desto mere har det maattet undret mig at see, at Maury, istedetfor at forfølge denne Tanke og gjøre sig det klart, hvorfor Olien vilde flyde imod Polerne og hvorfor Vandet vilde flyde i Understrømmen tilbage til Æquator, factisk forlader denne rigtige Tanke for i dens Sted at fordybe sig i Betragtninger over den store Fordampning, formedelst Passatvindene, og den derved fremkaldte store Saltholdighed af Vandet i de tropiske Have, navnlig i det caraibiske Hav, — Betragtninger, som tilsidst lede ham til at antage, at Golfstrømmen dannes af Vandet i det caraibiske Hav, fordi dette Vand har en større Vægtfylde end Atlanterhavets Vand, som netop derfor fortrænges. Det er nemlig tydeligt, at det aldeles ikke kan have staaet klart for Maury, hvorfor Olien paa hans tænkte Klode vilde flyde imod Polerne og hvorfor Vandet vilde flyde tilbage mod Æquator; thi havde dette været ham indlysende, maatte han ogsaa have indseet Nødvendigheden af, at Havfladen under Æquator i det betragtede Tilfælde maatte indtage en betydelig høiere Stand end under Polerne, samt at Havfladen for de permanente Strømme, som han tænker sig, maatte indstille sig med et Fald imod Polerne, som vel kunde være tilstrækkelig til at fremkalde de Overfladestømme, hvis Aarsag han søger at finde. Havde Maury indseet og gjort sig tydeligt, at saalænge Olielagets Overflade ikke laae c. 10 Favne høiere end Vandspeilet, vilde der ved Bunden af det 100 Favne dybe Olielag være et mindre Tryk paa en Overflade-Eenhed end i samme Dybde

under Vandspeilet i Polaregnene, saa vilde han ogsaa have indseet, at Franklin sandsynligviis havde Ret, naar han paastod, at Vandet i den mexikanske Bugt har en høiere Stand end Vandet i det nordlige Atlanterhav, samt at Golfstrømmens Løb idetmindste for en Deel har sin Aarsag i dette Fald; han vilde tilmed have været paa det Rene med at naar Oliefagets Overflade under Ækvator ikke stod 10 Favne høiere end Vandspeilet under Polerne, vilde der desuden findes en bevægende Kraft i Dybden, som vilde være tilstrækkelig til at drive Vandet i Understrømme tilbage til Ækvator, uagtet Overfladen havde en meget høiere Stand end under Polerne. Istedetfor saaledes grundigt at gjenomtænke sin utvivlsomt rigtige Tanke og forfølge dens Conseqventser, holder Maury derimod fast ved den urigtige, at Vandspeilet i den mexikanske Bugt har samme Hoidebeliggenhed, som Vandspeilet i det nordlige Atlanterhav; for paa dette Grundlag at forklare Golfstrømmens Aarsag og Løb gennem Atlanterhavet griber han den stik modsatte Hypothese nemlig, at betragte Vandet under Troperne som mere vægtfuldt end Vandet i de tempererede Have. Men idet han derved, uden selv ret at mærke det, lægger to fuldkommen stridende Anskuelse til Grund for sine Betragtninger over Golfstrømmens Oprindelse bliver det ham naturligtviis umuligt at komme til Klarhed i Anskuelse angaaende Strømforholdene, hvilket ogsaa tydeligt nok fremgaaer af følgende Slutnings-Bemærkning: Hvad der nu er Aarsag til, at disse Passatvande forblive paa Overfladen, — om det er Vandpartiklernes Sammenhængskraft, der er bleven forøget; om det er, fordi Udvidelsen, foranlediget af den tropiske Zones Hede, formaaer at opveie den forøgede Salthed; om det er paa Grund af den lave Temperatur og store Saltholdighed af de undersoiske Vande i det tropiske Hav; eller endelig af alle disse Aarsager tilsammen, — nok er det, vi vide med Vished, at de forblive paa Overfladen, og at de som en overfladisk Strøm vandre ind i det caraibiske Hav. Passaterne kunne hjælpe til at drive Vandet ind i dette Hav; men selv om vi antage, at den Vandmængde, som saaledes drives derind, er nok saa stor, hvad er det saa for en Kraft, som driver det videre med Golfstrømmen lige til Europas Kyster? Aarsagen er den, at det finder Plads der, fordi Vandets specifikke Vægt er forskjellig for de tropiske Have og for de nordlige og kolde Oceaner. — «Ilvor vi henlægge Sædet for den bevægende Kraft, kan være ligegyldigt; ligesaa godt i de nordlige Have som i de tropiske». — At der fra et saa uklart Standpunkt ikke kan opnaaes et klart Blik paa Strømforholdene er indlysende.

For at bringe Sagen paa det rigtige Spor, maae vi forlade Maury's Hovedtanke, at Havet har en større Vægtfylde under Troperne end i de tempererede Egne, og istedet derfor gaae ud fra hans første Tanke, at Vægtfylden af Havvandet er mindst under Troperne og voxer imod Polerne. Herved skal jeg dog ikke undlade at bemærke, at Maury, dengang han nedskrev sine Anskuelse, ingen Midler havde til at afgjøre om Vandet under Ækvator virkelig har en større eller mindre Vægtfylde end Vandet i Polarhavene; thi

det er først senere, navnlig efter at afdøde Conferentsraad Forchhammer havde meddeelt Resultaterne af sine Undersøgelser om Søvandets Bestandele og deres Fordeling i Havet*, blevet muligt med Bestemthed at afgjøre dette Spørgsmaal.

Ved Hjælp af Forchhammer's Undersøgelser kan det nu med Bestemthed paavises, at Havvandets Tæthed eller Vægtfylde virkelig er mindst under Ækvator, og derfra voxende imod Polerne, saaledes som Maury oprindeligt antog. For ved Hjælp af nævnte Undersøgelser at kunne paavise dette, skal jeg først bemærke, at ifølge Maury's *Sailings Directions*, kan Havvandets Vægtfylde, svarende til enhver i Havet forekommende Temperatur θ , tilnærmelsesviis fremstilles ved:

$$1 \over 0,99997 + 0,0000058 \cdot (2,2 + \theta)^2,$$

idet Vandets Saltholdighed betragtes som uforanderlig, og den Vægtfylde, som Vandet har ved $0^\circ C.$, tages som Eenhed. Fremdeles skal jeg bemærke, at ifølge Forsøg med Søvand, der ere udførte af Despretz, kan Havvandets Vægtfylde under constant Temperatur fremstilles ved:

$$1 + 0,00081 \cdot s,$$

idet s betegner Antallet af Vægtdele Salt, som indeholdes i 1000 Vægtdele Søvand; heraf lader det sig da med Lethed vise, at Søvandets Vægtfylde i Almindelighed kan fremstilles ved:

$$e = \frac{1 + 0,00081 \cdot s}{0,99997 + 0,0000058 (2,2 + \theta)^2}$$

i Forhold til Vægtfylden af reent Vand ved $0^\circ C.$

Betragt vi f. Ex. Søvand, som indeholder 36 pro Mille Salt, og hvis Temperatur er $60^\circ \text{ Fahr.} = 15,5^\circ C.$, saa finde vi $e = 1,0274$, medens Capitain Maury for dette Tilfælde sætter Søvandets Vægtfylde $= 1,0279$.

I nærværende Undersøgelse kommer det imidlertid ikke saa meget an paa at angive Søvandets Vægtfylde i Forhold til reent Vand, som paa at bestemme Havvandets Vægtfylde i Forhold til den Vægtfylde, som Havet har paa et bestemt Punkt, hvor dets Saltmængde $= s_1$, dets Temperatur $= \theta_1$.

Vælg vi nemlig denne sidste Vægtfylde som Eenhed, kan Havvandets Vægtfylde, svarende til s og θ , fremstilles saaledes:

$$e = \frac{(1 + a \cdot s)(1 + b(2,2 + \theta_1)^2)}{(1 + a \cdot s_1)(1 + b(2,2 + \theta)^2)},$$

idet vi for Korthed's Skyld sætte $a = 0,00081$ og $b = 0,0000058$. Men da baade $a \cdot s$ og $a \cdot s_1$ saavel som $b(2,2 + \theta)^2$ og $b(2,2 + \theta_1)^2$ stedse ere meget smaa Størrelser imod 1, saa kunne vi med tilstrækkelig Nøjagtighed fremstille Vandets Vægtfylde for et hvilket som helst Punkt i Havet, hvor dets Saltmængde er s og dets Temperatur θ , ved:

$$e = 1 + a(s - s_1) - b((2,2 + \theta)^2 - (2,2 + \theta_1)^2).$$

*) Universitetsprogram for 1859.

Som Eenhed for Vægtfylden ville vi vælge den Tæthed, som Havvandet har i Overfladen Syd og Sydøst for Grønland, hvor Tætheden synes at være størst. Vi indsætte derfor i Overeensstemmelse med Forchhammer's Undersøgelser $s_1 = 35$ og $\theta_1 = 4^\circ$, og finde derefter, at Havvandets Tæthed eller Vægtfylde kan fremstilles ved følgende numeriske Ligning:

$$e = 0,9718 + 0,00081 \cdot s - 0,0000058 \cdot (4,4 + \theta) \theta \dots \dots \dots (58)$$

Ved efterhaanden heri at indsætte de Værdier for s , som Forchhammer har fundet for Havvandets Saltholdighed, og ved derhos for θ at sætte Havtemperaturen, svarende til ethvert af de undersøgte Punkter i Havet, erholdes Havvandets Vægtfylde i Forhold til den valgte Eenhed. Resultatet af denne Beregning findes angivet i efterfølgende:

T a b e l.

lagttagelsesstedet.	Vandets Saltholdighed (s) udtrykt i pr. Mille	Vandets Temperatur (θ) (Celsius Grader)	Vandets Vægtfylde (e)
Davisstrædet, Vest for Disco 70° N. B.	35,6	2°	0,9990
— 69° N. B.	35,4	6°	0,9986
— 69° N. B.	33,2	$5\frac{1}{2}^\circ$	0,9984
— 67° N. B.	32,3	$5\frac{1}{2}^\circ$	0,9977
— 65° N. B.	32,9	$6\frac{1}{2}^\circ$	0,9982
— 62° N. B.	33,1	1°	0,9984
— $60\frac{1}{2}^\circ$ N. B.	34,4	4°	0,9993
I Kanten af den sydgrønlandske Polarstrøm 59° N. B., 52° V. L. f. Grw.	32,4	9°	0,9974
Grønlands Østside, udenfor Iisstrømmen paa $60\frac{1}{2}^\circ$ N. B., $33\frac{1}{2}^\circ$ V. L..	35,4	8°	1,0000
Syd for Grønland, ved Kanten af Iisstrømmen paa $59\frac{1}{2}^\circ$ N. B., 39° V. L.	35,1	5°	1,0000
Syd for Grønland, 58° N. B., 46° V. L.	35,0	4°	1,0000
Mellem Iisland og Skotland i Golfstrømmen	35,4	12°	0,9994
I Golfstrømmen, 48° N. B., 34° V. L.	35,6	$15\frac{1}{2}^\circ$	0,9989
— $47\frac{2}{3}^\circ$ N. B., 32° V. L.	35,9	17°	0,9989
— $44\frac{1}{2}^\circ$ N. B., 43° V. L.	34,1	19°	} 0,9968
— $43\frac{1}{3}^\circ$ N. B., $44\frac{1}{3}^\circ$ V. L.	35,9	19°	
I og ved Golfstrømmens østlige Deel:			
paa $47\frac{1}{3}^\circ$ N. B., 19° V. L.	35,6	$15\frac{1}{2}^\circ$	} 0,9989
— 50° N. B., 11° V. L.	35,6	15°	
— $47\frac{1}{3}^\circ$ N. B., 21° V. L.	36,1	15°	0,9992
— $46\frac{1}{2}^\circ$ N. B., 23° V. L.	36,0	18°	0,9987
— $44\frac{1}{2}^\circ$ N. B., $30\frac{1}{2}^\circ$ V. L.	36,0	20°	0,9982

Iagttagelsesstedet.	Vandets Saltholdig- hed (s) udtrykt i pr. Mille	Vandets Temperatur (θ) (Celsius Grader)	Vandets Vægtfylde (ρ)
I Grændsen mellem Golfstrømmen og Sargassohavet:			
paa 41° N. B., 36½° V. L.	56,4	21°	0,9983
— 38½° N. B., 43° V. L.	56,9	25°	0,9982
— 37° N. B., 48½° V. L.	56,6	24°	0,9975
— 36° N. B., 55° V. L.	56,5	25°	0,9971
I Sargassohavet, paa 29½° N. B., 60° V. L.			
Vest for Bermudas 32° N. B., 68° V. L.	56,8	27°	0,9969
Syd for Bermudas, 23½° N. B., 65½° V. L.	56,5	26°	0,9969
— — 25° N. B., 65½° V. L.	56,8	28°	0,9965
— — 22½° N. B., 69° V. L.	56,7	27°	0,9967
— — 22½° N. B., 69° V. L.	56,5	28°	0,9961
I Sargassohavets sydlige Deel, 21° N. B., 42° V. L.			
Ved Indløbet til det caraiabiske Hav, Nord for St. Thomas:	54,8	27°	0,9950
paa 19½° N. B., 65½° V. L.	55,8	28°	0,9955
Mellem St. Thomas og St. Croix	55,8	28°	0,9955
Ved St. Croix	56,0	28°	0,9957
I Golfstrømmen, Nord for Bermudas, paa 37° N. B., 66½° V. L.	55,9	25°	0,9968
I Golfstrømmen, Nordost for Bermudas:			
paa 37½° N. B., 61° V. L.	56,1	25°	0,9969
— 39½° N. B., 55° V. L.	56,5	24°	0,9974
I den tilbagevendende Golfstrøm:			
paa 24° N. B., 23° V. L.	57,9	25°	0,9984
— 12½° N. B., 25½° V. L.	56,2	27°	0,9964
I Ækvatorialstrømmen:			
paa 10° N. B., 24½° V. L.	55,9	28°	0,9956
— 3½° N. B., 25½° V. L.	56,1	28°	0,9958
— 1° N. B., 26° V. L.	55,7	28°	0,9955
I Ækvatorialstrømmens sydgaaende Green:			
paa 17° S. B., 33½° V. L.	57,2	28°	0,9968
— 23° S. B., 37½° V. L.	56,4	27°	0,9965
I den Brasilianske Strøm:			
paa 28½° S. B., 40° V. L.	55,9	26°	0,9965
— 29½° S. B., 38½° V. L.	57,0	26°	0,9974
I Koldvandsstrømmen, Øst for Buenos Ayres, paa 40½° S. B., 41° V. L.			
54,8	15°	0,9984	
I Koldvandsstrømmen fra Cap Horn:			
paa 50½° S. B., 52½° V. L.	54,2	10°	0,9988
— 57½° S. B., 67° V. L.	53,8	5°	0,9990

I Henhold til ovenstaaende Tabel stiller Havvandets Vægtfylde sig gennemsnitlig saaledes:

Paa den nordlige Halvkugle.		Paa den sydlige Halvkugle.	
Mellem 70° og 60° Brede . . .	0,9980 (Davisstrædet)	—	ubekjendt —
Under 60° — . . .	1,0000 (Atlantehavet)	—	— —
Mellem 60° og 50° — . . .	0,9994 —	i Koldvandsstrom fra Cap Horn	0,9990
— 50° — 40° — . . .	0,9985 —	i Atlanterhavet	0,9984
— 40° — 25° — . . .	0,9972 —	i do.	0,9970
— 25° — 0° — . . .	0,9956 —	i do.	0,9966.

Af denne Tabel fremgaaer tydeligt, at Atlanterhavets Vægtfylde voxer med Stedets Bredegrad fra Æquator imod begge Poler, og hermed synes det at kunne betragtes som afgjort, at Havet, for at være i Ligevægt i større Dybder, hvad al Erfaring tyder hen paa, maa have en høiere Stand under Troperne end under Bredegrader, der ligge nærmere Polerne.

For derefter at kunne danne os en Forestilling om, hvormeget Havfladen under Æquator, i Tilfælde af Ligevægt i Dybden, maa være hævet over Havfladen i Polarhavene, er det nødvendigt at undersøge, hvorledes Havvandets Tæthed eller Vægtfylde varierer med Dybden under Havfladen. I den Henseende kan det strax i Almindelighed bemærkes, at da Strømforskelighederne maae betragtes som permanente, kan Søvandets Tæthed ikke paa noget Punkt aftage med Dybden, men dets Vægtfylde, bestemt ved Formlen (58), maa enten voxer med Dybden eller være uafhængig af denne. Hvad Havvandets Saltholdighed i forskjellige Dybder angaaer, da har Forchhammer ogsaa givet værdifulde Oplysninger herom; thi foruden den store Mængde Prøver af Søvand, som efter hans Anmodning ere tagne af Overfladevandet i de forskjellige Verdenshave, har han tillige undersøgt en stor Deel Vandprøver, tagne i forskjellige Dybder under Overfladen, og hvis Saltholdighed han har bestemt og beskrevet i sin Afhandling. Jeg skal saaledes anføre, at ifølge Prøver af Vand, tagne af Capitain Ross paa 1° N. B. og 26° V. L. f. Grw., var Havvandets Saltholdighed:

i Overfladen 35,74 pr. Mille,
i 300 Favnes Dybde under Overfladen 35,52 — —
og i 600 — — — — — 35,36 — —;
Saltholdigheden af Vandet aftog altsaa paa de første 300 Favne 0,073 pro Mille pr. 100 Favne og paa den hele Dybde gennemsnitlig 0,063 pro Mille pr. 100 Favne.

Ifølge Prøver af Vand, tagne af Capitain Ross paa 12½° N. B. og 25½° V. L., var Saltholdigheden i Overfladen 36,20 pr. Mille
og i 1850 Favnes Dybde under Overfladen 35,17 — —.

Paa dette Strog aftog Saltholdigheden altsaa gjennemsnitlig 0,055 pro Mille pr. 100 Favnes Dybde.

Ifølge Prover af Vand, tagne af Admiral Irminger paa 25° N. B., $65\frac{2}{3}^{\circ}$ V. L., var Saltholdigheden i Overfladen 36,70 pr. Mille og i 489 Favnes Dybde under Overfladen 36,48 — —; Saltholdigheden var altsaa aftagende med 0,045 pr. Mille pr. 100 Favne.

Ifølge Prover af Vand, tagne af Capitain Schultz paa $47\frac{2}{3}^{\circ}$ N. B., $9\frac{1}{2}^{\circ}$ V. L. (i Nærheden af Canalen), var Vandets Saltholdighed:

i Overfladen 35,92 pr. Mille,
i 85 Favnes Dybde 36,03 — —.

Her var Saltholdigheden altsaa svagt voxende med Dybden.

Ifølge Prover af Vand, tagne af Admiral v. Döckum paa $40\frac{1}{3}^{\circ}$ N. B., $54\frac{1}{4}^{\circ}$ V. L. (midt i Golfstrømmen, Sydvest for Newfoundlandsbanken), indeholdt Vandet en Saltmængde:

i Overfladen af 36,36 pr. Mille,
i 35 til 45 Favnes Dybde 36,60 — —;

Saltholdigheden tiltog altsaa ogsaa her med Dybden.

Ved Hjælp af Vandprover, tagne af Capitain Gram paa 60° N. B. og 8° V. L., har Forchhammer bestemt Saltholdigheden:

i Overfladen til 35,58 pr. Mille,
i 45 Favnes Dybde til 35,46 — —.

Her var Saltholdigheden atter aftagende med Dybden.

Fremdeles har Capt. Gram taget Vandprover paa 60° N. B., 39° V. L., i Kanten af Polarstrømmen langs Grønlands Østkyst,

Vandet i Overfladen indeholdt. . . 35,07 pr. Mille,
i 45 Favnes Dybde derimod . . . 34,96 — —;

Saltholdigheden var altsaa ligeledes aftagende med Dybden.

Endelig har Admiral Bille taget Prover af Vand i den japanesiske Golfstrøm paa $38\frac{1}{2}^{\circ}$ N. B., $148\frac{1}{2}^{\circ}$ Ø. L., hvoraf Forchhammer har fundet Saltholdigheden i Overfladen = 34,05 pr. Mille,

i 500 Favnes Dybde under — = 34,43 — —,

der giver en Tilvæxt pr. 100 Favnes Dybde af 0,075 pr. Mille.

Af disse Undersøgelser fremgaaer, at Havvandets Saltholdighed i det Hele taget kun forandrer sig meget lidt med Dybden; paa nogle Steder synes den at være voxende, men paa de fleste Steder at være aftagende med Dybden, og dersom vi indskrænke vore Betragtninger til Atlanterhavet, hvor Forholdene i det Hele taget ere bedst kjendte, viser det sig, at Havvandets Saltholdighed maa betragtes som saaledes aftagende i større Dybder, at vi næppe ville begaae nogen stor Feil ved at antage, at den gjennemsnitlige Aftagelse beløber sig til 0,05 pro Mille pr. 100 Favnes Dybde.

En Aftagelse af Havets Saltholdighed med Dybden viser aabenbart hen paa, at der i Dybden gaar en svag Strømning af koldt Vand fra Polarhavene ned imod Æquator, hvilket ogsaa bekræftes af en Mængde Temperatur-Maalninger, som ere foretagne i de tempererede og tropiske Have. Capitain Maury angiver saaledes for den Æquatorialstrøm, som sætter ind i det carabiske Hav, at medens Havtemperaturen i Overfladen fandtes at være $29^{\circ} C.$, fandtes Temperaturen i 240 Favnes Dybde at være 9° — og i 500 Favnes Dybde kun 6° —

Admiral Irøinger fandt den 14de Septbr. 1847, under Havblik, i Sigte af Madera paa 32° N. B., $17\frac{1}{4}^{\circ}$ V. L. f. Grw., Overflade-Temperaturen = $25^{\circ} C.$, medens Varmegraden i 330 Favnes Dybde kun var = $11^{\circ} C.$, Lufttemperaturen paa Dækket var $24\frac{1}{2}^{\circ} C.$ Han bestemte derhos Strømretningen i Dybden ved et dertil construeret Apparat, som findes beskrevet i hans Afhandling i Tidsskrift for Søvæsen *), og fandt derved, at i 330 Favnes Dybde løb en Understrøm V. S. V. hen, medens der ikke sporedes nogen Strømsætning paa Overfladen.

Den 17de Marts 1849 udførte Admiral Irøinger en lignende Observation, under Havblik, paa 25° N. B., $65\frac{3}{4}^{\circ}$ V. L. Lufttemperaturen fandtes at være $26^{\circ} C.$, medens Havvandets Temperatur i Overfladen var $24\frac{3}{4}^{\circ} C.$ og i 489 Favnes Dybde $7\frac{3}{4}^{\circ} C.$ I denne Dybde bestemte han tillige ved tvende Maalninger, der noiagtig gav samme Resultat, Strømretningen, der fandtes at løbe N. V. hen.

Paa Jordomseilings-Expeditionen i Aarene 1845—1847 har Admiral Bille indsamlet en Mængde værdifulde Bidrag til Bedømmelsen af Havets Temperatur i forskjellige Dybder**). Den 6te—7de August 1845 fandt han saaledes i Atlanterhavet, paa 16° N. B., 27° V. L. f. Grw., at medens Overfladetemperaturen var 27° — $27\frac{1}{2}^{\circ} C.$,
 var Havtemperaturen i 204 Favnes Dybde 11° —,
 Do. i 305 — — $8\frac{1}{4}^{\circ}$ —,
 Do. i 505 — — 6° —.

Den 14de Septbr. 1845 fandtes endvidere i den sydvestlige Deel af det indiske Hav, omtrent paa 37° S. B., 40° Ø. L., Havets Varmegrad i Overfladen at være $18\frac{1}{4}^{\circ} C.$,
 i 249 Favnes Dybde $14\frac{1}{2}^{\circ}$ —,
 i 476 — — 10° —.

Den 9de Octbr. 1845, 20 Mill fra Land, Sydost for Ceilon, fandtes
 Havtemperaturen i Overfladen = $28\frac{1}{2}^{\circ} C.$,
 Do. i 700 Favnes Dybde = 7° —.

*) Om Havets Strømninger af Capt. C. Irøinger. Nyt Archiv for Søvæsenet. Kjøbhn. 1853.

***) Steen Bille's Beretning om Galatheas Reise omkring Jorden. Ved W. v. Rosen. Kjøbhn. 1853.

Den 4de Marts 1846, mellem Malacca og Sumatra, fandtes

Overfladetemperaturen = $24^{\circ} C.$,

Vaudtemperaturen i 250 Favnes Dybde . . . = $11^{\circ} -$.

Den 7de August 1846, i den Japanesiske Golfstrøm paa $38\frac{1}{2}^{\circ} N. B.$, $148\frac{1}{2}^{\circ} \text{Ø. L.}$,
fandtes

Overfladetemperaturen = $20\frac{1}{4}^{\circ} C.$,

Temperaturen i 500 Favnes Dybde = $6^{\circ} -$.

Den 11te Septbr. 1846, omtrent paa $38^{\circ} N. B.$, $170^{\circ} V. L.$ fandtes

Havtemperaturen i Overfladen = $16^{\circ} C.$,

Do. i 300 Favnes Dybde = $7^{\circ} -$.

Den 26de Septbr. 1846, omtrent paa $30^{\circ} N. B.$, $150^{\circ} V. L.$, Nord for Sandwichøerne,
fandtes

Havtemperaturen i Overfladen = $17^{\circ} C.$,

Do. i 300 Favnes Dybde = $7\frac{1}{2}^{\circ} -$,

Do. i 500 — — = $7^{\circ} -$.

Den 27de Septbr. 1846, lidt nærmere Sandwichøerne, fandtes

Havtemperaturen i Overfladen = $18^{\circ} -$,

Do. i 500 Favnes Dybde = $4\frac{1}{4}^{\circ} -$.

Den 31te December 1846, paa $31\frac{1}{3}^{\circ} S. B.$ og $140^{\circ} V. L.$, i Sydhavet, fandtes

Havtemperaturen i Overfladen at være $16\frac{1}{2}^{\circ} C.$,

Do. i 500 Favnes Dybde $8\frac{1}{2}^{\circ} -$.

Endelig den 5te Januar 1847, paa $33\frac{2}{3}^{\circ} S. B.$ og $132^{\circ} V. L.$, i Sydhavet, fandt

Admiral Bille

Havtemperaturen i Overfladen at være $16\frac{1}{2}^{\circ} C.$,

Do. i 500 Favnes Dybde $5^{\circ} -$.

Det vil heraf være klart, at Havtemperaturen i de tropiske og tempererede Egne aftager fra Overfladen indtil en Dybde af omtrent 500 Favne saaledes, at man i Almindelighed tør antage, at i de tempererede og tropiske Egne har Verdenshavene i en Dybde af c. 500 Favne en Temperatur af $4\frac{1}{2}$ til $8\frac{1}{2}^{\circ} C.$

Det vil imidlertid være indlysende at en saadan Aftagelse af Temperaturen, som Verdenshavene vise, umuligt kunde finde Sted, dersom Havvandet ikke var i Strømning; thi da Jordvarmen voxer indad imod Jordens Midtpunkt, gaaer der selvfølgelig en Strøm af Varme ud igjennem dens Overflade, og hvis der altsaa ikke foregik nogen Strømning i Havet, maatte Havtemperaturen voxte med Dybden, istedetfor at den i Virkeligheden aftager med denne.

Da den af Jorden udstrømmende Varmemængde imidlertid er meget lille i Forhold

til den store Vandmængde i Havet, og da Havets Varmegrad i 500 Favnes Dybde desuagtet sees at voxe fra Polaregneene, hvor den er nær ved Nul, indtil Ækvator, bliver det deraf sandsynligt, at det underliggende Hav strømmer saa langsomt, at vi uden mærkelig Feil tor betragte det som stillestaaende, i Forhold til de Overfladestrømme, hvormed vi her ville beskæftige os.

Gaae vi ud fra den Tæthed, som Havvandet har i Egnen Syd for Grønland, hvor dets Saltholdighed er 35 pr. Mille og dets Temperatur $4^{\circ} C$, idet vi, som foran bemærket, sætte denne Tæthed af Søvandet = 1, samt antage vi, at Vandtemperaturen sammesteds i 500 Favnes Dybde er $= 0^{\circ} C$. og Saltholdigheden i samme Dybde = $(35 - 0,25) = 34,75$ pr. Mille, saa finde vi ifølge (58), at Søvandet paa dette Punkt ligeledes har en Vægtfylde = 1; hvoraf vi kunne drage den Slutning, at Søvandets Tæthed (Vægtfylde), Sydost for Grønland, i alle Dybder meget nær er = 1.

Bemærke vi endvidere med Hensyn paa de tropiske Have, at naar Overfladetemperaturen sættes = $28^{\circ} C$, og vi efter det Foregaaende antage Havets Saltholdighed = 35,8, saa findes Overfladevandets Tæthed som tidligere viist = 0,9955. Men naar vi dernæst for 500 Favnes Dybde sætte Havvandets Temperatur = $7^{\circ} C$, samt Saltholdigheden = $(35,8 - 0,25) = 35,55$ pr. Mille, saa findes efter Formlen (58), at Havvandets Tæthed under Troperne i 500 Favnes Dybde er = 1,001, eller at Vandet under Troperne i 500 Favnes Dybde har samme Tæthed, som Vandet i Polarhavet Sydost for Grønland. Men har Havvandet i 500 Favnes Dybde samme Tæthed under Troperne som i Polarhavene, saa er det aabenbart, at vi næppe ville begaae nogen mærkelig Feil ved at antage, at Havvandet paa alle Punkter af Jorden i 500 Favnes Dybde under Overfladen har en Tæthed = 1.

Antages Havvandets Tæthed at være ligestor i ligestore Dybder af det dybere Hav, kan dette naturligviis ikke være i Ligevægt medmindre det overalt er underkastet ligestore Tryk af det overliggende Hav; men heraf sluttes omvendt, da alle Erfaringer samstemme i, at Vandet i den dybere Deel af Verdenshavet er i Ligevægt, at Trykkene af de overliggende Vandmasser paa de underliggende, der ere i Hvile, maa være ligestore paa alle Punkter af en vilkaarlig Horizontalflade; thi kun naar Niveaufladen (σ : Fladen med lige Tryk i alle Punkter) er lodret paa Tyngderetningen, er der Ligevægt mellem Vandelene i samme; enhver Niveauflade, som er beliggende i mindst 500 Favnes Dybde, maa altsaa være en Horizontalflade.

Betingelsen for at hele det underliggende Hav er i Ligevægt er altsaa den, at Trykket paa en i 500 Favnes Dybde beliggende Horizontalflade er ligestort overalt. Men skal Trykket paa denne Flade være ligestort, maa Vægten af en hvilkenksomhelst Vand-colonne, som hviler derpaa, være ligestor for Eenhed af Overflade. Havde det over denne Ligevægtsflade beliggende Vand en Tæthed = 1, maatte Havfladen overalt ligge 500 Favne eller 3000 Fod over hiin Niveauflade, hvori der bestandigt er Ligevægt; men da Havets

Middeltæthed, fra Vandspeilet indtil den 3000 Fod dybtliggende Ligevægtsflade, i Reglen er mindre end 1, maa Havfladen i Virkeligheden indtage en hoiere Stand end den, det frie Vandspeil vilde indtage, hvis Vandets Tæthed overalt var = 1.

Betegne vi den Høide, hvori det virkelige Vandspeil maa staae over det tænkte Vandspeil, svarende til Tætheden af Vandet = 1, ved z , kan z bestemmes af Ligningen:

$$(z + 3000) \cdot \rho = 3000,$$

hvori ρ betegner Havvandets virkelige Middeltæthed fra Overfladen indtil 3000 Fods Dybde.

Ved at opløse denne Ligning med Hensyn paa z , finde vi, idet vi gaae ud fra den ovenomtalte Vandspeilsflade svarende til en Tæthed = 1, — hvilken Flade vi for Kortheds Skyld ville kalde «Maalefladen», — at den virkelige Vandspeilsstand over «Maalefladen» kan fremstilles ved:

$$z = 3000(1 - \rho) \dots \dots \dots (59)$$

Vi kjende vel ikke noie det overliggende Havs Middeltæthed; men derimod nogenlunde Havvandets Tæthed for et Antal af Punkter i Overfladen; vi kunne imidlertid danne os en omtrentlig Forestilling om Havets Middeltæthed indtil en Dybde af 3000 Fod ved at betragte denne som værende ligestor med Middeltallet mellem Tæthederne af Vandet i Overfladen og af Vandet i en Dybde af 3000 Fod, hvilken sidste Tæthed stedse er = 1.

Paa denne Maade finde vi, at under Troperne har Hav vandet indtil 500 Favnes Dybde en Middeltæthed $\rho = 0,9978$; indsætte vi denne Værdi i Formlen (59), følger deraf, at Havfladen under Æquatorialegnene maa ligge omtrent $6\frac{1}{2}$ Fod hoiere end Overfladen af Havet i Polaregnene, hvor dets Middeltæthed er = 1. Hvis altsaa ingen andre Kræfter end Tyngden virkede paa Havet, maatte Havets Overflade have et jevnt Fald fra Æquatorialegnene imod Polaregnene af $6\frac{1}{2}$ Fod. Men et saadant Fald af Vandspeilet vilde ikke kunne finde Sted, uden at fremkalde Overfladestrømme fra Æquator imod Polerne; da en Bortstrømning af Vand fra Æquatorialegnene nødvendig maatte medføre en Sænkning af Vandspeilet under Æquator, naar der ikke fandt nogen Tilstrømning Sted, er det klart, at Trykket paa det underliggende Hav derved vilde formindskes saaledes, at dettes Vandmasser maatte komme i Strømning fra begge Polerne imod Æquator, hvorved inden lang Tid et System af Over- og Understrømme, som gjensidigt erstattede hinanden, maatte fremkomme. Under disse Forhold, og saalænge andre Kræfter ikke traadte til, maatte der følgende gaae en varm Overfladestrom fra Æquator imod Polerne langs ad Meridianen, og en kold Understrom fra Polerne imod Æquator, ganske som Maury oprindelig har angivet. Men Forholdene forandres, som vi skulle see, væsentligt paa Grund af andre Kræfter, der indvirke paa Strømførholdene.

Den drivende Kraft, Tyngden, som paa Grund af Havfladens Fald imod Polerne vilde sende en varm Strøm fra Æquator imod Polen langs ad Overfladen i Retning af

Meridianen, modvirkes først og fremmest af Passatvinden, som paa den nordlige Halvkugle, vi her nærmest ville betragte, vedvarende og stadig mellem 10° og 30° Brede blæser fra Nordost til Sydvest. Denne Nordost-Passat tvinger Æquatorialstrømmen til at forlade sin naturlige Retning imod Nord og antage en vestlig Retning langs Nordsiden af Sydamerika hen imod de vestindiske Øer, for derefter gennem det caraibiske Hav og den mexikanske Bugt, hvor Passaten ikke er fremherskende, tilsidst at udtømme sig i Atlanterhavet, Norden for Passatbeltet. Imedens den varme Overfladestrom paa Grund af Passatens Modtryk løber denne lange Vei, for at finde Aflob langs ad Floridastrædet til den nordlige Deel af Atlanterhavet, opstemmes Vandspeilet mere og mere paa Veien henimod det caraibiske Hav, hvor det erholder en saadan Høide, at en Understrom af koldt Vand fra Nord til Syd gennem Floridastrædet sandsynligvis bliver umulig.

Naar vi herefter antage, at Golfstrømmens Løb igennem Floridastrædet, fra Snævringen ved Bemini indtil St. Augustine, fremkaldes derved, at Vandspeilet i den mexikanske Bugt har en højere Stand end Vandspeilet i den Deel af Atlanterhavet, hvori den udstømmer, saa er det indlysende, at vi maae kunne bestemme Lovene for Vandets Bevægelse ved Hjælp af Formlerne (52), (53) og (54), eftersom det er tydeligt, at selv Golfstrømmens store Dybde kan betragtes som lille imod dens Brede.

Betegne vi Golfstrømmens fulde Dybde i Afstanden λ fra Udgangspunktet (Bemini) med H , dens Hastighed ved Bunden af Strømmen med v_0 og dens Hastighed i Overfladen med V , samt bemærkes derhos, efter hvad tidligere er viist, at vi her maa sætte Modstandscoefficienten $m = 0,025$, finde vi Strømmens Bundhastighed $v_0 = 0,566 \cdot V$, og derefter ifølge (53), at Strømhastigheden i Dybden x kan fremstilles ved:

$$v = \left[1 - 0,433 \cdot \left(\frac{x}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \cdot V \dots \dots \dots (60)$$

Indsætte vi dernæst de fundne Værdier for m og v_0 i den sidste af Formlerne (52), hvori u betegner Vandspeilets Fald paa Længden af den gennemløbne Vei, hvilken vi her betegne med λ , saa finde vi for Bevægelsen af det Strømelement, hvis Hastighed er V , at:

$$V \cdot dV = gdu - 0,008 \cdot \frac{V^2 d\lambda}{H},$$

og derefter, idet vi betegne Begyndeshastigheden for $\lambda = 0$ og $u = 0$ med V_0 , at:

$$V^2 = V_0^2 + 2gu - 0,016 \cdot \int \frac{V^2 d\lambda}{H} \dots \dots \dots (61)$$

Hvis Strømdybden H saavel som Strømhastigheden V vare bekendte for ethvert Punkt af Strømmens Bane, eller med andre Ord, hvis H og V begge vare bekendte Functioner af λ , kunde den i (61) antydede Integration udføres og derved Vandspeilets

Fald u bestemmes for et hvilket som helst Punkt af Strømmen, hvis Afstand fra Udgangspunktet er λ .

Vor Kundskab om Golfstrømmens Hastighed er desværre langt fra saa fuldstændig; den indskrænker sig i Reglen til, at vi for nogle Strækninger kunne angive Strømmens omtrentlige Middelhastighed, og for andre dens omtrentlige Hastighed deels ved Begyndelsen deels ved Enden af et givet Interval. Som Følge heraf maae vi indskrænke os til foreløbigt at betragte Strømhastigheden, som jevnt aftagende eller jevnt tiltagende i det Interval, vi ville undersøge. Betegnes Begyndeshastigheden ved V_0 , kunne vi altsaa fra vor Kundskaabs nuværende Standpunkt ikke komme det sande Forhold nærmere end ved at forudsætte, at Strømhastigheden i Afstanden λ fra Begyndelsepunktet kan fremstilles ved:

$$V = V_0 + a \cdot \lambda,$$

hvor a betegner en Constant, som er positiv, negativ eller Nul, alt eftersom Strømhastigheden er voxende, aftagende eller uforandret. Med denne Grad af Tilnærmelse kunne vi tillige skrive:

$$d\lambda = \frac{1}{a} \cdot dV,$$

og ved at indsætte denne Værdi for $d\lambda$ i Formlen (61) samt derefter udføre Integrationen imellem saa snævre Grændser, at Strømdybden H kan betragtes som constant, erholdes:

$$V^2 = V_0^2 + 2gu - 0,00533 \frac{V^3 - V_0^3}{a \cdot H}.$$

Men bemærkes dernæst at:

$$\frac{1}{a} = \frac{\lambda}{V - V_0},$$

saa kan ovenstaaende Ligning for Vandets Bevægelse skrives:

$$u = \frac{V^2 - V_0^2}{2g} + 0,00533 \cdot \frac{V^2 + V V_0 + V_0^2}{2g} \cdot \left(\frac{\lambda}{H} \right), \dots \dots \dots (62)$$

hvoraf Vandspeilets Fald u paa Længden λ kan beregnes.

Betragte vi nu Golfstrømmens Løb igjennem Floridastrædet fra Snævringen ved Bemini indtil St. Augustine, sees det, at Strømmen løber i Retning af Meridianen fra Syd til Nord igjennem en Længde af c. 70 Mil med en Hastighed, som i Middeltal kan anslaaes til 5 Fod pr. Secund. Sætte vi Strømdybden $H = 300$ Favne eller 1800 Fod, hvilket sandsynligviis temmelig nær er rigtigt, finde vi efter Formlen (62), at Golfstrømmens Vandspeil paa den omhandlede Strækning maa have et Fald $u = 6$ Fod. Denne Høide maa derfor betragtes som den mexikanske Havflades Høide over Vandspeilet af Atlanterhavet, Nord for Passaten, paa 30° N.B. Spørge vi dernæst om den Høide til hvilken Vandspeilet i den mexikanske Bugt er hævet over den tidligere omtalte «Maaleflade», hvorunder

Havet vilde indstille sig, naar det overalt havde en Tæthed = 1, saa maae vi søge at bestemme Golfstrommens Vandstandshoide ved 30° N. B., hvor Strømmen passerer forbi St. Augustine. Vi have her uheldigviis ingen umiddelbare lagttagelser over Havvandets Tæthed; men vi kunne næppe feile meget ved at forudsætte, at Golfvandet omtrent har samme Tæthed, som Atlanterhavet Vest for Bermudas paa 32° N. B. og 68° V. L., hvor Havvandets Tæthed (ρ) efter Forchhammer's Undersøgelser er fundet at være $\rho = 0,9969$ i Overfladen og $\rho = 1$ svarende til 3000 Fods Dybde. Gaae vi ud fra at Golfvandet har denne Tæthed, og antage vi endvidere at Tætheden voxer jevnt fra Overfladen indtil 3000 Fods Dybde, maae vi sætte Havvandets Middeltæthed udfor St. Augustine = 0,9985. Indsættes denne Værdi for ρ i Formlen (59), finde vi, at Golfstrommens Vandspeil ved St. Augustine maa ligge omtrent $4\frac{1}{2}$ Fod over den omtalte «Maaleflade»; som en Følge deraf maae vi sætte Vandstandshoiden i den mexikanske Bugt til $10\frac{1}{2}$ Fod over samme Flade.

Golfstrommens Vandstandshoide ved Udlobet i Atlanterhavet lader sig ligeledes, og sandsynligviis med endnu større Nøjagtighed, bestemme ved Hjælp af de nyere Undersøgelser, som den amerikanske Regjering har ladet udføre over Strommens Temperatur i Egnen af Cap Cañaveral, idet vi forudsætte det underliggende Hav i en Dybde af 3000 Fod at være i Ligevægt og dets Tæthed = 1. Ifølge den amerikanske Beretning for Aaret 1860, Plan 19, Fig. 8, kunne vi som Middeltal fremstille Temperaturforholdene ved Cap Cañaveral saaledes:

For Dybder imellem	0—20 Favne	30—50 Favne	70—100 Favne	150—200 Favne	300—400 Favne
Polarstrømmen	25,0° C.	21,6° C.	14,4° C.	13,0° C.	10,0° C.
Golfstrømmen	27,5 -	23,2 -	22,2 -	17,2 -	15,2 -
Atlanterhavet	26,1 -	25,2 -	22,2 -	18,8 -	15,0 -

Naar vi herefter construere 3 Curver, hvis Abscisser ere de observerede Temperaturer og hvis Ordinatorer ere de tilsvarende Middeldybder, finde vi Havvandets Middeltemperatur for hver 100 Fods Dybde at være følgende:

For Dybder i Favne fra . .	0—100	100—200	200—300	300—400	400—500
Polarstrømmen	19° C.	14° C.	12° C.	10° C.	8° C.
Golfstrømmen & Atlanterhavet }	25 -	20 -	17,5 -	15 -	12,5 -

Sættes nu i Overensstemmelse med det tidligere omtalte Havvandets Tæthed i 500 Favnes Dybde = 1, findes ifølge Formlen (58), idet vi indsætte $\rho = 1$ og $\theta = 8^\circ$, at Polarstrømmens Saltholdighed maa være 35,5 pr. Mille, samt at Saltholdigheden for Golfstrømmen og Atlanterhavet, hvori $\theta = 12,5^\circ$, maa være = 36,3 pr. Mille; det kan derved bemærkes, at disse Saltmængder fuldkommen synes at svare til hvad Forchhammer har fundet ved sine Undersøgelser over Søvandet.

Men betragtes disse Mængder af Salt som Middelværdier for Havvandets Saltholdighed, kunne vi let bestemme dettes Tæthed for hver 100 Favnes Dybde ved Hjælp af de ovenfor angivne Temperaturer samt Formlen (58). Udføres Beregningerne, finde vi Vandets Tæthed at være følgende:

For Dybder i Favne fra . .	0—100	100—200	200—300	300—400	400—500	Middeltæthed
Polarstrømmens Tæthed .	0,9980	0,9991	0,9994	0,9998	1,0000	0,9995
Golfstrømmens & Atlanterhavets Tæthed } . .	0,9969	0,9984	0,9990	0,9995	1,0000	0,9988

Indsættes disse Middeltætheder for ρ i Formlen (59), finde vi, at Polarstrømmens Vandstand ved Cap Cañaveral ligger 2,1 Fod over Nul, og at Golfstrømmen og Atlanterhavet ligge 3,6 Fod over «Maalefladen». Den omtrentlige Høide, hvori Havfladen af den mexikanske Bugt herefter maa antages at ligge over «Maalefladen», er' altsaa $9\frac{1}{2}$ Fod.

Nordost-Passaten tvinger altsaa den ækvatoriale Overfladestrom, som, paa Grund af Havvandets mindre Tæthed under Troperne, vilde flyde i en svag, men udbredt Strom fra Æquator imod Polen, til at bevæge sig igjennem det carabiske Hav og den mexikanske Bugt indtil Floridastrædet, hvor den ækvatoriale Strom forvandles fra en svag, udbredt Strom til den overordentlig kraftige, men stærkt indknebnede Golfstrom, der udtømmer sig i det aabne Atlanterhav, Norden for Passatbeltet.

Fandtes der ingen Passatvind, vilde Havfladen under Troperne efter hvad vi have seet ligge $6\frac{1}{2}$ Fod over «Maalefladen»; men ved S. O.-Passatens Tryk paa Havfladen og N. O.-Passatens Modtryk staves Atlanterhavets Vand høiere op i den mexikanske Bugt, omtrent 3 Fod, indtil det Fald af Vandspeilet er tilveiebragt, som er istand til at aflede Vandet imod Nord gjennem Floridastrædet lige saa hurtigt som det tilstrømmer fra Syd. Naar Golfstrømmen har naaet Georgias Kyst, udenfor Beltet af de stadige Passatvinde, kan den lige saalidt som selve Atlanterhavet antages at være opstemmet af Passaten; idet den ankommer paa Høiden af St. Augustine, synes den altsaa alene fremdreven af sin medbragte levende Kraft i Forening med den Virkning af Tyngdekraften, som skyldes Vandspeilets Fald imod Nord paa Grund af Havvandets voxende Tæthed i denne Retning.

Da imidlertid Faldet af Vandspeilet fra St. Augustine indtil Polarhavet kun beløber sig til 3,5 Fod, er det klart af det Foregaaende, at hverken Havets Vægtfyldeforhold og det deraf resulterende Vandspeilsfald, ei heller Strømmens medbragte levende Kraft, vil være i stand til at drive Golfstrømmen frem igjennem den lange Bane, som den beskriver. Fra den 30te Bredegrad maa Golfstrømmen derfor være paavirket af en bevægende Kraft, som vi hidtil ikke have været opmærksomme paa, skjøndt den har en saadan Størrelse, at den udgjør den væsentlige Aarsag til Golfstrømmens Lob fra St. Augustine, langs Kysten af Amerika forbi Newfoundland og videre gjennem Atlanterhavet til Europas Kyster, samt langs disse til det nordlige Iishav. Det synes maaskee umuligt, at en saadan Kraft kan have undgaaet vor Opmærksomhed, og dog forholder det sig saaledes, at vi hidtil have overseet, hvad der sandsynligviis er Hovedaarsagen ikke blot til Golfstrømmens Lob, men til mangfoldige andre store Strømninger baade i Havet og i Luften. Selve Kraften, der fremkalder disse storartede Strømningsforhold, er os ingenlunde ubekjendt, eftersom den, som jeg skal vise, har sin Grund i Jordens daglige Rotation om sin Axe; hvad der derimod, saavidt mig bekjendt, hidindtil har været overseet, er, at denne Kraft nødvendigviis maa virke som en drivende Kraft for alle Strømme, der bevæge sig paa Jordoverfladen. Grunden til at dette ikke er blevet bemærket er aabenbart den, at vor Kundskab til Vandets Strømningsforhold og til Havstrømningerne i Særdeleshed hidtil har været saa ufuldkommen, at det ikke har været muligt at paavise, hvor stor den drivende Kraft for Golfstrømmen nødvendigviis maa være.

At Jordens Rotation maa udøve en mærkelig Indflydelse paa alle Strømme, der bevæge sig fra Syd til Nord eller omvendt, er en bekjendt Sag, der er saa gammel, at den berømte Kepler oprindeligt skal have paaviist Nødvendigheden deraf*). Denne Mening har senere beständig vundet Anerkjendelse, navnlig for Luftstrømningernes Vedkommende, der paa det Fuldstændigste synes at bekræfte Rigtigheden af den Keplerske Fremstilling af Jordrotationens Indflydelse paa Luftstrømmenes Retning. For disses Vedkommende kan det navnlig betragtes som almindeligt erkjendt, at der fra Æqvator gaae Strømme baade mod Nord og mod Syd i de øvre Dele af Atmosfæren, at disse Luftstrømme bevæge sig som Nordvestvinde paa den sydlige Halvkugle og som Sydvestvinde paa den nordlige Halvkugle, fordi de bevægede Luftpartikler under deres Vandring imod Polerne uophørligt have en større Omdreiningshastighed omkring Jordaxen, end de Dele af Jordoverfladen, henover hvilke de strømme. Med Hensyn til Luftstrømningerne staaer det fremdeles fast, at den østlige Retning, hvormed de koldere Luftstrømme, kommende fra Nord og fra Syd ned

*) Geschichte des Golfstroms von I. G. Kohl. Bremen 1868. p. 87.

imod Æquator, fremtræde i Passatbelterne, respective som Nordost- og Sydost-Passat, hidrører derfra, at de bevægede Luftmasser stedse have en mindre Omdreiningshastighed omkring Jordaxen, end de Dele af Jordoverfladen, hvorover de strømme. Herom er der næppe nogen væsentlig Meningsforskjel, men stort mere vide vi heller ikke angaaende Maaden hvorpaa Luftstrømmene bevæge sig. Det er altsaa bekjendt, at disse Luftstrømme bevæge sig i Baner i de nævnte Retninger, men forøvrigt ere vi ikke engang paa det Rene med om Luftstrømmene bevæge sig uden mærkelige Modstande, alene paa Grund af en oprindelig Impuls, — hvilken Mening forskellige Forfattere i den nyere Tid have lagt til Grund for nærmere Betragtninger*).

Med Hensyn paa Havstrømningerne, da erkjendes det vel ogsaa i Almindelighed, at Jordrotationen paa disse maa udøve en Virkning, som er analog med Rotationens Indflydelse paa Luftstrømmene; men forøvrigt staaer det endnu meget mere hen i det Ubestemte ved Havstrømmene end ved Luftstrømmene, hvorledes Virkningen er og hvilken Rolle Rotationen spiller. Som en Folge deraf har der stadigt været deelte Meninger om, hvorvidt det kan antages, at Jordens daglige Rotation virkelig udøver nogen *mærkelig* Indflydelse paa Havets Strømninger, og Meningsforskjellen er endog saa stor, at medens Nogle tillægge Jordrotationen en særdeles stor Indflydelse paa Havstrømmenes Løb, saa gives der Andre, der betragte dens Indflydelse som forsvindende lille.

Efter Kepler have Mænd som Varenius, Alexander Humboldt, Arago, Maury og mange flere, udtalt sig for, at Jordens daglige Rotation maa udøve en væsentlig Indflydelse paa Havstrømmenes Løb, og Maury gjør navnlig opmærksom paa, at ikke blot Golfstrømmens Løb gennem Atlanterhavet indtil Ishavet, men ogsaa Polarstrømmens Løb langs Grønlands Østkyst, Kysterne af Labrador og Newfoundland, saavel som Polarstrømmens videre Fortsættelse langs den amerikanske Østkyst indtil Florida ere talende Vidnesbyrd om, at Jordrotationen udøver lige saa mærkelige Virkninger paa Havets som paa Luftens Strømme. Denne Anskuelse, der ogsaa nutildags i det Hele synes at være den meest almindelige, moder dog nu og da Indsigelser, der kunne synes at være næsten lige saa berettigede som de Grunde, der tale for Jordrotationens Indflydelse. En saadan Indsigelse imod Rotations-Theorien have blandt

*) Dr. Ohlert har saaledes i Pogg. Ann. B. 110. S. 234 søgt at give en Fremstilling af den Bane, som en Luftstrom maa beskrive, naar den bevæger sig uden Modstande med constante Hastigheder baade i Retning af Meridianen og lodret derpaa, og Prof. Mousson har senere i Pogg. Ann. B. 129. S. 652 søgt at give en lignende Fremstilling af Luftstrømmens Bane under lignende Forudsætninger; men da de som søgt forudsætte, at Luftstrømmen bevæger sig frem uden Modstand, ere de nødvendigviis begge urigtige.

Andre tvende østerrigske Soofficerer, Gareis og Becker, udtalt i en Kritik over Maury's Havets physiske Geographi, hvori de bestemt paastaae, at Havstrømmene ikke i nogen mærkelig Grad paavirkes af Jordens Rotation. Forfatterne gjøre nemlig opmærksom paa, at hvis det forholdt sig saaledes, at Havstrømningerne, formedelst Jordens Rotation, i en mærkelig Grad bleve drevne hen i en østlig eller vestlig Retning, eftersom Strømmene lobe fra Æquator imod Polen eller omvendt, maatte saadant ogsaa finde Sted med Skibe, som lobe i samme Retning og med samme Hastighed som Havstrømmene. Forfatterne henvise imidlertid til de Erfaringer, der haves fra de utallige mange Skibe, som have passeret Verdenshavene, uden at nogen saadan Sidebevægelse er bleven iagttagen, og drage deraf den Slutning, at Jordrotationens Indflydelse paa Skibes Bevægelse er for lille til at kunne iagttages; men deraf slutte de videre, at da Skibet saavel som Strømmen løber frit i Havet og begge ere paavirkede af den samme Kraft, maa ogsaa Virkningen blive den samme for Strømmen som for Skibet, eller med andre Ord, da Erfaring viser, at Skibe ikke paavirkes af Jordrotationen i nogen mærkelig Grad, saa maa Rotationens Indflydelse paa Havstrømmens Løb ogsaa være umærkelig.

Blandt andre anseete Forfattere, der ikke troe, at Jordrotationen udøver nogen mærkelig Indflydelse paa Havets Strømninger, skal jeg nævne Franklin og Rennell, der betragtede Golfstrømmens Dreining imod Ost som en Folge af de amerikanske Kysters Beliggenhed. Mere mærkeligt synes det imidlertid at være, at den amerikanske Kystopmaalnings-Bestyrelse, efter de i den nyere Tid foretagne Undersøgelser over Golfstrømmen, heller ikke synes at tilskrive Jordrotationen nogen særdeles stor Indflydelse paa Golfstrømmens Bane. I Beretningen for Aaret 1860, hvori den amerikanske Kystopmaalnings-Bestyrelse har paavist, at Golfstrømmen overalt løber langs med Kysten, udenfor en Linie paa 100 Favne Vand, hvorfra Havbunden skraaner stærkt ned til betydelige Dybder, udtales nemlig, at Bestyrelsen betragter det som det meest sandsynlige, at Golfstrømmens Løb i alle dens Krumninger i alt Væsentligst er bestemt ved Søbundens Form «om ogsaa dens Løb kan være modificeret noget ved andre maaskee mere almindelige Aarsager».

Jeg skal nu gaae over til at vise, ikke blot at Jordrotationen maa udøve en Indflydelse paa Havstrømmenes Bevægelse, men tillige hvilken Indflydelse den nødvendigviis udøver paa alle Strømme saavel som paa ethvert Legeme, som bevæger sig paa Jordoverfladen i en hvilkenksomhelst Bane.

For at vise dette tænkes Jorden fremstillet ved hosstaaende Figur XIII, hvori SN betegner Jordaxen, VOO Jordens Æquator og BMU en Bredecirkel paa Bredegraden θ . Jorden antages at rotere fra V til O om Axen SN , een Gang rundt i 24 Timer eller 86400 Secunder; et hvilket som helst Punkt O af Æquator gennemløber altsaa i denne Tid en Veilængde $= 2\pi R$, idet R betegner Jordradien, hvis Størrelse betragtes som constant for alle Punkter af Overfladen.

Et vilkaarligt Punkt M af Bredecirklen BC vil i samme Tid tilbagelægge Veilængden $2\pi R \cdot \cos \theta$ fra Vest til Øst med en Hastighed $= \frac{2\pi R}{86400} \cdot \cos \theta$ pr. Secund, medens et Punkt

beliggende paa Bredegraden $(\theta + d\theta)$ bevæger sig fra Vest til Øst med en Hastighed:

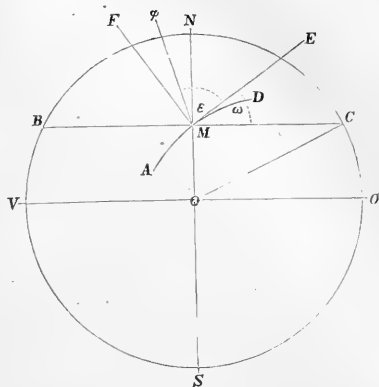
$$\frac{2\pi R}{86400} \cdot \cos(\theta + d\theta) = \frac{2\pi R}{86400} \cdot \cos \theta - \frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \cdot d\theta,$$

hvoraf ligefrem følger, at formedelst Jordrotationen bevæger et Punkt, som befinder sig paa Bredegraden θ , sig med en Hastighed fra Vest til Øst, der overskrider Hastigheden paa Bredegraden $(\theta + d\theta)$ med Størrelsen $\frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \cdot d\theta$.

Men heraf fremgaaer videre, at dersom vi tænke os en materiel Deel, f. Ex. en Deel af en Vandstrøm, løbende langs ad Meridianen ON i en bestemt begrændset Canal saaledes, at den ankommer i Punktet M , paa Bredegraden θ , efter Forløbet af Tiden t og derpaa efter Forløbet af Tideelementet dt ankommer paa Bredegraden $(\theta + d\theta)$, saa maaden omhandlede materielle Deel paa Grund af Jordrotationen bevæge sig paa samme Maade, som naar Jorden var stillestaaende og bemeldte materielle Deel i Tideelementet dt beholdt en Hastighedstilvæxt fra Vest til Øst $= \frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \cdot d\theta$, eller, hvad der er det samme, som om meer bemeldte Deel var paavirket fra Vest til Øst af en drivende Kraft, der kan fremstilles ved: $\frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \frac{d\theta}{dt}$.

I det foreliggende Tilfælde, hvor den betragtede materielle Deel er tvungen til at bevæge sig fra Syd til Nord i den givne Canal, er det aabenbart, at Kraften $\frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \cdot \frac{d\theta}{dt}$,

Fig. XIII.



som virker lodret paa Banen fra Vest til Øst, holdes i Ligevægt af Banens Reaction, som vi ville betegne med N , og at under de givne Forhold er:

$$N = \frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \cdot \frac{d\theta}{dt}.$$

Men dersom vi i det betragtede Tilfælde betegner den materielle Deels Hastighed langs ad den betragtede Canal ved v , saa er det klart at:

$$R \frac{d\theta}{dt} = v,$$

og at ovenstaaende Ligning som en Følge deraf kan skrives:

$$N = \frac{2\pi}{86400} \cdot \sin \theta \cdot v = \frac{\sin \theta \cdot v}{13750}.$$

Antages at den betragtede materielle Deel er et Element af en Vandstrøm, som bevæger sig i en begrændset Canal langs ad Meridianen, er det aabenbart, at Ligevægt tværs paa Strømmen kun kan finde Sted, naar Strømmens Vandspeil fra Øst til Vest har et Fald h paa en Brede af Strømmen = l , der tilfredsstiller Ligningen:

$$g \frac{h}{l} = \frac{\sin \theta \cdot v}{13750} \dots \dots \dots (63)$$

Denne Ligning viser, at Vandspeilets Fald fra Øst til Vest voxer med Sinus af Stedets Bredegrad, med Strømhastigheden v og med Strømmens Brede l .

At Strømmens Vandspeil maa indtage samme Fald enten Strømmen bevæger sig i en fast Canal eller løber frit i Havet, naar den følger samme Bane, er naturligvis en Selvfølge.

Ved Hjælp af Formlen (63) skal jeg først søge at vise, at den Erfaring, som de østerrigske Soofficerer Gareis og Becker fremhæve som en Indvending imod Rotations-theorien, nemlig at Skibe under Seiladsen ikke paavirkes i nogen mærkelig Grad af Rotationen, er saa langt fra at staa i Strid med Theorien, at den tværtimod fuldstændigt stemmer overeens dermed. For at vise dette bemærkes foreløbigt, at Skibets Vægt er ligestor med Vægten af den Vandmasse, som Skibet uddriver, og at Rotationen netop paavirker Skibet med en Kraft, der er ligestor med den, hvormed den vilde paavirke den uddrevne Vandmasse, hvis denne indtog Skibets Plads og bevægede sig med samme Fart, som Skibet. Til at forhindre en Sidebevægelse af Skibet hører derfor samme Kraft, som til at forhindre Sidebevægelsen af den uddrevne Vandmasse, og denne sidste Kraft kan bestemmes ifølge (63). Efter denne Formel kan man nemlig let bestemme det Fald h , som Vandspeilet maa have fra Øst til Vest paa Skibets Brede l , naar dette Fald skal forhindre en Sidebevægelse af den bevægede Vandmasse, som løber med Hastigheden v Nord hen over Bredegraden θ . Antages, at Skibet har en Brede af 60 Fod, en Hastighed af 12 Mil i Vægten eller 20 Fod pr. Sec., samt sættes $\theta = 60^\circ$ og $\sin \theta = 0,87$, findes, det at Vandstanden paa Skibets

østlige Side maa staae i Hoiden $h = 0,0025$ Fod over Vandstanden paa Skibets vestlige Side, for at Ligevægt skal være tilstede, lodret paa Skibets Cours. Den Kraft hvormed Jordens Rotation stræber at sætte Skibet ud af Cours, svarer altsaa her til Trykket af en Vandcolonne af $\frac{1}{3}$ Decimallinies Hoide, hvorfor det er let at forstaae, at det hidindtil har været umuligt at spore nogen Afvigelse fra den sande Cours paa Grund af den her omhandlede Kraft, som jeg for Kortheeds Skyld vil kalde Jordens Rotationskraft.

Ved Hjælp af Formlen (63) kunne vi dernæst søge at bestemme Størrelsen af det Fald, lodret paa Strømretningen, som Golfstrømmens Vandspeil maa have i Floridatrædet i det Punkt, hvor den passerer Snævringen ved Bemini. Paa dette Punkt af Banen, hvor Strømmens Brede $l = 192000$ Fod, hvor dens Hastighed $v = 6\frac{2}{3}$ Fod, samt hver $\theta = 25\frac{1}{2}^\circ$ N. B., findes efter Formlen (63), at Golfstrømmens Vandspeil har et Fald fra Ost til Vest af Størrelsen $h = 1\frac{1}{3}$ Fod; i denne Hoide maa altsaa Golfstrømmens østlige Rand være beliggende over dens vestlige i Snævringen ved Bemini.

Betragt vi dernæst en Vandstrøm, som løber i Retning af Meridianen fra Polen til Æquator, sees det let, at Rotationshastigheden for enhver Deel, som i Tideelementet dt gaar over fra Bredegraden θ til Bredegraden $(\theta - d\theta)$ maa fremtræde med en negativ eller vestlig Tilvæxt $= -\frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin\theta d\theta$, der viser, at Jordrotationens Indflydelse paa Strømforsholdene i dette Tilfælde maa være den samme, som den, der vilde fremtræde, naar Jorden var stillestaaende og Strømmen fra Vest til Ost var paavirket af en accelererende eller drivende Kraft, som kan fremstilles ved:

$$-\frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin\theta \frac{d\theta}{dt} = -\frac{2\pi}{86400} \cdot \sin\theta \cdot v.$$

Men tænke vi os nu, at Strømmen, paavirket af denne Kraft fra Vest til Ost, vedbliver at følge Meridianen, maa den nødvendigviis fra Ost til Vest være paavirket af en Modkraft $g\frac{h}{l}$, som tilfredsstiller Ligningen:

$$g\frac{h}{l} = -\frac{\sin\theta \cdot v}{13750},$$

som viser, at i nærværende Tilfælde er Vandspeilsfaldet h fra Ost til Vest negativt; det vil sige, Strømmens Vandspeil maa under disse Forhold, hvor den bevæger sig langs ad Meridianen, have en Stigning fra Ost til Vest. En Sammenligning mellem den her fremstillede Formel og Formlen (63) vil dernæst vise, at for Strømme, som bevæge sig med samme Hastighed i Retning af Meridianen, indstiller Strømmens Vandspeil, for samme Bredegrad θ , sig noigtigt med det samme Fald lodret paa Strømretningen, enten den løber fra Polen til Æquator eller fra Æquator til Polen, alene med den Forskjel, at Vandspeilsfaldene i de to Tilfælde gaae i modsatte Retninger, saaledes, at for Strømme fra Æquator til Polen

gaaer Faldet fra Øst til Vest, medens det gaaer fra Vest til Øst for Strømme fra Polen til Æquator.

Efter disse foreløbige Bemærkninger, der nærmest ere anførte til Orientering, ville vi antage, at Havet paa den ene af Jordklodens Halvkugler, t. Ex. den nordlige, gjennemstrømmes af en permanent Overfladestrøm AMD , hvis Strømningsretning i Punktet M paa Bredegraden θ danner Vinklen $EMC = \omega$ med den østlige Deel af den betragtede Bredecirkel BC , der er parallel med Æquator. Betragte vi et givet Strømelement, som ligger i en hvilkensomhelst Dybde x under Vandspeilet, og betegnes dets Strømhastighed med v , samt bemærke vi, at de samme Vanddele, som efter Forløbet af Tiden t ankomme paa Bredegraden θ , og senere efter Tidselementet dt ankomme paa Bredegraden $(\theta + d\theta)$, paa Grund af Rotationen ville fremtræde med en Hastighedstilvæxt fra Vest til Øst i Tidselementet dt , som, da Dybden x stedse er forsvindende lille imod Jordradien R , kan fremstilles ved:

$$\frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \cdot d\theta,$$

saa maa det ogsaa erkjendes, at Vandstrømmen formedelst Jordrotationen bevæger sig paa samme Maade i det betragtede Punkt, som Tilfældet vilde være, hvis Jorden var stillestaaende, og Vandet fra Vest til Øst var paavirket af en drivende Kraft

$$\psi = \frac{2\pi R}{86400} \cdot \sin \theta \cdot \frac{d\theta}{dt} \dots \dots \dots (64)$$

Men betegne vi fremdeles Strømmens Hastighed efter Banen med v , og bemærke vi derhos, at Strømhastigheden efter Meridianen kan fremstilles ved:

$$R \frac{d\theta}{dt} = \sin \omega \cdot v,$$

saa vil det tillige være klart, at Formlen (64) ogsaa kan skrives:

$$\psi = \frac{\sin \theta \cdot \sin \omega \cdot v}{13750} \dots \dots \dots (65)$$

Paa Grund heraf kunne vi aldeles see bort fra Jordrotationen og betragte Jorden, som det sædvanligt skeer, som fuldkommen stillestaaende, naar vi til de almindelige accelererende Kræfter, som paavirke Strømmen i det betragtede Punkt M af Banen, føie Kraften ψ , virkende fra Vest til Øst.

Opløse vi Rotationskraften ψ , deels efter Banens Retning ME og deels lodret derpaa, erholde vi Kræfterne:

$$\psi \cos \omega \text{ og } \psi \sin \omega,$$

og naar det dernæst antages, at φ betegner Resultanten af alle de andre Kræfter, som paavirke Strømmen i det betragtede Punkt M , samt at denne Resultant danner Vinklen

$\varphi MC = (\omega + \varepsilon)$ med den betragtede Bredecirkels østlige Deel, bliver den nødvendige Betingelse for at Bevægelsen foregaaer i Retningen ME , at fremstille saaledes:

$$\varphi \cdot \sin \varepsilon = \psi \cdot \sin \omega \dots \dots \dots (66)$$

og den drivende Kraft, som paavirker Strømmen i Retning af Banen, at fremstille ved:

$$\varphi \cos \varepsilon + \psi \cos \omega.$$

Betragt vi dernæst Strømmen som havende et rectangulært Tværsnit, saa kan den Reaction, som det betragtede Strømelement i Dybden x under Overfladen er underkastet, fremstilles ved $\mu \cdot \frac{d\left(\frac{dv}{dx}\right)^2}{dx}$ for Eenhed af Masse, og Ligningen for det omhandlede Strømelements Bevægelse altsaa fremstilles saaledes:

$$\frac{dv}{dt} = \varphi \cos \varepsilon + \psi \cos \omega - \mu \cdot \frac{d\left(\frac{dv}{dx}\right)^2}{dx} \dots \dots \dots (67)$$

Vi have her fremstillet Formlerne (66) og (67) ved at betragte ω som en Vinkel i 1ste Quadrant; men det er let at overbevise sig om, at disse Formler ere almindeligt gjældende, hvilken Værdi vi end tillægger ω eller hvorledes Strømmen end løber paa den betragtede nordlige Halvkugle. Det lader sig fremdeles let paavise, at disse Formler ogsaa gjælde for alle Strømme, som bevæge sig paa den sydlige Halvkugle, naar vi for denne Deel af Kloden betragte Bredegraden θ som negativ i Modsætning til positive Bredegrader, der svare til den nordlige Halvkugle. For at bevise dette behøver man nemlig blot at bemærke, at Strømforholdene paa den sydlige Halvkugle maae være aldeles overensstemmende med Strømforholdene paa den nordlige Halvkugle for samme Bredegrad (θ) og samme Hastighed (v), naar Strømmens Retningsvinkel (ω), som Banen danner med Æquators Plan, er den samme for begge Halvkugler. Betingelsen for at Formlerne (66) og (67) ere almindeligt gjældende er derfor den, at bemeldte Formler forblive uforandrede, naar Vinklerne θ , ω og $(\omega + \varepsilon)$ forandres til $-\theta$, $-\omega$ og $-(\omega + \varepsilon)$; da dette viser sig at finde Sted, maae Formlerne aabenbart gjælde for ethvert Punkt af Jordoverfladen og for en hvilken-somhelst Retning, hvori Bevægelsen maatte foregaae.

Hvad Kraften φ angaaer, da ville vi betragte den som hidrørende fra, at Vandspeilet har et Fald i den ved Vinklen $(\omega + \varepsilon)$ bestemte Retning, og endvidere antage, at denne Kraft har sin Aarsag i, at Strømmens Vandspeil deels har et Fald du paa Længden $d\lambda$, efter Banens Retning ME , som er bestemt ved Vinklen ω , deels et Fald h paa Længden l , lodret paa Strømretningen, efter Linien MF . — I Tilfælde af, at Kraften φ har en anden Oprindelse, som for Exempel naar denne Kraft heelt eller tildeels hidrører fra Vindens Tryk paa Havfladen, saa repræsenteres Trykket ved Størrelsen af det Vandspeilsfald, vi her betragte.

Vi sætte altsaa:

$$q \cdot \cos \varepsilon = g \cdot \frac{du}{d\lambda} \quad \text{og} \quad q \sin \varepsilon = g \cdot \frac{h}{l} \dots \dots \dots (68)$$

og finde deraf:

$$q = g \cdot \sqrt{\left(\frac{du}{d\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{l}\right)^2} \quad \text{og} \quad \lg \varepsilon = \frac{h}{l} \cdot \frac{d\lambda}{du}, \dots \dots \dots (69)$$

hvoraf Størrelserne q og ε lade sig bestemme, naar $\frac{du}{d\lambda}$ og $\frac{h}{l}$ ere bekjendte.

Naar Værdierne for ψ , $q \cdot \sin \varepsilon$ og $q \cos \varepsilon$ indføres i Formlerne (66) og (67) ifølge Formlerne (65) og (68), erholdes følgende almindeligt gyldige Ligninger for Vandets Bevægelse i Havets Strømme:

$$\left. \begin{aligned} g \cdot \frac{h}{l} &= \frac{\sin \theta \cdot \sin^2 \omega \cdot v}{13750} \quad \text{og} \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{\sin \theta \cdot \sin \omega \cdot \cos \omega \cdot v}{13750} + g \cdot \frac{du}{d\lambda} - \mu \cdot \frac{d\left(\frac{dv}{dx}\right)^2}{dx} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (70)$$

Foreløbigt ville vi nu tænke os, at Vandspeilsfaldet i Strømmens Retning er Nul eller at $\frac{du}{d\lambda} = 0$, og at den betragtede Strøm altsaa alene er paavirket af Jordens Rotationskraft. Lad os under denne Forudsætning betragte et Punkt paa den nordlige Halvkugle, hvis Bredegrad er θ og for dette søge at udfinde, hvorledes Strømførholdene ville stille sig, eftersom Strømmen har forskjellig Retning. Til den Hensigt kunne vi passende skjelne mellem følgende 8 mulige Tilfælde:

1. Gaaer Strømmen ret Øster hen, da er $\omega = 0$; den drivende Kraft altsaa Nul, og tilmed er Vandspeilsfaldet $\left(\frac{h}{l}\right)$ fra Nord til Syd Nul.
2. Gaaer Strømmen Nord-Øst*) hen, da er $0 < \omega < \frac{\pi}{2}$; den drivende Kraft er altsaa positiv, og Vandspeilet har Fald imod Nord—Vest, lodret paa Strømmen.
3. Gaaer Strømmen ret Nord hen, da er $\omega = \frac{\pi}{2}$; den drivende Kraft er altsaa Nul, og Vandspeilsfaldet $\frac{h}{l}$, som gaaer fra Ost til Vest, er et Maximum.
4. Gaaer Strømmen Nord-Vest hen, saa er $\frac{\pi}{2} < \omega < \pi$; den drivende Kraft er altsaa negativ, og Strømmen har Fald imod Syd—Vest, lodret paa Strømretningen.
5. Gaaer Strømmen ret Vest hen, da er $\omega = \pi$, hvoraf følger, at baade den drivende Kraft og Vandspeilets Fald, lodret paa Strømretningen, er Nul.

*) Nord-Øst betegner en hvilkensomhelst Retning mellem Nord og Øst.

6. Gaaer Strømmen Syd-Vest hen, saa er $\pi < \omega < \frac{3}{2}\pi$; den drivende Kraft er følgelig positiv, og Vandspeilsfaldet, lodret paa Strømretningen, gaaer imod Syd—Øst.
7. Gaaer Strømmen ret Syd hen, saa er $\omega = \frac{3}{2}\pi$; den drivende Kraft er altsaa Nul; men Vandspeilsfaldet, lodret paa Strømretningen, gaaer fra Vest til Øst og er et Maximum.
8. Antages endelig, at Strømmen gaaer Syd-Øst hen, saa er $\frac{3}{2}\pi < \omega < 2\pi$; den drivende Kraft er altsaa negativ, og Strømmens Fald, lodret paa Strømretningen, gaaer imod Nord—Øst.

Er Vandspeilets Fald i Strømmens Retning $\left(\frac{du}{d\lambda}\right)$ ikke Nul, maae vi til Størrelsen af den saaledes betragtede Kraft, der har sin Grund i Jordrotationen, føie Kraften $g \cdot \frac{du}{d\lambda}$. Den udkomne Sum er da den hele drivende Kraft. Betragtes i dette Tilfælde det lodret paa Strømretningen stedfindende Vandspeilsfald, sees dette at være fuldstændigt uafhængigt af, om Strømmen har Fald i Retning af Banen eller ei, naar kun Strømmens Hastighed og Banens Retning forblive uforandrede.

Af det saaledes Anførte er det indlysende, at enhver Strom, som bevæger sig paa den nordlige Halvkugle, stedse har Fald lodret paa Strømretningen fra Høire til Venstre, og at dette Fald under iøvrigt lige Forhold er et Maximum for Strømme, der bevæge sig i Retning af Meridianen, og et Minimum (nemlig Nul) for Strømme, der løbe i Retning af en Bredecirkel.

Ville vi nu anvende det ovenfor Udviklede paa de i det nordlige Atlanterhav stedfindende Strømforhold, som i det Foregaaende ere blevne nærmere beskrevne, saa komme vi ved en meget simpel Betragtning af de stedfindende Forhold til følgende mærkelige Resultater.

Først maa det erindres, at Æquatorialstrømmen efter at være indtraadt i det caribiske Hav løber nordvestlig hen indtil Yucatanstrædet, hvoraf ligefrem følger, at da $\frac{\pi}{2} < \omega < \pi$, saa er Strømmens Vandspeil stigende fra Venstre til Høire, samt den drivende Kraft, der hidrører fra Jordrotationen, negativ. Jordrotationen holder altsaa Strømmen opstemmet imod de vestindiske Øer og modvirker desuden dens Løb gennem hele det caribiske Hav; men da den desuagtet løber Nord—Vest hen, maa den enten have et Fald (u) i denne Retning, som formaar at overvinde alle Modstande, eller ogsaa maa Strømmen drives frem af Passaten i den omhandlede Retning indtil Yucatanstrædet med en tilsvarende Kraft. Efter at den har passeret Cap St. Antonio paa Vestsiden af Øen Cuba, imod hvilken Ø den holdes opstemmet af Jordens Rotationskraft, drives den af denne Kraft hen i O. N. O. Retning, langs Nordsiden af Cuba, imod hvilken den bestandigt holdes opstemmet af Jordrotationen. — Den tidligere Mening, hvorefter Havstrømmen skulde følge Fastlandet i nordvestlig

Retning op i den mexikanske Bugt for derefter igjen at gaae tilbage i sydostlig Retning ned imod Havana, synes at have mindre Sandsynlighed for sig, eftersom Strømmen, hvis den virkelig fulgte denne Vei, vilde være modvirket af Jordrotationen baade i dens Løb imod N. V. og senere i dens Lob imod S. O. Finder en saadan Bevægelse alligevel Sted, saa vil det være meest sandsynligt, at Passaten stryger langs Fastlandet op imod N. V. og fremkalder en Opstemning af Vandet i den nordlige Deel af den mexikanske Bugt saaledes, at Vandspeilet derved erholder det Fald ned imod Tortugas, som er nødvendigt til at føre Strømmen S. O. hen imod Havana. Jeg skal herved bemærke, at ifølge Maury's «The physical geography of the sea», er Vindretningen i det caraibiske Hav, saavel som i den vestlige Deel af den mexikanske Bugt, hovedsageligt Sydost og Ost, hvilket derfor synes at bekræfte Rigtigheden af det Sidstanførte, samt at tale for, at en Deel af Strømmen muligviis gjennemløber det omtalte Kredsløb. — Langs Nordsiden af Cuba løber Strømmen som sagt O. N. O. hen og drives altsaa frem i denne Retning imod Bahama-Øerne af Jordens Rotationskraft samtidig med, at Vandspeilsfladen holdes opstemmet imod Cuba. Men naar Strømmen har passeret Halvøen Florida, da er der spærret for dens videre Løb imod Øst af Bahama-Øerne, medens en Udvei imellem denne Øgruppe og Halvøen Florida aabner sig imod Nord. Ad denne Vei bryder Golfstrømmen derfor frem, under en Opstemning af Vandspeilet imod de lavtliggende, af Havet opskyllede Bahama-Oer*). Igjennem Floridastrædet drives Golfstrømmen alene frem af den ved Vandspeilets Fald fremkaldte Virkning af Tyngdekraften; thi den fra Jordrotationen hidrørende Kraft er Nul, da $\omega = \frac{\pi}{2}$. Fra Snævringen ved Bemini, hvor Strømmen har en Brede af 32 Quartmiil og en Middelhastighed af $6\frac{2}{3}$ Fod pr. Sec., indtil Georgias Kyst paa 30° N. B. udfør St. Augustine, hvor Strømmen har en Brede af 47 Quartmiil, samt en Middelhastighed af c. 4 Fod pr. Sec., løber Golfstrømmen lige imod Nord. Paa hele denne Strækning viser det sig, ifølge den 1ste Formel (70), der kan skrives saaledes:

$$\frac{h}{l} = 0,000\ 002\ 327 \cdot \sin \theta \cdot \sin^2 \omega \cdot v, \dots \dots \dots (71)$$

at Vandspeilet maa have en Stigning fra Venstre til Hoire af omtrent 1,3 Fod paa Strømmens Brede.

*) Rennell henleder pag. 197 i sit Værk Opmærksomheden paa den eiendommelige Form, Beliggenhed og Beskaffenhed af de Oer, Skrenter og Banker, som danne denne Øgruppe. Den almindelige Form af disse Oer, deres gjensidige Beliggenhed, deres tallose Linier af lave Sandbanker og grundt Vand, hvormed de ere forbundne, siger han, har en stor Lighed med de Banker af Sand og Gruus, som danne sig i Flodmundingerne, og disse Ødannelser kunne kun hidrøre fra en kraftig Strom. Efter hans Mening synes Forholdene derfor at henpege paa, at Golfstrømmen engang i længst forsvundne Tider har havt sit Løb ud i Atlanterhavet igjennem Bahamas østlige Canaler, men at den fra Tid til anden maa have forandret sig ved Tilstopninger og nye Gjennembrud.

Paa Strækningen fra St. Augustine forbi Charleston og Cap Hatteras indtil Sandy Hook løber Golfstrømmen omtrent N. O. hen; den drives altsaa frem af Jordrotationen paa hele denne Strækning, der har en Længde af omtrent 180 Miil, under et Vandspeil, som har Fald fra Hoire til Venstre.

Sætte vi respective for Charleston, Cap Hatteras og Sandy Hook:

Golfstrømmens Brede $l =$	67	117	127	Quartmiil,
dens Strømhastighed $v =$	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	Fod
og Stedets Bredegrad $\theta =$	32	35	38	Grader,

samt Strømmens Retningsvinkel $\omega = 45^\circ$, saa finde vi, at Golfstrømmens østlige Rand maa ligge over dens vestlige Rand respective i følgende Hoider: ved Charleston $h = 0,9$, ved Cap Hatteras $h = 1,3$, ved Sandy Hook $h = 1,2$ Fod.

Paa Strækningen fra Sandy Hook indtil Newfoundland's Banke, hvilken Strækning har en Længde af 250 Miil, drives Golfstrømmen frem af Rotationskraften i O. N. O. Retning under en Vinkel $\omega = c. 20^\circ$. Strømmen udvides paa denne Vei indtil c. 80 Miil, medens Hastigheden aftager indtil c. 2 Fod pr. Sec., og naar vi som Middeltal sætte Bredegraden θ , hvorpaa Strømmen bevæger sig, $= 44^\circ$, saa finde vi ifølge (71), at Golfstrømmens sydøstlige Rand omtrent maa ligge i en Hoide af $h = 0,8$ Fod over dens nordvestlige Rand ved Newfoundland. Herved skal jeg dog udtrykkelig bemærke, at da vi hverken kjende Bredden eller Middelhastigheden af Golfstrømmen noie, ere de angivne Vandspeilsfald kun at betragte som omtrentlige Størrelser.

Betragte vi det videre Løb af Golfstrømmen, som dette er angivet af Berghaus paa hans Verdenskort, saa vil det sees, at fra den 45de Længdegrad spreder Strømmen sig mere og mere, indtil den tilsidst deler sig saaledes, at en Deel løber mod Ost og Sydost, medens en anden Deel vedbliver at bevæge sig frem i nordøstlig Retning. For den Deel af Golfstrømmen, som vedbliver at bevæge sig i nordøstlig Retning, vedbliver ogsaa Jordens Rotationskraft at drive Strømmen frem under et Vandspeil, som, lodret paa Strømretningen, stiger fra Venstre til Hoire. Den Deel af Strømmen, som løber ret Øster hen, er derimod upaavirket af Jordrotationen, og dens Vandspeil horizontalt i Retning lodret paa Strømretningen. For den Deel af Golfstrømmen, som løber Sydost hen, er den drivende Kraft, som hidrører fra Jordrotationen, negativ og modvirker altsaa ligefrem Strømmen i dens Løb, som forøvrigt foregaaer under et Vandspeil, der stiger fra Venstre til Hoire. Saavel den Deel af Strømmen, som løber ret Øster hen, som den, der bevæger sig imod Sydost, maa derfor have et Fald i Strømmens Retning, som kan overvinde de stedfindende Modstande mod Bevægelsen og drive den sydligste Deel af Golfstrømmen fra Egnen af de azoriske Øer ned imod den afrikanske Kyst, indtil N. O.-Passaten griber ind. Ved Passatens Tryk paa Havfladen opstemmes Vandet i det nordlige Atlanterhav imod de Vandmasser, som S. O.-Passaten søger at sende derop fra den sydlige Halvkugle, og sam-

tidigt hermed driver Passaten i Forening med Jordrotationen de Vandmasser, som Golfstrømmen sender ned imod den afrikanske Kyst, videre frem imod det caribiske Hav. Paa den Deel af Golfstrømmen, som følger Storbritanniens Kyster op imod Island og som derefter fortsætter Veien langs Norges Vestkyst heelt op forbi Nordcap, virker bestandigt Jordens Rotationskraft fremad som drivende Kraft samtidigt med, at den opstemmer Vandspeilet imod de nævnte Kyster, hvilke aabenbart forhindre Strømmen fra at antage et mere østligt Lob. Hvor disse Landes Modstande forsvinde, navnlig ved Nordspidserne af Skotland og Norge, sees Golfstrømmen at antage den mere østlige Retning.

Ved dernæst paa en lignende Maade at betragte den store isforende Strøm, som fra Spidsbergen løber ned imod Sydvest langs Grønlands sydøstlige Kyst, viser det sig, at ogsaa denne Strøm drives frem af Jordens Rotationskraft, der samtidigt holder dens Vandspeil opstemmet imod den grønlandske Kyst, som ved sin Modstand forhindrer Strømmen fra at følge en mere vestlig Bane. Men i det Øieblik den østgrønlandske Strøm har passeret Sydspidsen af Grønland, forsvinder den Modstand, som tvang bemeldte Polarstrøm til at følge den sydvestlige Retning, og da Vandspeilet i Davisstrædet kun har et svagt Fald ned imod Atlanterhavet, maa Opstemningen imod Grønlands Østkyst foranledige, at Polarstrømmen passerer Cap Farvel under en høiere Vandspeilsstand end Vandet i Davisstrædet indtager. Paa denne Maade faaer Strømmen Fald fra Sydspidsen af Grønland et Stykke op i Havbugten Vest for Grønland, og drevet af Tyngdekraften formedelst Faldet bevæger Polarstrømmen sig vestlig og nordvestlig op i Bugten langs den grønlandske Vestkyst, imod hvilken Jordrotationen opstemmer Vandet. Men efterhaanden som den vestgrønlandske Polarstrøm kommer høiere op i Baffinsbugten, møder den et høiere liggende Vandspeil, som tilsidst noder den til at antage en vestlig og sydvestlig Retning over imod Kysten af Labrador. Fra det Øieblik dens Vandmasser have forladt den grønlandske Vestkyst indtil de nærme sig til Kysten af Labrador, hvor Vandspeilet har Fald imod Atlanterhavet i sydøstlig Retning, blive de paa Grund af dette Fald drevne af Tyngdekraften, langs Kysterne af Labrador, ned imod Atlanterhavet i Forening med de Vandmasser, som strømme ned fra den nordligere Deel af Baffinsbugten. At den nedadgaende Strøm følger Labradorkysterne, har atter sin Grund i Jordens Rotationskraft, som holder den opstemmet imod Kysten af Labrador ligesom den i Baffinsbugten holder den opadgaende Polarstrøm opstemmet imod den grønlandske Kyst. Under den Opstemning af Vandspeilet, som den store Polarstrøm er underkastet paa sin Vei langs Kysterne af Labrador og Newfoundland, sender Polarstrømmen en Green igjennem Strædet ved Belleisle ind i St. Lorenzbugten, hvorfra det løber bort imod Syd i Forbindelse med de store Masser af fersk Vand, som Lorenzfloden fører ud i Havet. Naar Polarstrømmen har naaet Østsiden af Newfoundland, løber den Syd paa formedelst et Fald i denne Retning af Vandspeilet, og holdes samtidigt stærkt opstemmet imod Land; men i det Øieblik, da den har passeret Cap Race, forsvinder

pludselig den Modstand, som Landet frembød, og fra dette Oieblik sættes Strommen i Bevægelse Sydvest hen langs Land paa samme Maade, som ved Cap Farvel. Betragte vi nu denne Polarstrøm, som vedbliver at løbe Sydvest hen og som efterhaanden optager de Vandmasser, som tilstrømme fra St. Lorenzbugten og flere andre Udlob langs den amerikanske Kyst, vil det være klart, baade at denne Strom drives frem af Jordens Rotationskraft og at dens Vandspeil af samme Kraft holdes opstemmet imod Land fra Venstre til Høire. Polarstrømmen, der løber imod Sydvest, Side om Side med Golfstrømmen, har altsaa et Fald af Vandspeilet ned imod Golfstrømmen, medens denne, som vi i det Foregaaende have seet, har et Fald af Vandspeilet ned imod Polarstrømmen. Begge disse Havstrømme drives altsaa frem i modsatte Retninger af Jordens Rotationskraft, og under denne Bevægelse danne deres Vandspeilsflader en lille Kloft, hvis Sideflader dog kun have en meget svag Stigning til begge Sider af Berøringsfladen mellem de to Strømme. Under sit Løb fra Newfoundland langs de forenede Staters Kyster aftager Polarstrømmen bestandigt i Størrelse indtil Florida, hvor den synes at forsvinde. Ifølge Berghaus' Angivelse kan man sætte Polarstrømmens Brede ved Newfoundland = 50 Miil, dens Hastighed sammesteds = 1,8 Fod pr. Sec., medens man for Cap Hatteras, hvor Hastigheden sandsynligviis ikke overstiger 0,9 Fod pr. Sec., næppe kan sætte Strømmens Brede til mere end $7\frac{1}{2}$ Miil.

Den Hoide, hvortil Jordrotationen opstemmer Polarstrømmens Vandspeil imod Land paa Strækningen fra Newfoundland indtil Florida, er forskjellig og retter sig efter Strømmens Brede og Hastighed. Den er størst ved Newfoundland, hvor den beløber sig til omtrent $\frac{1}{2}$ Fod; men derfra aftager Opstemningen imod Syd saaledes, at den allerede ved Cap Hatteras kun er ganske lille. Polarstrømmen holdes altsaa opstemmet imod Land af Jordens Rotationskraft, der tvinger Strømmen til at følge Østkysten af Amerika i alle dens Bugter fra Nord til Syd; men Golfstrømmen, som løber frit i Havet fra Bahama-Øerne indtil Newfoundland, — hvorimod holdes den opstemmet? hvilken er den Kraft, som tvinger denne Strom til at følge Polarstrømmen i alle dens Bugter fra Syd til Nord istedetfor frit at følge den mere østlige Bane, som Jordrotationen bestandigt stræber at give den? Det er naturligviis den Kraft, som fremkaldes af Tyngden derved, at Golfstrømmens Vandspeil har et Fald ned imod Polarstrømmen, lodret paa Stromretningen, og om hvilken vi have seet, at den netop er stor nok til at holde Ligevægt med Rotationskraften. Men hvorfra hidrører da dette Vandspeilsfald?

I den af den amerikanske Kystopmaalnings Bestyrelse afgivne Beretning for Aaret 1860 er det antydet, at Golfstrømmens Bane i det Væsentlige er bestemt ved Havbundens Form; men denne Mening kan umuligt være den rigtige, da Havbunden i det Hele taget ligger betydeligt dybere end Golfstrømmens Bund, og da Havbunden tilmed sænker sig meget stærkt imod Ost, hvorved dens Indflydelse, — hvis den virkelig udøvede nogen

Virkning paa Golfstrømmens Løb, — maatte aftage, naar Strommen antog en ostligere Retning end Tilfældet er. Igjennem Floridastrædet, indtil Golfstrømmen har passeret Grundene ved Bahama-Oerne, er det aabenbart Havbunden, eller rettere Landdannelserne imod Ost, som tvinge Strommen til at løbe Nord paa. Efter at Golfstrømmen har passeret disse Grunde, begynder den strax at vise Spor til deelviis at antage en ostlig Retning; men Grunden til at Afgangen imod Ost, i lang Tid efterat Strommen har passeret Bahama-Grundene vedbliver at være saa ubetydelig, kan ikke tilskrives Havbundens Form, da denne ligger langt dybere end Golfstrømmens Bund; Afgangen imod Øst har derimod sin Aarsag i heelt andre Forhold, som jeg nu skal søge at vise.

At Golfstrømmen under sit videre Løb imod Nord ikke antager en mere ostlig Retning end Tilfældet er, har simpelthen sin Grund deri, at Polarstrømmen, som flyder langs Golfstrømmens Vestside imod Syd, har en lavere Vandstand end baade Golfstrømmen og Atlanterhavet Øst for denne; at dette virkelig er Anledningen til, at den varme Strom vedbliver at følge den kolde indtil Newfoundland, lader sig heldigviis godtgjøre for hvert af de Tværnit, hvori den amerikanske Regjering har ladet udføre Observationer over Temperaturen af Havet, lige fra Cap Cañaveral indtil Sandy Hook. For Tværnittet ved Cap Cañaveral have vi allerede tidligere viist, at Havvandets Tæthed er forskellig i forskellige Punkter, samt at Havet paa dette Sted ikke kan være i Ligevægt i større Dybder, med mindre Polarstrømmens Vandspeil har en Vandstand, som er c. 1,5 Fod lavere end Atlanterhavets Vandspeil Øst for Golfstrømmen, — og noget fuldkomment tilsvarende vise ogsaa alle de følgende Tværnit. Jeg skal dog ikke her gaae nærmere ind paa at paavise dette Forhold ved alle de angivne Tværnit, væsentligt paa Grund af at de fundne Varmeforhold ikke ere fuldstændigt meddeelte for hvert enkelt Tværnit, hvilket igjen synes at hidrøre fra, at Observationerne langtfra alle Steder ere blevne udførte under lige heldige Omstændigheder, og derfor heller ikke maa tillægges samme Grad af Paalidelighed i Enkelthederne. De meest fuldstændige Oplysninger om Temperaturforholdene i Havet ere, som tidligere bemærket, angivne for Tværnittet ved Sandy Hook saaledes som disse ere fremstillede i Pl. III Fig. XII, hvorfor ogsaa dette Sted fortrinsviis egner sig til at kaste Lys over Sagen.

Paa Grund heraf skal jeg derfor indskrænke mig til at paavise, hvilke Resultater der kunne uddrages af Temperaturbestemmelserne i det omhandlede Tværnit ved Sandy Hook. Ifølge Angivelserne i meerbemeldte Rapport for 1860 kunne de observerede Temperaturforhold fremstilles saaledes:

Dybden, hvori Tem- peraturen er bestemt, i Favne.	Polarstrøm- mens Tem- peratur i Vertical Nr. 13.	Golfstrømmens Temperatur i					Atlantehavets Tempe- ratur i		Middeltempe- ratur for Ver- ticalerne Nr. 11, 10, 9 og 8.
		Vertical Nr. 11, ¹⁵ / ₄ Mil fra	Vertical Nr. 12, ²⁰ / ₄ Mil fra	Vertical Nr. 11, ⁴⁰ / ₄ Mil fra	Vertical Nr. 10, ³⁵ / ₄ Mil fra	Vertical Nr. 9, ⁵² / ₄ Mil fra	Vertical Nr. 8, ³⁰ / ₄ Mil fra		
		Nr. 13.	Nr. 14.	Nr. 12.	Nr. 11.	Nr. 10.	Nr. 9		
0	25,0° C.	26,6° C.	27,7° C.	26,6° C.	27,2° C.	25,5° C.	26,6° C.	26,5° C.	
10	22,2	25,5	27,2	26,1	26,6	25,0	25,5	25,8	
20	15,0	25,0	26,6	25,5	26,1	22,2	25,0	24,7	
50	12,2	22,7	25,0	25,8	25,0	20,5	22,2	22,9	
50	11,1	18,3	23,5	21,1	21,1	18,8	19,4	20,1	
70	10,0	15,5	21,6	19,4	19,4	17,2	18,5	18,6	
100	8,8	13,5	19,4	18,5	18,8	16,6	17,7	17,8	
150	7,2	12,2	17,7	16,6	17,2	16,1	17,7	16,9	
200	6,6	10,0	16,1	16,1	16,6	15,5	16,5	16,1	
500	5,5	8,5	14,4	14,4	15,0	15,5	15,0	15,0	
400	3,8	6,6	12,7	12,7	13,3	13,7	12,7	13,1	

Ved efter ovenstaaende Tabel at construere Temperatur-Curver for hver af de undersøgte Verticaler, idet Temperaturen betragtes som Abscisse og Dybden, hvori Temperaturen er maalt, som Ordinat, erholder man en graphisk Oversigt over Temperaturens Fordeling i de undersøgte Perpendikulærer eller Lodlinier; men da det umiddelbart sees, at de saaledes construerede Curver afvige meest fra hinanden i Nærheden af Polarstrømmen, — eftersom den største Temperatur-Forskjel finder Sted imellem Verticalen Nr. 13 og Nr. 12, — medens Varmegraden for de fire Verticaler Nr. 11 til Nr. 8 indbyrdes kun er forholdsvis lidt forskjellig, saa har jeg til Oversigt over Forholdene sammenstillet de 4 Curver svarende til Verticalerne Nr. 11 til Nr. 8 i een Gruppe, og Curverne, svarende til Verticalerne Nr. 13, 14 og 12, tilligemed en Curve, svarende til Middeltallet af Temperatur-Iagttagelserne for Verticalerne Nr. 11, 10, 9 og 8, i en anden Gruppe, som angivet paa Plan III Figur XIV.

Den amerikanske Kystopmaalnings Bestyrelse har af disse Temperatur-Iagttagelser draget den Slutning, at Golfstrømmen er deelt efter Længden i en Række af varme og kolde Belter, de saakaldte Baand af koldt og varmt Vand; men naar man betragter Curverne for de 4 Verticaler Nr. 11 til Nr. 8, forekommer det mig dog noget tvivlsomt, om man efter den nuværende Erfaring med Sikkerhed kan drage denne Slutning; saameget synes mig i alle Tilfælde klart, at man, indtil der foreligger endnu fuldstændigere Oplysninger, sandsynligvis ikke vil begaae nogen større Feil ved at forudsætte, at Temperaturforholdene ere de samme i alle de fire Verticaler (Nr. 11—8), — altsaa ved at betragte For-

skjellighederne som Observationsfeil —, end om man forudsatte, at Temperaturcurverne slyngede sig saaledes imellem hinanden, som Figuren viser.

Naar vi dernæst sammenligne de 4 Curver i den første Gruppe, viser det sig, at for alle Dybder fra 50 Favne indtil 500 Favne under Havfladen har Atlanterhavet, samt den østlige Deel af Golfstrømmen, en Temperatur, som overstiger Polarstrømmens med c. 9° C.; fra 50 Favnes Dybde indtil Overfladen stiger Polarstrømmens Varme derimod i et meget stærkere Forhold end Atlanterhavets, saaledes at dens Varmegrad ved Overfladen kun er $1\frac{1}{2}^{\circ}$ lavere end Overfladetemperaturen af Atlanterhavet. Det sees fremdeles, at Golfstrømmens Temperatur voxer ganske jævnt fra Polarstrømmen indtil Verticalen Nr. 12, og at den fra denne Vertical imod Øst er constant for ligestore Dybder, der ere større end 200 Favne, medens Temperaturen af Strømmen i Dybder af indtil 200 Favne aftager fra Verticalen Nr. 12 Øster hen saaledes, at Aftagelsen er størst i en Dybde af c. 50 Favne under Overfladen, hvor Forskjellen mellem Golfstrømmens og Atlanterhavets Temperatur beløber sig til c. 3° C.

Den stærke Stigning i Temperatur, som Polarstrømmen viser fra 50 Favnes Dybde indtil Vandspeilet, har Bestyrelsen for den amerikanske Kystopmaaling, vistnok med fuld Ret, tilskrevet en Overstrømning af Golfstrømmens Vand, hvilket udbreder sig over Polarvandet og opvarmer dets Overflade. Men med samme Ret tør det sikkert ogsaa antages, at den jevne Temperaturstigning, som Golfstrømmen fremviser fra Polarstrømmen ind imod Verticalen Nr. 12, har sin Grund i en Afkøling, som foranlediges ved en Indstrømning af koldt Vand fra Polarstrømmen til Golfstrømmen, navnlig i den nedre Deel, hvor Temperaturen synes at voxe fuldkommen proportionalt med Længden af den Vei, som det saaledes indtrængende kolde Vand har gennemløbet. At Golfstrømmens Temperatur i Verticalen Nr. 12, hvor den er et Maximum, kun overstiger Atlanterhavets Temperatur indtil 200 Favnes Dybde, og derimod i større Dybder har samme Temperatur, som Vandet i Atlanterhavet, synes ligeledes at beroe paa den nævnte Indstrømning af koldt Vand; navnlig synes den Omstændighed, at den i Nr. 12 stedfindende Maximumtemperatur, fra en Dybde af c. 50 Favne indtil 200 Favne, bestandigt nærmer sig mere til Atlanterhavets Temperatur, at antyde, at Indstrømningen af koldt Vand væsentligt foregaaer i de nedre Dele af Golfstrømmen.

Naar vi dernæst, ifølge det tidligere Anførte, sætte Havvandets Tæthed i en Dybde af 500 Favne = 1, finde vi ved Hjælp af Formlen (58), idet de foran angivne Værdier for Havtemperaturen indsættes, at Polarstrømmens Saltholdighed ved Sandy Hook (Vertical Nr. 13) maa sættes = 35,0 pr. Mille, at Golfstrømm. Saltholdighed i 15 Quartm. Afstand fra Polarstrømmen (Vtc. Nr. 14) = 35,2 - — og at — — — i 35 — — — — — (Vtc. Nr. 12) = 36,2 - —, hvilken Saltholdighed tillige gjælder for alle de endnu fjernere Dele af Golfstrømmen saa-

velsom for den tilgrændsende Deel af Atlanterhavet; jeg skal herved bemærke, at denne Saltholdighed fuldkommen synes at svare til den, som Forchhammer's Undersøgelser have givet.

Dersom vi fremdeles antage, at disse Havstrømme tilnærmelsesviis have samme Saltholdighed i alle Dybder, fra Overfladen indtil 500 Favne, og vi dernæst benytte de Temperaturangivelser, som fremgaae af foranstaaende graphiske Fremstilling, saa kunne vi let bestemme Vandets Middeltæthed, t. Ex. for hver 100 Favnes Dybde fra Overfladen nedad; vi finde derved Havvandets Tæthed at være følgende:

For en Dybde af	0—100 Favne	100—200 Favne	200—300 Favne	300—400 Favne	400—500 Favne	Middeltæthed
Polarstrøms-Vandets Tæthed i Verticalen Nr. 13	0,9989	0,9995	0,9997	0,9999	1,0000	0,9996
Golfstrøms-Vandets Tæthed i Verticalen Nr. 14	0,9980	0,9992	0,9996	0,9998	0,9999	0,9995
- — Nr. 12	0,9974	0,9989	0,9995	0,9996	0,9999	0,9990
- — Nr. 11 & 10	0,9980	0,9990	0,9995	0,9996	0,9999	0,9992
Atlanterhavs-Vandets Tæthed udenfor Golfstrømmen	0,9980	0,9990	0,9995	0,9996	0,9999	0,9992

Ved Hjælp af de her fundne Middelværdier for Tætheden ρ vil man nu let kunne bestemme Vandspeilsstanden, naar det bestandigt fastholdes, at Betingelsen for, at de underliggende Vandmasser ere i Ligevægt, er den, at Trykket af de overliggende Vandmasser er ligestort i 500 Favnes Dybde. Thi skal dette finde Sted, er det nødvendigt, ifølge Formlen (59), at Vandstandshøiden z over den Flade, som vi kalde «Maalefladen», maa være følgende:

For Polarstrømmen i Verticalen Nr. 13	$z = 1,2$	Fod
For Golfstrømmen i — Nr. 14	$z = 2,1$	—
— — i — Nr. 12	$z = 3,0$	—
— — i — Nr. 11 & 10	$z = 2,4$	—
For Atlanterhavet i — Nr. 9 & 8	$z = 2,4$	—

Forudsættes altsaa at der er Ligevægt mellem Polarstrømmens Tryk paa den ene Side og Atlanterhavets Tryk paa den anden i alle Dybder, der ere større end 3000 Fod, saa viser ovenstaaende Tal, at Atlanterhavets Vandspeil paa Grund af Vægtfyldeforholdene maa ligge i en Høide af 1,2 Fod over Polarstrømmens Vandspeil, og da denne Vandstands-differents, efter det tidligere Angivne, netop er den Høide, hvori Golfstrømmens høire Bred maa ligge over samme Strøms venstre Bred, naar Vandspeilets Fald skal holde Ligevægt med Jordens Rotationskraft, kunne vi utvivlsomt betragte denne Overensstemmelse, som et Beviis for:

1. At Beliggenheden af Golfstrømmens Bane er bestemt ved den Høideforskjel, som finder Sted mellem Vandspeilet af Atlanterhavet og Vandspeilet af Polarstrømmen som en Følge af Vandets ulige Vægtfylde i disse Dele af Havet.
2. At den gjorte Forudsætning, nemlig at Polarstrømmens Tryk holder Ligevægt med Atlanterhavets Tryk i 3000 Fods Dybde, er rigtig, og
3. At det maa betragtes som utvivlsomt, at Vandspeilets Fald $\frac{1}{2}$ paa Golfstrømmens Brede l , regnet fra Atlanterhavet, paa Golfstrømmens Østside, indtil Polarstrømmen, paa sammes Vestside, paa alle Punkter af Strømbanen er bestemt ved Ligningen (71).

Betragte vi nu for Sæmpelheds Skyld alle de forskjellige Stromelementer, der ligge i samme Dybde under Golfstrømmens Overflade, som bevægende sig med Golfstrømmens Middelhastighed, — en Antagelse, som ganske vist ikke er fuldkommen rigtig, men som dog stedse maa give et tilnærmelsesviis rigtigt Resultat, — saa maae vi tillige antage, at Golfstrømmens Vandspeil i Virkeligheden har et jævnt Fald fra Atlanterhavet ned imod Polarstrømmen. Naar dette er Tilfældet, og vi dernæst sammenligne den Vandstand, som Golfstrømmen ifølge denne Antagelse maa have paa forskjellige Punkter tværs paa Strømmen, med den, som den maatte have i de samme Punkter, hvis den i 3000 Fods Dybde under »Maalefladen» skulde udøve samme Tryk, som Polarstrømmen og Atlanterhavet i samme Dybde, saa stille Vandstandshøiderne sig saaledes:

Trykhøiden over »Maalefladen»	Ved et jævnt Fald af Vandspeilet.	I Tilfælde af Ligevægt ved Bunden	Golfstrømmen har altsaa i 500 Favnes Dybde et Undertryk svarende til følgende Vandhøider
I Verticalen Nr. 13	1,2 Fod	1,2 Fod	0,00 Fod
- — Nr. 14	1,34 —	2,1 —	0,76 —
- — Nr. 12	1,55 —	3,0 —	1,47 —
- — Nr. 11	1,91 —	2,4 —	0,49 —
- — Nr. 10	2,24 —	2,4 —	0,16 —
- Atlanterhavet	2,40 —	2,4 —	0,00 —

Bemærke vi derhos, at Trykket i alle Punkter af Vandspeilet er Nul baade for Polarstrømmen, for Golfstrømmen og for Atlanterhavet, saa vil det tillige være klart, at Golfstrømmens Tryk i en hvilken som helst given Dybde under Vandspeilet paa den ene Side er mindre end Trykket af Polarstrømmen og paa den anden Side mindre end Atlanterhavets Tryk, samt at Golfstrømmens Undertryk voxer med Dybden under Havfladen fra Nul ved Vandspeilet, indtil de Tryk, som svare til de ovenfor angivne Trykhøider, hvis Maximum falder

i 35 Quartmiils Afstand fra Polarstrømmen og i 92 Quartmiil fra Atlanterhavet. Tænke vi os nu, at Golfstrømmens Vandspeil indtager den jævne Stigning fra Venstre til Høire, som svarer til Ligevægt med Rotationskraften, saa maa der altsaa finde en Vandtilstrømning Sted fra begge Sider henimod Verticalen Nr. 12, men dog fortrinsviis fra den nærliggende Polarstrøm. At dette er rigtigt, vil man let see, naar det bemærkes, at det Undertryk, som finder Sted i Golfstrømmen i 17 Quartmiils Afstand fra Atlanterhavet, kun svarer til 0,16 Fods Vandhøide, medens Golfstrømmens Undertryk i 15 Quartmiils Afstand fra Polarstrømmen svarer til en Vandhøide af 0,76 Fod. Da Differentstrykket voxer fra Havfladen ned imod Bunden, følger ligefrem deraf, at Tilstrømningen af Vand til Golfstrømmen ligeledes voxer fra Havfladen nedad.

De Mængder af Vand, som drives ind i Golfstrømmen udvendig fra, og som altsaa hovedsagligen indstrømme forneden i Golfstrømmen fra Polarstrømmen, ville efterhaanden som de indkomme i Golfstrømmen blive drevne tilveirs, samtidigt med at de af Strømmen sættes i Bevægelse fremad. Efterhaanden som de indstrømmende Vandmasser optages af Golfstrømmens varme Vand, aftager denne Strøms Varmegrad, og det er paa denne Indstrømning af koldt Vand fra Polarstrømmen, at Temperatur-Curverne for Tværsnittet ved Sandy Hook (Fig. XII. Pl. III.) pege hen, ligesom det ogsaa er derpaa, at den fundne Fordeling af Vandets Saltholdighed henviser.

Men naar der, efterhaanden som Golfstrømmen skrider frem, trænger Vand op i Strømmen fra neden af, maa denne ogsaa efterhaanden udvide sig i Brede for at give Plads for de tilstrømmende Masser, og denne stadige Udvidelse af dens Brede forøges bl. A. yderligere derved, at dens Hastighed stadigt aftager. Under Golfstrømmens Lob langs Polarstrømmens østlige Rand maa der altsaa finde en Sidebevægelse Sted udad imod Atlanterhavet, og for at dette skal skee, maa Golfstrømmens Vandspeil nødvendigviis hæve sig noget tilveirs midt i Strømmen over den nylig angivne Vandspeilsstand, som vilde udfordres for at holde Rotationskraften i Ligevægt. Ved denne høiere Vandstand i Midten af Golfstrømmen faaer naturligviis Rotationskraften Overhaand i dens østlige Halvdeel saaledes, at Strømmen gennem hele dens Dybde erholder den nødvendige Bevægelse imod Øst; samme Hævning af Vandspeilet forøger tillige Golfstrømmens Tryk paa de underliggende Vandmasser og forhindrer derved yderligere Atlanterhavets Vand fra at trænge ind i Golfstrømmen. Men samtidigt hermed fremkalder denne Hævning af Vandspeilet endnu en anden Virkning, som er særdeles mærkelig og som netop er blevet paavist ved de Undersøgelser, som den amerikanske Regjering har ladet udføre; Golfstrømmen erholder nemlig derved i Nærheden af Vandspeilet et Overtryk over Polarstrømmens Vand, hvorved den Strøm af varmt Vand fremkommer, som flyder ud over Polarstrømmen og som den amerikanske Kystopmaalmnings Bestyrelse har paavist Tilstedeværelsen af langs den amerikanske Kyst.

Den angivne Theori af Havstrømmene synes saaledes paa en fuldkommen tilfredsstillende Maade at forklare os Grunden til Golfstrømmens og Polarstrømmens gjensidige Beliggenhed, og den synes tillige at angive Aarsagen til de forskjellige andre Forhold, som de nyere amerikanske Undersøgelser have lagt for Dagen. Det maa saaledes blandt Andet betragtes som utvivlsomt, at Polarstrømmen under dens Løb fra Newfoundland indtil Florida modtager en Tilvæxt af varmt Vand, som i Form af en Overfladestrom af indtil 50 Favnes Dybtgaaende, udbreder sig over Polarstrømmens kolde Vand; men det er fremdeles ligesaa vist, at Polarstrømmen fra sin Side sender en langt større Strøm af koldt Vand ind forneden i Golfstrømmen, og at den paa denne Maade udtømmer sig paa Strækningen fra Newfoundland indtil Florida, hvor den aldeles forsvinder. Det kan derhos, efter hvad jeg i det Foregaaende har viist, betragtes som sandsynligt, at de Vandmængder, som fra Atlanterhavet tilstrømme Golfstrømmen langs dennes østlige Rand, ere forsvindende imod de Vandmasser, som Polarstrømmen driver ind i Golfstrømmen.

Forholder dette sig saaledes, er det tillige klart, at Golfstrømmens Vandføring under dens Løb maa forøges med de samme Vandmængder, som Polarstrømmen afgiver. Betegnes altsaa Golfstrømmens Vandføring i Snævringen ved Bemini ved Q Cubikfod pr. Secund, og antage vi endvidere, at for et vilkaarligt Tværnsnit er Polarstrømmens Vandføring $= q$ Cubikfod pr. Secund, saa er det aabenbart, naar vi see bort fra den Afgang og Tilgang af Vand, som midlertidigt finder Sted paa Grund af Fordampning, Tiløb fra Floder, Regn o. s. v. paa Veien fra Snævringen ved Bemini, at Golfstrømmens Vandføring for det samme Tværnsnit paa Strømmen maa være fremstillet ved $(Q + q)$ Cubikfod pr. Secund.

At det ligeledes er den her omhandlede Indtrængning af Polarstrømmens Vand i Golfstrømmen, som foranlediger de saakaldte Opkogninger, som undertiden finde Sted midt i Golfstrømmen, endog i blikstille Veir til ikke liden Førfærdelse for uvante Reisende, der pludselig troe sig omgivne af Skær og Grunde*), behøver jeg blot at nævne.

For nærmere at bestemme de Forhold, hvorunder en given Havstrøm bevæger sig, maae vi søge at integrere den sidste af Ligningerne (70). I denne Anledning skal det her bemærkes, at om det end er givet, at Strømhastigheden v ikke varierer aldeles paa samme Maade med Dybden x , naar Strømmen drives frem af Jordens Rotationskraft, som naar den drivende Kraft er ligestor for alle Punkter af det vilkaarlige Tværnsnit paa Strømmen, som betragtes, saa er det dog paa den anden Side indlysende, at vi ikke kunne begaae nogen særdeles mærkelig Feil ved ogsaa her, ligesom for de tidligere undersøgte rektangulære Strømme, at sætte:

*) Tidsskrift for populære Fremstillinger af Naturvidenskab B. 4. S. 41. Udgivet af C. Fogh, Chr. Lütken og Chr. Vaupell.

$$\mu \cdot \frac{d\left(\frac{dv}{dx}\right)^2}{dx} = \frac{m \cdot v_0^2}{H},$$

hvor v_0 betegner Strømmens Bundhastighed, H Strømmens fulde Dybde og m Vandets Modstandscoefficient. Ved at integrere denne Ligning kommer man, som tidligere viist, til Formlerne (53) og (54), naar Strømmen har den Dybde, hvorom der her er Tale.

Indføres dernæst Værdien $\frac{m \cdot v_0^2}{H}$ i den nævnte Ligning (70), findes denne at kunne skrives saaledes:

$$g \frac{du}{d\lambda} - \frac{dv}{dt} = \frac{m \cdot v_0^2}{H} - \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega}{13750} \cdot v.$$

Ved nu at anvende denne Ligning paa det Strømelement, som danner Strømmens Vandspeil, hvis Hastighed betegnes ved V , findes let, at Ligningen for Vandets Bevægelse kan skrives:

$$g \frac{du}{d\lambda} - \frac{dV}{dt} = 0,008 \cdot \frac{V^2}{H} - \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega}{13750} \cdot V,$$

idet vi i Henhold til tidligere Angivelse sætte $m = 0,025$ og derefter, ifølge Formlerne (53) og (54), have:

$$V = 1,766 \cdot v_0, \quad v_0 = 0,566 \cdot V, \quad w = 1,460 \cdot v_0 = 0,82 \cdot V.$$

Multipliceres ovenstaaende Ligning med

$$2 d\lambda = 2 V \cdot dt,$$

erholdes, naar man integrerer Ligningen imellem saa snævre Grændser, at $\sin \theta \cdot \sin \omega \cdot \cos \omega$ kan betragtes som en Constant,

$$2 g u - (V^2 - V_0^2) = 0,016 \int \frac{V^2 d\lambda}{H} - \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega}{13750} \int 2 V d\lambda,$$

hvor V_0 betegner Begyndeshastigheden svarende til $\lambda = 0$ og $u = 0$.

Ved at sammenligne denne Ligning med Ligningen (61) vil det sees, at de blive identiske naar $\omega = 0, \frac{1}{2}\pi, \pi$ eller $\frac{3}{2}\pi$, det vil sige, i alle de Tilfælde, hvor Jordens Rotationskraft er Nul.

De i sidst angivne Ligning antydede Integrationer ville vi endnu yderligere indskrænke imellem saa snævre Grændser, at ikke blot Productet $\sin \theta \cdot \sin \omega \cdot \cos \omega$, men ogsaa Strømdybden H kan betragtes som constant, hvorved vi for hele Intervallet med tilstrækkelig Tilnærmelse kunne sætte:

$$V = V_0 + a \cdot \lambda \text{ og } \text{altsaa } d\lambda = \frac{1}{a} dV, \text{ idet } a \text{ er constant.}$$

Naar Integrationerne derefter udføres, kan ovenstaaende Ligning skrives:

$$2gu - (V^2 - V_0^2) = \frac{0,016}{3} \cdot \frac{V^3 - V_0^3}{a \cdot H} - \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega}{13750} \cdot \frac{V^2 - V_0^2}{a},$$

og naar derpaa Værdien for $\frac{1}{a} = \frac{\lambda}{V - V_0}$ indsættes, erholdes let:

$$u = \frac{V^2 - V_0^2}{2g} + 0,016 \cdot \frac{V^2 + VV_0 + V_0^2}{3 \cdot 2g} \cdot \frac{\lambda}{H} - \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega (V + V_0)\lambda}{13750 \cdot 2g}, \dots (72)$$

hvilken Ligning sees at blive identisk med Formlen (62) i alle de Tilfælde, hvor Jordens Rotationskraft er uden Indflydelse paa Strømmens Lob.

Naar denne Ligning opløses med Hensyn paa Strømdybden H , findes denne fremstillet ved:

$$H = \frac{0,016 \cdot \frac{V^2 + VV_0 + V_0^2}{3}}{0,00014575 \left(\frac{V + V_0}{2} \right) \sin \theta \sin \omega \cos \omega + \frac{2gu - V^2 + V_0^2}{\lambda}}, \dots (73)$$

hvoraf H kan beregnes, naar de øvrige Størrelser, som indgaae i Formlen, ere bekendte.

Betegne vi endelig Strømmens Vandføring pr. Secund ved Q , saa haves ifølge det Foregaaende:

$$Q = w \cdot H \cdot l = 0,82 \cdot V \cdot H \cdot l, \dots (74)$$

idet l betegner Strømmens Brede.

Ved Hjælp af Formlerne (71), (72), (73) og (74) ville vi herefter søge, saa godt som vor Kundskab tillader det, at bestemme Strømforholdene i det nordlige Atlanterhav.

Foreløbigt er det let at bestemme den omtrentlige Størrelse af Golfstrømmens Vandføring i Floridastrædet, og navnlig i Snævringen ved Bemini, hvor Strømmens Brede $l = 32$ Quartmiil = 192000 Fod, hvor dens Middeldybde $H = 255$ Favne = 1530 Fod og dens Vandspeilshastighed $V = 6\frac{2}{3}$ Fod pr. Sec. Indsættes disse Værdier for V , H og l i Formlen (74), finde vi, at Golfstrømmen i Snævringen ved Bemini har en Vandføring af 1600 Millioner Cubikfod pr. Secund. En saa umaadelig stor Vandmængde fører altsaa Golfstrømmen med sig Nord hen indtil St. Augustine, dreven af Tyngdekraften formedelst et Vandspeilssald af omtrent 6 Fod i Strømmens Retning, under hvilken Bevægelse Strømmen holdes opstemmet imod Bahama-Øerne saaledes, at dens Vandspeil indtager en Stigning af omtrent 1,3 Fod fra Venstre til Høire paa Strømmens hele Brede.

Forinden vi kunne gaae ind paa at bestemme Golfstrømmens Vandføring langs ad dens Vei fra St. Augustine indtil Sandy Hook og videre, vil det være nødvendigt først at søge at bestemme Vandføringen af den Deel af Polarstrømmen, som gaer Sønden om Newfoundland Sydvest

hen langs den amerikanske Kyst. Imidlertid skal jeg bemærke, at Golfstrømmen efter det Foregaaende maa antages at have et svagt Fald i Retning af dens Bane fra St. Augustine til Sandy Hook og derfra videre til Newfoundland, samt at Polarstrømmen maa have en tilsvarende Stigning i Retning af dens Bane; men da dette Fald saavel som denne Stigning i ethvert Tilfælde kun er meget lille og i det Hele ikke noiere bestemt, troer jeg, at vi forelobigt kunne see bort fra Tyngdens drivende Kraft paa hele Strækningen fra St. Augustine til Newfoundland uden derved at begaae nogen betydelig Feil.

Betragte vi herefter den Deel af Polarstrømmen, som løber Sonden om Newfoundland Sydvest hen og for hvilken vi efter Berghaus' Angivelse ville antage Strømhastigheden V at være constant = $V_0 = 1,8$ Fod pr. Sec., saa finde vi ifølge (73), naar vi sætte Strømretningsvinklen $\omega = \pi + 20^\circ$, $u = 0$ og $\sin \theta = 0,7$, at Polarstrømmens Dybde Syd for Newfoundland maa sættes til $H = 900$ Fod. Sætte vi dernæst efter samme Forfatter Polarstrømmens Brede $l = 50$ Miil = 1200000 Fod, findes ifølge (74), at dens Vandføring Syd for Newfoundland maa sættes = 1600 Millioner Cubikfod pr. Secund; Polarstrømmen Syd for Newfoundland har følgende netop samme Størrelse som Golfstrømmen i Floridastrødet. Naar Polarstrømmen kommer over imod Sandy Hook beløber dens Brede, ifølge de nyere Opmaalinger, sig endnu til c. 45 Miil, saa at $l = 1080000$ Fod; Strømhastigheden paa dette Sted kan derimod, ifølge Berghaus' Angivelse, ikke regnes hoiere end til Halvdelen af hvad den er ved Newfoundland. Sætte vi herefter i Formlen (73) $V_0 = V = 0,9$ Fod pr. Sec., $\sin \theta = 0,63$, $\omega = \pi + 20^\circ$ og $u = 0$ findes, at Polarstrømmens Dybde ved Sandy Hook maa sættes til c. 500 Fod, og at dens Vandføring maa sættes = 400 Mill. Cubikfod pr. Sec. Paa Strækningen fra Sandy Hook Syd paa imod Cap Hatteras antages Polarstrømmen fremdeles at løbe med en Hastighed af 0,9 Fod pr. Sec. Strømningsvinklen ω er paa denne Strækning omtrent = $\pi + 70^\circ$, og naar Strømmen passerer Cap Hatteras, kan man sætte dens Brede $l = 180000$ Fod, dens Vandspeilsfald $u = 0$, samt $\sin \theta = 0,57$. Indsættes disse Værdier i Formlerne (73) og (74), finde vi, at Polarstrømmens Dybde ved Cap Hatteras maa sættes til c. 400 Fod, samt at dens Vandføring maa anslaaes til c. 50 Mill. Cubikfod pr. Secund. Under disse Forudsætninger afgiver altsaa Polarstrømmen omtrent 1200 Mill. Cubikfod Vand pr. Sec. til Golfstrømmen paa Veien fra Newfoundland til Bugten ved New York, medens den paa Veien derfra til Cap Hatteras afgiver omtrent 350 Mill. Cubikfod til Golfstrømmen, og Resten, 50 Mill. Cubikfod pr. Sec., paa Veien fra Cap Hatteras indtil Florida.

Som en Følge heraf og efter hvad tidligere er anført, maae vi altsaa anslaae Golfstrømmens Vandføring, langs ad dens Bane fra St. Augustine til Newfoundland, saaledes:

Ved St. Augustine til	1600 Mill. Cubikfod pr. Sec.		
— Cap Hatteras	1650	—	—
— Sandy Hook	2000	—	—
— Newfoundland	3200	—	—

Begne vi at Golfstrømmen fra St. Augustine til Cap Hatteras bevæger sig under en Vinkel $\omega = 45^\circ$, og sætte vi $u = 0$ i Formlen (73), saa finde vi, at Strømdybden for et vilkaarligt Punkt af Strømmens Bane kan fremstilles ved:

$$H = \frac{220}{\sin \theta} \cdot V,$$

og naar denne Værdi indsættes i Formlen (74), at Strømmen har en Vandføring:

$$Q = \frac{180}{\sin \theta} \cdot V^2 \cdot L.$$

Sætte vi nu for St. Augustine $Q = 1600$ Mill. Cbfod., $l = 47$ Quartmil = 282000 Fod samt $\sin \theta = 0,5$, saa findes ifølge den sidste Formel, at Golfstrømmens Hastighed paa dette Punkt er $V = 4$ Fod, og, naar denne Værdi indsættes i den første Ligning, Strømdybden ved St. Augustine $H = 1760$ Fod.

Naar vi dernæst for Cap Hatteras i de to sidst angivne Ligninger sætte $Q = 1650$ Mill., $l = 702000$ Fod og $\sin \theta = 0,57$, finde vi for dette Punkt Golfstrømmens Hastighed $V = 2,75$ Fod og dens Dybde = 1100 Fod.

Efterat Golfstrømmen har passeret Cap Hatteras, antager den en noget nordligere Retning, idet den stadigt følger Polarstrømmen; men ved Chesapeakbugten boier Golfstrømmen igjen Øster hen og løber saaledes langs Polarstrømmen forbi Sandy Hook, under en Vinkel $\omega = 20^\circ$ indtil den har passeret Newfoundland. Indsætte vi denne Værdi for ω , samt $V_0 = V$ og $u = 0$ i Formlen (73), erhoides: $H = \frac{344}{\sin \theta} \cdot V$, og naar denne Værdi indsættes i Formlen (74) findes: $Q = \frac{282}{\sin \theta} \cdot V^2 \cdot l$. Sætte vi for Sandy Hook $Q = 2000$ Mill. Cbfod., $l = 762000$ Fod og $\sin \theta = 0,61$, finde vi Golfstrømmens Hastighed $V = 2,4$ Fod, og dens Dybde paa samme Punkt $H = 1350$ Fod. Sætte vi dernæst for Golfstrømmen, Syd for Newfoundland, $Q = 3200$ Mill. Cubikfod, $l = 80$ Mil = 1920000 Fod og $\sin \theta = \frac{2}{3}$, saa finde vi Strømmens Hastighed $V = 2$ Fod og Strømdybden $H = 1000$ Fod.

Hervéd skal det blot bemærkes, at de saaledes beregnede Strømforhold i alle Punkter synes at stemme fuldkommen overeens med vore Erfaringer angaaende Golfstrømmens Løb.

Forinden vi forsøge at følge Golfstrømmens Løb videre, vil det imidlertid være hensigtsmæssigt at søge at bestemme, deels, hvor store de Vandmængder maae antages at være, som ved den store Fordampning under Troperne mellem 0 og 30 Graders Brede bortgaae fra Atlanterhavet til Atmosfæren udover hvad, der i Form af Regn falder paa denne Deel af Havet, og hvad der tilstrømmer samme fra de omgivende Lande, deels, hvormeget de Vandmængder, som paa Grund af Regn, Sneer etc. tilstrømme Atlanterhavet Nord for den 30te Bredegrad, overskrider de Mængder, der bortdampe fra denne Deel af Atlanterhavet.

Med Hensyn herpaa bemærkes foreløbigt, at da den 30te Bredegrad deler den nordlige Halvkugles Jordoverflade i to ligestore Dele, der hver have et Areal af henimod 2400000 □ Miil, da dernæst den Deel af Atlanterhavet, som er beliggende mellem Æquator og 30° N. B., ikke fuldt kan anslaaes til $\frac{1}{2}$ af hele det nævnte Jordbelte, og da endelig det hele Areal, som afgiver Vand til Atlanterhavet Nord for den 30te Bredegrad ikke overstiger $\frac{2}{3}$ af det hele Areal, som ligger Nord for samme Bredegrad, saa overstiger Atlanterhavets Areal, mellem 0° og 30° N. B., ikke 500000 □ Miil, og det Areal, som afgiver Vand til Atlanterhavet Nord for 30° N. B., ikke 1600000 □ Miil. De foran opstillede Spørgsmaal, angaaende Fordampning og Nedslag paa Jordens nordlige Halvkugle, kunne derfor ogsaa fremstilles saaledes:

1. Hvor stort er Overskuddet af Vand, som bortdamper fra den c. 500000 □ Miil store Deel af Atlanterhavet, som er beliggende mellem Æquator og 30° N. B.?, og
2. Hvor stort er Tillobet af Vand fra det c. 1600000 □ Miil store Areal, som sender sit Aflobsvand til Atlanterhavet, Nord for 30° N. B.?

For at kunne besvare disse to Spørgsmaal, som have Betydning ved Bedømmelsen af Havets Strømningsforhold skal jeg først bemærke, at de Fordampnings-Maalninger, som Kjøbenhavns Commune har ladet paabegynde og som senere fortsættes af Videnskabernes Selskab, have viist, at den Vandmængde, som aarligt bortdamper fra et frit Vandspeil, beløber sig omtrent til $\frac{1}{3}$ mere, end hvad der gjennem det aarlige Nedslag af Regn og Sne falder paa det samme Areal; men det har derved tillige viist sig, som naturligt er, at Fordampningen i Aarets Løb er fordeelt paa en heel anden Maade end Nedslaget*). Ved disse Iagttagelser er det bl. A. viist, at Fordampningen hos os næsten er forsvindende lille i de egentlige Vintermaaneder; men derimod er et Maximum i Maanederne Juni og Juli, paa hvilken Tid der daglig bortdamper en Vandhoide af omtrent $\frac{1}{6}$ Tomme. Det er fremdeles paaviist, at i Sommerhalvaaret (April—Septbr.) er Fordampningen omtrent dobbel saa stor som Regnmængden, hvorimod Nedslaget i Vinterhalvaaret er over dobbelt saa stort, som hvad der bortgaar ved Fordampningen. Saadanne Fordampnings-Maalninger, som tør antages at have samme Grad af Paalidelighed som de sædvanlige Regnmaalninger, foretages som bekjendt intet andet Sted end ved Kjøbenhavn, og derfor haves der, saa vidt mig bekjendt, heller ikke noget andet Sted nogen fuldkommen paalidelig Kundskab om dette interessante og for Meteorologien vigtige Naturforhold. Nogen Kundskab om Fordampningens Størrelse har man vel nu og da søgt at erholde ved at udsætte et Kar med Vand paa Taget af et Huus eller Lignende; men ligesom saadanne Undersøgelser ikke almindeligt ere blevne udførte, saaledes kunne de heller ikke give et paalideligt Svar paa Spørgsmaalet om, hvor store

*) I det kongelige Landhuusholdnings Skrifter for Aaret 1860 har jeg givet en Beretning derom for de første 10 Aar.

de Vandmængder ere, som bortdampe fra det frie Vandspeil af en Sø eller af Havet, fordi Forholdene, hvorunder Fordampningen i Karret foregaaer, altid ere forskjellige fra de Forhold, som finde Sted ved den frie Havflade, idet det navnlig er klart, at Fordampnings-Karret sædvanligt maa angive en Fordampning, som er større end den, som finder Sted fra Havfladen. Desuagtet kunne dog ogsaa saadanne mindre fuldkomne Fordampnings-Maalninger have en stor Interesse, fordi de i ethvert Fald vise os Fordampningens omtrentlige Størrelse for det paaagjeldende Sted, og tilmed give os en Grændse for Størrelsen af den virkelig stedfindende Fordampning.

Angaaende denne Art af Fordampnings-Maalninger træffer det sig nu saa heldigt, at jeg har liggende for mig tvende Beretninger om Resultaterne af to saadanne Observations-Rækker, der ere udførte i Aaret 1860, den ene i Dublin*) og den anden paa St. Helena**). Af disse to Rækker af Fordampnings-Maalninger, der er fortsatte igjennem hele Aaret, har den første mindre Interesse for de nærværende Undersøgelser, og jeg skal derfor med Hensyn paa Dublin kun bemærke dette, at den i Aarets Løb fordampede Vandmængde omtrent er ligestor med den i samme Tid faldne Regnmængde (36 Tom.). Derimod have de paa St. Helena fundne Resultater en betydelig større Interesse, fordi Øen St. Helena er beliggende under Forhold, som meget nær maa være de samme, som de, der svare til den sydlige Deel af det Nordatlantiske Hav, hvorom Spørgsmaalet her nærmest dreier sig. Som Resultat af Fordampnings-Maalningerne paa St. Helena skal jeg anføre, at Lieutenant Haughton har fundet, at i alle Aarets 52 Uger er Fordampningen under Tropene større end Nedslaget og at Overskuddet af Fordampning over Nedslaget for Aarets tolv Maaneder, udtrykt i Tommer Vandhøide, kan fremstilles saaledes:

Januar.	Februar.	Marts.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.	Hele Aaret.
7,75	8,90	7,75	9,15	5,50	6,02	5,80	4,90	6,75	5,75	5,95	7,40	81,42

Den i Aarets Løb fordampede Vandmængde beløber sig altsaa for St. Helena til en Vandhøide af 81,5 Tomme, foruden hele den faldne Regnmængde, og naar denne Vandmængde tænkes jævnt fordeelt paa Aarets 365 Dage, saa findes det, at der daglig fra Havets Overflade ved St. Helena gennemsnitlig bortdamper en Vandhøide af omtrent 0,22 Tom., foruden Nedslaget. Da St. Helena ligger midt i Atlanterhavet, omtrent paa 16° S. B., kunne vi herefter temmeligt sikkert gjøre Regning paa, at den Vandmængde, som bortdamper fra Atlanterhavet imellem 0° og 30° Brede, gennemsnitligt beløber sig til 0,22 Tom. Vand-

*) *On the Rainfall and Evaporation in Dublin*, by Samuel Haughton.

**) *Rainfall and Evaporation in St. Helena*, by John Haughton.

høide pr. Dag, foruden hele den faldne Regnmængde. Formindske vi dernæst denne Vandmængde med 10 pro Cent paa Grund af de fra Land tilstrømmende Mængder, saa tør det derefter antages, at det hele Overskud af Vand, som gjennemsnitligt bortgaaer fra Atlanterhavet ved den stedfindende stærke Fordampning mellem 0° og 30° N. B., omtrent maa svare til 0,2 Tom. Vandhøide daglig. Under denne Forudsætning borttager altsaa Fordampningen under Troperne gjennemsnitligt c. 110 Cubikfod Vand pr. Secund fra hver Quadratiil af Havfladen, eller c. 55 Millioner Cubikfod pr. Sec. fra hele den Deel af Atlanterhavet, som er beliggende mellem Ækvator og 30° N. B. — Den hele Vandmængde, som Atlanterhavet mellem Ækvator og 30° N. B. afgiver, deels igjennem Golfstrømmen og deels til Atmosphæren, kan derfor med et rundt Tal anslaaes til 1650 Millioner Cubikfod pr. Secund.

Naar vi derefter skulle bestemme Tillobet af Vand til den Deel af Atlanterhavet, som ligger Nord for 30° N. B., saa antager jeg forelobigt, at vi ikke ville begaae nogen stor Feil ved at forudsætte, at den aarlige Afløbsmængde fra de 1600000 \square Miil store Opland omtrent svarer til en Vandhøide af 22 Tommer i Gjennemsnit. Dette forudsat vil der altsaa i Gjennemsnit fra det 1600000 \square Miil store Opland dagligen tilstrømme den omhandlede nordlige Deel af Atlanterhavet en Vandmængde svarende til en Vandhøide af 0,005 Fod, hvilken Afløbsmængde for hver \square Miils Opland vil beløbe sig til 2880000 Cubikfod i Døgnet, eller naar denne Vandmængde fordeles jevnt paa Døgnets 86400 Secunder, til $33\frac{1}{3}$ Cubikfod i Secundet pr. \square Miil; den totale Tilstrømning af Vand fra det 1600000 \square Miil store Opland vil da udgjøre $53\frac{1}{3}$ Millioner Cubikfod pr. Secund. Med runde Tal kunne vi derfor sætte *Tilgangen af Vand fra Atmosphæren til Atlanterhavet Nord for 30° Brede ligestor med Afgangen af Vand til Atmosphæren fra Atlanterhavet mellem 0° og 30° N. B. og indtil videre anslaae denne Vandmængde til c. 50 Millioner Cubikfod pr. Secund.*

Men naar der i Henhold til det Foregaaende fra det nordatlantiske Havs sydlige Deel strømmer en Vandmængde af 1650 Mill. Cubikfod pr. Sec. op til de nordligere Dele af samme Hav, deels igjennem Golfstrømmen og deels igjennem Atmosphæren, saa maa der ogsaa omvendt fra de nordligere Dele af det nordatlantiske Hav tilstrømme de sydlige Dele af samme Hav den samme Vandmængde, og det kan derfor forudsættes, at den tilbagegaaende eller sydgaaende Green af Golfstrømmen, som sætter ned forbi de azoriske Øer langs Kysten af Afrika maa have en samlet Vandføring af 1650 Mill. Cubikfod pr. Secund.

Erindres det dernæst, at Golfstrømmens Vandføring Syd for Newfoundland beløber sig til c. 3200 Millioner Cubikfod, og forudsættes det endvidere, at Golfstrømmen indtil det Sted, hvor den forlader Polarstrømmen, erholder et yderligere Tilskud af c. 50 Millioner Cubikfod, saa bliver det tillige klart, at den nordgaaende Greens Vandføring, efter at Golfstrømmen har afgivet 1650 Mill. Cubikfod til den sydgaaende Green, bliver at sætte til 1600 Mill. Cubikfod pr. Sec. Men idet det saaledes maa antages, at den nordgaaende Arm

eller Deel af Golfstrømmen, der flyder langs Englands Kyster op imod Island, har samme Vandføring, som Golfstrømmen i Strædet ved Florida, bliver det endvidere indlysende, at den fra Nord tilbagegaaende Strøm (Polarstrømmen), der foruden det afkjølede Golfvand tillige maa føre hele Nedslaget tilbage imod Syd, maa have en samlet Vandføring af 1650 Millioner Cubikfod, og saaledes i Storrelse være lig den tilbagegaaende sydlige Arm af Golfstrømmen.

Kaste vi nu Blikket ud over det nordatlantiske Hav, for at erholde en foreløbig Oversigt over Lobet af de stedfindende store Strømninger, saa bemærke vi først, at nedad imod Æquator hæver Havfladen sig over den tidligere omtalte «Maaleflade», der vilde danne Vandspeilet, hvis Havet var i Ligevægt og overalt havde samme Tæthed, som i Eggen Sydost for Grønland, samt at Hojden, hvortil Havfladen stiger under Æquator, navnlig paa Grund af Havvandets Udvidelse ved Varmen, der voxer imod Æquator, efter det Foregaaende kan anslaaes til $6\frac{1}{2}$ Fod. Dernæst bemærke vi, at ved Sydost-Passatens Tryk paa den sydlige Halvkugles Vandmasser og ved Nordost-Passatens Modtryk paa den nordlige Halvkugle opstemmes Havfladen yderligere imod det caraibiske Hav saaledes, at derved den Anledning fremkommer, som foranlediger Dannelsen af den mægtige Golfstrøm, som med en Vandføring af 1600 Mill. Cubikfod pr. Sec. strømmer bort gennem Floridastrædet til den nordlige Deel af det nordatlantiske Hav. Men vi bemærke tillige, at medens denne Vandmængde bortstrømmer fra den sydlige Deel af det nordatlantiske Hav, afgiver dette Hav, paa Grund af den under Troperne herskende store Fordampning, i en stadig Strøm en Vandmængde af c. 50 Millioner Cubikfod pr. Sec. til Atmosfæren, hvilken Vandmængde bortføres gennem Luften til de nordligere Egne, hvorfra den efterhaanden vender tilbage til Jorden og derefter tilstrømmer det nordlige Atlanterhav.

Betragte vi nu Golfstrømmens videre Lob, saa bemærke vi derved, at efterat Strømmen har passeret den 30te Bredegrad ved St. Augustine, drives den frem af Jordens Rotationskraft langs den amerikanske Kyst indtil Newfoundland, Side om Side med Polarstrømmen, der kommer fra Nord, og imidlertid paa sin Vei imod Syd efterhaanden afgiver hele sin Vandmængde til Golfstrømmen, hvis Vandføring derved efterhaanden voxer indtil 3250 Millioner Cubikfod ved Newfoundland. Naar Golfstrømmen fra Newfoundland har bevæget sig et Stykke Vei over imod Europa, deler den sig i to store Strømme, *en sydgaaende Strøm*, der følger langs med Kysten af Afrika, med en Vandføring af 1650 Mill. Cubikfod pr. Sec., og *en nordgaaende Strøm*, der med en Vandføring af 1600 Mill. Cubikfod pr. Sec. følger Europas Kyster op forbi Island og Norge indtil Ishavet. Efterat denne sidste Strøm ved at passere de nordlige Polarhave har afgivet hele sin medbragte Varme, strømmer dens Vandmasser i Forbindelse med Nedslaget fra Atmosfæren igjen tilbage imod Syd dels igjennem Baffinsbugten, dels langs Grønlands Østkyst indtil Davisstrædet, og efterat Polarstrømmen med en samlet Vandføring af 1650 Mill. Cubikfod pr. Sec. har passeret

Newfoundland, optages den efterhaanden paany af den fra Syd kommende Golfstrøm, som derpaa fører Koldvandsstrømmens Vand frem med sig imod Øst til et nyt Kredsløb o. s. fr.

Ville vi nu efter denne foreløbige Orientering nærmere betragte Golfstrømmens Lob fra Newfoundland hen imod Europa, saa ledes vi let videre i Erkjendelsen af de interessante Forhold, hvorunder denne mærkværdige Strøm bevæger sig.

Til nærmere Oplysning om de store Havstrømmes Lob i det nordlige Atlanterhav, navnlig Golfstrømmen og Polarstrømmene, har jeg paa det medfølgende Kaart (Pl. I) søgt at angive disse Strømme saaledes, som jeg, efter de foreliggende Erfaringer, og efter hvad jeg alt har udviklet og i det Følgende endnu skal tilfoie, maa antage, at Forholdene hovedsageligt ere.

Fra Snævringen ved Bemini, som paa Kortet er betegnet ved $A-B$, forbi Tværnsnit A_1-B_1 ved St. Augustine til Tværnsnittet $A_2C_2B_2$ ved Sandy Hook, hvilken Strækning har en Længde af c. 250 Miil, har jeg angivet Golfstrømmen samt den Vest for samme løbende Koldvandsstrøm efter de nyere Undersøgelser af den amerikanske Regjering. Angaaende Golfstrømmens videre Lob har jeg derimod hovedsageligt fulgt Berghaus' nye «Chart of the World» og derved kun foretaget saadanne mindre Forandringer, som jeg efter den udviklede Theori af Havstrømmene maatte ansee for sandsynligere end Berghaus' Angivelser. Fra Tværnsnittet $A_2C_2B_2$ ved Sandy Hook indtil Tværnsnittet $A_3C_3B_3$ Syd for Newfoundland vil det sees, at Golfstrømmens Brede voxer fra c. 32 Miil til c. 80 Miil paa Grund af den store Tilvæxt, som Strømmen paa denne, omtrent 200 Miil lange Strækning modtager fra Polarstrømmen Nord for samme. Golfstrømmens Hovedretning har jeg som sagt regnet at være Øst 20° Nord baade paa den nævnte Strækning og paa den følgende, der har en Længde af omtrent 300 Miil fra Tværnsnittet $A_3C_3B_3$ til Tværnsnittet $A_4C_4B_4$, og paa hele den sidstnævnte Strækning vil det sees, at Golfstrømmen vedbliver at bevæge sig frem som en samlet Strøm, der har en Vandføring af 3250 Millioner Cubikfod pr. Sec.

For hele denne Deel af Golfstrømmen haves derfor efter Formlen (74):

$$V.H.l = 3960 \text{ Miil. Cubikfod,}$$

og naar vi for Tværnsnittet $A_3C_3B_3$, som tidligere angivet, sætte $V = 2$ Fod og $H = 1000$ Fod, findes Golfstrømmens Brede i det Punkt, hvor den forlader Polarstrømmen, at være $l = 82$ Miil, hvilket saaledes fuldkommen svarer til Berghaus' Angivelse. Naar vi dernæst for Tværnsnittet $A_4C_4B_4$ sætte Strømmens Brede $l = 200$ Miil $= 4,8$ Mill. Fod og dens Hastighed $V = 0,6$ Fod, saa finde vi Golfstrømmens Dybde paa dette Sted at være $H = 1370$ Fod. Af Bequemmelighedshensyn, og da jeg tillige tvivler paa at kunne komme Sandheden nærmere paa nogen anden Maade, antager jeg nu, at vi tilnærmelsesvis kunne betragte Golfstrømmen, fra Tværnsnittet $A_3C_3B_3$ til Tværnsnittet $A_4C_4B_4$, som havende en constant Middeldybde $H = 1200$ Fod; ved at indsætte denne Værdi for H i Formlen (72), samt ved derhos at bemærke, at for den omhandlede Deel af Golfstrømmen er Længden

$\lambda = 300$ Mill $= 7,2$ Mill. Fod, Vandspeilshastighederne $V_0 = 2$ Fod og $V = 0,6$ Fod, samt at tilnærmelsesviis er desuden $\sin\theta = 0,7$ og $\sin\omega \cdot \cos\omega = 0,32$, saa finde vi, at Golfstrømmens Vandspeilfald fra C_3 til C_4 maa være $u = -2,1$ Fod, eller med andre Ord, at Golfstrømmens Vandspeil maa stige 2,1 Fod paa denne Strækning. Undersøge vi dernæst Strømmens Fald fra Høire til Venstre, lodret paa Strømretningen, saa erindres forst fra hvad vi tidligere alt have seet, at ved Tværsnittet $A_3C_3B_3$ beløber Faldet fra B_3 til A_3 sig til 0,8 Fod, og sætte vi dernæst for Tværsnittet $A_4C_4B_4$ $\sin\theta = 0,7$, $\sin\omega = 0,4$ samt Længden fra A_4 til B_4 $l = 4,8$ Mill. Fod og Strømhastigheden $V = 0,6$ Fod, saa finde vi ifølge Formlen (71), at Vandspeilfaldet fra A_4 til B_4 endnu paa det Nærmeste er 0,8 Fod, ligesom ved Tværsnittet $A_3C_3B_3$; vi tør derfor gjøre Regning paa, at Punkterne A_4 , C_4 og B_4 af Golfstrømmens Vandspeil alle meget nær ligge 2,1 Fod høiere end de tilsvarende Punkter A_3 , C_3 og B_3 af Tværsnittet Syd for Newfoundland.

Naar Golfstrømmen fra $A_4C_4B_4$ strømmer videre fremad, deler den sig i to Halvdele, hvoraf den nordlige med en Vandføring af 1600 Mill. Cubikfod bevæger sig imod Nordost, medens den sydlige Halvdeel med en Vandføring af 1650 Mill. Cubikfod bevæger sig sydostlig hen forbi de azoriske Øer og derfra ned imod den afrikanske Kyst. Grunden til denne Deling af Golfstrømmen fremtræder allerede temmelig klart, naar vi lægge Mærke til, at den nordgaaende Deel af Strømmen, efterat den har passeret Tværsnittet A_4C_4 , tvinges af de europæiske Kysters Modstand til at gjøre en Bøining imod N. O., hvorved Vandspeilets Stigning, lodret paa Strømretningen, efter Formlen (71) voxer saaledes, at Strømmens østlige Rand kommer noget over 1 Fod høiere end Punkt A_4 . Som Forholdene ere, ligger altsaa Vandspeilet af Golfstrømmens nordlige Halvdeel ved de engelske og franske Kyster væsentligt høiere end Vandspeilet af Golfstrømmens sydlige Halvdeel, og da denne Høieforskjel samt det deraf følgende Fald i sydlig Retning vilde voxer med Vandføringen af den nordgaaende Deel, saa nodes Golfstrømmen til at dele sig. Hertil kommer, at jeg troer at kunne paavise, at den tilbagegaaende Golfstrom netop har det Fald ned imod den 30te Bredegrad fra Profillet C_4B_4 , som er nødvendigt og tilstrækkeligt til at drive Strømmen frem langs Kysterne af Portugal og Nordafrika indtil de canariske Øer. Det er nemlig en bekjendt Ting, at den Strøm, som løber langs den afrikanske Kyst fra Nord til Syd, i Forhold til Omgivelserne er en Koldvandsstrøm saa langt Syd paa som til de capverdiske Øer. Dette fremgaaer tydeligt af Atlanterhavets isothermiske Linier saavel som af forskellige Beretninger, som haves desangaaende, og blandt Andre anfører Rennell i sit Værk om Atlanterhavets Strømninger, at man paa 21° N. B. har fundet den afrikanske Strøms Temperatur at variere mellem 20° og 21° C., uagtet Solen stod lodret derover. Men idet den omhandlede Strøm maa betragtes som en Koldvandsstrøm i Sammenligning med Vandet i Sargassohavet, maa vi tillige antage, at den afrikanske Strøms Vand er mere vægtfuldt end Vandet i det nævnte Hav, hvoraf videre følger, at der ikke kan være Ligevægt i større

Dybder af Havet med mindre den omhandlede Strøms Vandspeil ligger lavere end Vandspeilet af Sargassohavet. Imellem det varme Vand i Sargassohavet og det koldere Vand i den langs den afrikanske Kyst løbende Deel af Golfstrømmen, maa der derfor fremtræde ganske lignende Forhold, som vi alt kjende fra den modsatte Side af Atlanterhavet, hvor den kolde Polarstrøm løber langs med den varmere Golfstrøm; thi det er klart, at Sargassohavets Vand under disse Forhold maa trænge ud foroven over den tilbagevendende Golfstrøm og opvarme dennes Overflade, medens Strømmens koldere Vand trænger ind i samme Hav forned og afkjøler dette. Denne Forskjel imellem Golfstrømmens Vægtfylde og Vægtfylden af det omgivende Atlanterhav voxer sandsynligviis efterhaanden som Strømmen kommer længere Syd paa imod de canariske Øer; paa det Strøg DB , hvor Strømmen løber ret Øst hen, og hvor dens Vandspeil er horisontalt, lodret paa Strømretningen, har Strømmen formodentlig samme Vægtfylde som det omgivende Hav. Regne vi nu med Berghaus, at den sydgaende Deel af Golfstrømmen, i en Brede af 100 Miil, indtil den 30te Bredegrad bevæger sig med en Hastighed af 0,6 Fod pr. Sec., samt antage vi derhos efter det tidligere Anførte, at denne Strøm har en Vandføring af 1650 Mill. Cubikfod pr. Sec., saa finde vi efter Formlen (74), at denne Strøms Dybde maa sættes til omtrent 1400 Fod. Fra Tværnittet C_4B_4 indtil den Linie DB_4 , hvori alle Elementer af Strømmen bevæge sig lige imod Øst, kan det antages, at Strømmen drives frem af Jordens Rotationskraft under et Vandspeilsfald fra Høire til Venstre, der aftager fra c. 0,4 Fod indtil Nul. Men fra Linien DB_4 bøier Strømmen efterhaanden mere og mere imod Syd indtil en Linie D_1B_4 , Syd for den 40de Bredegrad, hvor det kan antages, at Strømmen løber lige imod Syd. Paa denne Vei modvirkes Strømmen af Jordens Rotationskraft, som efterhaanden mere og mere opstemmer samme fra Venstre til Høire. For at Strømmen skal kunne gjenløbe denne Bane, maa den paavirkes af en Kraft, svarende til et Vandspeilsfald u , der kan bestemmes ifølge Formlen (72), eller nøiagtigere ved at gaae ud fra Grundformlen:

$$g \frac{du}{d\lambda} - \frac{dV}{dt} = 0,008 \cdot \frac{V^2}{H} - \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega}{13750} \cdot V,$$

hvoraf Formlen (72) er dannet. For den heromhandlede Bøining af den tilbagegaende Golfstrøm er nemlig V constant = 0,6 Fod og H constant = 1400 Fod, hvorhos vi kunne betragte $\sin \theta$ som constant = 0,68; antage vi nu tilmed, at for et hvilket som helst Stromelement voxer Længden, som Elementet har gjenløbet fra Linien DB_4 imod Linien D_1B_4 , proportional med Strømningsvinklen ω , hvilket i ethvert Fald tilnærmelsesviis finder Sted, saa kunne vi sætte:

$$\lambda = \alpha \cdot \omega,$$

hvori α er en constant Størrelse for det betragtede Element af Strømmen. Vi have derfor $d\lambda = \alpha \cdot d\omega$, og see derefter let, at foranstaaende Ligning kan skrives:

$$du = \frac{0,016}{2g} \cdot \frac{V^2}{H} \cdot d\lambda - \frac{\sin\theta \cdot V}{13750} \cdot \frac{\alpha}{2g} \cdot \sin 2\omega \cdot d\omega.$$

Ved at integrere denne Ligning fra $\omega = 0$ til ω og derefter at indsætte Værdien $\frac{\lambda}{\omega}$ for α , samt $V = 0,6$, $H = 1400$, $\sin\theta = 0,68$ og $\frac{1}{2g} = 0,016$, erhoides:

$$u = \left[0,066 + 0,475 \cdot \frac{\cos 2\omega - 1}{2\omega} \right] \cdot \lambda_1,$$

idet λ_1 betegner Antallet af Millioner Fod, som Strømmen har gennemløbet fra Linien DB_4 ; naar heri sættes $\omega = -\frac{\pi}{2}$ eller $2\omega = -\pi$, erhoides:

$$u = 0,366 \cdot \lambda_1,$$

hvoraf sees, at Vandspeilsfaldet for de forskellige Strømelementer forholder sig som Længden af Banen fra DB_4 til D_1B_4 . Regnes Længden af den Bane, som det yderste Element af Strømmen beskriver, fra Punktet D til D_1 , at udgjøre 220 Miil eller 5,28 Mill. Fod, saa findes det, at Strømmens Vandspeil i Punktet D_1 maa ligge 1,93 Fod lavere end Vandspeilet i Punkterne D og B_4 samt at Vandspeilet fra B_4 maa have et jævnt Fald indtil Punktet D_1 . At Strømmen virkelig har dette Fald fra B_4 til D_1 er let at vise; thi bestemme vi Vandspeilsfaldet tværs paa Strømningen, for Tværsnittet D_1B_4 , ifølge Formlen (71), ved deri at sætte $\sin\theta = 0,64$, $l = 100$ Miil = 2,4 Millioner Fod; $V = 0,6$ Fod og $\omega = 270^\circ$, finde vi det søgte Fald fra B_4 til D_1 at være 2,14 Fod. Nogen større Overeensstemmelse kan der næppe for Tiden være Spørgsmaal om, da vor Kundskab til de virkelig stedfindende Strømforhold som sagt er meget mangelfuld; men saameget synes ialtfald at være klart, at Golfstrømmens sydgaaende Green løber Sydost og Syd hen imod den 40de Bredegrad, fordi Vandspeilet har det dertil fornødne Fald.

Fra den 40de til den 30te Bredegrad løber den saakaldte nordafrikanske Strøm S. 15° V. hen dreven af Jordens Rotationskraft, og det Vandspeilsfald, som dertil kræves, kan let bestemmes efter Formlen (72). Sætte vi til den Hensigt $V_0 = V = 0,6$ Fod, $H = 1400$ Fod, $\sin\theta = 0,57$, $\sin(2\omega) = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ og $\lambda = 150$ Miil = 3,6 Mill. Fod, saa finde vi, at det Fald, som Strømmens Vandspeil maa have, kan fremstilles ved $u = -0,5$ Fod, hvilket med andre Ord siger, at Jordens Rotationskraft ikke blot er tilstrækkelig til at drive Strømmen fra den 40de til den 30te Bredegrad, men tillige er istand til samtidigt under Strømmens Løb at opstemme dens Vandspeil paa den 30te Bredegrad til en Hoide af $\frac{1}{2}$ Fod over den Stand, som Strømmen indtager paa 40° Brede.

Videre end til den 30te Bredegrad, hvor Passatvinden træder til, behøve vi her ikke at følge den tilbagegaaende Golfstrøm, da det umiddelbart er indlysende, at under Paavirkning af de forhaanden værende drivende Kræfter forholder Havet sig paa samme

Maade, som naar Vandspeilet havde et Fald ned imod det caraibiske Hav og alene var paa-
virket af Tyngdekraften. Passatvindene udove nemlig, som vi have seet, et Tryk paa Hav-
fladen, hvorved denne opstemmes fra 30° N. Br. henimod det caraibiske Hav, og havde
Vandet ikke Leilighed til at afløbe, saaledes som Tilfældet er, vilde Havet stille sig i
Ligevægt, skjøndt det havde et Fald N. O. hen. Men da Vandet løber bort gennem Golf-
strømmen, forandre Forholdene sig; Havfladen indtager nu ikke Ligevægtsstillingen, men
har tværtimod i Forhold til denne Stilling et Fald imod Udløbsaabningen (det caraibiske Hav)
paa Grund af hvilket Vandet strømmer til fra alle Punkter saaledes, at Tillob og Afløb holde
hinanden i Ligevægt.

Naar den omhandlede sydgaaende Green af Golfstrømmen passerer den 40de Bredegrad,
have vi seet, at dens Vandspeil har en Stigning af 2,14 Fod fra venstre til hoire Bred;
men ifølge Formlen (71) findes fremdeles, at naar denne Strøm ankommer paa 30° N. Br.,
saa er Vandspeilets Stigning aftaget til 1,75 Fod. Under sit Lob langs den afrikanske
Kyst holdes altsaa Strømmen opstemmet af Jordens Rotationskraft imod Sargassohavet,
hvis Vandspeil følgende maa have en hoiere Stand end Vandet i den afrikanske Golfstrøm
og hvis Vægtfylde selvfølgelig maa være mindre end Koldvandsstrømmens; Sargassohavets
varme Vand løber derfor ned over Koldvandsstrømmens Overflade imod Kysten af Afrika.
I en vis Dybde under Overfladen er Tryk og Modtryk lige for Sargassohavet og den her-
omhandlede Strøm, og under dette Ligevægtspunkt har Koldvandsstrømmen for alle Dybder
et Overtryk over Vandet i Sargassohavet, som derfor maa vige Pladsen for det forneden fra
Strømmen indtrængende kolde Vand. Efter den her fremstillede Theori af Havstrømmene,
maa der altsaa gaae en Overfladestrom af varmt Vand fra Sargassohavet tværs over den
sydgaaende Green af Golfstrømmen ned imod den afrikanske Kyst, hvilket ogsaa Erfaring
har godtgjort. Rennell gjør nemlig opmærksom paa den sorgelige Erfaring, som mange
Mennesker have maattet gjøre paa Strækningen fra Strædet ved Gibraltar indtil de canariske
Oer paa Grund af den stærke Strømsætning, som finder Sted, naar man ikke holder Coursen
langt fra Land, og han bemærker tilmed, at denne Strømsætning viser sig til en Afstand
fra Land af 75 Miil, ganske saaledes som Theorien angiver. Med Hensyn paa den Under-
strøm af koldt Vand, som efter Theorien skal lobe fra den nordafrikanske Strøm ud i
Sargassohavet, synes ligeledes en interessant Erfaring, som fuldkommen bekræfter Theoriens
Rigtighed. Admiral Irmingher har nemlig, som tidligere anfort, i Sigte af Madeira paa 32°
N. B. og $17\frac{1}{4}^{\circ}$ V. L. ved et dertil indrettet Instrument bestemt Strømretningen i en Dybde
af henimod 2000 Fod under Havfladen og fundet, at medens der paa Overfladen ikke spo-
redes nogen Strømsætning, løb der i den nævnte Dybde en Understrøm V. S. V. hen, som
havde en Temperatur af 11° C., medens Overfladevandet havde en Temperatur af 25° C.

Fra disse Betragtninger over Golfstrømmens sydgaaende Green ville vi nu henvende
Opmærksomheden først paa Stromforholdene i den mod Iishavet, langs Europas Kyster,

løbende Deel af Golfstrømmen, som udgaaer fra Tværnittet A_4C_4 , og dernæst paa den fra Iishavet ned imod Golfstrømmen løbende Polarstrøm, der følger de amerikanske Kyster imod Syd. Betragte vi den nordgaaende Golfstrøm, som altsaa efter at have passeret Tværnittet A_4C_4 , har en Hastighed af 0,6 Fod og en Dybde af c. 1370 Fod, saa maa det bemærkes, at i Henhold til Berghaus' og Irmingers Angivelser kan denne Strøms Middelhastighed for den 60de Bredegrad ikke ansættes høiere end til 0,3 Fod pr. Sec. Antage vi nu, at Golfstrømmens Brede paa 60° N. B. udgjør 150 Miil, saa finde vi, ifølge Formlen (74), at Strømmen her maa have en Dybde af 1800 Fod, hvorefter Golfstrømmens Middeldybde fra Tværnittet A_4C_4 til Tværnittet A_5C_5 maa anslaaes til henimod 1600 Fod. Gaae vi ud herfra, idet vi fremdeles antage, at Strømmens Begyndelsehastighed ved Tværnittet A_4C_4 er 0,6 Fod, at dens Slutningshastighed ved Tværnittet A_5C_5 er 0,3 Fod, samt at vi som Middeltal for den omhandlede Strækning have $\theta = 55^\circ$ og $\omega = 60^\circ$, altsaa $\sin\theta = 0,82$ og $\sin\omega\cos\omega = 0,43$, saa finde vi efter Formlen (72) at Golfstrømmen, imellem Tværnittene A_4C_4 og A_5C_5 , langs dens østlige Rand C_4C_5 , der har en Længde af c. 260 Miil, stiger omtrent 2,2 Fod, medens Stigningen af Strømmen langs dens vestlige Rand A_4A_5 , der har en Længde af c. 140 Miil, beløber sig omtrent til 1,2 Fod; da nu Punkterne A_4 og C_4 henholdsvis ligge 2,1 Fod over Punkterne A_3 og C_3 , og da Punktet C_3 omtrent ligger $\frac{1}{2}$ Fod over A_3 , saa følger videre, at Punktet A_5 af Havfladen maa ligge 3,3 Fod over Havfladen i A_3 og at Punktet C_5 maa ligge omtrent $4\frac{3}{4}$ Fod høiere end A_3 og omtrent 1,5 Fod høiere end Punktet A_5 af Strømmens vestlige Rand. Til dette sidste Resultat fores vi ogsaa ved Hjælp af Formlen (71); thi sætte vi for Tværnittet A_5C_5 Strømbreden $l = 150$ Miil = 3,6 Mill. Fod, $V = 0,3$ Fod, $\sin\theta = 0,866$ og $\sin^2\omega = \frac{3}{4}$, saa finde vi Høideforskjellen mellem Punkterne A_5 og C_5 at være 1,6 Fod, hvilket temmelig nær er samme Høideforskjel, som ovenfor blev funden.

Naar Golfstrømmen har passeret Skotlands Nordspids, forsvinder den Modstand, som forhindrede Strømmen fra at vedligeholde den oprindelige østlige Retning. Fra dette Øieblik bevæger den sig derfor paany i en østligere Retning over imod den norske Kyst, som den derefter følger fra Bergen heelt op forbi Nordcap, idet den bestandigt drives frem af Jordens Rotationskraft i nordøstlig Retning. Vandføringen af den Deel af Golfstrømmen, som paa denne Maade udmunder i Iishavet, kjende vi ikke; men den udgjør efter al Sandsynlighed henimod $\frac{2}{3}$ af den hele, langs de engelske Kyster løbende Strøm og maa derfor anslaaes til 1000 à 1200 Mill. Cubikfod pr. Sec. Regne vi dernæst, blot for at erholde en omtrentlig Forestilling om Strømforholdene, at den Deel af Golfstrømmen, som fra Nordspidsen af Skotland løber langs Norges Vestkyst op forbi Nordcap, vedligeholder en Brede af 100 Miil, en Dybde af 1600 Fod og en Hastighed af 0,3 Fod, saa finde vi, ifølge Formlen (72), naar vi som Middeltal for Strømretningen sætte $\omega = 64^\circ$, Bredegraden $\theta = 65^\circ$ og derhos Strømbanens Længde $l = 250$ Miil = 6 Mill. Fod, at Jordens

Rotationskraft vil være fuldkommen istand til at drive Golfstrømmen op forbi Nordcap til Iishavet, selv om dettes Havflade laae henimod 1,5 Fod hoiere end Havfladen ved Skotlands Nordspids. Der kan derfor næppe være Tvivl om, at det virkelig er Jordens Rotationskraft, som driver den nordgaaende Golfstrom heelt op i Iishavet, men jeg skal forovrigt ikke gaae ind paa nogen nærmere Undersogelse af Stromforholdene angaaende denne Deel af Golfstrømmen, fordi de dertil fornødne Erfaringer næsten aldeles mangle.

Af den hele, langs Kysterne af Storbritannien, Nord hen løbende Golfstrøm, fortsætter altsaa kun $\frac{2}{3}$ af Strømmen sig heelt op til Iishavet langs Kysten af Norge. Omtrent den ene Trediedeel af Strømmen med en Vandføring af c. 500 Mill. Cubikfod pr. Sec. forhindres derimod ved Islands Mellekomst fra at følge Hovedstrømmen op til det nordlige Iishav, men nodes derimod ved Modstanden af denne \emptyset til at boie af Sønden om Island, gjennem Tværnittet A_3E imod Nordvest, under en Vinkel $\omega = 150^\circ$, for derefter at følge dette Lands Kyster over imod den østgrønlandske Polarstrøm gjennem en Længde af c. 80 Miil. I denne Retning er den omhandlede Green af Strømmen modvirket af Jordens Rotationskraft, hvorfor den maa have et Fald imod Polarstrømmen, som kan bestemmes ved Hjælp af Formlen (72). Regnes Strømmens Brede at være c. 50 Miil, og dens Hastighed at være 0,3 Fod pr. Sec., saa finde vi først ifølge (74), at dens Dybde maa anslaaes til c. 1700 Fod. Soges derefter Vandspeilsfaldet fra Punktet E indtil Punktet E_1 ved Polarstrømmen, finde vi, ifølge (72), idet vi sætte $V_0 = V = 0,3$ Fod, $H = 1700$ Fod, $\sin \theta = 0,89$, $\sin \omega \cos \omega = -0,433$ samt $\lambda = 1,92$ Mill. Fod, at Vandspeilet i Punktet E_1 maa ligge $\frac{1}{2}$ Fod lavere end Vandspeilet i Punktet E . Men lægge vi nu Mærke til, at Vandspeilet i Punktet E af Golfstrømmen omtrent ligger 1 Fod lavere end i Punktet C_5 og omtrent $\frac{1}{2}$ Fod hoiere end Punktet A_5 , indsee vi tillige, at Vandspeilet af Polarstrømmens østlige Bred ved Punktet E_1 maa ligge i samme Høide, som Vandspeilet af Golfstrømmens vestlige Rand i Punktet A_5 , nemlig 3,3 Fod over Golfstrømmens Vandspeil i Punktet A_3 ved Newfoundland.

Før vi gaae videre med disse Betragtninger over Varmvandsstrømmen, Sønden for Island ville vi for et Øieblik henvende vor Opmærksomhed paa Polarstrømmen, som langs den sydøstlige Kyst af Grønland løber ned imod Cap Farvel. Med Hensyn til denne Strøm skal det bemærkes, at dens østlige Rand ved Punktet E_1 , omtrent paa 65° N. B., efter hvad vi nylig have seet, maa antages at ligge omtrent i samme Høide, som Punktet A_5 , og 3,3 Fod hoiere end Punktet A_3 . Polarstrømmens Brede ville vi, ifølge Irminger, sætte til 40 Miil, dens Hastighed efter samme Forfatter til $\frac{3}{4}$ Fod pr. Sec. Antage vi, at omtrent Halvdelen af den hele Strøm, som fra Iishavet strømmer ned forbi Kysterne Labrador og Newfoundland, passerer Syd paa gjennem den østgrønlandske Polarstrøm, saa maa denne Strøms Vandføring anslaaes til c. 600 Mill. Cubikfod pr. Sec., og benytte vi de saaledes angivne Tal, finde vi, ifølge Formlen (74), at Polarstrømmens Dybde maa sættes til

omtrent 1000 Fod. Regne vi, paa Grund af Mangel paa noiaigtigere Oplysninger, at Polarstrømmen beholder samme Dybde, Hastighed og Brede indtil Sydspidsen af Grønland, og at Længden af den Bane, som Polarstrømmen gennemløber fra 65° N. B. indtil Cap Farvel er $\lambda = 125$ Mill = 3 Mill. Fod, samt antages endvidere som Middeltal $\sin\theta = 0,89$ og $\omega = \pi + 60^\circ$, saa kunne vi let bestemme Polarstrømmens Vandspeilsfald u paa den omhandlede Strækning ved Hjælp af Formlen (72). Udføres Beregningen, saa finde vi $u = -1,65$ Fod, hvoraf altsaa fremgaaer, at Jordrotationen ikke blot driver Polarstrømmen frem indtil Sydspidsen af Grønland, men at den tillige driver Vandspeilet af denne Strøm saaledes tilveirs, at dette ved Cap Farvel ligger 1,65 Fod høiere end paa den 65de Bredegrad; derved skeer det, at Polarstrømmens østlige Rand, som paa 65° N. B. ligger i en Høide af 3,3 Fod over Punktet A_3 , ved Punktet E_2 bliver beliggende i en Høide af 4,95 Fod over A_3 .

Under Polarstrømmens Lob fra E_1 til E_2 holder Jordrotationen Strømmen opstemmet imod Grønlands Østkyst, og den Høide, hvortil Strømmens vestlige Rand saaledes opstemmes over den østlige, bestemmes let ifølge (71), som giver $h = 1,08$ Fod. Heraf fremgaaer altsaa, at medens Polarstrømmens Vandspeil, langs Strømmens østlige Grænde, fra 65° N. B. indtil Cap Farvel, stiger fra 3,3 Fod til 4,95 Fod over A_3 , saa stiger Strømmens Vestgrænde paa samme Strækning fra 4,4 Fod til 6 Fod over Punktet A_4 .

Imellem denne Koldvandsstrøm, der langs Østkysten af Grønland sætter Syd hen, og Golfstrømmen, der fra Newfoundland sætter Nord hen imod Island, lader det sig nu paavise, at den Green af Golfstrømmen, som boier Vester over gennem Tværsnittet $A_5 E$ og som derfra løber Sonden om Island, henimod den østgrønlandske Strøm, gaaer tilbage imod Newfoundland. For at vise dette, maae vi lægge Mærke til, at medens den Deel af Golfstrømmen, som fra Syd af ankommer i Punktet E , netop har det nødvendige Fald langs den islandske Kyst, som behøves for at drive dette Vand over til Punktet E_1 , saa har det Vand, som langs Golfstrømmens vestlige Bred drives op til Punktet A_5 , aldeles intet Fald derfra imod Punktet E_1 og altsaa heller ikke nogen Tendents til at bevæge sig i denne Retning; men Vandet maa søge at løbe ned imod Newfoundland, efter det naturlige Fald af Vandspeilet. For et hvilket som helst andet Element af Golfstrømmen, som passerer et Punkt, beliggende mellem A_5 og E , vil man dernæst let indsee, at Vandspeilet fra Tværsnittet $A_5 E$ over imod Punktet E_1 har et Fald, som noget nær er proportionalt med den betragtede Vanddeels Afstand fra Punktet A_5 , hvoraf det tillige vil være klart, at dette Fald af Vandspeilet kun vil være istand til at drive Vandet fra det betragtede Punkt til en Afstand fra $A_5 E$, der er proportional med Faldet. Men deraf vil det fremdeles være indlysende, at den Sonden om Island løbende Green af Golfstrømmen efterhaanden maa sprede sit Vand over den hele Strækning af Atlanterhavel, som ligger mellem Golfstrømmen og den østgrønlandske Polarstrøm, og at Vandet, efterhaanden som det standser sit Lob i

vestlig Retning, maa stræbe at følge det naturlige Fald, som Havfladen har imod Syd, da ingen Deel af Strømmen kan fortsætte Veien i nogen anden Retning. Men idet den tilbagegaaende Green af Golfstrømmen saaledes spreder sig over hele den Deel af Atlanterhavet, som begrænses mod Vest af Polarstrømmen og mod Ost af Golfstrømmen, maa den langs med sidstnævnte Strom have samme Fald imod Syd, som Golfstrømmen, og langs med Polarstrømmen have samme Stigning, som denne Strom. For de Dele af Varmvandsstrømmen, som følge Polarstrømmen fra E_1 til E_2 , stiger altsaa Vandspeilet 1,65 Fod, medens Vandspeilet for de Dele af samme Strom, som følge Golfstrømmen imod Syd indtil Punktet A_4 , gennem en Længde af c. 140 Miil fra A_5 , sænker sig 1,2 Fod; Vandspeilet fra E_2 til A_4 sænker sig altsaa 2,85 Fod. Da Polarstrømmen ikke synes at have nogen Hastighed, der er forskjellig fra den, som den tilgrænsende Deel af Atlanterhavet har, skjøndt der, som Admiral Irminger har paaviist, findes en temmelig skarp Grændse imellem Polarstrømmens iiske Vand og det tilgrænsende betydeligt varmere Vand, Sydvest for Island*), saa maa det antages, at den varme Stromning langs med Polarstrømmen omtrent har samme Hastighed og samme Dybde, som Polarstrømmen. Som en Følge deraf sætter jeg altsaa den tilbagegaaende Golfstroms Dybde = 1000 Fod, og dens Hastighed = $\frac{3}{4}$ Fod pr. Sec. langs Polarstrømmens Grændse, og til en forelobig Orientering, med Hensyn til de hidtil kun lidet kjendte Strømforhold i Atlanterhavet mellem Polarstrømmen og Golfstrømmen, vil jeg dernæst antage, at Strømhastigheden aftager jevnt fra Polarstrømmen indtil Golfstrømmen. Gaee vi ud fra denne Forudsætning og betegne vi den omhandlede Strøms Hastighed langs med Golfstrømmens vestlige Rand ved v_0 , saa er det klart, at for den hele Stromning maa Vandspeilsfaldet fra E_2 til A_4 , som efter det ovenfor Anførte sættes = 2,85 Fod, være bestemt ifølge Formlen (71) ved følgende Ligning:

$$2,85 = 0,000002327. \sin \theta. \sin^2 \omega. l. \frac{0,75 + v_0}{2}.$$

Naar vi heri sætte $l = E_2 A_4 = 135$ Miil = 3,24 Mill Fod, $\sin \theta = 0,84$ og $\sin^2 \omega = 0,75$, findes Hastigheden $v_0 = 0,45$ Fod, hvorefter det følgende maa antages, at den tilbagegaaende Strøms Hastighed voxer jevnt fra 0,45 Fod pr. Sec. i Punktet A_4 til 0,75 Fod i Punktet E_2 .

Betragte vi den hele Strom som udgaaende fra den horizontale Linie $A_5 E_1$ og tænke vi os denne Strom deelt t. Ex. i 5 Belter, hver af 27 Miils Brede, saa vil det være let for hvert Belte at bestemme Faldet fra Tværsnittet $A_5 E_1$ til Tværsnittet $A_4 E_2$. Betegne vi nemlig Afstanden fra E_2 til Midten af et af disse 5 Belter i Tværsnittet $E_2 A_4$ ved x og Strømhastigheden i Afstanden x ved v , saa er det klart, at Vandspeilet af det betragtede

*) Strømninger og Isdrift ved Island af Commandeurapt. C. Irminger. Tidsskr. for Søvæsen. 1861.

Belte vil være beliggende under Vandspeilet ved E_2 i en Dybde, som kan beregnes efter Formlen (71), idet vi i denne for l sætte Afstanden x og for Hastigheden v sætte $\frac{0,75 + v}{2}$, og da Punktet E_2 ligger 1,65 Fod over den horizontale Linie A_5E_1 , saa vil det tillige indsees, at Vandspeilsfaldet fra Horizontalen A_5E_1 til Tværsnittet A_4E_2 for det betragtede Belte kan fremstilles ved:

$$u = 0,000002327 \cdot \sin \theta \cdot \sin^2 \omega \cdot x \cdot \frac{0,75 + v}{2} - 1,65 \text{ Fod,}$$

hvor v kan betragtes som Strømbeltets Middelhastighed. Sætte vi i denne Formel $\sin \theta = 0,84$, $\sin^2 \omega = 0,75$ og derefter successivt $x = 0,1$, $0,3$, $0,5$, $0,7$ og $0,9$ af hele Strømmens Brede fra Punktet E_2 til A_4 samt henholdsviis Strømhastigheden $v = 0,72'$, $0,66'$, $0,60'$, $0,54'$ og $0,48'$, findes Vandspeilsfaldet fra A_5E_1 til A_4E_2 for hvert af de 5 Belter at være følgende:

For det første Belte fra Polarstrømmen	$u = -1,30$	Fod
- - andet - - - -	$u = -0,65$	-
- - tredje - - - -	$u = -0,05$	-
- - fjerde - - - -	$u = +0,50$	-
- - femte - - - -	$u = 1,00$	-

Antages dernæst den Længde, som hvert af disse Strømbelter har gjennemløbet fra Horizontalen A_5E_1 indtil Tværsnittet A_4E_2 at være = 140 Mill = 3,24 Millioner Fod, saa kan Strømdybden for ethvert af de angivne 5 Belter beregnes efter Formlen (73), naar vi deri for u benytte de ovenanførte Værdier, og derhos efterhaanden for $V_0 = V$ sætte de tilsvarende Hastigheder ($0,72'$, $0,66'$, $0,60'$, $0,54'$, og $0,48'$). Da Formlen (73) under disse Omstændigheder let kan skrives:

$$H = \frac{(16 \cdot V)^2}{0,9 \cdot V + \frac{u}{\lambda}},$$

idet Længden λ , udtrykt i Millioner Fod, sættes = 3,24, saa finde vi deraf Strømmens Middeldybde for hvert af de fem Belter omtrent at være følgende:

I det første Belte fra Polarstrømmen	$H = 530$	Fod
- - andet - - - -	$H = 280$	-
- - tredje - - - -	$H = 180$	-
- - fjerde - - - -	$H = 120$	-
- - femte - - - -	$H = 80$	-

Efter at Strømdybden saaledes er bestemt for hvert Belte, samt Hastigheden og Bredden given, er det let følge (74) at bestemme Vandføringen af hvert Strømbelte, og man finder paa denne Maade, at hele Strømmens Vandføring udgjør c. 410 Mill. Cubikfod pr.

Sec. eller henimod $\frac{1}{3}$ af hele den nordgaaende Golfstrøms Vandføring, saaledes som forudsat var.

Polarstrømmen langs Grønlands Østkyst og den samme ledsagende Varmvandsstrøm drives altsaa frem af Jordens Rotationskraft indtil Sydspidsen af Grønland, og holdes imidlertid opstemmet imod dette Land af samme Kraft. For at disse Strømme skulde kunne vedblive at bevæge sig i samme Retning lige ned til Newfoundland, hvad Nogle have antaget som det meest Sandsynlige, vilde det altsaa være nødvendigt, at Strømmen, efter at have forladt Cap Farvel, og imedens den passerede Davisstrædets store Havbugt, vedblivende maatte møde en lignende Modstand, som den, Kysten af Grønland frembød paa Veien indtil Cap Farvel. Men udovede Vandet i Davisstrædet en saadan Modstand, saa maatte det være opstemmet til samme Høide, som Strømmens Vandspeil, der under disse Forhold maatte vedblive at stige paa samme Maade, som langs den Grønlandske Kyst. Følgen deraf vilde altsaa være, at Polarstrømmen vilde ankomme til Newfoundland med en betydeligt høiere Vandstand end den Golfstrømmen indtager ved Punktet A_3 , hvilket naturligviis er en Umulighed, da Vandspeilsfaldet ikke paa noget Punkt kan være større end det, som er nødvendigt for at aflede Vandet mod Syd saa hurtigt som det tilstrømmer fra Nord. Vandspeilet i Havbugten Sydvest for Grønland maa derfor have en meget lavere Vandstand end den, som vilde udfordres for at den østgrønlandske Polarstrøm skulde gaae lige ned imod Golfstrømmen ved Newfoundland; som en Følge deraf forsvinder pludseligt Modtrykket fra Vest saasnart Polarstrømmen har passeret Cap Farvel, medens Trykket fra Øst paa Grund af Jordrotationen vedvarer og tvinger Polarstrømmen, saavel som de denne ledsagende varmere Strømme, til at bevæge sig Vest hen i den store Havbugt mellem Grønland og Labrador.

For vi gaae nærmere ind paa at bestemme disse Strømmes Løb, vil det være nødvendigt først at søge at bestemme Vandspeilets Beliggenhed for den store samlede Polarstrøm (Labradorstrømmen), som løber langs Kysterne af Labrador ned forbi Newfoundland indtil Golfstrømmen. For denne iisførende Strøm, som ifølge Berghaus' Angivelse maa sættes til en Brede af omtrent 50 Miil og hvis Hastighed maa anslaaes til $\frac{5}{6}$ Fod pr. Sec., ville vi efter det Foregaaende antage, at Vandføringen beløber sig til 1200 Mill. Cubikfod pr. Sec. og finde da let, ifølge Formlen (74), at den omhandlede Polarstrøm maa have en Dybde af omtrent 1460 Fod.

Betragte vi denne Koldvandsstrøm deelviis, finde vi, at den fra 50° N. B. indtil den har passeret Cap Race løber fra Nord til Syd under en Strømningsvinkel $\omega = 270^\circ$ gennem en Længde af omtrent 90 Miil; naar vi derefter i Formlen (72) sætte $V_0 = V = \frac{5}{6}$ Fod, $\lambda = 2,16$ Mill. Fod, $H = 1460$ Fod og $\cos \omega = 0$, saa finde vi, at Strømmen paa denne Strækning maa have et Fald $u = 0,25$ Fod. Fra 59° N. B. indtil 50° N. B. løber Labradorstrømmen langs Labradorkysten Sydost hen, gennem en Længde af omtrent 150 Miil og under en Strømningsvinkel $\omega = -50^\circ$, og naar vi da for denne Strækning

sætte $\sin \theta = 0,819$, $\sin \omega \cdot \cos \omega = -0,49$, $V_0 = V = \frac{5}{8}$ Fod, $\lambda = 3,60$ Mill. Fod og $H = 1460$ Fod, saa finde vi ifølge (72) at Polarstrømmen langs Labradorkysten fra 59° til 50° N. B. maa have et Vandspeilsfald $u = 3,25$ Fod. Endelig fra 65° N. B. indtil 59° N. B. bevæger Strømmen sig fra Nord til Syd under en Strømningsvinkel $\omega = 270^\circ$ og gennemløber imidlertid en Længde af 90 Mill. Sætte vi ogsaa for denne Strækning $V_0 = V = \frac{5}{8}$ Fod og $H = 1460$ Fod samt $\cos \omega = 0$, og $\lambda = 2,16$ Mill. Fod, saa findes Strømmens Fald $u = 0,25$ Fod. Ved at gaae ud fra Punktet A_3 som Nulpunkt, finde vi i Henhold til det Ovenanførte, at Labradorstrømmen paa 50° N. B., Øst for Newfoundland, i Grænsen mod Atlanterhavet, har en Vandstand af 0,25 Fod over A_3 . Vi finde fremdeles, at den østlige Rand af samme Strøm paa 59° N. B. maa ligge i en Høide af 3,5 Fod over A_3 , samt at Strømmens østlige Bred paa 65° N. B. maa ligge omtrent 3,75 Fod over A_3 . Men imedens Polarstrømmens østlige Bred maa antages at have den her angivne Beliggenhed, saa holder Jordrotationen den opstemmet fra Venstre til Høire imod Land, og den Høide, hvori dens vestlige Bred maa være beliggende, bestemmes let ifølge Formlen (71), som, idet vi sætte Strømbreden $l = 1,20$ Mill. Fod og $V = \frac{5}{8}$ Fod, kan skrives: $h = 2,327 \cdot \sin \theta \cdot \sin^2 \omega$. Ifølge denne Formel finde vi Høidebeliggenheden (h) af Labradorstrømmens vestlige Bred over dens østlige at være følgende:

Fra 65° N. B. indtil 59° N. B., idet vi sætte $\sin \theta = 0,88$ og $\sin^2 \omega = 1$, $h = 2,0$ Fod;
 Langs Labradorkysten, - - - $\sin \theta = 0,81$, - $\sin^2 \omega = 0,59$, $h = 1,1$ -
 Langs Newfoundland, - - - $\sin \theta = 0,73$, - $\sin^2 \omega = 1$, $h = 1,7$ -.

Efter saaledes at have bestemt de Forhold, hvorunder den store Labradorstrøm bevæger sig ned imod Golfstrømmen, ville vi igjen betragte den østgrønlandske Polarstrøm med de samme ledsagende Strømme af varmere Vand, for saa vidt muligt at bestemme det Lob, hvorunder disse Vandmasser bevæge sig, efter at de have passeret Tværsnittet FE_2A_4 , og for at danne os en begrundet Mening om Beliggenheden af de Baner, som de forskjellige Elementer af den omhandlede Havstrøm maa følge, vil det være hensigtsmæssigt paany at betragte Grundformlen:

$$g \frac{du}{d\lambda} - \frac{dV}{dt} = 0,008 \cdot \frac{V^2}{H} - \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega}{13750} \cdot V,$$

hvorpaa Formlen (72) er bygget. Naar vi da af Mangel paa bedre Oplysning betragte Strømhastigheden som constant for den hele Bane, som et vilkaarligt Strømelement gennemløber, saa vil det let sees, at denne Ligning kan skrives under følgende Form:

$$\sin(2\omega) = \frac{1}{\sin \theta} \left[220 \cdot \frac{V}{H} - \frac{0,86}{V} \cdot \frac{du}{d\lambda} \right], \dots \dots \dots (75)$$

idet Længden af Banen (λ) udtrykkes i Millioner Fod.

Betragtes først selve Polarstrømmen, der har en Dybde $H = 1000$ Fod og en Hastighed $V = \frac{3}{4}$ Fod, saa finde vi, for denne Strøm, at Formlen (75) kan skrives:

$$\sin(2\omega) = \frac{1}{\sin\theta} \left[0,165 - 1,15 \cdot \frac{du}{d\lambda} \right].$$

Ved Hjælp af denne Ligning ville vi nu forsøge at bestemme Beliggenheden af den Bane, som Polarstrømmen under de givne Forhold maa følge, efter at den har passeret Cap Farvel.

Naar Polarstrømmen ankommer til Sydspidsen af Grønland, saa er, som vi tidligere have seet, Vandspeilsfaldet $\frac{du}{d\lambda} = -\frac{1,65}{3} = -0,55$, og idet vi paa dette Punkt have $\sin\theta = 0,866$, findes $\sin(2\omega) = 0,92$, hvorefter fremgaaer, at Strømmingen baade kan foregaae under en Vinkel $\omega = c. 240^\circ$, naar Strømmen, som Tilfældet er langs den grønlandske Kyst, er tvungen af Landets Beliggenhed til at følge denne Retning, men tillige under samme Stigningsforhold kan følge en Vinkel $\omega = c. 210^\circ$, hvilket sidste Tilfælde indtræder, saasnart Strømmen har passeret Cap Farvel, hvor Fastlandets Beliggenhed ikke mere er til Hinders derfor.

Efter at Strømmen har passeret Sydspidsen af Grønland ophører Vandspeilets Stigning i Retning af Banen, og i et vist Øieblik har man da $\frac{du}{d\lambda} = 0$, og altsaa $\sin(2\omega) = \frac{0,165}{0,866} = 0,19$, hvorefter følger, at Strømmen i dette Punkt maa bevæge sig frem under en Vinkel $\omega = 185^\circ$, eller næsten ret Vest hen. Men fra det Øieblik, da Strømmen har passeret Cap Farvel paavirket den af Tyngdekraften formedelst et Fald af Vandspeilet imod Vest ned imod Labradorstrømmen, og naar dette Fald naaer Værdien $\left(\frac{du}{d\lambda}\right) = 0,143$, bliver $\sin(2\omega) = 0$, altsaa $\omega = 180^\circ$, og Strømmen løber da ret Vest hen. Saasnart Vandspeilsfaldet $\left(\frac{du}{d\lambda}\right)$ bliver endnu større, bliver $\sin(2\omega)$ negativ, og Strømningsvinklen (ω) folgelig beliggende i 2den Kvadrant, det vil sige, Strømmen løber Nord—Vest hen. Men i denne Kvadrant svarer der atter til samme Værdi af $\left(\frac{du}{d\lambda}\right)$ to Værdier af ω , hvorefter Strømmen paa Grund af Jordrotationen stedse vil følge den nordligste Retning, naar Forholdene forøvrigt tillade det. — Betragt vi det Strømelement, som følger den nordligste Bred af den østgrønlandske Polarstrøm, idet vi erindre, at naar Strømmen har passeret Cap Farvel, ligger det betragtede Element i en Høide af 6 Fod over Punktet A_3 , medens Vandstanden paa 65° Brede i Davisstrædet kun ligger paa 3,75 Fods Høide over A_3 , saa har den østgrønlandske Polarstrøms nordlige Rand altsaa et Fald af 2,25 Fod fra Cap Farvel imod det nævnte Punkt af den vestgrønlandske Strøm, og da Længden af Banen kan sættes til 2,64 (Mill. Fod), bliver Faldet $\left(\frac{du}{d\lambda}\right) = 0,85$. Indsætte vi denne Værdi tilligemed $\sin\theta = 0,87$

i Formlen, saa findes $\sin(2\omega) = -0,94$, hvoraf følger $\omega = 123^\circ$ eller $\omega = 147^\circ$, hvilket Resultat fuldstændigt synes at svare til den virkelige, stedfindende Strombevægelse langs den grønlandske Vestkyst. Betragte vi derefter det Element af den østgrønlandske Polarstrøm, som løber langs Strømmens sydøstlige Grændse, og hvis Vandspeil ved Cap Farvel ligger 5 Fod over Punktet A_3 , medens Vandstandshoiden ved Labradorstrømmen, hvori den udmunder, kun ligger 3,5 Fod over A_3 , saa har dette Strømelement et Fald af 1,5 Fod paa Længden 2,64 (Mill. Fod), og for dette Element af Polarstrømmen maae vi derefter sætte $\left(\frac{du}{d\lambda}\right) = 0,56$. Naar denne Værdi indsættes i foranstaaende Formel tilligemed $\sin \theta = 0,87$, saa findes $\sin(2\omega) = -0,55$, og deraf følger videre, at $\omega = 163^\circ$, som ligeledes synes at svare fuldkommen til hvad Erfaring har lært. — I Henhold til disse Bestemmelser har jeg aflagt Polarstrømmens Løb Sønden om Grønland paa Pl. I.

Efter saaledes at have paaviist Nødvendigheden af, at Polarstrømmen maa følge det angivne Løb, staaer det nu kun tilbage at paavise, hvorledes de forskellige Elementer af den tilbagegaaende Green af Golfstrømmen, som følger Polarstrømmen mod Sydvest, maae bevæge sig, efter at Strømmen har passeret Cap Farvel ved Tværsnittet FE_2A_3 . For at vise dette, ville vi paany betragte de tidligere angivne 5 Belter, hvori vi have deelt denne Strøm, og til en foreløbig Oversigt, i Mangel af bedre Kundskab, tænke os Strømforholdene under Havvandets videre Løb over imod Labradorstrømmen saaledes, som Tilfældet vilde være, naar Vandspeilet havde et jevnt Fald, og Strømhastigheden saavel som Strømdybden var constant for hvert enkelt Strømelement.

Denne Antagelse er ganske vist ikke noiagtig, men den har den Fordeel, at medens det paa den ene Side ikke kan betvivles, at vi med denne Forudsætning maae nærme os til Sandheden, saa falder det paa den anden Side derved temmelig let at bestemme Strømmens omtrentlige Løb. Som Middeltal ville vi altsaa sætte:

For 1ste Belte fra Polarstrømmen	$V = 0,72'$	$H = 530'$	$\frac{du}{d\lambda} = \frac{4,6-3,1}{3,0} = 0,5$	og $\sin \theta = 0,86$
- 2det — — — —	$V = 0,66'$	$H = 280'$	$\frac{du}{d\lambda} = \frac{3,95-2,35}{3,2} = 0,5$	- $\sin \theta = 0,83$
- 3die — — — —	$V = 0,60'$	$H = 180'$	$\frac{du}{d\lambda} = \frac{3,35-1,65}{3,4} = 0,5$	- $\sin \theta = 0,81$
- 4de — — — —	$V = 0,54'$	$H = 120'$	$\frac{du}{d\lambda} = \frac{2,8-0,9}{3,8} = 0,5$	og $\sin \theta = 0,79$
- 5te — — — —	$V = 0,48'$	$H = 80'$	$\frac{du}{d\lambda} = \frac{2,3-0,2}{4,2} = 0,5$	- $\sin \theta = 0,76$

og finde derefter, naar disse Værdier indsættes i Formlen (75), at

til 1ste Belte svarer $\sin(2\omega) = -0,35$, hvoraf $2\omega = 340^\circ$ og altsaa $\omega = 180^\circ - 10^\circ$

- 2det — — $\sin(2\omega) = -0,16$, — $2\omega = 350^\circ$ — — $\omega = 180^\circ - 5^\circ$

til 3die Belte svarer	$\sin(2\omega) = 0,00,$	$- 2\omega = 360$	$- \omega = 180^\circ$
- 4de — —	$\sin(2\omega) = +0,25,$	$- 2\omega = 374$	$- \omega = 180^\circ + 7^\circ$
- 5te — —	$\sin(2\omega) = 0,56,$	$- 2\omega = 394$	$- \omega = 180^\circ + 17^\circ.$

I Henhold til disse Bestemmelser vil man paa det medfølgende Kort over Atlanterhavet, Pl. I, finde angivet den omhandlede Strøms Lob fra Tværsnittet FE_2A_4 indtil Labradorstrømmen, og jeg skal her kun tilføie, at de Vandmasser, som saaledes sprede sig over det nordlige Atlanterhav og tilstrømme Polarstrømmen langs Kysten af Labrador, sandsynligviis tilstrømme denne fra Neden af, da Vandet i den tilbagevendende Green af Golfstrømmen er saltholdigere og derved mere vægtfuldt end Polarstrømmens Vand.

Efter saaledes at have fuldført denne Undersøgelse over Havstrømmene i det nordlige Atlanterhav og efter derved at have paaviist, hvorfra de forskjellige undersøgte Strømme, navnlig Golfstrømmen, den nordafrikanske Strøm, den varme Strøm Sonden om Island, Strømmen langs Norges Vestkyst og Polarstrømmene fra det nordlige Ishav have deres Oprindelse, samt hvorfor alle disse Strømme netop følge de Baner, som Erfaring har lært os at kjende, — antager jeg, at det vil være klart, at der i det nordatlantiske Hav findes tvende storartede Kredsløb, det ene i dette Havs sydlige Deel rundt om det saakaldte Sargassohav, og det andet i dets nordligste Deel, hvortil da Ishavet maa henregnes. Jeg antager fremdeles, at det næppe vil være undgaaet Opmærksomheden, at begge disse Kredsløb forene sig paa en hoist mærkelig Maade til et dobbelt Kredsløb, der har Form af et umaadeligt stort 8-Tal og som nærmest kan betragtes som den store Pulsaare, hvorigjennem Havvandet i det nordatlantiske Hav fornyes paa alle Punkter, efter at det paa den sindrigste Maade er bleven saaledes blandet og forandret, at det stedse paany under normal Tilstand begynder sit Kredsløb paa ethvert Sted af Banen.

Som et ret interessant Resultat, der fortjener at bemærkes, skal jeg her til Slutning fremhæve, at det ved disse Undersøgelser synes at være sat udenfor al Tvivl, at Verdenshavets frie Vandspeil ingenlunde, som man hidtil sædvanligt har troet, overalt ligger i samme Høide, det vil sige, overalt er beliggende i den Høide, hvori Havfladen vilde indstille sig, hvis Havet havde samme Tæthed og var i Ligevægt paa ethvert Punkt; men jeg skal da tillige strax tilføie, at da den Høide, hvori Havfladen efter de anstillede Undersøgelser maa være beliggende over den Ligevægtsflade, som vilde svare til samme Tæthed af Vandet, kun beløber sig til nogle faa Fod, saa kan bemeldte Høideforskjel ved Havfladen dog i Almindelighed ganske holdes udenfor Betragtning, medens der vel kan forekomme Tilfælde, hvor den vilde kunne udøve en mærkelig Indflydelse.

Da Kjendsgjerningerne angaaende Havets Strømme desværre i det Hele ere hoist ufuldkomne, uagtet der navnlig i det nordlige Atlanterhav baade er anvendt megen Flid og Tid foruden store Capitaler paa at tilveiebringe paalidelige Oplysninger desangaaende, og da jeg naturligviis ikke har havt andre eller flere Erfaringer at bygge paa end de, som ere

almindeligt bekendte, saa ligger det i Sagens Natur, at mange Enkeltheder i Virkeligheden kunne være væsentligt forskellige fra hvad jeg i det Foregaaende har angivet.

Imedens jeg derfor er forberedt paa, at slige Uoverensstemmelser ville vise sig, saa er jeg paa den anden Side ligesaa fuldt overbevist om, at i store Træk ere Strømførholdene dog væsentligt saaledes, som jeg har søgt at fremstille dem; thi der viser sig paa alle Punkter en saadan Overensstemmelse mellem hvad Erfaring har lært og hvad Beregningerne give, at det næsten kan betragtes som umuligt, at Theorien kan være væsentligt urigtig.

Men er Theorien rigtig, saa giver den os til Gjengjæld, saaledes som jeg har søgt at vise, ikke blot et Syn paa Strømførholdene og et Indblik i Strømbevægelserne, som idetmindste har overgaaet hvad jeg fra først af havde haabet at kunne naae; men den sætter os tillige i Stand til, i langt fuldere Maal end hidtil, at drage Nytte af Strømførholdene paa Havet, samtidigt med at den aabner os en vid Udsigt til fremtidig Løsning af mange Opgaver og Besvarelse af mange Spørgsmaal, vedkommende Havets og Luftens Strømninger, hvorefter vi for Tiden kun vide meget lidt Besked.

Extrait d'un mémoire sur les lois des courants dans les conduites ordinaires et dans la mer

par M. A. Colding.

J'ai donné en 1863, dans la Société des Sciences, et, quelques mois plus tard, dans la réunion des naturalistes scandinaves à Stockholm, un court exposé de mes recherches sur le mouvement des corps fluides, recherches dont je m'étais occupé pendant plusieurs années, et dont les résultats m'avaient paru dignes d'être soumis à la Société.

Ce qui constitue le caractère de ce travail, c'est qu'il ne suppose pas, comme d'autres travaux antérieurs du même genre, que toutes les parties d'un courant soient animées de la même vitesse, car il doit précisément son origine à ma conviction que cette manière de voir ne peut conduire qu'exceptionnellement à des résultats exacts. Mes recherches sont basées sur les différents mouvements que prennent les filets liquides ou éléments de courant, et s'appuient sur cette vérité bien connue qu'un corps quelconque, et, par conséquent aussi, une partie quelconque d'un fluide, ne se meuvent avec une vitesse constante que lorsque la force accélératrice est égale à la résistance.

Dans le cas d'un courant coulant en vertu de la pesanteur sur une surface plane qui oppose une résistance au mouvement de l'eau, il était facile de déterminer comment ce mouvement varie avec la profondeur lorsque la vitesse du courant est constante dans toutes ses parties, et, en poursuivant cet ordre d'idées, je fus conduit à la loi de la variation de la vitesse avec la profondeur, lorsque le courant se meut dans une conduite cylindrique à section circulaire complètement remplie par le liquide. Ces recherches empruntent un plus grand intérêt à la circonstance que les lois auxquelles je suis ainsi arrivé par des considérations théoriques, sont confirmées par les expériences qui, dans ces derniers temps, ont été exécutées en France par le capitaine Boileau et l'inspecteur général Darcy. Ces lois du mouvement de l'eau peuvent s'exprimer par la formule:

$$(V-v)^2 = K_0^2 \frac{h}{l} x^3;$$

dans laquelle V est la vitesse des éléments de courant dont le mouvement est le plus rapide; v , la vitesse à la profondeur x ; $\frac{h}{l}$, la pente de l'eau par pied courant, et K_0^2 une grandeur qui dépend seulement de la nature et des dimensions de la conduite, de la profondeur du courant, etc. La théorie montre en outre que les lois du mouvement de l'eau sur une surface plane sont renfermées dans la loi générale du mouvement de l'eau sur une surface cylindrique, lorsqu'on suppose le rayon du cylindre égal à l'infini.

Darcy, qui a établi expérimentalement la formule donnée plus haut pour les conduites cylindriques, avait en même temps cherché à déterminer K_0^2 au moyen de quelques expériences faites avec 4 espèces différentes de tuyaux, et avait trouvé que K_0^2 était inversement proportionnel au carré du rayon de la conduite. Il en résultait, d'après la théorie, que, pour les conduites planes, K_0^2 devait également être en raison inverse du carré de la profondeur du courant. Mais deux séries d'expériences exécutées par Boileau avec des conduites planes faisaient au contraire supposer que K_0^2 était inversement proportionnel simplement à la profondeur du courant. Il y avait donc désaccord entre les résultats des deux expérimentateurs, et il s'agissait de savoir laquelle de ces deux hypothèses était la bonne. Plusieurs circonstances me donnant lieu de croire que celle de Darcy ne pouvait être exacte, je pris pour point de départ les expériences de Boileau, et considérai K_0^2 comme inversement proportionnel à la profondeur du courant, ce que je fis avec d'autant moins de scrupule que cette hypothèse s'accordait avec les expériences de Darcy presque aussi bien que la sienne propre. Je poursuivis alors mes recherches sur cette base, et, après beaucoup de difficultés, arrivai à divers résultats qui en somme étaient si bien d'accord avec l'expérience, que je ne songeai pas à la possibilité que l'hypothèse de Boileau pût être inexacte. Ce fut seulement plus tard, lorsque j'abordai l'étude des courants marins, qu'il s'éleva sans cesse de nouvelles difficultés que je cherchai bien d'abord à vaincre, mais qui devinrent de jour en jour plus insurmontables, jusqu'à ce qu'enfin il n'y eut plus à douter de l'inexactitude de mes calculs, puisqu'ils conduisaient à des résultats qui étaient en contradiction manifeste avec les faits.

La théorie devait donc être inexacte; toutefois, comme je ne pouvais croire qu'elle fût complètement à rejeter, puisque, dans un si grand nombre de circonstances, elle s'était montrée d'accord avec l'expérience, j'essayai par divers moyens de découvrir l'erreur que je devais avoir commise. Mais toutes mes tentatives restèrent sans résultat, et j'étais sur le point de renoncer à résoudre le problème auquel j'avais déjà consacré tant de temps, lorsque l'idée m'étant venue d'examiner ce qui adviendrait si je rejetais la détermination de K_0^2 par Boileau et adoptais l'hypothèse de Darcy — bien qu'elle me parût encore être une impossibilité — je reconnus avec autant de joie que de surprise qu'elle faisait disparaître non seulement toutes les grandes difficultés que j'avais rencontrées jusqu'alors, mais aussi toutes les contradictions qui s'étaient présentées à moi comme une suite inévitable de cette hypothèse, et, à partir de ce moment, les résultats du calcul se sont partout montrés être dans le plus parfait accord avec ce qui se passe dans la nature.

La circonstance que les expériences de Darcy sont presque aussi bien satisfaites, soit qu'on suppose $\frac{1}{K_0^2}$ proportionnel à la 1^{re} ou à la 2^{de} puissance de la profondeur du

courant, me fit penser qu'on s'approcherait davantage de la réalité en exprimant cette grandeur par un binôme du 1^{er} et du 2^d degré, et c'est ce qui a été complètement confirmé par les faits. En déterminant les constantes du binôme d'après les résultats des expériences de Darcy, on trouve que la loi du mouvement de l'eau, dans des tuyaux cylindriques, d'un rayon R , avec un coefficient de résistance m , et une vitesse v_0 à la surface de la conduite, peut être représentée par la formule

$$V - v = 6,8\sqrt{m} \cdot v_0 \cdot \left(\frac{x}{R}\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{117,7 \cdot R}{62,5 + 117,7 \cdot R}}$$

V étant la vitesse suivant l'axe, à laquelle répond $x = 0$. Cette formule s'applique également au mouvement de l'eau dans les conduites planes en y désignant par R la profondeur du courant; seulement le coefficient devient alors $\frac{6,8}{\sqrt{2}} = 4,8$ au lieu de 6,8.

Cette formule montre entre autres que le rapport $\left(\frac{v}{V}\right)$, qui répond à un point quelconque d'une conduite donnée entièrement remplie par le courant, est indépendant de la vitesse du courant, fait que les expériences de Darcy confirment d'une manière remarquable. Ce rapport nous fournit ensuite les moyens de déterminer la valeur du coefficient de résistance m pour les différentes espèces de tuyaux qui ont été employés par Darcy, et on trouve ainsi que pour

les vieux tuyaux	$m = 0,0120$ à $0,0080$
les tuyaux neufs	$m = 0,0050$ à $0,0033$
les tuyaux neufs et vernissés	$m = 0,0033$ à $0,0025$

valeurs qui sont tout-à-fait indépendantes du diamètre de la conduite.

Pour les conduites planes en bois, on trouve, d'après les expériences de Boileau, que $m = 0,0160$ à $0,0090$, tandis que la résistance de l'air, suivant le même auteur, correspond à $m = 0,0003$ à $0,0002$.

L'inspecteur général Darcy est malheureusement mort depuis; mais les recherches qu'il avait commencées sur les courants ont été continuées par l'ingénieur français Bazin, qui en 1865 a publié un grand ouvrage sur les résultats d'un nombre considérable d'expériences exécutées avec des conduites d'espèces très diverses.

Quelque intéressantes d'ailleurs que puissent être ces recherches, on n'y trouve cependant ni le coup d'œil ni la grandeur de conception qui distinguent les travaux de Darcy. Parmi les expériences qui présentent le plus d'intérêt, il y en a quelques unes commencées par Darcy et que Bazin a terminées; telles sont les recherches relatives au mouvement de l'eau dans des conduites rectangulaires, où on a déterminé la vitesse en 45 points symétriquement répartis. Il en résulte que, pour ces conduites, comme pour les conduites circulaires, le rapport $\left(\frac{v}{V}\right)$ est indépendant de la vitesse absolue du courant; et si l'on compare les résultats des expériences sur le mouvement de l'eau dans les conduites planes avec ceux que donnent les formules théoriques, on trouvera que ces derniers s'accordent si complètement avec les expériences, que la différence entre les

vitesse calculées et observées, en chacun des 45 points mentionnés ci-dessus, tombe en deçà de la limite des erreurs d'observation. Cet accord est surtout remarquable pour la conduite dont Darcy se servit en 1857 pour exécuter ses recherches. En 1859, Bazin en entreprit de semblables avec une conduite rectangulaire plus petite; mais il n'a pas fait un aussi grand nombre d'expériences, et ses erreurs d'observation sont plus grandes que celles de Darcy. En déterminant les coefficients de résistance de ces conduites, on trouve que pour celles de Darcy $m = 0,0104$, tandis qu'il s'élève à 0,0180 pour celles de Bazin.

Bazin a exécuté une quantité considérable d'expériences sur le mouvement de l'eau dans des conduites ouvertes, et croit d'après cela devoir admettre que les lois de ce mouvement diffèrent essentiellement de celles qui se rapportent aux conduites entièrement remplies; mais il est certainement dans l'erreur.

On possède les résultats d'un grand nombre d'anciennes mesures de courants que Bruning, vers la fin du siècle dernier, a entreprises dans différents fleuves, savoir le Rhin, le Waal etc. Elles ont été exécutées avec beaucoup de soin, mais, comme il est facile de le prévoir, elles sont pourtant très défectueuses. Elles méritent néanmoins d'attirer l'attention, en partie parce que, pour chaque section du courant, la vitesse a été déterminée de demi pied en demi pied, depuis la surface jusqu'au fond, sur une série de perpendiculaires — les imperfections que présente la mesure de la vitesse perdent par là beaucoup de leur importance — en partie surtout parce que les courants examinés par Bruning avaient une profondeur qui atteignait jusqu'à 23 pieds. En appliquant la théorie à ces courants, et notamment en déterminant les constantes des formules à l'aide des mesures de Bruning, on trouve que les vitesses calculées et observées sont à toutes les profondeurs aussi concordantes qu'on puisse le désirer, et cet accord fournit ainsi une nouvelle preuve de l'exactitude de la théorie. Le coefficient de résistance m , calculé d'après les mesures de Bruning, varie entre 0,0250 et 0,0080, soit en moyenne 0,0160; et comme la résistance au fond de ces courants doit sans doute se rapprocher de celle que rencontre un courant marin en coulant sur une masse d'eau placée au-dessous, et qui ne participe pas au mouvement, j'ai lieu de croire que la valeur limite $m = 0,025$ correspond assez exactement à la résistance que subissent les courants coulant librement dans la mer.

Après m'être ainsi assuré que la théorie qui précède s'accorde avec l'expérience partout où celle-ci existe, j'ai cherché à déterminer les lois du mouvement de l'eau dans des courants à vitesse variable. En considérant le cas le plus simple de ce genre, savoir celui où la conduite est une surface plane — j'ai déjà auparavant traité ce cas par l'ancienne théorie — on trouve que les lois des courants, d'après la nouvelle théorie, sont complètement d'accord avec les faits observés dans la nature, et par conséquent cette théorie peut être regardée comme donnant l'explication de tous les courants permanents.

Après avoir montré que cette théorie du mouvement des corps fluides rend fidèlement compte de tous les phénomènes, je donnerai maintenant, en m'appuyant sur elle, un aperçu de mes recherches récentes sur les courants marins.

Les courants que nous avons surtout à considérer ici sont ceux de l'Atlantique du nord, spécialement le Gulf-stream et les courants polaires.

Le Gulf-stream sort comme on sait du golfe du Mexique, mais on en peut suivre le cours à travers la mer des Caraïbes, où il arrive de l'Atlantique en passant entre les Antilles, et coule ensuite au N. O. avec une vitesse de $\frac{1}{4}$ de mille à l'heure jusqu'à son entrée dans le golfe du Mexique. De ce golfe, le Gulf-stream se dirige à l'Est vers les îles Bahama en longeant la côte nord de Cuba; mais, après avoir doublé la Floride, il s'infléchit vers le Nord, et passe entre les îles Bahama et la Floride, dans le canal qui sépare le cap Floride de l'île de Bemini, où le courant a une vitesse de 1 mille à l'heure, une largeur de 8 milles et une profondeur de 250 brasses. Du canal de Bemini le Gulf-stream monte droit vers le Nord avec une vitesse qui décroît graduellement de 6 pieds $\frac{3}{4}$ à Bemini jusqu'à 4 p. à St. Augustine, et parcourt entre ces deux points près de 70 milles, pendant lesquels sa largeur augmente depuis 8 milles jusqu'à 11 $\frac{1}{4}$. De St. Augustine à la baie de New-York, le Gulf-stream court au N. E. parallèlement à la terre en longeant un courant froid qui coule du Nord au Sud entre le Gulf-stream et la côte américaine. Dans ce trajet, il va toujours en s'élargissant, depuis 11 milles $\frac{3}{4}$ à St. Augustine jusqu'à 31 $\frac{3}{4}$ à New York, pendant que sa vitesse décroît en même temps de 4 pieds à 2 $\frac{1}{2}$ par seconde. La profondeur de la mer, sur le passage du courant, est de plusieurs centaines de brasses, et la distance entre St. Augustine et New-York est de 180 milles. A partir de la baie de New-York, le Gulf-stream prend une direction E. N. E. au sud de Terre-Neuve, et longe le courant d'eau froide qui descend au S. O. jusqu'à New-York, en suivant la côte orientale de Terre-Neuve. Lorsque le Gulf-stream, après un trajet de 200 milles, est arrivé au sud de Terre-Neuve, sa largeur a atteint 80 milles environ, tandis que sa vitesse n'est que de 2 pieds par seconde; mais le courant marche encore 300 milles dans la même direction, c'est-à-dire vers l'Europe, avec une vitesse qui diminue de 2 pieds à 0,6 p. et une largeur croissante depuis 80 jusqu'à 200 milles. Après avoir franchi 750 milles depuis Bemini, le Gulf-stream se partage en deux branches, l'une méridionale qui descend vers la côte africaine avec une vitesse de 0,6 pieds par seconde, et l'autre septentrionale qui monte vers l'Islande en suivant les côtes des îles-Britanniques, et parcourt environ 200 milles avec une vitesse qui décroît de 0,6 à 0,3 pieds par seconde, tandis que la largeur du courant croît de 100 milles à 150. Lorsque le Gulf-stream a atteint les parages de l'Islande, il s'en détache un bras qui longe la côte méridionale de cette île, pour se diriger ensuite au N. O. vers le courant polaire de la côte orientale du Gronland, qu'il semble suivre en partie dans sa marche vers le Sud. Quant au bras principal, il s'infléchit à l'Est après avoir dépassé l'extrémité nord de l'Ecosse, et court ensuite au N. E. le long de la côte occidentale de la Norvège, jusqu'à ce qu'il débouche dans la mer Glaciale.

Relativement au courant polaire, on peut observer ce qui suit: de la région de la mer Glaciale la plus septentrionale que nous connaissons, des parages du Spitzberg vers le 80° degré de Lat. N., descend au S. O. un grand courant polaire rempli de glaces flottantes. Il arrive sur la côte orientale du Gronland par 70° de Lat. N., et continue de

la suivre jusqu'au cap Farvel. Sa largeur est de 40 milles environ, et sa vitesse de $\frac{3}{4}$ de pied par seconde. Après avoir passé le cap Farvel, il se redresse le long de la côte occidentale du Gronland, et la suit jusqu'à une certaine hauteur dans le détroit de Davis; mais arrivé à quelques degrés plus au Nord que la pointe méridionale du Gronland, il s'infléchit au S. O. vers la côte du Labrador, qu'il longe ensuite en descendant au S. E. grossi du courant polaire qui vient de la baie de Baffin. En quittant le Labrador, où sa vitesse est de $\frac{5}{8}$ de pied par seconde et sa largeur de 50 milles, le courant polaire se dirige vers le Gulf-stream en contournant la côte Est de Terre-Neuve, et, après avoir doublé le cap Race, envoie une branche au S. O. entre le Gulf-stream et la côte américaine, branche qu'on peut suivre jusqu'à la Floride. Quant à la partie du courant polaire qui ne prend pas cette route, on admet généralement qu'elle coule au-dessous du Gulf-stream à l'Est de Terre-Neuve, et qu'elle se dirige ensuite au S. E. vers la côte africaine, où les eaux de la mer ont une température relativement basse.

Pour expliquer les causes de ces immenses courants marins à l'aide des lois du mouvement de l'eau dans les conduites ordinaires, il faut d'abord connaître les forces qui produisent et entretiennent le mouvement de ces courants. Le capitaine Maury, qui s'est occupé spécialement de cette question, a émis l'opinion que les courants marins sont dus aux différences que les changements de température et de salure apportent dans le poids spécifique de l'eau de la mer. Pour faire comprendre plus facilement sa théorie, Maury imagine un globe comme la terre recouvert sur toute sa surface d'une mer de 200 brasses de profondeur dont l'eau a partout la même densité, et, comme il suppose en même temps que les circonstances extérieures sont les mêmes pour tous les points, et qu'il n'y a ni évaporation ni précipitation, il ne peut y avoir sur ce globe ni vents ni courants. Puis il se représente l'eau comprise entre les tropiques subitement transformée en huile sur une profondeur de 100 brasses; à partir de ce moment, l'équilibre est rompu, et il en résulte un système général de courants et de contre-courants, car l'huile, qui est plus légère que l'eau, doit se précipiter vers les pôles en restant à la surface, tandis que l'eau de ces régions se dirige vers l'équateur en formant un courant sous-marin. A mesure que l'huile arrive dans la mer polaire, elle est supposée se transformer en eau qui retourne à l'équateur, où elle se change de nouveau en huile, qui remonte à la surface et se rend vers les pôles, etc. Si maintenant ce globe, de même que la terre, tourne autour de son axe une fois en 24 heures de l'Ouest à l'Est, chaque molécule d'huile, suivant Maury, marchera vers le pôle en décrivant une spirale avec une vitesse vers l'Est toujours plus grande, et, en arrivant au pôle, elle tournera avec la même vitesse dont la terre est animée à l'équateur, savoir 225 milles à l'heure. Mais lorsque l'huile se changera en eau, dit-il, elle retournera vers l'équateur en décrivant une spirale dirigée vers l'Ouest. Si la mer en question était limitée par des terres, comme à la surface terrestre, l'uniformité des courants serait rompue par les diverses circonstances locales, et, dans quelques endroits, il s'en formerait qui dépasseraient les autres en grandeur et en vitesse, mais il y aurait toujours un système de courants équatoriaux et polaires. Ne peut-on pas admettre, demande alors Maury, que les eaux froides venant du Nord et les eaux chaudes sortant du golfe du Mexique, que la chaleur des tropiques a rendues plus légères, se comportent entr'elles comme l'eau et l'huile dans l'exemple qui précède? On considérerait autrefois le Gulf-stream comme une

branche du Mississipi; mais cette opinion dut être abandonnée lorsqu'on eut constaté que le volume du Gulf-stream est plus de mille fois plus grand que celui du fleuve, et que l'eau en est salée, tandis que celle du Mississipi est douce. On adopta alors généralement l'idée émise par Benjamin Franklin, que ce sont les vents alizés qui poussent les eaux devant eux dans la mer des Caraïbes, d'où elles sortent plus tard en formant le Gulf-stream. Maury n'accepte cependant pas cette explication; il reconnaît que les alizés peuvent contribuer à la vitesse du Gulf-stream dans le détroit de la Floride; mais il prétend qu'il est impossible que les vents mettent le Gulf-stream en état de traverser toute l'Atlantique comme un courant bien distinct, et il termine ses objections contre la théorie de Franklin en remarquant qu'aussi sûrement qu'un fleuve ne coule dans son lit que s'il est sollicité par la pesanteur, de même le cours du Gulf-stream au milieu de l'océan exige une force accélératrice continue; en effet, si la pesanteur n'existait pas, les eaux du Mississipi ne quitteraient pas la source de ce fleuve, et, faute d'une différence de poids spécifique, celles du Gulf-stream resteraient toujours dans les parages tropicaux de l'Atlantique. Mais comme Maury conteste l'exactitude de l'assertion émise par Franklin, à savoir que la surface de la mer est plus élevée dans le golfe du Mexique, et que l'eau y tend, en vertu de son poids, à se précipiter vers le Nord, l'expérience montrant que le long du bord occidental du Gulf-stream circule un courant d'eaux froides qui descend au Sud jusqu'au détroit de la Floride, il ne peut non plus maintenir sa première opinion au sujet de la cause qui produit le Gulf-stream, mais est forcé de partir de l'hypothèse que l'eau du Gulf-stream, à cause de son plus grand degré de salure, a un poids spécifique plus considérable que l'eau des mers polaires, où elle afflue en vertu de sa plus grande densité, en déterminant un courant en sens contraire des eaux plus légères de ces régions. Mais du moment que Maury supposait que les courants marins prennent naissance à la fois parce que l'eau des tropiques est plus légère, et celle du Gulf-stream plus lourde que l'eau des mers polaires, son point de vue devenait incertain et difficile à soutenir, et il réussit d'autant moins à mettre la question des courants dans son vrai jour, qu'on manquait alors de moyens pour déterminer le poids spécifique de l'eau de la mer, parce qu'on n'en connaissait pas la salure dans les différentes mers.

Forchhammer a comblé cette lacune par ses recherches sur l'eau de la mer; car nous pouvons maintenant, à l'aide de ses résultats et des températures, indiquer assez exactement le poids spécifique de l'eau de la mer dans les principales mers du globe. En effectuant les calculs, on trouve, conformément à la première idée de Maury, que la densité de l'eau de la mer est minimum à l'équateur, et croît d'une manière assez régulière à mesure qu'on s'avance vers le Nord et vers le Sud. L'eau de l'Atlantique, vers 60° de Lat. N., au sud et au sud-est du Groenland, paraît avoir la densité la plus grande; en prenant cette densité pour unité, on trouve que les poids spécifiques de l'eau de la mer peuvent en moyenne être représentés par les nombres suivants:

Hémisphère nord.		Hémisphère sud.	
Entre 60°—70° de Lat., dans le détroit de Davis	0,9980	—	inconnu —
Par 60° Lat. de dans l'Atlantique	1,0000	—	id. —
Entre 50°—60° de Lat. id.	0,9994	Dans le courant d'eaux froides du cap Horn 0,9990	
— 40°—50° id. id.	0,9985	Dans l'Atlantique 0,9984	
— 23°—40° id. id.	0,9972	id. 0,9970	
— 0°—23° id. id.	0,9956	id. 0,9966	

dont les premiers, ceux de l'hémisphère Nord, méritent le plus de confiance, parce que les observations y ont été plus nombreuses.

On voit par ce tableau que la densité de l'eau de la mer croit de la même manière avec la latitude soit qu'on se dirige vers le Nord ou vers le Sud. Mais Forchhammer a aussi déterminé la salure de l'eau de la mer à diverses profondeurs, et trouvé qu'elle décroît en très petite proportion à mesure que la profondeur augmente. Si l'on part de ce fait, en tenant compte en même temps de la diminution de la température avec la profondeur, on arrive à ce résultat qu'à 500 brasses au-dessous de la surface, la densité de l'eau de la mer peut, à très peu de chose près, être égalée à 1 pour tous les points du globe. Mais si la densité de l'eau de la mer à 3000 pieds de profondeur est partout égale à 1, et qu'à la surface elle diminue en approchant de l'équateur, il est évident que la masse d'eau placée au-dessous ne peut être en équilibre que si la surface de la mer est plus élevée entre les tropiques que sous les pôles, et si nous prenons les densités moyennes qui précèdent, à la surface et au fond de cette masse liquide, nous trouvons que les hauteurs de la surface de la mer au-dessus du niveau correspondant à la densité de 1, doivent être environ les suivantes :

Hauteurs entre l'Equateur et les Tropiques	= 6,6 Pieds
id. les Tropiques et 40° de Lat.	= 4,2 —
id. 40° et 50°	= 2,2 —
id. 50° et 60°	= 0,9 —
id. à 60°	= 0,0 —
id. entre 60° et 70°	= 3,0 —

Mais une pareille différence de niveau exige nécessairement la formation d'un double courant de surface allant de l'équateur aux deux pôles, et cela ne peut avoir lieu sans que la hauteur de l'eau diminue sous les tropiques, à moins qu'il n'y ait un afflux équivalent dans les mers tropicales. Mais si le niveau de l'eau s'abaisse sous les tropiques, l'équilibre est rompu dans les couches inférieures, et il doit par conséquent y avoir un courant sous-marin qui descend du Nord et du Sud vers l'équateur. Qu'il existe réellement un faible courant dans cette direction, c'est ce qui résulte de la circonstance que la température de la mer décroît avec la profondeur.

En supposant qu'il n'y eût pas d'autres forces en jeu, la différence de niveau mentionnée plus haut devrait donc, comme Maury l'admettait d'abord, donner lieu à un courant

de surface de l'équateur aux pôles, et à un courant sous-marin des pôles à l'équateur. Mais ces courants sont profondément modifiés par suite de l'intervention d'autres forces. L'alizé du Nord-Est réagit contre ce courant équatorial de l'hémisphère nord en exerçant sur la surface de la mer une pression oblique dont l'effet est plus grand que celui de la différence de niveau; il en résulte, à partir du 30° degré de latitude, une crue de l'eau contre les masses liquides que l'alizé du Sud-Est tend à amener de l'Atlantique sud, et l'alizé du Nord-Est force en même temps les eaux de la surface à se diriger au S. O. vers la mer des Caraïbes, comme le supposait Franklin. Dans cette mer et dans le golfe du Mexique, où l'alizé n'est pas dominant, l'eau continue sa route au Nord par le détroit de la Floride, et donne ainsi naissance au Gulf-stream. Mais pour faire avancer le Gulf-stream du golfe du Mexique et du détroit de la Floride jusqu'au 30° degré de Lat. N., il faut une différence de niveau qui peut être calculée à l'aide des formules générales du mouvement de l'eau dans les courants, et on trouve ainsi que le niveau de l'eau dans le golfe du Mexique doit être de 6 pieds plus élevé qu'à St. Augustine. Si l'on observe ensuite que, d'après la densité de l'eau à St. Augustine, le niveau de la mer doit s'y trouver à environ 3 pieds $\frac{1}{2}$ au-dessus du point marqué zéro qui correspond à la densité moyenne de 1, il en résulte que le niveau du golfe du Mexique est environ à 9 $\frac{1}{2}$ pieds au-dessus de ce point, et que l'alizé fait remonter l'eau de près de 3 pieds dans le golfe du Mexique.

Après que cet immense courant, dont le débit, dans le détroit de Bemini, est de 1600 millions de pieds cubes par seconde, a passé St. Augustine, il poursuit sa route au N. E., ainsi qu'il a été dit plus haut. Pour faire ce long trajet, le Gulf-stream dispose tout au plus d'une pente de 3 pieds $\frac{1}{2}$; mais il est facile de se convaincre que la force qui en résulte est tout-à-fait insuffisante pour exécuter le travail que ce mouvement exige, et il s'ensuit évidemment que le Gulf-stream doit, pendant tout ce parcours, être soumis à l'action d'une autre force à laquelle on n'a pas fait attention jusqu'ici. Mais quelle est cette force qui a passé ainsi inaperçue? Chose assez singulière, c'est une vieille connaissance, dont on n'a seulement pas suffisamment compris le rôle, bien que ce soit Kepler qui en ait le premier signalé l'importance. En effet la force qui pousse le Gulf-stream vers le Nord est simplement celle qui résulte de la rotation de la terre, et ce n'est pas seulement sur le Gulf-stream qu'elle agit; elle est, comme nous le verrons, la cause principale de tous les courants de l'atmosphère et des mers. Que la rotation diurne de la terre doive exercer une influence sur tous les courants qui vont de l'équateur aux pôles et vice versa, et que la direction des vents alizés soit due à la même cause, ce sont là des faits bien connus. Mais bien qu'on soit d'accord que la rotation exerce une action sur les courants marins, les opinions cependant ont été très partagées jusqu'ici sur l'importance de cette action, les uns prétendant que la rotation de la terre est la cause principale des directions Nord-Est et Sud-Ouest que suivent respectivement le Gulf-stream et les courants polaires, tandis que les autres soutiennent qu'elle ne peut apporter aucun changement notable dans les routes que parcourent les courants marins, routes qu'ils continueraient à suivre même si elle n'existait pas. Mais tandis qu'on discute ainsi sur cette question, tout le monde s'accorde à reconnaître que nous ne savons que fort peu de chose, et, en tout cas, rien de certain, des lois qui régissent les mouvements de la mer et de l'atmosphère; car nous ignorons pour le moment si les molécules d'eau ou d'air se

meuvent sans résistance, ou si elles en rencontrent une et subissent l'action de certaines forces, et nous savons encore moins quelle est l'origine de ces forces, leur grandeur etc. Cette ignorance au sujet de l'action que la rotation de la terre exerce sur les courants, est due évidemment aux connaissances incomplètes qu'on avait des lois du mouvement des fluides dans les courants; car si l'on avait pu établir qu'une pareille force devait être en jeu, on en aurait sans doute bientôt déterminé la véritable expression. La chose est en effet bien simple; si nous supposons qu'un élément de courant coule de l'équateur dans la direction du méridien dans un canal limité, cet élément tournera comme la terre avec une vitesse de l'Ouest à l'Est $= \frac{2\pi R}{86400} \cos \theta$, θ désignant la latitude et R le rayon terrestre.

Après un temps dt , pendant lequel l'élément en question arrivera à la latitude $\theta + d\theta$, il se comportera à l'égard des parois du canal comme s'il était soumis à une force qui, dans le temps dt , lui communiquerait un accroissement de vitesse $\frac{2\pi R}{86400} \sin \theta \cdot d\theta$ de l'Ouest à l'Est, l'élément étant supposé parfaitement libre. La force qui résulte de la rotation de la terre peut donc être représentée par

$$\psi = \frac{2\pi R}{86400} \sin \theta \left(\frac{d\theta}{dt} \right) = \frac{2\pi}{86400} \sin \theta \cdot v$$

v étant la vitesse dans le canal considéré. Mais le mouvement n'étant pas libre, puisque l'élément matériel que nous considérons est forcé de se mouvoir dans un canal du Sud au Nord, il exercera par unité de masse contre les parois du canal une pression ψ dirigée de l'Ouest à l'Est. Si cet élément, comme nous l'avons supposé, fait partie d'un courant assujéti à circuler dans un canal, il est évident que la surface de l'eau y remontera de gauche à droite, et si nous désignons la hauteur où elle remonte par h , pour une largeur du canal $= l$, nous aurons :

$$g \frac{h}{l} = \frac{\sin \theta \cdot v}{13750}$$

La trajectoire étant la même, il est clair que la surface du courant doit présenter la même pente, qu'il se meuve dans un canal ou coule librement au milieu de la mer. Mais il n'est pas moins évident que, quelle que soit la situation de cette trajectoire à la surface du globe, l'élément qui au temps t se trouve à la latitude θ , et, après le temps infiniment petit dt , arrive à la latitude $\theta + d\theta$, doit, sous l'influence de la rotation de la terre, se mouvoir de la même manière que si la terre étant immobile, il était poussé de l'Ouest à l'Est par une force

$$\psi = \frac{2\pi R}{86400} \sin \theta \frac{d\theta}{dt} = \frac{\sin \theta \cdot \sin \omega \cdot v}{13750}$$

où v désigne encore la vitesse de l'élément considéré et ω l'angle que fait la direction de la trajectoire parcourue avec la partie orientale du cercle de latitude. Mais nous pourrons par suite faire abstraction de la rotation de la terre, et considérer celle-ci comme immobile, si, aux autres forces qui agissent sur l'eau, nous ajoutons la force ψ agissant

de l'Ouest à l'Est. Si l'on décompose cette force en deux autres rectangulaires, dont l'une dirigée suivant le courant, et qu'on suppose que ce dernier ait dans le sens de son cours, une pente $\frac{du}{d\lambda}$, on trouve que sa surface doit présenter de gauche à droite, et perpendiculairement à la direction du courant, une élévation $\frac{h}{l}$ dont la valeur est donnée par l'équation

$$g \frac{h}{l} = \frac{\sin \theta \sin^2 \omega \cdot v}{13750} \dots \dots \dots (A)$$

et que la masse liquide est poussée en avant par une force

$$\left[\frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega \cdot v}{13750} + \frac{du}{d\lambda} g \right]$$

qui, suivant ma théorie, conduit à l'équation suivante du mouvement du courant:

$$u = \frac{V^2 - V_0^2}{2g} + \frac{0,016}{3} \frac{V^2 + V \cdot V_0 + V_0^2}{2g} \frac{\lambda}{H} + \frac{\sin \theta \sin \omega \cos \omega}{13750} \cdot \frac{V + V_0}{2g} \lambda \dots (B)$$

où u est la pente du courant sur la longueur λ , H sa profondeur, V_0 sa vitesse initiale et V sa vitesse finale après avoir parcouru le chemin λ . Enfin si, d'après la théorie, on pose pour le débit du courant par seconde

$$Q = 0,82 V \cdot H \cdot l \dots \dots \dots (C)$$

on aura les formules fondamentales qui donnent les lois de la marche des courants marins sur toute la surface du globe, l'angle θ , qui est positif dans l'hémisphère boréal et négatif dans l'hémisphère austral, ayant ses valeurs comprises entre 0 et 90°, tandis que l'angle ω , suivant la direction du mouvement, peut se trouver dans le 1^{er}, 2^e, 3^e ou 4^e quadrant.

Il résulte de ces trois formules que tous les courants de l'hémisphère nord, quelle que soit leur direction, ont une surface qui va en remontant de gauche à droite, et que la force résultant de la rotation de la terre en accélère ou en retarde la marche, suivant qu'ils se meuvent dans le 1^{er} et le 3^e, ou dans le 2^e et le 4^e quadrant, d'où il suit qu'un mouvement dans un de ces derniers quadrants n'est possible que lorsque le courant dispose d'une pente suffisante ou d'une force équivalente due, par exemple, à l'action du vent, au poids spécifique de l'eau de mer, etc. Lorsque le courant suit le méridien, l'inclinaison de sa surface, perpendiculairement à sa direction, est un maximum, mais la rotation est du reste sans influence sur son cours. Lorsque le courant coule perpendiculairement au méridien; la pente $\frac{h}{l} = 0$, et la rotation est en somme sans influence sur son cours.

Si nous considérons maintenant le cours du Gulf-stream depuis sa sortie du golfe du Mexique, nous voyons que, dans son trajet de Bemini à St. Augustine par le détroit de la Floride, où il se dirige droit au Nord, le courant n'est sollicité que par une différence de niveau qui, ainsi qu'il a été dit plus haut, peut, pour cette étendue, être évaluée à 6

pieds. Dans ce parcours, le courant présente de l'Ouest à l'Est une élévation dont la valeur totale est de 1,3 pied environ.

De St. Augustine à la baie de New-York, le Gulf-stream se dirige vers le N. O.; dans tout ce parcours, il est entraîné par la rotation de la terre avec une force correspondant à une pente de 9 à 10 pieds, et remonte, de gauche à droite, de 1,2 pied.

De la baie de New-York, le Gulf-stream court à l'Est vers les côtes d'Europe, et, dans tout ce trajet, obéit à l'impulsion de la force de rotation, qui le relève de gauche à droite d'une hauteur totale de 1 pied environ. Arrivé en vue de l'Europe, le courant se divise en deux branches à peu près égales dont l'une, sous l'influence de la pesanteur diminuée de l'action de la rotation terrestre, court au S. E. vers la côte d'Afrique avec une élévation de gauche à droite, tandis que l'autre est forcée de longer les côtes de la Grande-Bretagne en suivant une direction plus septentrionale à cause de la résistance que les terres lui opposent, et subit l'action de la force de rotation qui la fait avancer vers le Nord en la relevant de gauche à droite de $1\frac{1}{2}$ pied vers la terre. Si l'on cherche à évaluer l'influence que la rotation terrestre exerce sur le Gulf-stream depuis St. Augustine jusqu'au 60° degré de Lat. N., on trouve que cette force est à peu près la même que celle qui agirait sur le courant, si, entre ces deux points, dont la distance est de 950 milles environ, l'Atlantique présentait une différence de niveau de 25 pieds. Lorsque le Gulf-stream a dépassé l'extrémité nord de l'Ecosse, la résistance qui l'obligeait de prendre une direction plus septentrionale disparaît, et, à partir de ce moment, le courant principal incline plus à l'Est vers les côtes de la Norvège, qu'il longe ensuite au N. E. en remontant vers la terre à cause de la rotation. Une autre branche du Gulf-stream est arrêtée par l'Islande dans sa marche vers le Nord, et se dirige au N. O., en luttant contre la rotation terrestre qui la relève vers la côte sud et sud-ouest de l'Islande; elle doit par conséquent présenter une pente vers le N. O. jusqu'au courant polaire.

Si nous considérons maintenant les courants polaires, et notamment celui qui du Spitzberg descend au S. O. le long de la côte groenlandaise jusqu'au cap Farvel, nous voyons que ce courant reçoit l'impulsion de la force de rotation, et remonte de 1 pied environ vers la côte orientale du Groenland, effet qui cesse toutefois dès qu'il a dépassé la pointe méridionale de ce pays. Aussitôt que la résistance qui forçait le courant à suivre la côte en marchant au S. O. disparaît, il ne peut plus continuer la même route, et se dirige à l'Ouest vers le Labrador, en partie par suite de la rotation terrestre, en partie parce que le niveau en est alors plus élevé que celui des eaux du détroit de Davis. Après s'être avancé un peu dans le détroit, le courant polaire rencontre les courants venant du Nord par la baie de Baffin, et se joint à eux pour descendre au S. E. le long de la côte du Labrador, vers laquelle il se relève en vertu de la rotation de la terre. Durant ce trajet, et jusqu'à son arrivée dans les parages de Terre-Neuve, il est refoulé par la force de rotation, et doit par conséquent présenter une pente tout le long du détroit de Davis et de la côte orientale de Terre-Neuve jusqu'au Gulf-stream. Pendant qu'il descend au Sud en longeant cette côte, le courant polaire est relevé vers la terre par la rotation terrestre; mais aussitôt qu'il a dépassé le cap Race, cette résistance disparaît tout-à-coup, et on voit se reproduire le même phénomène qu'au cap Farvel. Le courant s'infléchit

subitement au S. O., et suit la côte jusqu'à la Floride, tandis que sa largeur et le volume de ses eaux vont toujours en diminuant.

Depuis Terre-Neuve jusqu'à la Floride, sur une étendue de 500 milles environ, le Gulf-stream et le courant polaire coulent constamment côte à côte, sous l'impulsion de la rotation terrestre. Celle-ci relève le courant polaire vers la terre, et le force à suivre toutes les sinuosités de la côte; mais quelle est la force qui oblige le Gulf-stream, lequel coule librement dans la mer, de suivre le courant polaire dans tous ses détours, au lieu de prendre la direction plus orientale que la rotation de la terre tend à lui donner? C'est naturellement la pesanteur, savoir la force résultant de la pente que le Gulf-stream présente de droite à gauche perpendiculairement à sa direction et sur toute sa largeur, pente qui est de 1,2 pied depuis le point où le courant débouche dans l'Atlantique jusqu'à New-York, et de 1 pied environ depuis New-York jusqu'à l'endroit où, après avoir atteint les côtes de l'Europe, il se partage en deux branches. Et si l'on demande pourquoi le Gulf-stream a cette pente, la raison en est évidemment que l'eau du courant polaire a un poids spécifique plus considérable que l'eau de l'Atlantique, et doit par suite avoir un niveau plus bas que celui de cette mer, puisque la masse liquide inférieure est en équilibre. Que les choses se passent réellement ainsi, c'est ce que confirment pleinement les recherches que le gouvernement américain a fait exécuter dans ces dernières années sur le Gulf-stream, lesquelles ne permettent pas de douter que ce courant ne conserve sa place à cause de la différence de densité existant entre les eaux du courant polaire et celles de l'Atlantique. Dans ces circonstances, il est facile de comprendre que le Gulf-stream doit suivre le courant polaire dans toutes ses sinuosités jusqu'à Terre-Neuve.

Mais tandis que le Gulf-stream doit ainsi être considéré comme présentant une pente uniforme de l'Atlantique vers le courant polaire, les recherches entreprises par le gouvernement américain prouvent que le fond du Gulf-stream ne saurait être en équilibre que si ce courant avait une inclinaison dirigée du courant polaire vers l'Atlantique, de manière que son niveau maximum fût à peu près au tiers de sa largeur à partir du courant polaire. Dans les conditions actuelles il n'y a donc pas équilibre. Les eaux du courant polaire exercent sur le Gulf-stream une pression qui va en augmentant avec la profondeur, et y détermine un afflux continu d'eau froide, surtout dans sa partie inférieure. A mesure que ces eaux froides pénètrent dans le Gulf-stream, il leur communique sa chaleur et son mouvement, et à mesure qu'il s'élève sous l'influence de la pression du courant polaire en chassant l'eau qu'il déplace, sa largeur doit aller en augmentant. Mais pour que la largeur du Gulf-stream augmente, il faut que son niveau, au milieu du courant, s'élève au-dessus de celui qui correspond à l'équilibre de la surface, de manière que la force de rotation acquière la prépondérance nécessaire pour produire l'élargissement vers l'Est, et cet exhaussement de niveau donne en même temps naissance, depuis le milieu du Gulf stream jusqu'au courant polaire, au courant d'eau chaude de surface qui a été constaté par la commission américaine.

Il suit donc de ce qui précède, d'un côté que le courant polaire pénètre dans tous les points du Gulf-stream presque jusqu'à sa surface, tandis que ce dernier envoie au courant polaire un courant d'eau chaude de surface de 20 à 50 brasses de profondeur,

et, de l'autre, que le Gulf-stream doit, dans toute sa profondeur, exercer sur les eaux de l'Atlantique une pression qui les force de céder la place à celles qu'il reçoit du courant polaire, et qu'il entraîne avec lui.

Les recherches récentes qui ont été faites sur le Gulf-stream semblent toutes confirmer ces résultats, de sorte que si nous supposons que le volume du Gulf-stream s'accroît de toute l'eau que le courant polaire abandonne dans son cours, il s'ensuivra qu'en désignant par Q le volume du Gulf-stream à Bemini, et par q celui du courant polaire dans une section quelconque entre Terre-Neuve et la Floride, le volume du Gulf-stream, pour la même section, sera égal à $(Q+q)$. D'après cela, il faut donc admettre que le courant polaire, qui, de la côte orientale de Terre-Neuve coule vers le Gulf-stream, et qui du cap Race se dirige au S. O. le long de la côte américaine, abandonne dans son trajet vers la Floride toute son eau au Gulf-stream, et si l'on pose la vitesse du courant polaire au sud de Terre-Neuve = 1,8 pied par seconde, sa largeur = 50 milles et sa profondeur = 900 pieds, on trouve que son débit par seconde = 1600 millions de pieds cubes, ce qui donne pour celui du Gulf-stream au sud de Terre-Neuve 3200 millions de pieds cubes par seconde.

De la partie méridionale de l'Atlantique nord, entre l'équateur et 30° de latitude, il s'écoule donc 1600 millions de pieds cubes par seconde; mais outre cette perte, la partie dont il s'agit en éprouve une autre qui est due à l'évaporation, celle-ci lui enlevant une quantité d'eau plus considérable que celle qui y tombe sous forme de pluie et y afflue des terres environnantes. Pour calculer cette différence, on peut utiliser les résultats des recherches qui, en 1860, ont été exécutées à St. Hélène par le lieutenant Haughton. On trouve ainsi que l'excès de l'évaporation dans l'Atlantique, entre 0° et 30° de latitude, équivaut en moyenne à une hauteur d'eau de 0,22", ce qui, défalcation faite de $\frac{1}{10}$ pour l'eau qui provient des fleuves, donne une perte de 50 millions de pieds cubes par seconde. La quantité d'eau totale qui s'écoule de l'Atlantique entre 0° et 30° de Lat. N., peut donc être évaluée à 1650 millions de pieds cubes par seconde.

Si l'on admet ensuite que les $\frac{2}{3}$ de toute la surface des terres situées au nord du 30° degré de latitude envoient directement ou indirectement leurs eaux à l'Atlantique, et qu'on estime en moyenne à une hauteur d'eau de 22" la quantité de pluie qui tombe annuellement sur cette surface, la partie nord de l'Atlantique recevra par seconde un afflux de 50 millions de pieds cubes d'eau, ou environ la même quantité que l'évaporation enlève à la partie sud entre 0° et 30° de latitude.

Mais il suit de là que puisque la branche méridionale du Gulf-stream est formée par l'eau qui s'écoule de la partie sud de l'Atlantique nord, elle doit avoir un débit de 1650 millions de pieds cubes par seconde, et, comme le débit du courant entier, après avoir passé Terre-Neuve, peut être évalué à 3250 millions de pieds cubes, il en résulte que celui de la branche septentrionale est de 1600 millions de pieds cubes, tandis que les courants polaires réunis doivent représenter un volume de 1650 millions de pieds cubes par seconde. A partir de St. Augustine, où le Gulf-stream a une profondeur d'environ 300 brasses, celle-ci va en diminuant régulièrement jusqu'à Terre-Neuve, où elle est de 1000 pieds. De Terre-Neuve, où il a une largeur de 80 milles et une vitesse de 2 pieds, le courant se dirige à l'E. N. E. avec une vitesse décroissante et une largeur crois-

sante; au bout de 300 milles, il a une profondeur de 200 et quelques brasses, une vitesse de 0,6 pied et une largeur de 200 milles, et, durant ce trajet, il s'élève de 2 pieds environ au-dessus de son niveau à Terre-Neuve. Jusqu'à ce qu'il atteigne cette hauteur, le Gulf-stream ne forme qu'un courant unique maintenu par la chute de 1 pied qu'il présente de droite à gauche; mais dès qu'il l'a atteinte, sa partie méridionale dispose d'une pente suffisante pour donner naissance à une branche qui se dirige au S. E. vers la côte d'Afrique avec une vitesse de 0,6 pied, et un débit de 1650 millions de pieds cubes par seconde, et lorsque le courant est ainsi arrivé au 30° degré de latitude, il rencontre l'alizé du Nord-Est qui le pousse vers le Sud.

Mais tandis que la moitié méridionale du Gulf-stream se dirige vers le Sud, sa moitié septentrionale, dont le débit est de 1600 millions de pieds cubes, poursuit sa marche vers le Nord, le long des côtes de la Grande-Bretagne, jusqu'au 60° degré de latitude. Dans ce parcours, pendant lequel le courant remonte vers la terre, et s'élargit peu à peu de 100 milles à 150, tandis que sa vitesse diminue de 0,6 à 0,3 pied par seconde, il subit l'impulsion de la rotation terrestre, et son bord occidental, qui se confond naturellement avec la surface de l'Atlantique, s'élève de $1\frac{1}{3}$ pied par 140 milles parcourus, de sorte qu'au 60° degré de latitude, ce bord est à $3\frac{1}{3}$ pieds au-dessus du niveau de l'océan à Terre-Neuve.

Après que le Gulf-stream, qui sur cette étendue, a une profondeur de 2 à 300 brasses, a atteint le nord de l'Ecosse, les $\frac{2}{3}$ environ de ses eaux se dirigent à l'Est vers les côtes de la Norvège, mais l'autre tiers va rencontrer l'Islande, et continue ensuite sa route au N. O. vers le courant polaire du Grønland. Cette dernière branche, que la force de rotation relève vers la terre, a une profondeur de 200 et quelques brasses et une largeur d'environ 50 milles; pour qu'elle puisse s'avancer vers le courant polaire avec une vitesse de 0,3 pied par seconde, il faut une chute de près de $\frac{1}{2}$ pied. Si l'on remarque ensuite que le Gulf-stream septentrional, vers la pointe nord de l'Ecosse, présente une élévation de 1,5 pied vers la terre, on verra facilement que la branche du Gulf-stream qui se dirige au N. O., a, le long de la côte islandaise, un niveau qui dépasse de $\frac{1}{2}$ pied le bord méridional du même courant, d'où il suit que les eaux qui longent la côte islandaise rencontreront le courant polaire à l'ouest de l'Islande à un niveau de $3\frac{1}{3}$ pieds plus élevé que la surface de l'Atlantique à Terre-Neuve. Mais tandis que ces eaux s'avancent vers le courant polaire en vertu de la pente mentionnée plus haut, celles du bord méridional du Gulf-stream ont précisément le même niveau que le courant polaire. Les eaux du bord occidental de la branche nord du Gulf-stream, lesquelles sont forcées de s'infléchir vers l'Ouest après avoir atteint le 60° degré de Lat. N., ne peuvent donc pas continuer leur route vers le courant polaire; elles se répandent sur la surface de l'Atlantique et se dirigent au Sud vers Terre-Neuve à cause de la différence de niveau. Quant aux éléments de courant situés entre les bords septentrional et méridional de cette branche du Gulf-stream, ils sont, suivant leur position, entraînés plus ou moins longtemps encore vers le courant polaire, avant de prendre leur course vers le Sud, et il est ainsi évident que le courant chaud doit se répandre sur toute la surface de l'Atlantique entre la branche septentrionale du Gulf-stream et le courant polaire qui descend du Grønland.

Si nous considérons maintenant la marche du courant polaire de la côte orientale du Grønland, en partant des données suivantes, savoir que le bord oriental de ce courant,

par 65° de Lat. N., à l'ouest de l'Islande, a un niveau de $3\frac{1}{2}$ pieds plus élevé que celui de l'Atlantique à Terre-Neuve, et qu'il se dirige au S. O. avec une vitesse de $\frac{3}{4}$ de pied par seconde, on voit clairement qu'il obéit jusqu'au cap Farvel à l'impulsion de la rotation terrestre. En outre, si nous évaluons, d'après Irminger, la largeur du courant à 40 milles, et supposons que la moitié de l'eau que le Gulf-stream apporte dans la mer Glaciale, ainsi que la moitié de celle qui y tombe sous forme de pluie ou de neige, retourne vers le Sud avec ce courant — tandis que l'autre moitié descend par la baie de Baffin — on trouve alors que la force de rotation relève le courant polaire, dont la profondeur peut être estimée à 1000 pieds, de 1 pied au-dessus de son bord oriental, et, en considérant la vitesse du courant comme constante jusqu'à la pointe méridionale du Gronland, on arrive à ce résultat que, le long de son bord oriental, qui se confond naturellement avec l'Atlantique, sa surface doit aller en montant jusqu'au Cap Farvel, savoir de $3\frac{1}{2}$ pieds jusqu'à 5 pieds au-dessus du niveau de l'océan à Terre-Neuve. Si, après avoir doublé le cap Farvel, le Gulf-stream descendait tout droit vers Terre-Neuve, l'eau, dans le détroit de Davis, devrait monter à une hauteur suffisante pour empêcher le courant de se mouvoir dans une direction plus occidentale. Mais comme l'eau, dans le détroit de Davis, ne peut pas avoir un niveau plus élevé que celui qui est nécessaire pour pousser vers le Sud les masses d'eau affluentes aussi rapidement qu'elles affluent, et qu'il ne faut pour cela, au 63° degré de Lat. N., qu'une pente de 3 pieds $\frac{1}{2}$ au-dessus du niveau de la mer à Terre-Neuve, le courant polaire, en arrivant au cap Farvel, présente vers le détroit de Davis, une pente de 2 pieds $\frac{1}{2}$ le long de la côte gronlandaise, et de 1 pied $\frac{1}{2}$ le long de son bord opposé, et par suite de cette pente remonte dans le détroit de quelques degrés de latitude. Mais comme la baie de Baffin et le détroit de Davis, ainsi qu'il a été dit plus haut, sont traversés par un courant polaire descendant vers le S. E., il doit y avoir une pente dans cette direction, et c'est pour cela que le courant de la côte orientale du Gronland, après avoir remonté quelque temps le détroit de Davis, est forcé de courir à l'Ouest vers la côte du Labrador, qu'il longe ensuite vers le Sud en se réunissant avec le courant de la baie de Baffin. Les deux courants polaires réunis, dont le débit peut être évalué à 1200 millions de pieds cubes par seconde, ont une largeur de 50 milles, une vitesse de $\frac{5}{8}$ de pied par seconde et une profondeur de 250 brasses environ; ils courent au S. E. sous l'influence de la rotation terrestre qui les relève vers la côte du Labrador et celle de Terre-Neuve, et continuent en longeant cette dernière leur route vers le Gulf-stream, jusqu'à ce qu'ils aient doublé le cap Race, où ils s'infléchissent vers l'Ouest en se dirigeant sur la Floride.

Si maintenant nous revenons au courant chaud qui du Gulf-stream contourne le sud de l'Islande, et de là se répand peu à peu sur les eaux froides de l'Atlantique, nous voyons qu'à son arrivée à la pointe méridionale du Gronland, il remonte de gauche à droite, du Gulf-stream au cap Farvel, de 2 pieds $\frac{1}{2}$ environ, ce qui montre bien qu'il se dirige réellement au Sud. Mais cette élévation de gauche à droite nous permet en outre de nous rendre mieux compte des conditions des courants. En effet, le bord occidental du courant chaud accompagnant le courant polaire, il doit, le long de ce dernier, avoir une profondeur de 1000 pieds et une vitesse de $\frac{3}{4}$ de pied, et comme la vitesse du courant diminue régulièrement en s'approchant du Gulf-stream, et que tous les éléments de courant suivent jusqu'au cap Farvel une direction à peu près parallèle, il en

résulte que cette vitesse le long du Gulf-stream doit être de $\frac{1}{2}$ pied par seconde environ. Mais si la branche rétrograde du Gulf-stream se dirige au S. O. avec une pente de $\frac{1}{2}$ pied à son bord oriental, il s'ensuit en outre que la profondeur du courant doit être de 76 pieds. En déterminant de la même manière cette profondeur pour un certain nombre de points d'une section transversale, et en calculant d'après ces données le débit total du courant, on trouve qu'il s'élève à 410 millions de pieds cubes par seconde, ce qui concorde parfaitement avec le résultat auquel on devait s'attendre. Si l'on cherche ensuite comment les divers éléments du courant chaud de surface se meuvent sous l'action réunie de la pente et de la rotation terrestre, on constate que ce courant doit suivre le cours du courant polaire qui en absorbe peu à peu les eaux, lesquelles y pénètrent par le bas, l'eau du courant étant plus dense que celle du courant polaire, et on trouve en même temps qu'en affluant ainsi vers le courant polaire, l'eau doit se répandre sur toute l'Atlantique jusqu'à Terre-Neuve.

Après avoir ainsi montré que la théorie qui précède rend compte d'une manière assez complète de tous les mouvements des courants marins, j'ajouterai en terminant qu'il est fort possible, vu notre connaissance imparfaite de la marche de ces courants, que beaucoup de détails soient très différents de ce qui a été exposé ci-dessus; mais, en ce qui concerne le point principal, je crois pouvoir exprimer la certitude que les lois des courants marins sont bien telles que j'ai essayé de les établir.

Que ces lois soient également applicables aux courants de l'atmosphère, c'est une chose évidente, et nous avons à peine besoin de rappeler que, dans les périodes où les différences de température à la surface du globe étaient plus grandes qu'à présent, tous ces courants étaient bien plus forts et d'une nature bien autrement énergique.



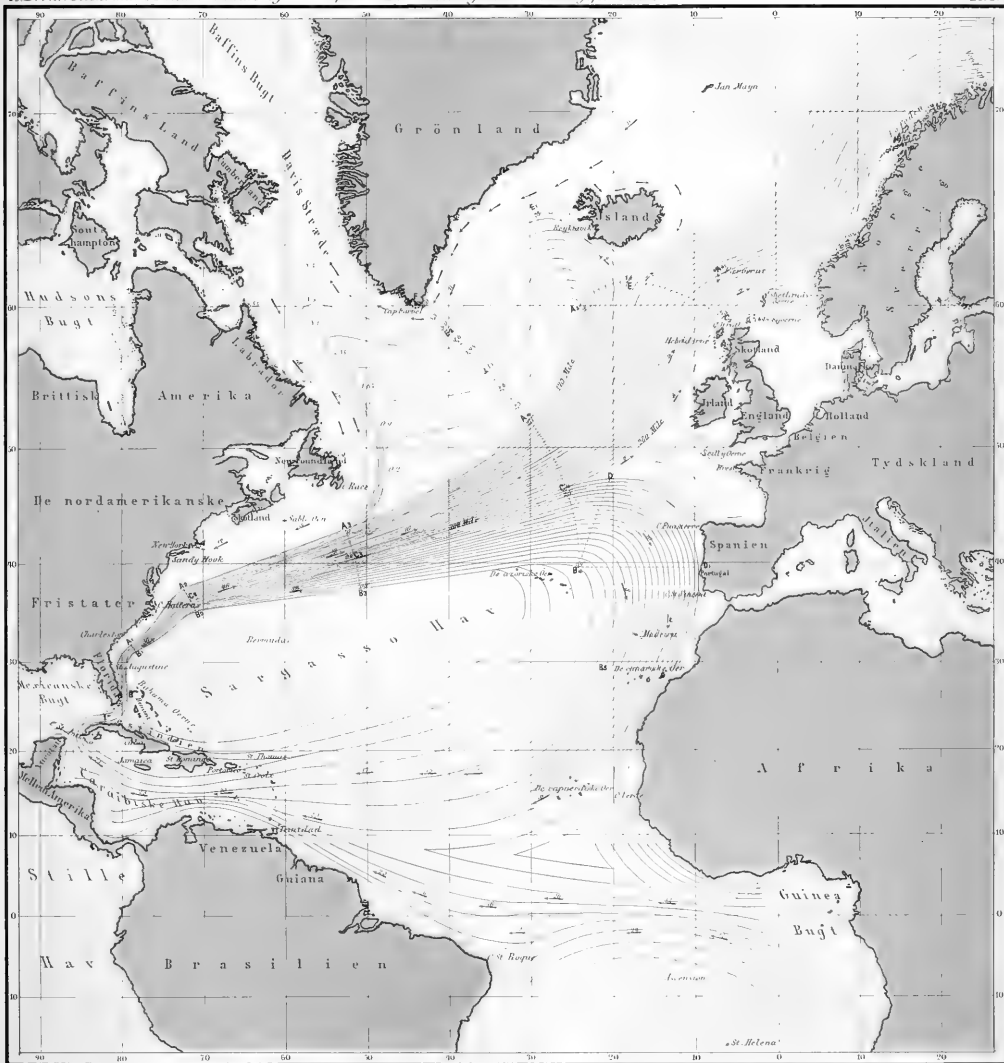




Fig. III

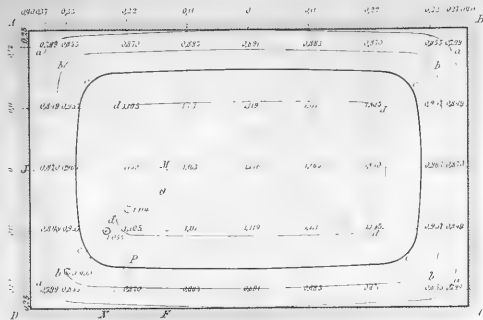


Fig. X



Fig. V

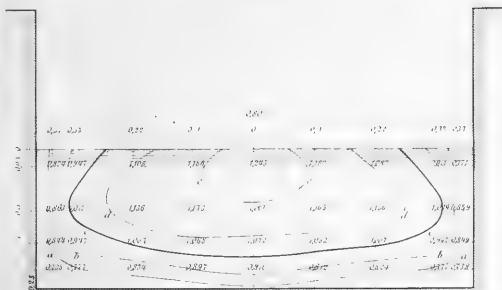


Fig. XI

Profil A B

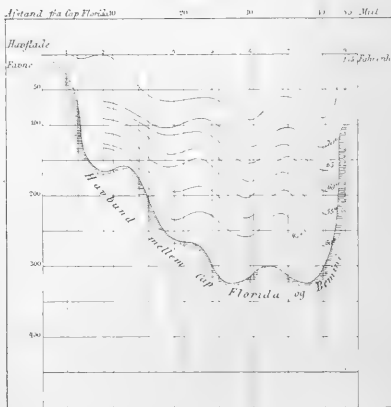


Fig. IV

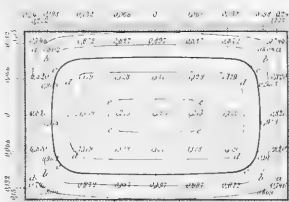


Fig. VI



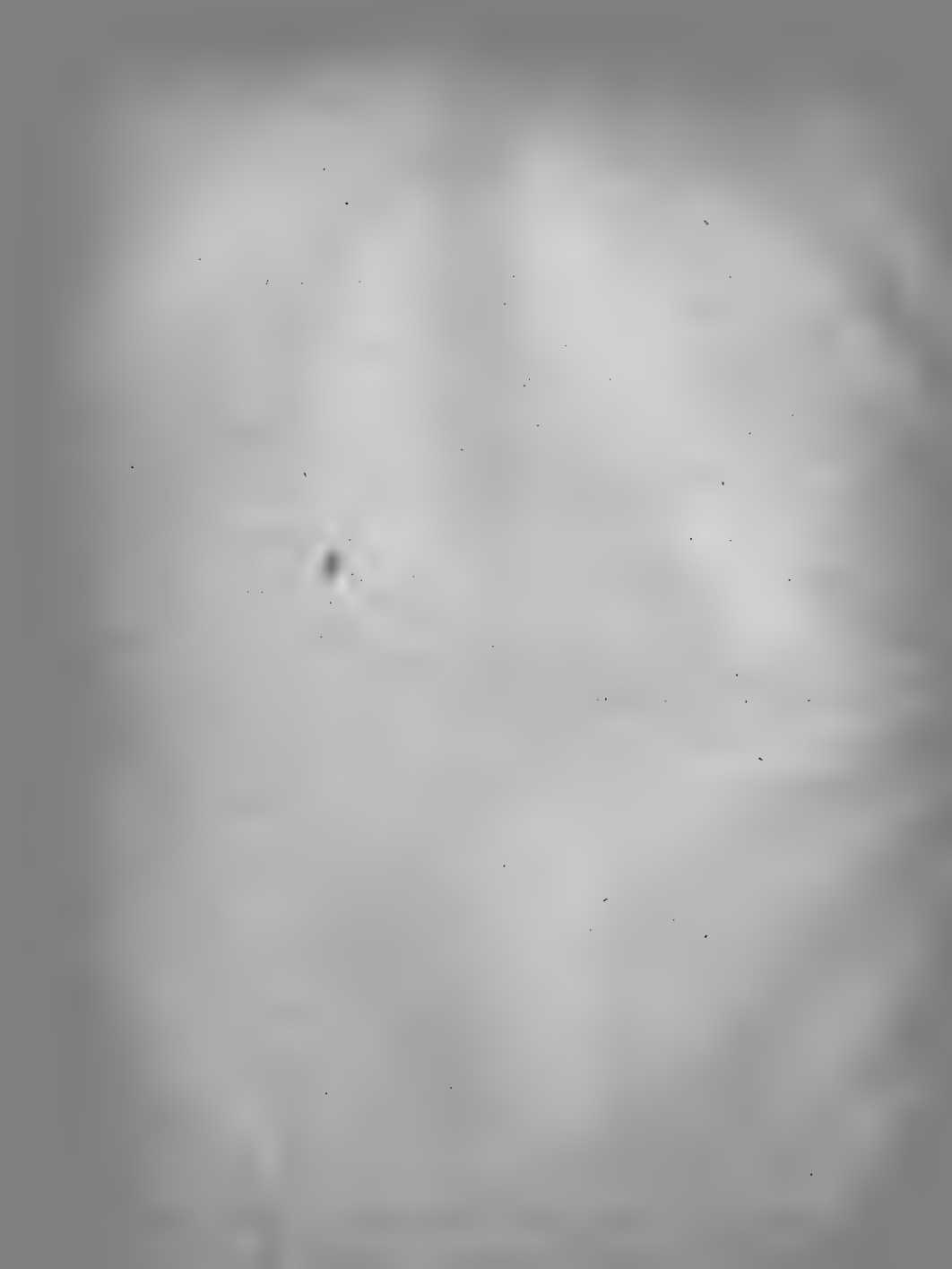


Fig. XII

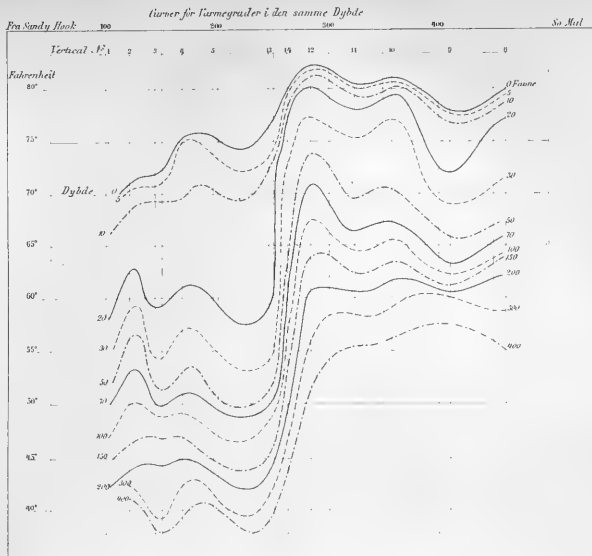
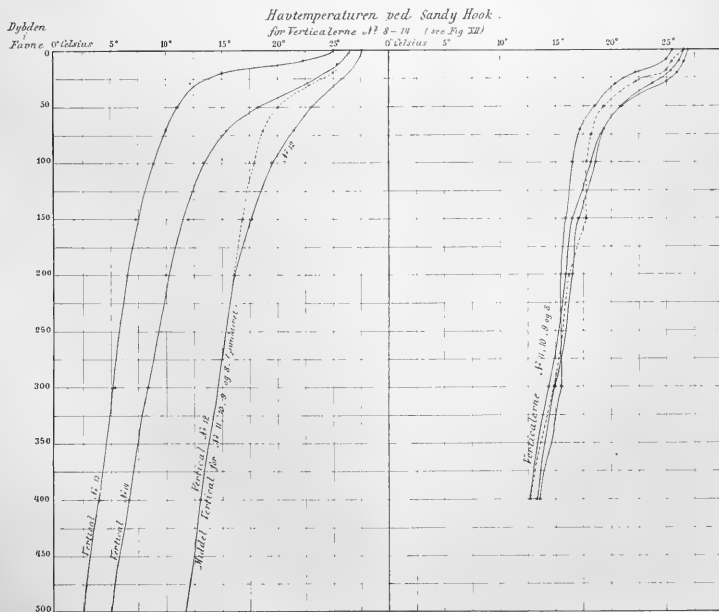


Fig. XII





Thermochemiske Undersøgelser.

IX. Undersøgelser over vandige Oplosningers Varmefylde.

Med 1 Tavle.

Ved

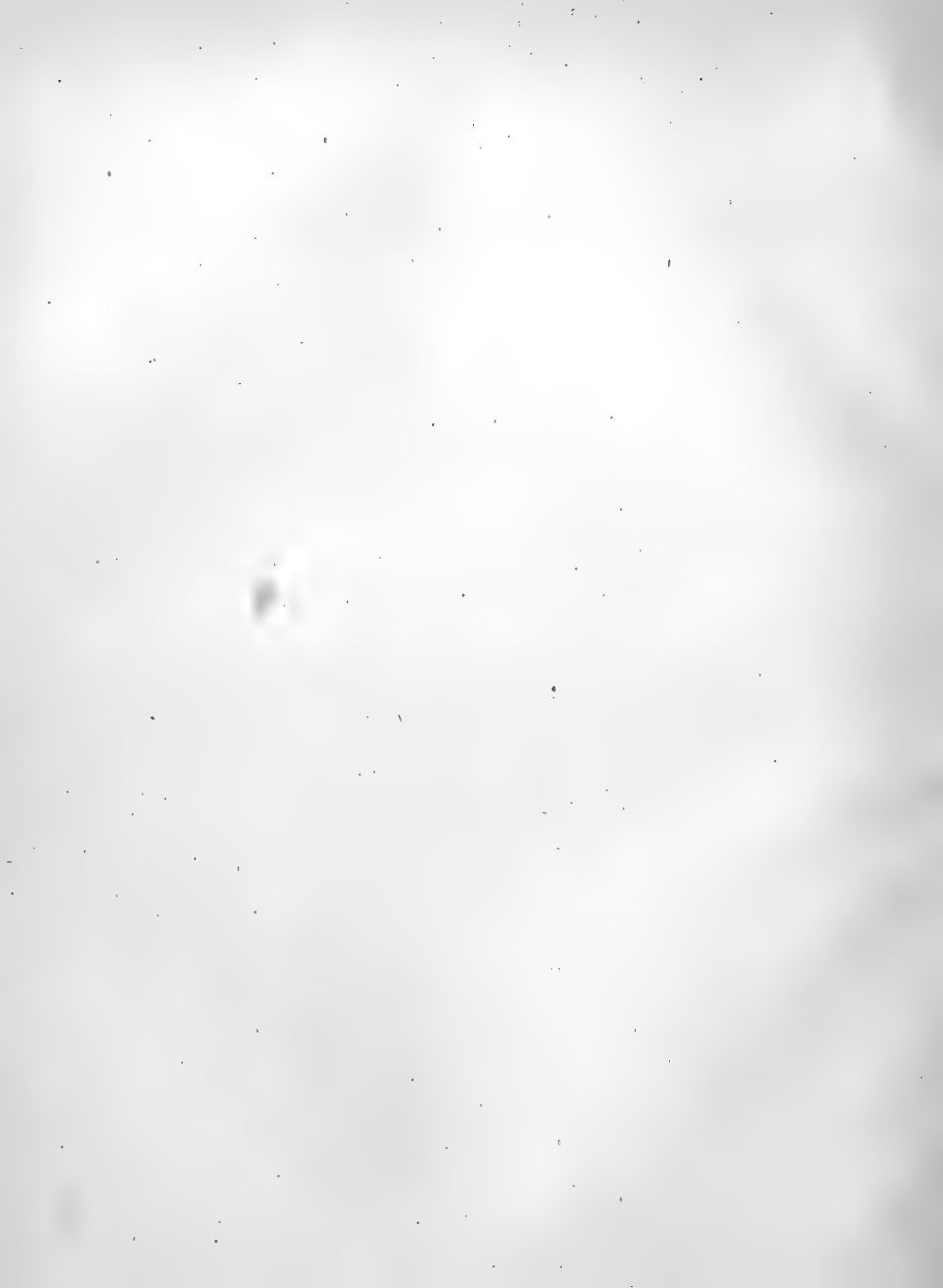
Julius Thomsen.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. IV.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhl.

1870.



Undersøgelser

over

vandige Opløsningers Varmefylde.

Med 1 Tavle.

Ved

Julius Thomsen.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

1870.



Da de vandige Opløsningers Varmefylde spiller en stor Rolle ved alle thermochemiske Undersøgelser paa den vaade Vei, har det været mig om at gjøre at skaffe mig nøiagtig Kundskab om de herhen hørende Forhold. Rigtignok eksisterer der allerede forskjellige Forsøg af denne Art, navnlig af *Schüller* (Pogg. Ann. V. 126), og nogle ældre Forsøg af *Andrews* (Pogg. Ann. V. 66) og *Person* (Ann. de chimie et de phys. (3) V. 33.); men disse Forsøg ere desværre anstillede efter en Methode, der ikke er istand til at give nøiagtige Resultater, selv om Forsøgene anstilles med al Omhyggelighed. Den Vædske, som skulde undersøges, blev nemlig i en Beholder med tynde Vægge opvarmet til en temmelig høj Varmegrad og derefter nedsænket i Vand for at afgive sin Varme til dette, eller ogsaa blev omvendt Vandet opvarmet i Beholderen og nedsænket i den Vædske, som skulde undersøges. Det Unøiagtige i denne Methode ligger *for det Første* i, at den Varmegrad, som det opvarmede Legeme har i det Øieblik, det nedsænkes, ikke nøiagtigt kan angives af Thermometret, og *for det Andet* i, at man ikke nøiagtigt kan beregne Correctionen for den Varmemængde, som afgives til Luften, medens Forsøget varer. Det opvarmede Legeme har nemlig ved Nedsænkningen ikke den Varmegrad, til hvilken det er blevet opvarmet, og som angives af Thermometret; der indtræder en Afkøling, medens Legemet flyttes fra Opvarmningsapparatet til Calorimetret, og denne Afkøling angives ikke af Thermometret, da den i den korte Tid kun omfatter de yderste Lag af Legemet. Den iagttagne Varmegrad er altsaa stedse for høj, og Feilens Størrelse lader sig vanskeligt beregne, da den paa een Gang afhænger af Beholderens Form, Temperaturdiffereusen, Vædskens Ledningsevne og Bevægelighed og af Thermometrets Følsomhed. Selv om man, saaledes som det fra anden Side er foreslaaet, vilde benytte selve det Legeme, der skal undersøges, som Thermometer og bestemme Vædskens Varmegrad ved dens Stand i en smal thermometerlignende Beholder, vilde man ikke kunne undgaae Feilen; thi Beholderens Afkøling, hvorved deus

Rumfang formindskes, frembringer en højere Stand i Røret og altsaa en tilsyneladende højere Varmegrad.

Det er ogsaa vanskeligt at indføre en nøjagtig Correction for Lufttemperaturens Indflydelse paa Calorimetret, da man ikke med Sikkerhed kan bestemme det Punct, da det nedsænkede Legeme og Vandet have naaet samme Varmegrad. Dette sees tydeligt, naar man kaster et Blik paa Forsøgenes Enkeltheder. Da Schüller ikke meddeeler de fornødne Enkeltheder til Beregning af Correctionen, men kun anfører, at han anvender samme Methode som *Wüllner*, maa jeg henvise til *Wüllners* Afhandling i *Pogg. Ann.* V. 133, hvor Beregningen af denne Correction for et enkelt Forsøgs Vedkommende er angivet med de fornødne Details. (S. 297). Det opvarmede Legeme bringer allerede i det 1ste Tidsinterval (20 Secunder efter Nedsænkningen) Calorimetrets Varmegrad op over Luftens; derefter stiger Varmegraden langsomt, bliver constant fra det 5te til det 8de Tidsinterval og aftager derefter temmelig eensformigt indtil Slutningen eller det 13de Tidsinterval med gennemsnitligt $0,^{\circ}004$. Til hvilket Tidspunct have nu de to Vædskers Varmegrader udjævnet sig mod hinanden? Saalænge Varmegraden stiger, er dette Punct ikke naaet, og heller ikke under den constante Maximumstemperatur; thi denne holdes kun constant derved, at den Varme, der meddeles fra det opvarmede Legeme til Calorimetret, opveier Afkølingen fra Luften; senere aftager Varmegraden, fordi den sidste Størrelse faaer Overvægten over den første. Men naar er den første Størrelse = 0 eller saa ringe, at man ikke behøver at tage Hensyn til den? Derom giver Forsøget ingen Oplysning. *Wüllner* antager, at dette finder Sted i det 11te Interval efter Nedsænkningen, Noget der naturligviis kun er en Formodning. Men lad os antage, at det forholder sig saaledes, saa komme vi til Beregningen af Afkølingen fra Luften. *Wüllner* beregner en Correction af $0,^{\circ}002$, hvormed Maximumstemperaturen maa forhøies; men denne Correction er ubetinget beregnet efter urigtige Principer. Fra 8de til 13de Interval falder nemlig Varmegraden temmelig eensformigt $0,^{\circ}004$ for hvert Interval ved en Temperaturdifferens af $0,^{\circ}6$. Men nu er Calorimetrets Temperatur allerede fra 2det Interval $0,^{\circ}6$ højere end Luftens, og for de følgende Intervaller stiger den til $0,^{\circ}7$. Det er altsaa funstændigt indlysende, at der fra 2det Interval indtræder en Afkøling, der beløber sig til $0,^{\circ}004$ pr. Interval. I 13 Intervaller har Calorimetret mistet $0,^{\circ}052$, og Maximumstemperaturen bliver altsaa $24,^{\circ}252$; samme Resultat faaer man ved Benyttelsen af den iagttagne Maximumstemperatur $24,^{\circ}220$, naar man dertil lægger Afkølingen i 8 Intervaller. *Wüllner* beregner det virkelige Maximum til $24,^{\circ}222$, altsaa $0,^{\circ}03$ for lavt. Man kan ikke slaae sig til Ro med, at Varmegraden i det første Interval tildeels har været under Luftens; thi hele Temperaturstigningen i et Interval før Nedsænkningen beløber sig til $0,^{\circ}02$, og det er klart, at i det Høieste Halvdelen af denne Størrelse kan bringes i Regning, da Calorimetrets Varmegrad allerede efter det 1ste Intervalls Forløb overstiger Luftens. Correctionen er saaledes $0,^{\circ}02$ eller 10 Gange større end den af *Wüllner* beregnede. Om

Schüller har anvendt samme Methode til Beregningen af sine Correctioner, kan ikke sees af hans Afhandling; det er muligt, at han har benyttet en rigtigere Methode, thi hans Correctioner ere betydeligt større end Correctionerne i den nævnte Afhandling af Wüllner. Schüllers Correctioner beløbe sig i de fleste Forsøg til omtrent 5 Procent, i eet Forsøg endogsaa til 12 Procent; men det er altid betænkeligt, naar Correctionerne blive saa store, navnlig naar Grundlaget for deres Beregning ikke er ganske sikkert.

Skjøndt jeg ikke tvivler om, at Schüllers Forsøg ere meget omhyggeligt udførte, kan man dog paa Grund af Methodens Unøjagtighed ikke vente stor Noiagtighed i Resultaterne. Jeg vil senere komme tilbage til dette Punct.

A. Beskrivelse af den calorimetriske Methode.

Da jeg for omtrent 2 Aar siden besluttede at udføre den foreliggende Række Undersøgelser, underkastede jeg de sædvanlige Metoder en nøiagtig Prøvelse; da de alle viste temmelig stor Usikkerhed, bestemte jeg mig for den noget besværlige, men noiagtige Methode, at bestemme Opløsningernes Varmefylde ved at opvarme dem med en bekjendt Varmekilde. Jeg valgte hertil Forbrændingen af Brint.

Min Fremgangsmaade er den, at den Vædske, der skal undersøges, opvarmes i et Calorimeter, der rummer omtrent 1000 Cubikcentimetre, ved den Varmemængde, der udvikles ved Forbrændingen af et bestemt Rumfang Brint. Forsøgene indrettedes saaledes, at Vædskens Varmegrad steg omtrent 3 Grader, saaat Forskjellen mellem Luftens og Vædskens Varmegrad kun kunde beløbe sig til $1,^{\circ}5$; endvidere skete Forbrændingen under fuldkomment constant Tryk, saaat Temperaturstigningen var fuldkomment proportional med Tiden. Fordelen ved denne Methode ligger i, at man kun har at gjøre med Varmegrader, der ligge meget nær ved Luftens, hvorved dennes Indflydelse allerede iforveien bliver meget ringe; og at denne Indflydelse endvidere udjævner sig selv, fordi Opvarmingen foregaaer fuldkomment proportional med Tiden; endvidere, at Resultatet udtrykker Varmefylden indenfor meget snævre Temperaturgrændser (3 Grader), medens disse Grændser ved de sædvanlige Metoder afvige 40—50 Grader fra hinanden.

Det temmelig complicerede Apparat, der benyttedes til denne Undersøgelse, er fremstillet paa vedføjede Tavle.

AC er Brintudviklingsapparatet, *D* er Renseapparatet for Brinten, *E* Regulatoren for Trykket, *HJ* Gasometret, *K* Calorimetret, *MN* et Apparat, der leverer Ilten til Forbrændingen, og *O* den elektromagnetiske Maskine, der frembringer Bevægelsen i de calorimetriske Vædsker. Jeg skal nu nærmere beskrive de enkelte Dele.

Den trehalsede Flaske *C*, der indeholder omtrent 5 Pund Zink, er ved Hjælp af to Rør sat i Forbindelse med Flasken *A*, der indeholder temmelig stærk Saltsyre. Gjennem

det nederste, med Hanen 2 forsynede Rør løber Syren til Zinken, medens det øverste Rør tjener til at holde et ligestort Lufttryk i begge Flasker. Den udviklede Brint gaer gennem Røret *d* til Renseapparatet *D*. Den Opløsning af Chlorzink, der dannes i Flasken *C*, kan tømmes ud, og frisk Syre kan hældes i Flasken *A*, uden at den ydre Luft kan trænge ind i Apparatet. Naar Opløsningen af Chlorzink skal tømmes ud, lukkes Hanen 5, og Hanen 3 aabnes; Opløsningen drives da ved det høiere Tryk i Apparatet gennem det bøjede Rør ned i Beholderen *B*. Naar man vil hælde frisk Syre i *A*, lukkes ligeledes Hanen 5, man aabner Hanen 4 for at formindske Trykket i Apparatet og hælder dernæst Syre gennem Røret *a*, idet man passer ikke at aabne Hanen 1, forend Tragten er fyldt med Syre, og naar Flasken er fyldt, at lukke den, medens der endnu staaer Syre i Tragten.

Det Tryk, hvormed Brinten føres til Renseapparatet, er omtrent 7 Centimetre Qvicksølvtryk og angives af et Manometer *c*. Renseapparatet bestaaer af 4 Glasrør, hvert indsnævret paa 2 Steder og svarende til et Kugleapparat med 3 Kugler; denne Form for Absorptionsapparatet er meget beqvem og concentreret; ogsaa ved quantitative analytiske Bestemmelser har jeg med Fordeel anvendt saadanne Apparater.

Trykregulatoren er et fornedet aabent og noget ombøjet Rør, som er anbragt paa Brintledningen *e* og nedsænket i den høie, med Vand fyldte Cylinder *E*. Dette Apparat bevirker, at alle de følgende Dele af Apparatet ikke kunne modtage høiere Tryk end det, der svarer til Vandtrykket, selv naar Luftudviklingen gaer hurtigere for sig, end Forbruget fordrer.

Apparaterne *H* og *I* danne Gasometret og have det dobbelte Øiemed nøiagtigt at afmaale den Mængde Brint, der er bestemt til Forbrændingen, og derefter at føre den til Calorimetret. Glasbeholderne *H* og *J* staae i indbyrdes Forbindelse baade foroven og forneden; foroven gennem Røret *feg*, en Forbindelse, der kan afbrydes ved Hjælp af Hanen 11, forneden gennem Røret *h*, som deler sig i to Rør og træder ind i Beholderen *J* som *i* og *k*, der dog hver for sig kunne aflukkes med Hanerne 9 og 10. *H* og *J* indeholde saa meget Vand, som omtrent svarer til deres halve Rumfang. Naar Brinten skal afmaales, er Beholderen *J* fyldt med Vand indtil et Mærke i Røret *g*, medens Vandet i *H* netop lukker for Røret *f*. Foroven er Hanen 11 aaben og Hanen 12 lukket, forneden er 9 aaben og 10 lukket. Brinten træder da ud af Røret *e* gennem Hanen 11 og Røret *g* ind i Beholderen *J*. Vandet drives fra *J* gennem Røret *k*, Hanen 9 og Røret *h* til Beholderen *H*; den Luft, som findes i denne Beholder, undviger gennem Hanen 7, der holdes aabnet paa passende Maade. Naar Vandet er saa vidt uddrevet af Beholderen *J*, som *k* tillader, lukkes atter Hanerne 7, 9 og 11. Brinten, som stadigt udvikler sig, trænger da gennem Trykregulatoren *E* ud i Atmosfæren. Skal nu Brinten ledes til Calorimetret, aabner man Hanerne 12 og 13, hvorved Brintens Tryk bliver lig Atmosfærens, idet Overskudet undviger. Dernæst aabnes Hanen 10, Brinten strømmer gennem Rørene *e* og *f* ind i Behold-

eren H , stiger op gennem Vandet til den øverste Deel og presser Vandet gennem Røret h , Hænen 10 og Røret i ind i Beholderen J , og den Brint, som findes i denne Beholder, drives da gennem Røret g til Calorimetret. Saasomt Vandet i Beholderen J har naaet Mærket i Røret, lukker man Hænerne 12 og 10, og den Brint, der udvikles, undviger atter gennem Trykregulatoren. Apparatet er nu i ganske den samme Stilling som tidligere; man fylder paany Beholderen J ligesom før ved at aabne Hænerne 11, 9 og 7 i den angivne Orden o. s. v.

Beholderne H og J staae i de store Glas cylindre F og G , der ere heelt fyldte med Vand og skulle tjene til at holde Varmegraden i de indre Beholdere H og J constant. Vandet i alle 4 Beholdere bringes til Luftens Varmegrad; da jeg ved en hensigtsmæssig Indretning af mit Arbejdslocale kan holde Luftens Varmegrad i flere Timer saa constant, at den næppe varierer en Tiendedeel af en Grad, forandrer Brintens Varmegrad i Beholderen J sig ikke i Løbet af en Arbejdsdag. Forat Vandet i Beholderne H og J ved Begyndelsen af Forsøgene kan bringes til Luftens Varmegrad, sædvanligt $18^{\circ} C.$, er der anbragt en Hæne 8. Ved at aabne denne Hæne opnaaer man, at Trykket af den udviklede Brint driver Vandet fra de indre Beholdere ud i et passende indrettet Kar, hvor det bringes til den rette Varmegrad, og hvorfra det atter ved hydrostatisk Tryk løber ind i Beholderne H og J . Vandets Varmegrad i de ydre Beholdere iagttages paa Thermometrene m og n , og de indre Beholderes og Brintens Varmegrad iagttages paa Thermometret o . Ved Hjælp af Røreapparatet l holdes Vandet i den store Cylinder G i stadig Bevægelse.

Som man let vil see af Tegningen, strømmer Brinten til Calorimetret under fuldstændigt constant Tryk; ved Hjælp af Trykregulatoren E holdes nemlig Trykket i Røret e constant, idet man fremskynder Brintudviklingen saa meget, at der altid undviger nogle Luftbobler gennem Regulatoren. Men er Trykket i Røret e constant, bliver den Hastighed, hvormed Vandet strømmer fra Beholderen H til Beholderen J , ligeledes constant. Brinten, der driver Vandet ud af Beholderen H , maa undvige gennem den nederste Ende af Røret f , medens Vandet strømmer ind i Beholderen J gennem den øverste Ende af Røret i ; da den lodrette Afstand mellem disse to Rørmundinger er constant, strømmer Vandet ind i J med constant Hastighed; det er Mariottes Kar i en noget afændret Form. Den Hastighed, hvormed Vandet bevæger sig, kan fra Begyndelsen af reguleres ved Trykhøiden af Vandet i Regulatoren E ; ved samme Vandstand i E bliver saaledes den Hastighed, hvormed Brinten strømmer ud af Beholderen J , ganske uforandret, ikke alene i det enkelte Forsøg, men for alle Forsøg, der udføres med samme Vandstand i E . Heraf følger for det Forste, at Varmestigningen i Calorimetret bliver fuldstændigt proportional med Tiden, og for det Andet, at alle Forsøg vare nøiagtigt lige længe. *Alle Correctioner for Udstraaing eller Bevægelse af Varmen mellem Calorimetret og Luften falde saaledes bort af sig selv, naar*

man vælger Begyndelsestemperaturen saaledes, at den ligger saa meget under Luftens Temperatur, som det Halve af Varmestigningen beløber sig til.

Brintens Forbrænding i Calorimetret skeer ved Tilledning af Ilt; denne tilføres Calorimetret med fuldstændigt reguleret Hastighed ved Hjælp af Apparatet MN , der ligeledes er et Mariottes Kar i afændret Form. De to store Glasbeholdere ere indbyrdes forbundne ved Rørene qr og st . Skal ilten ledes fra Beholderen M til Calorimetret, ere Hænerne 15 og 16 lukkede, Hænerne 14, 17 og 18 aabne. Vandet bevæger sig fra Beholderen N gennem det hævertformede Rør st til M , hvor det falder ned gennem den Luft, der indeholdes i Beholderen. Den atmosfæriske Luft trænger gennem Hænen 17 og Røret r ind i Beholderen N , hvor den stiger op gennem Vandet. Vandet strømmer saaledes til Beholderen M med en constant Hastighed, der bestemmes ved Høiden af Flasken N ; med Skruen u stiller man den fra Begyndelsen af saa høit, at der udstømmer en til Brintens Forbrænding tilstrækkelig Mængde Ilt.

Brintapparatet giver saaledes stedse i samme Tid den samme Brintmængde, og Iltapparatet giver ligeledes en constant Iltmængde; der er altsaa slet Intet at forandre ved disse Dele af Apparatet, naar de eengang for alle ere noiaagtigt regulerede.

Naar Beholderen M , der indeholder den til een Arbejdsdag fornødne Mængde Ilt, efterat den er tømt paany skal fyldes med Ilt, lukker man Hænerne 14, 17 og 18, aabner Hænen 15, der fører til Iltgasometret, og Hænen 16, der staaer i Forbindelse med Vandaspiratoren. Luften suges nu ved Hjælp af Aspiratoren ud af Beholderen N , Vandet fra Beholderen M stiger gennem qr over i N , og Ilten i Gasometret gaaer gennem Hænen 15 ind i Beholderen M . Naar denne paany er fyldt med Ilt, lukker man Hænerne 15 og 16, aabner 17 og 18, og Apparatet er da ganske i samme Stilling som tidligere; saasnart man aabner Hænen 14, passerer Ilten atter med samme Hastighed til Calorimetret.

Calorimetret K er af samme Construction, som jeg altid benytter. To concentriske Cylindre af tyndt Messingblik, af hvilke den ydre har en c. 4 Centimetre større Diameter end den indre, danne det Calorimetrets ydre Hylster, der lukkes med et Laag, som dækker den mindre Cylinder. Midt i dette Hylster staaer Calorimetrets Beholder, der omtrent rummer 1 Litre; Afstanden mellem dennes Væg og den inderste Cylinder er c. 4 Centimetre. Beholderen er dannet af stærkt forgyldt, tyndt Kobberblik, og Forbrændingskamret, som findes deri, er af forgyldt Sølv; dette er forneden lufttæt sammenslebent med Beholderen og har en noget conisk Aabning af 12—14 Millimetres Diameter; foroven staaer det gennem et snævert Rør i Forbindelse med Luften. I Calorimetrets Beholder findes det sædvanlige Røreapparat v og Thermometret, som ikke er viist paa Tegningen; Beholderen lukkes med en ganske tynd, forgyldt Plade, forsynet med de nødvendige Aabninger til Thermometret, Røreapparatet og Røret fra Forbrændingsrummet.

Ilten og Brinten træde fra neden ind i Calorimetret; det Apparat, som hertil anvendes, er et 10 Centimetre langt Glasrør, som foroven og forneden er lukket med Kautschukproper; disse have to Gjennemboringer, hvorigjennem der gaaer to ganske tynde Glasrør af c. 2 Millimetres Aabning. Det ene af disse Glasrør staaer i Forbindelse med Brintapparatet, det andet med Ittapparatet; det første har ved sin øverste Ende indsmeltet et tyndt Platinrør af omtrent 1 Centimeters Længde og 1 Millimeters Aabning, der naaer omtrent 5 Millimetre længere op i Forbrændingskamret end Ilt-røret; dette Platinrør veier kun 2 Decigram. Den øverste Kautschukprop, af hvilken de to Rør træde ud, er sphærisk afsløbet, saaat den med et let Tryk kan bringes til at lukke for den nederste Aabning i Forbrændingskamret.

Brinten træder ind i Calorimetret efter at være mættet med Vanddamp; Ilten derimod, der strømmer gennem Kalibreret L , træder ind i tør Tilstand.

Forsøgene anstilles paa følgende Maade: Beholderen J fyldes med Brint paa den ovenangivne Maade, og Hanerne 7, 9 og 11, der vare aabnede for Fyldningens Skyld, lukkes atter. I Calorimetrets Beholder afveies den Vædske, der skal undersøges, en Vægt, der omtrent svarer til 900 Cubikcentimetre. Beholderen stilles paa sin Plads i Calorimetret, Røreapparatet sættes ind, Laaget lægges paa, og Thermometret stikkes ind. Derefter sættes den elektromagnetiske Maskine o i Bevægelse; og Røret x med Luftledningerne sættes ind i Calorimetrets nederste Aabning. Man aabner Hanen 14 og lader Ilten trænge ind i Forbrændingsrummet og fordrive den atmosfæriske Luft. Vædskens Varmegrad aflæses nu med Kikkert ved Hjælp af et Kathetometer, der er opstillet i en Afstand af 2 Metre. Man aabner Hanen 12; der viser sig da paa Vandmanometret et Tryk af c. 40 Centimetre. Derpaa tager man Røret x ud af Calorimetret, aabner lidt for Hanen 13, antænder den udstømmende Brint og iagttager Manometret p . Saasnart Trykket er faldet til 1 Centimeter, fører man Røret x med Brintflammen, der nu brænder yderst svagt, ind i Calorimetret, idet man samtidigt aabner Hanen 10. Endeligt aabner man heelt for Hanen 13, og Brintens Forbrænding gaaer nu for sig med den regulerede Hastighed. Man indretter sig saaledes, at Flammen bringes ind i Calorimetret $\frac{1}{2}$ Minut efter, at man har aflæst Thermometret. Omtrent $4\frac{1}{2}$ Minuter senere, altid nøiagtigt efter samme Tids Forløb, staaer Vandet i Beholderen J ved Mærket i Røret g , man lukker da Hanerne 12 og 14, og $\frac{1}{2}$ Minut senere aflæses Thermometret; Forsøget er da tilende. Man fylder nu paany Beholderen J med Brint paa den oven angivne Maade, tager Røret x ud af Calorimetret, aabner dette, hælder Vædsken ud af Beholderen og afveier derefter en ny Portion Vædske for at gjøre et nyt Forsøg paa samme Maade som før.

Apparatet arbejder saaledes continuerligt, idet Beholderen J fylder sig med Brint, medens Calorimetrets Dele tages fra hinanden og paany samles. Skjøndt det hele Apparat

er temmelig compliceret, ere dog dets enkelte Dele saa hensigtsmæssigt indrettede, at jeg har kunnet udføre alle Manipulationer uden fremmed Hjælp.

Methodens Noiagtighed afhænger af Følgende. Rumfanget af den anvendte Brint maa afmaales noiagtigt; Apparatet er nu indrettet saaledes, at Afmaalingen skeer med en Noiagtighed, der er større end $\frac{1}{2}$ Promille; vare nu Varmegrad og Lufttryk stede de samme, vilde Forbrændingen altid udvikle samme Varmemængde; men dette er ikke Tilfældet, og derfor bestemtes i en større Række Forsøg Varmeutviklingen ved forskellige Lufttryk og ved Varmegraderne i Nærheden af $18^{\circ} C$. De saaledes vundne Værdier vise, naar de beregnes for samme Lufttryk og Varmegrad, Afvigelser fra Middeitallet, der ikke overstige 2 Promille; dette er altsaa den høiere Grændse for Feilen. Luftvarmens Indflydelse vil, som allerede ovenfor udviklet, udjævne sig selv fuldstændigt, naar Vædskens Varmegrad ved Forsøgets Begyndelse er saameget under Luftens Varmegrad som det Halve af Varmestigningen, Noget der let lader sig opnaae. Endvidere afhænger Resultaternes Noiagtighed af Beskaffenheden af det Rør, ved hvis Munding Brinten brænder. I mit Apparat er dette Rør, som ovenfor omtalt, af ganske tyndt Glas med et meget tyndt indsmeltet Platinrør af kun 0,2 Grams Vægt. Derved opnaaer man, at der ikke afledes Varme gennem Forbrændingsøret og at dette ved Forsøgets Slutning næsten oieblikkeligt afkøles, saaat Calorimetrets Varmegrad efter nogle Secunders Forløb ikke mere forandres. Anvendelsen af en Metalbrænder, som den *Favre & Silbermann* have benyttet i deres Forsøg over Brintens Forbrænding, er forkastelig, da en saadan opvarmes stærkt og kun langsomt atter afgiver Varmen.

Bestemmelsen af den normale Varmeutvikling og *Beregningen af Forsøgene* skeer paa følgende Maade. Calorimetret fyldes med 900 Gram Vand, og Forsøget udføres paa den oven angivne Maade. Er Calorimetrets caloriske Æquivalent = a , de iagttagne Varmegrader t_1 og t_2 , da er den udviklede Varmemængde:

$$C = (900 + a) (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (1)$$

Er nu Lufttrykket under Forsøget B , Brintens Varmegrad T , Vanddampens Spænding ved denne Varmegrad b , ved 18° derimod β , kan man beregne den Varmeutvikling, som vilde indtræde ved normalt Lufttryk, 760^{mm} , og den for Forsøgene normale Varmegrad $18^{\circ} C$. Betegnes den normale Varmeutvikling ved C^1 , da har man

$$C^1 = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha \cdot 18} \cdot \frac{760 - \beta}{B - b} C \dots \dots \dots (2)$$

Ved et større Antal overensstemmende Forsøg er C^1 bestemt med den fornødne Noiagtighed.

Naar nu C^1 er bestemt, beregner man Varmefylden for Vædskerne i Forsøgene paa følgende Maade. T , B , b , β , C og C^1 , betegne de samme Størrelser som ovenfor, og saaledes er den i Forsøget udviklede Varmemængde givet ved Hjælp af Formel (2), nemlig:

$$C = \frac{1 + \alpha \cdot 18}{1 + \alpha T} \cdot \frac{B - b}{760 - \beta} C^1 \dots \dots \dots (3)$$

Før at undgaa Beregningen kan man eengang for alle indrette en Tabel, der angiver Værdierne af C for de forskellige Værdier af B og T .

Er endvidere A Vægten af den Vædske, der skal undersøges, α Calorimetrets caloriske Æquivalent og q den søgte Varmefyldte, da har man:

$$C = (Aq + \alpha) (t_2 - t_1)$$

eller:

$$q = \frac{1}{A} \left(\frac{C}{t_2 - t_1} - \alpha \right) \dots \dots \dots (4)$$

idet man ved t_1 og t_2 betegner de to iagttagne Varmegrader i Calorimetret.

B. Forsøgenes Enkeltheder.

I alle de følgende Tabeller er Bogstavernes Betydning følgende:

B er Lufttrykket i Millimetre, reduceret til 0° .

T - Brintens Varmegrad.

C - den Varmemængde, der frembringes ved Brintens Forbrænding, naar Brinten har en Varmegrad T og Lufttrykket er B .

A - er Vægten i Gram af den Vædske, der skal undersøges.

t - Luftens Varmegrad.

t_1 - Calorimetrets Varmegrad ved Forsøgets Begyndelse.

t_2 - Calorimetrets Varmegrad ved Forsøgets Slutning.

q - den fundne Varmefyldte.

α - Calorimetrets caloriske Æquivalent = 24 Gram.

1. Bestemmelsen af den ved Forbrændingen udviklede Varme.

I disse Forsøg fyldtes Calorimetret med destilleret Vand, hvis Vægt A var 900 Gram, og det fyldte Calorimeters calorimetrisk Værdi var altsaa $A + \alpha = 924$ Gram. Endvidere betegnes ved C^1 den Varmemængde, som vilde være udviklet, naar Brintens Varmegrad havde været 18° og Lufttrykket 760^{mm} .

Nr.	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>t</i>	<i>t</i> ₁	<i>t</i> ₂	<i>t</i> ₂ - <i>t</i> ₁	<i>C</i> ¹
245	762,9 ^{mm}	17,8	18,4	{ 17,054 16,850	{ 19,910 19,725	{ 2,886 2,875	} 2649 ^c
246	765,3	19,2	19,0	{ 17,415 18,108	{ 20,294 20,970	{ 2,876 2,862	} 2647
247	758,8	19,7	18,8	{ 17,370 17,297	{ 20,200 20,137	{ 2,830 2,840	} 2645
248	761,0	18,8	18,7	{ 17,248 17,269	{ 20,107 20,138	{ 2,859 2,869	} 2655
249	754,6	18,0	18,2	{ 16,900 16,965	{ 19,748 19,818	{ 2,848 2,853	} 2653
250	755,8	18,0	18,0	{ 16,356 16,510 16,613	{ 19,210 19,354 19,458	{ 2,854 2,844 2,845	} 2616
251	755,9	18,1	18,1	{ 16,739 16,755	{ 19,591 19,601	{ 2,852 2,846	} 2649

Beregningen af Forsøgene skeer efter de ovenfor under (1) og (2) angivne Formler:

$$C^1 = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha \cdot 18} \frac{760 - 15,4}{B - b} (t_2 - t_1) \cdot 924^c,$$

idet *b* betegner Vanddampens Spænding ved Varmegraden *T*. Middeltallet af samtlige Forsøg er:

$$C^1 = 2649^c,$$

og Afgivelserne fra Middeltallet beløbe sig i det Høieste til + 4° og - 4° eller 1,5 pro Mille.

Da jeg med en Nøjagtighed af 1 Promille har bestemt Vægten af det Vand, der dannes ved Forbrændingen, kan *Forbrændingsvarmen for 1 Molecul Brint* beregnes med stor Nøjagtighed; jeg skal i et senere Afsnit af mine Arbejder meddele de herhen hørende Størrelser.

De øvrige Forsøg ere nu anstillede ganske paa samme Maade som Forsøgene 245—251, kun at Calorimetret ikke indeholdt destilleret Vand, men vandige Opløsninger af forskellige kemiske Forbindelser i meget forskellige Concentrationsgrader. Vædskernes Sammensætning er angivet i Molecularformler, som jeg for Fremtiden vil benytte. Beregningen af Vædskens Varmefylde *q* skeer i alle Tilfælde efter de ovenfor under (3) og (4) angivne Formler.

Jeg skal nu, forinden jeg gaaer over til nærmere at betragte de vundne Resultater, fremsætte Forsøgenes Enkeltheder.

2. Svovlsyre, $SO^3 + nH^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t ₁	t ₂	t ₂ -t ₁	B	T	C	q
252	5	1350 ^{Gr}	18,3	{ 10,499 16,716	{ 19,978 20,185	{ 3,479 3,469	{ 757,8 ^{mm}	18,0	2641 ^c	0,545
253	10	1160	17,6	{ 16,489 16,610	{ 19,645 19,777	{ 3,156 3,167	{ 758,3	18,0	2642	0,700
254	10	1160	16,8	{ 15,292 15,302	{ 18,472 18,567	{ 3,180 3,175	{ 762,8	17,8	2662	0,701
255	20	1100	18,0	{ 16,568 16,697	{ 19,452 19,551	{ 2,844 2,854	{ 758,3	18,0	2642	0,821
256	20	1100	16,6	{ 15,334 15,356	{ 18,204 18,225	{ 2,870 2,869	{ 765,3	17,9	2661	0,821
257	50	970	17,9	{ 16,550 16,642	{ 19,444 19,524	{ 2,894 2,882	{ 758,3	18,0	2642	0,918
258	50	970	16,6	{ 15,252 15,320	{ 18,160 18,230	{ 2,908 2,910	{ 763,6	18,0	2661	0,919
259	100	950	16,6	{ 15,253 15,276	{ 18,163 18,199	{ 2,910 2,923	{ 762,8	17,7	2662	0,956
260	200	950	16,6	{ 15,246 15,360	{ 18,106 18,208	{ 2,860 2,848	{ 762,3	17,7	2661	0,977

3. Salpetersyre, $NO^3H + nH^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t ₁	t ₂	t ₂ -t ₁	B	T	C	q
261	10	1050 ^{Gr}	18,2	{ 16,589 16,650	{ 19,768 19,830	{ 3,179 3,180	{ 758,3 ^{mm}	18,3	2659 ^c	0,768
262	20	990	18,1	{ 16,506 16,570	{ 19,542 19,603	{ 3,036 3,033	{ 752,7	18,0	2623	0,849
263	50	960	18,1	{ 16,577 16,640	{ 19,443 19,499	{ 2,866 2,859	{ 752,7	18,0	2623	0,930
264	100	950	18,1	{ 16,611 16,671	{ 19,462 19,525	{ 2,851 2,854	{ 752,7	18,0	2623	0,963 ^s
265	200	915	18,1	{ 16,810 16,550	{ 19,680 19,393	{ 2,840 2,848	{ 752,7	18,0	2623	0,982

4. Chlorbrintesyre, $HCl + n H^2 O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
266	10	1000 Gr	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,590 \\ 16,621 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,003 \\ 20,039 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,413 \\ 3,418 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 758,3$	18,3	2639 e	0,749
267	20	950	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,471 \\ 16,548 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,608 \\ 19,689 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,137 \\ 3,141 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 752,7$	18,0	2623	0,855
268	50	935	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,827 \\ 16,888 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,776 \\ 19,842 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,949 \\ 2,954 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 756,8$	17,8	2642	0,932
269	100	915	18,4	$\left\{ \begin{array}{l} 17,207 \\ 16,984 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,117 \\ 19,852 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,910 \\ 2,918 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 756,8$	17,9	2641	0,964
270	200	905	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 17,080 \\ 17,127 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,983 \\ 20,030 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,903 \\ 2,903 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 756,8$	18,0	2640	0,979

5. Viinsyre, $C^4 H^6 O^6 + n H^2 O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
271	10	1150 Gr	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,882 \\ 16,702 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,905 \\ 19,716 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,023 \\ 3,016 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 762,9$	17,8	2661 e	0,745
272	25	1140	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 18,010 \\ 17,446 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,907 \\ 20,352 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,897 \\ 2,906 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 765,3$	19,2	2653	0,856
273	50	1000	18,8	$\left\{ \begin{array}{l} 17,213 \\ 17,142 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,022 \\ 19,950 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,809 \\ 2,808 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 758,9$	19,7	2626	0,911
274	100	935	18,8	$\left\{ \begin{array}{l} 17,363 \\ 17,262 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,244 \\ 20,132 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,876 \\ 2,870 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 758,9$	19,7	2626	0,952
275	200	935	19,1	$\left\{ \begin{array}{l} 17,862 \\ 17,558 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,692 \\ 20,388 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,830 \\ 2,840 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 765,3$	19,2	2653	0,975

6. Natriumhydrat, $NaOH + n H^2 O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
276	7 $\frac{1}{2}$	1145 Gr	17,2	$\left\{ \begin{array}{l} 15,787 \\ 15,910 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,438 \\ 18,552 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,651 \\ 2,642 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 753,3$	17,9	2629 e	0,847
277	15	1060	16,9	$\left\{ \begin{array}{l} 15,371 \\ 15,360 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,124 \\ 18,100 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,753 \\ 2,710 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 751,3$	17,5	2623	0,878
278	30	970	16,9	$\left\{ \begin{array}{l} 15,450 \\ 15,654 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,320 \\ 18,515 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,870 \\ 2,861 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 751,3$	17,5	2623	0,919
279	50	940	16,9	$\left\{ \begin{array}{l} 15,584 \\ 15,655 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,468 \\ 18,540 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,884 \\ 2,885 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 751,3$	17,5	2623	0,942
280	100	920	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,525 \\ 16,616 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,440 \\ 19,524 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,912 \\ 2,908 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 762,9$	17,8	2661	0,968
281	200	910	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,570 \\ 16,614 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,464 \\ 19,515 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,894 \\ 2,901 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 762,9$	17,8	2661	0,983

7. Kaliumhydrat, $KOH + n H^2O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
282	30	985 gr	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,703 \\ 16,560 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,675 \\ 19,540 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,972 \\ 2,980 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 757,4^{mm}$	17,9	2640 c	0,876
283	50	955	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,651 \\ 16,700 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,588 \\ 19,638 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,937 \\ 2,938 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 758,3$	18,3	2659	0,916
284	100	925	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,536 \\ 16,650 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,442 \\ 17,564 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,906 \\ 2,914 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 758,3$	18,3	2659	0,954
285	200	910	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,822 \\ 16,717 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,741 \\ 19,612 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,919 \\ 2,915 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 765,3$	18,3	2665	0,975

8. Ammoniumhydrat, $NH^4OH + n H^2O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
286	50	900 gr	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,681 \\ 16,656 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,540 \\ 19,510 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,859 \\ 2,854 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 755,9^{mm}$	18,1	2655 c	0,997
287	50	900	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,556 \\ 17,462 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,415 \\ 19,315 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,859 \\ 2,856 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 757,4$	17,9	2659	0,999
288	100	900	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,454 \\ 16,453 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,310 \\ 19,313 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,856 \\ 2,860 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 757,4$	17,9	2659	0,999

9. Chlornatrum, $NaCl + n H^2O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
289	10	1100 gr	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,918 \\ 17,045 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,908 \\ 20,028 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,990 \\ 2,983 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 765,9^{mm}$	18,0	2669 c	0,791
290	20	1020	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,660 \\ 17,035 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,577 \\ 19,361 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,917 \\ 2,926 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 757,8$	18,0	2641	0,863
291	30	1000	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,675 \\ 16,776 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,574 \\ 19,686 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,899 \\ 2,910 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 766,0$	18,0	2669	0,895
292	50	950	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 16,691 \\ 16,815 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,654 \\ 19,794 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,963 \\ 2,969 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 773,0$	18,0	2695	0,931
293	100	929,2	19,1	$\left\{ \begin{array}{l} 17,836 \\ 17,454 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,714 \\ 20,339 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,878 \\ 2,885 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,7$	18,0	2645	0,962
294	200	925	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,860 \\ 16,952 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,732 \\ 18,829 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,872 \\ 2,877 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 765,8$	18,0	2669	0,975

10. Chlorkalium, $KCl + n H^2O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
295	15	1050 _{Gr}	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 16,868 \\ 16,922 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,114 \\ 20,164 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,246 \\ 3,242 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,8 \\ 765,8 \end{array} \right.$	18,0	2669 ^c	0,761
296	50	1000	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 16,706 \\ 16,805 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,795 \\ 19,901 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,089 \\ 3,096 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 775,3 \\ 775,3 \end{array} \right.$	18,0	2705	0,850
297	50	970	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 16,747 \\ 16,748 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,751 \\ 19,741 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,004 \\ 2,993 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 775,3 \\ 775,3 \end{array} \right.$	18,0	2703	0,904
298	100	950	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 16,643 \\ 16,863 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,565 \\ 19,788 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,922 \\ 2,925 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 775,3 \\ 775,3 \end{array} \right.$	18,0	2703	0,948
299	200	940	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,741 \\ 17,849 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,573 \\ 20,678 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,832 \\ 2,829 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,3 \\ 765,3 \end{array} \right.$	18,8	2650	0,970

11. Chlorammonium, $NH^4Cl + n H^2O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
500	7 $\frac{1}{2}$	990 _{Gr}	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 17,169 \\ 16,171 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,617 \\ 19,615 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,448 \\ 3,444 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 767,9 \\ 767,9 \end{array} \right.$	17,9	2678 ^c	0,760
501	10	960	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,764 \\ 16,805 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,154 \\ 20,234 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,420 \\ 3,429 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 757,8 \\ 757,8 \end{array} \right.$	18,1	2640	0,778
502	25	965	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,990 \\ 16,910 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,013 \\ 19,970 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,023 \\ 3,030 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 757,8 \\ 757,8 \end{array} \right.$	18,1	2640	0,881
503	50	920	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,602 \\ 16,480 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,588 \\ 19,488 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,986 \\ 2,978 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 757,9 \\ 757,9 \end{array} \right.$	18,0	2641	0,937
504	100	927	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,560 \\ 17,614 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,441 \\ 19,515 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,881 \\ 2,871 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 761,7 \\ 761,7 \end{array} \right.$	18,8	2645	0,966
505	200	925	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,848 \\ 17,010 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,672 \\ 19,842 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,824 \\ 2,832 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 754,6 \\ 754,6 \end{array} \right.$	18,0	2650	0,982

12. Salpetersuurt Natron, $NaNO^3 + n H^2O$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
306	10	1160 _{Gr}	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,596 \\ 16,714 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,474 \\ 19,600 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,878 \\ 2,886 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 757,4 \\ 757,4 \end{array} \right.$	17,9	2641 ^c	0,769
307	25	1050	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 17,048 \\ 17,052 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,904 \\ 19,912 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,856 \\ 2,860 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 751,3 \\ 751,3 \end{array} \right.$	18,9	2609	0,863
308	50	985	19,3	$\left\{ \begin{array}{l} 17,860 \\ 17,885 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,728 \\ 20,798 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,868 \\ 2,873 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,3 \\ 765,3 \end{array} \right.$	18,8	2650	0,918
309	100	940	17,2	$\left\{ \begin{array}{l} 15,761 \\ 15,839 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,621 \\ 18,695 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,860 \\ 2,856 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 754,3 \\ 754,3 \end{array} \right.$	17,9	2626	0,950
310	200	920	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,791 \\ 16,711 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,653 \\ 19,570 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,862 \\ 2,859 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 756,8 \\ 756,8 \end{array} \right.$	18,3	2654	0,975

13. Salpetersuurt Kali, $KNO^3 + n H^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
311	25	1050 Gr	16,8 ^o	15,222	18,173	2,951	758,8 ^{mm}	17,6 ^o	2650 c	0,832
				15,340	18,288	2,948				
312	50	1000	18,2	16,649	19,501	2,855	759,3	18,2	2643	0,901
				16,785	19,646	2,861				
313	100	950	18,2	16,715	19,593	2,878	759,3	18,2	2643	0,942
				16,692	19,568	2,876				
314	200	920	18,2	16,880	19,772	2,892	759,3	18,2	2643	0,966
				16,907	19,804	2,897				

14. Salpetersuur Ammoniak, $NH^4NO^3 + n H^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
315	5	1050 Gr	18,3 ^o	16,810	20,215	3,405	739,2 ^{mm}	17,4 ^o	2585 c	0,699
				18,2	16,680	20,123				
316	20	1000	18,5	17,003	20,050	3,047	772,9	18,1	2694	0,859
				16,872	19,926	3,054				
317	50	980	18,0	16,735	19,652	2,917	765,8	18,0	2669	0,929
				16,650	19,562	2,912				
318	100	940	18,0	16,852	19,688	2,834	754,8	18,0	2651	0,962
				16,568	19,400	2,832				

15. Kulsuurt Natron, $Na^2\theta$, $\theta\theta^2 + n H^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
319	50	1000 Gr	18,0 ^o	16,653	19,465	2,812	739,2 ^{mm}	17,4 ^o	2585 c	0,896
				16,850	19,654	2,804				
320	100	955	18,1	16,622	19,470	2,848	746,7	18,0	2602	0,933
				16,860	19,513	2,853				
321	200	926,5	18,1	16,706	19,560	2,854	746,7	18,1	2600	0,958
				16,713	19,598	2,885				

16. Svovlsuurt Natron, $Na^2\theta$, $S\theta^3 + n H^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
322	65	1000 Gr	18,4 ^o	16,969	19,901	2,935	772,9 ^{mm}	18,0 ^o	2694 c	0,892
				17,105	20,050	2,945				
323	100	971	18,0	16,932	19,500	2,908	765,8	18,0	2669	0,920
				16,848	19,258	2,910				
324	200	925	18,5	17,918	19,929	2,911	761,0	18,8	2642	0,955
				16,991	19,906	2,915				

17. Svovlsuur Ammoniak, $Am^2OS\theta^3 + nH^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
325	50	1000 Gr	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,920 \\ 17,032 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,120 \\ 20,242 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3,200 \\ 3,190 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 772,9^{mm} \\ 765,8 \end{array} \right.$	18,0	2694 c	0,820
326	50	1000	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,844 \\ 16,904 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,824 \\ 19,885 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,980 \\ 2,981 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,8 \\ 765,8 \end{array} \right.$	18,0	2669	0,871
327	100	960	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,574 \\ 16,588 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,502 \\ 19,516 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,928 \\ 2,928 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,8 \\ 765,8 \end{array} \right.$	18,0	2669	0,924
328	200	953	18,7	$\left\{ \begin{array}{l} 17,211 \\ 17,277 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,059 \\ 20,152 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,878 \\ 2,875 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 761,0 \\ 761,0 \end{array} \right.$	18,8	2642	0,959

18. Svovlsuur Magnesia, $Mg\theta$, $S\theta^3 + nH^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
529	20	1150 Gr	18,1	16,643	19,643	3,000	757,4 mm	17,9	2641 c	0,745
530	20	1200	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,494 \\ 17,543 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,386 \\ 20,432 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,892 \\ 2,889 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 763,3 \\ 763,3 \end{array} \right.$	18,8	2650	0,744
531	50	1020	18,6	$\left\{ \begin{array}{l} 17,004 \\ 17,036 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,914 \\ 19,948 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,910 \\ 2,912 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 751,3 \\ 751,3 \end{array} \right.$	18,9	2609	0,855
532	50	1015	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,610 \\ 16,670 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,585 \\ 19,616 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,945 \\ 2,946 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 758,3 \\ 758,3 \end{array} \right.$	18,3	2639	0,859
533	100	960	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 16,943 \\ 16,958 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,827 \\ 19,841 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,884 \\ 2,883 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 751,3 \\ 751,3 \end{array} \right.$	18,9	2609	0,917
534	200	950	18,6	$\left\{ \begin{array}{l} 16,897 \\ 16,860 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,760 \\ 19,734 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,863 \\ 2,874 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 751,3 \\ 751,3 \end{array} \right.$	18,9	2609	0,952

19. Eddikesuurt Natron, $Na \cdot C^2H^3\theta^2 + nH^2\theta$.

Nr.	n	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
535	20	1000 Gr	17,0	$\left\{ \begin{array}{l} 15,884 \\ 15,850 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,577 \\ 18,541 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,893 \\ 2,891 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 754,3^{mm} \\ 754,3 \end{array} \right.$	17,9	2629 c	0,884
536	50	980	17,4	$\left\{ \begin{array}{l} 15,896 \\ 15,975 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,716 \\ 18,798 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,820 \\ 2,823 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,0 \\ 765,0 \end{array} \right.$	17,8	2662	0,938
537	100	940	17,5	$\left\{ \begin{array}{l} 15,948 \\ 15,982 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,805 \\ 18,843 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,857 \\ 2,861 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,0 \\ 765,0 \end{array} \right.$	17,8	2662	0,965
538	200	920	17,5	$\left\{ \begin{array}{l} 16,031 \\ 16,031 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,892 \\ 18,896 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,861 \\ 2,865 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 765,0 \\ 765,0 \end{array} \right.$	17,8	2662	0,953

20. $R + 200 H^2 \theta$.

Nr.	R	A	t	t_1	t_2	$t_2 - t_1$	B	T	C	q
539	$K Br$	920 ^{6r}	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,860 \\ 16,764 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,778 \\ 19,686 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,918 \\ 2,922 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,3^{mm}$	18,0	2655 ^c	0,962
540	$Am Br$	920	19,2	$\left\{ \begin{array}{l} 17,684 \\ 17,792 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,577 \\ 20,680 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,893 \\ 2,888 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,7$	18,8	2645	0,968
541	$Na J$	920	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,775 \\ 16,955 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,715 \\ 19,900 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,940 \\ 2,945 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,3$	18,0	2655	0,954
542	$K J$	950	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,864 \\ 17,031 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,793 \\ 19,952 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,929 \\ 2,921 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,3$	18,0	2655	0,950
545	$Am J$	920	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,860 \\ 16,968 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,779 \\ 19,882 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,919 \\ 2,914 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,3$	18,0	2655	0,963
544	$K^2 \theta + S \theta^3$	945	18,7	$\left\{ \begin{array}{l} 16,957 \\ 17,022 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,858 \\ 19,929 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,901 \\ 2,907 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,0$	18,8	2642	0,940
545	$Zn \theta + S \theta^3$	940	18,7	$\left\{ \begin{array}{l} 17,131 \\ 17,174 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,026 \\ 20,062 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,895 \\ 2,888 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,0$	18,8	2642	0,947
546	$Fe \theta + S \theta^3$	955	18,7	$\left\{ \begin{array}{l} 17,200 \\ 17,130 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,006 \\ 20,030 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,896 \\ 2,900 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,0$	18,8	2642	0,951
547	$Cu \theta + S \theta^3$	957	18,7	$\left\{ \begin{array}{l} 17,067 \\ 17,044 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,951 \\ 19,938 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,894 \\ 2,894 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 761,0$	18,8	2642	0,953
549	$Ba \theta + N^2 \theta^5$	960	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 16,506 \\ 16,540 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,371 \\ 19,404 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,865 \\ 2,864 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 755,8$	18,0	2654	0,933
550	$Pb \theta + N^2 \theta^5$	980	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,763 \\ 16,868 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,601 \\ 19,711 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,838 \\ 2,843 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 754,6$	18,0	2629	0,920
51	$Pb \theta + N^2 \theta^5$	980	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 16,654 \\ 16,782 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,505 \\ 19,627 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,851 \\ 2,845 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 755,9$	18,1	2655	0,919
552	$Ba Cl^2$	950	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 16,928 \\ 16,757 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,826 \\ 19,643 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,898 \\ 2,886 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 754,6$	18,0	2629	0,932
553	$Ca Cl^2$	927	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 16,644 \\ 16,309 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,552 \\ 19,204 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2,888 \\ 2,895 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 755,8$	18,0	2654	0,957

C. Sammenstilling og Discussion af de vundne Resultater.

Af de ovenfor bestemte Tal for de vandige Opløsningers Varmefylde fremgaaer der ved en umiddelbar Betragtning kun, at Varmefylden ved stigende Fortyndingsgrad efter-

haanden nærmer sig til Eenheden. Men anderledes stiller Sagen sig, naar man beregner Productet af Varmefylden og Moleculetallet; thi man vil da ved første Øiekast kunne danne sig et Begreb om den Varmemængde, som Opløsningen fordrer, sammenlignet med den, som Opløsningens enkelte Bestanddele vilde fordre.

De følgende Tabeller indeholde derfor i første Spalte det Antal Vandmoleculer, der tjener som Oplosningsmiddel for 1 Molecul af Stoffet; i anden Spalte Varmefylden; i tredje Oplosningens Molecul eller, mere correct, den Vægt, der svarer til Oplosningens chemiske Formel; den er angivet som Summen af Moleculetallene for det opløste Stof og for Oplosningsmidlet, fordi det derved bliver lettere at sammenligne den med Productet af disse Størrelser og Varmefylden, som findes anført i fjerde Spalte. Den femte Spalte indeholder det Antal Varmeeenheder, hvormed det ovenomtalte Product overstiger den Varmemængde, som vilde udfordres til Opvarmningen af den Mængde Vand, der tjener som Oplosningsmiddel.

For samtlige Oplosninger har jeg ligeledes bestemt Vægtfylden, der findes opført i sjette Spalte; den syvende Spalte indeholder Qvotienten af Oplosningens Molecularvægt og Vægtfylden, eller med andre Ord Oplosningens Molecularvolumen; ottende Spalte viser, hvormeget dette Rumfang er større end Rumfanget af Vandet i Oplosningen.

Ved denne Sammenstilling kan man ogsaa undersøge Fortyndingsgradens Indflydelse paa den moleculære Varme og det moleculære Volumen og det gjensidige Forhold mellem disse.

<i>n</i>	Varmefylde.	Molecul.	Moleculær-Varme.	Differens.	Vægtfylde.	Moleculær-Volumen.	Differens.
----------	-------------	----------	------------------	------------	------------	--------------------	------------

Svovlsyre, $SO^3 + nH^2O$.

5	0,545	80 + 90	92,7	+ 2,7	1,4722	115,5	+ 25,5
10	0,700	80 + 180	182,0	+ 2,0	1,2870	202,0	+ 22,0
20	0,821	80 + 360	361,2	+ 1,2	1,1893	379,6	+ 19,6
50	0,918	80 + 900	900	0	1,0692	916,6	+ 16,6
100	0,956	80 + 1800	1797	- 3	1,0355	1815,5	+ 15,5
200	0,977	80 + 3600	3595	- 5	1,0180	3615,4	+ 15,4

Salpetersyre, $NO^3H + nH^2O$.

10	0,768	65 + 180	186,6	+ 6,6	1,1542	210,5	+ 30,5
20	0,819	65 + 360	359,1	0,9	1,0551	359,8	+ 29,8
50	0,930	65 + 900	896	- 4	1,0360	929,5	+ 29,5
100	0,963	65 + 1800	1794	- 6	1,0185	1829,2	+ 29,2
200	0,982	65 + 3600	3597	- 3	1,0094	3629,0	+ 29,0

n	Varmefylde.	Molecul.	Moleculær-Varme.	Differens.	Vægtfylde.	Moleculær-Volumen.	Differens.
-----	-------------	----------	------------------	------------	------------	--------------------	------------

Chlorbrintesyre, $HCl + nH^2O$.

10	0,749	56,5 + 180	162,2	- 17,8	1,0832	199,9	+ 19,9
20	0,855	56,5 + 360	538,9	- 21,9	1,0456	379,2	+ 19,2
50	0,932	56,5 + 900	875	- 27	1,0193	918,8	+ 18,8
100	0,964	56,5 + 1800	1770	- 50	1,0100	1818,5	+ 18,5
200	0,979	56,5 + 3600	3561	- 59	1,0052	3617,7	+ 17,7

Viinsyre, $C^3H^6O^6 + nH^2O$.

10	0,745	150 + 180	246	+ 66	1,2409	265,9	+ 85,9
25	0,856	150 + 450	515	+ 65	1,1229	554,3	+ 84,3
50	0,911	150 + 900	957	+ 57	1,0677	985,4	+ 85,4
100	0,952	150 + 1800	1856	+ 56	1,0358	1882,5	+ 82,5
200	0,975	150 + 3600	3656	+ 56	1,0186	3681,3	+ 81,3

Natriumhydrat, $NaOH + nH^2O$.

7½	0,847	40 + 155	148,2	+ 15,2	1,2576	159,2	+ 4,2
15	0,878	40 + 270	272,2	+ 2,2	1,1450	270,7	+ 0,7
50	0,919	40 + 540	535	- 7	1,0782	557,9	- 2,1
50	0,942	40 + 900	885	- 15	1,0486	896,4	- 5,6
100	0,969	40 + 1800	1781	- 19	1,0246	1795,9	- 4,1
200	0,983	40 + 3600	3578	- 22	1,0124	3594,8	- 5,2

Kaliumhydrat, $KOH + nH^2O$.

50	0,876	56 + 540	522	- 18	1,0887	547,5	+ 7,5
50	0,916	56 + 900	876	- 24	1,0550	906,3	+ 6,4
100	0,954	56 + 1800	1770	- 30	1,0284	1804,9	+ 4,9
200	0,975	56 + 3600	3565	- 35	1,0144	3604,1	+ 4,1

Ammoniumhydrat, NH^4OH, nH^2O .

50	0,997	35 + 540	573	+ 33	0,9878	582,1	+ 42,1
50	0,999	35 + 900	954	+ 54	0,9927	941,9	+ 41,9
100	0,999	35 + 1800	1835	+ 35	0,9967	1841,2	+ 41,2

n	Varmefylde.	Molecul.	Moleculær- Varme.	Differens.	Vægtfylde.	Moleculær- Volumen.	Differens.
Chlornatrium, $NaCl + nH^2O$.							
10	0,791	58,5 + 180	188,5	+ 8,5	1,1872	200,9	+ 20,9
20	0,863	58,5 + 360	361,0	+ 1,0	1,1033	379,3	+ 19,3
50	0,895	58,5 + 450	556	- 4	1,0718	558,4	+ 18,4
50	0,931	58,5 + 900	892	- 8	1,0444	917,8	+ 17,8
100	0,962	58,5 + 1800	1788	- 12	1,0231	1816,1	+ 16,1
200	0,975	58,5 + 3600	3578	- 22	1,0118	3616,0	+ 16,0

Chlorkalium, $KCl + nH^2O$.							
15	0,761	74,6 + 270	262,4	- 7,6	1,1468	300,4	+ 50,4
50	0,850	74,6 + 540	522,4	- 17,4	1,0800	569,0	+ 29,0
50	0,904	74,6 + 900	881	- 19	1,0496	928,2	+ 28,2
100	0,948	74,6 + 1800	1775	- 25	1,0258	1827,3	+ 27,3
200	0,970	74,6 + 3600	3565	- 35	1,0136	3625,0	+ 25,0

Chlorammonium, $NH^4Cl + nH^2O$.							
$7\frac{1}{2}$	0,760	55,5 + 155	145,3	+ 8,3	1,0718	175,9	+ 40,9
10	0,778	55,5 + 180	181,6	+ 1,6	1,0664	219,0	+ 39,0
25	0,881	55,5 + 450	443,6	- 6,4	1,0314	488,2	+ 38,2
50	0,937	55,5 + 900	895	- 7	1,0167	937,8	+ 37,8
100	0,966	55,5 + 1800	1791	- 9	1,0086	1857,7	+ 37,7
200	0,982	55,5 + 3600	3588	- 12	1,0041	3637,6	+ 37,6

Salpetersuurt Natron, $NaN\theta^3 + nH^2O$.							
10	0,769	85 + 180	203,8	+ 23,8	1,2474	212,5	+ 52,5
25	0,863	85 + 450	461,7	+ 11,7	1,1137	480,4	+ 50,4
50	0,918	85 + 900	904	+ 4	1,0600	929,2	+ 29,2
100	0,950	85 + 1800	1791	- 9	1,0311	1828,2	+ 28,2
200	0,975	85 + 3600	3593	- 7	1,0160	3627,0	+ 27,0

Salpetersuurt Kali, $KN\theta^3 + nH^2O$.							
25	0,832	101 + 450	458,4	+ 8,4	1,1228	490,7	+ 40,7
50	0,901	101 + 900	902	+ 2	1,0651	459,8	+ 59,8
100	0,942	101 + 1800	1791	- 9	1,0336	1859,2	+ 59,2
200	0,966	101 + 3600	3575	- 25	1,0173	3638,3	+ 58,3

n	Varmefylde.	Molecul.	Moleculær- Varme.	Differens.	Vægtfylde.	Moleculær- Volumen.	Differens.
-----	-------------	----------	----------------------	------------	------------	------------------------	------------

Salpetersuur Ammoniak, $NH^4 \cdot N\theta^3 + nH^2\theta$.

5	0,697	80 + 90	118,7	+ 28,7	1,2046	141,1	+ 51,1
20	0,859	80 + 360	378,0	+ 18	1,0743	409,6	+ 49,6
50	0,929	80 + 900	910	+ 10	1,0331	948,6	+ 48,6
100	0,962	80 + 1800	1808	+ 8	1,0180	1846,8	+ 46,8

Kulsuurt Natron, $Na^2\theta\theta\theta^2 + nH^2\theta$.

50	0,896	106 + 900	901	+ 1	1,1131	903,8	+ 3,8
100	0,933	106 + 1800	1778	- 22	1,0593	1799,3	- 0,7
200	0,958	106 + 3600	3550	- 50	1,0306	3596,0	- 4,0

Svovlsuurt Natron, $Na^2\theta S\theta^3 + nH^2\theta$.

65	0,892	142 + 1170	1170	0	1,1010	1191,6	21,6
100	0,920	142 + 1800	1787	- 13	1,0675	1819,5	+ 19,2
200	0,955	142 + 3600	5574	- 26	1,0350	3615,4	+ 15,4

Svovlsuur Ammoniak, $Am^2\theta S\theta^3 + nH^2\theta$.

30	0,820	152 + 540	551	+ 11	1,1148	602,8	+ 62,8
50	0,871	152 + 900	899	- 1	1,0774	957,6	+ 57,6
100	0,924	152 + 1800	1785	- 15	1,0420	1854,1	+ 54,1
200	0,959	152 + 3600	3579	- 21	1,0214	3655,8	+ 55,8

Svovlsuur Magnesia, $Mg\theta \cdot S\theta^3 + nH^2\theta$.

20	0,744	120 + 360	357	- 3	1,2864	373,1	+ 13,1
50	0,857	120 + 900	874	- 26	1,1253	906,4	+ 6,4
100	0,917	120 + 1800	1761	- 39	1,0649	1805,0	+ 3,0
200	0,952	120 + 3600	3541	- 59	1,0334	3599,8	- 0,2

Eddikesuurt Natron, $Na\theta\theta^2H^3\theta + nH^2\theta$.

20	0,884	82 + 360	391	+ 51	1,0993	402,1	+ 42,1
50	0,938	82 + 900	921	+ 21	1,0442	940,4	+ 40,4
100	0,965	82 + 1800	1817	+ 17	1,0230	1859,7	+ 39,7
200	0,983	82 + 3600	3620	+ 20	2,0120	3658,3	+ 38,3

<i>R</i>	Varmefylde.	Molecul.	Moleculær- Varme.	Differens.	Vægtfylde.	Moleculær- Volumen.	Differens.
<i>R</i> + 200 <i>H</i> ² <i>O</i> .							
<i>K Br</i>	0,962	119 + 3600	3578	— 22	1,0236	3633	+ 33
<i>Am Br</i>	0,965	98 + 3600	3580	— 20	1,0154	3642	+ 42
<i>Na J</i>	0,954	150 + 3600	3578	— 22	1,0318	3634	+ 34
<i>K J</i>	0,950	166 + 3600	3578	— 22	1,0355	3644	+ 44
<i>Am J</i>	0,963	145 + 3600	3606	+ 6	1,0248	3654	+ 54
<i>Ba Cl</i> ²	0,932	208 + 3600	3549	— 51	1,0502	3626	+ 26
<i>Ca Cl</i> ²	0,957	111 + 3600	3551	— 49	1,0253	3619	+ 19
<i>K</i> ² <i>O</i> , <i>S O</i> ³	0,940	174 + 3600	3548	— 42	1,0380	3636	+ 36
<i>Zn O</i> , <i>S O</i> ³	0,917	161 + 3600	3562	— 38	1,0455	3598	— 2
<i>Fe O</i> , <i>S O</i> ³	0,951	152 + 3600	3568	— 32	1,0413	3603	+ 3
<i>Cu O</i> , <i>S O</i> ³	0,953	159 + 3600	3583	— 17	1,0441	3599	— 1
<i>Ba O</i> , <i>N</i> ² <i>O</i> ⁵	0,933	261 + 3600	3602	+ 2	1,0584	3648	+ 48
<i>Pb O</i> , <i>N</i> ² <i>O</i> ⁵	0,919	351 + 3600	3613	+ 13	1,0771	3649	+ 49

Productet af Varmefylden og Moleculetallet, som findes i 4de Spalte, er betegnet som Vædskens moleculære Varmer, d. e. den Varmemængde, som udfordres til at opvarme Moleculet een Grad. Tallene ere ogsaa et Udtryk for Vædskens caloriske Æquivalent eller den Vandmængde, som til sin Opvarmning fordrer den samme Mængde Varmer som Oplosningens Molecul. Betragtede fra dette Standpunkt vise Tallene flere interessante Forhold.

Man finder ved det første Blik paa de foreliggende Tabeller, at Vædskens caloriske Æquivalent i de fleste Tilfælde kun afviger lidet fra den i Vædskens indeholdte Vandmængde. Saaledes viser t. Ex. Svovlsyre med 5 Moleculer Vand et calorisk Æquivalent af 92,7, medens det i Oplosningen indeholdte Vand beløber sig til 90, og Moleculet selv veier 170; med andre Ord, en Oplosning af 80 Gram vandfri Svovlsyre i 90 Gram Vand fordrer til sin Opvarmning ikke mere Varmer end 92,7 Gram Vand. Indeholder Syren 50 Moleculer Vand, er dens caloriske Æquivalent netop lig Vandmængden, 50 · 18 = 900. Fortyndes Syren endnu stærkere, da indtræder det mærkelige Tilfælde, at Oplosningen har et lavere calorisk Æquivalent end det, der svarer til den indeholdte Vandmængde.

Tallene i 5te Spalte, som udtrykke disse Differenser mellem Oplosningens caloriske Æquivalent og dens Vandmængde, ere sædvanligt i Begyndelsen positive, men ved stærkere Fortynding negative. I enkelte Tilfælde, som ved Chlorbrintesyre og Kaliumhydrat, ere Tallene strax fra Begyndelsen negative; saaledes fordrer t. Ex. Chlorbrintesyre med 10 Moleculer Vand en 10 Procent mindre Varmemængde til sin Opvarmning end det Vand, den

indeholder. I andre Tilfælde ere Differenserne gennemgaaende positive, men dog aftagende ved stærkere Fortynding. Dette Forhold fremtræder ved Stoffer, der indeholde et større Antal Brintatomer i Moleculat; det viser sig saaledes tydeligt i Tallene for Viinsyre, Ammoniumhydrat, salpetersuur Ammoniak og eddikesuurt Natron. Opløsningerne af disse Stoffer med 50 Moleculer Vand behøve til deres Opvarmning henholdsvis 57, 34, 10 og 21 Varmeenheder mere end den i Opløsningen indeholdte Vandmængde (900 Gram).

At en vandig Opløsnings Varmefylde staaer i nøie Forbindelse med dens Sammensætning, er utvivlsomt, og man kan let udvikle empiriske Formler, der med tilstrækkelig Nøiagtighed udtrykke en Opløsnings Varmefylde som Function af den indeholdte Vandmængde og det opløste Stofs Varmefylde. Men saadanne Formler have kun ringe Interesse; thi det viser sig ved en nærmere Betragtning af alle herhen hørende Forhold, at Varmefylden, Vægtfylden og Varmetoningen ved Opløsningens Dannelse staae i nøie Forbindelse med hinanden og maatte fremgaae som fælles Resultater af Formlerne, naar disse nogenlunde skulde være et Udtryk for de virkelige Forhold. Det gjælder altsaa om at udlede Formlerne af en Hypothese, der omfatter de moleculære Forandringer, og kun da kan man vente at faae almeengyldige Resultater. Naar jeg har afsluttet mine Undersøgelser over Vandets Indvirkning paa de Stoffer, som det opløser, skal jeg komme tilbage hertil; jeg skal her kun ved nogle Exempler vise, hvor nøie den moleculære Varme er knyttet til det moleculære Volumen.

Af de Vægtfyldebestemmelser, jeg har foretaget, fremgaaer det i Overeenstemmelse med ældre Erfaringer, at *der indtræder en Contraction, naar en vandig Opløsning blandes med Vand*, eller med andre Ord: Rumfanget af den Vædske, der dannes, er mindre end Summen af Rumfangene af de to Vædsker, der sammenblandes. Ex. 270,7 Rumfang Natronopløsning af Sammensætningen $NaOH + 15 H^2O$ giver ved Blanding med 15 Moleculer eller 270 Rumfang Vand ikke 540,7, men 537,9 Rumfang.

Af mine Undersøgelser over Varmefylden fremgaaer det, at *naar en vandig Opløsning blandes med Vand*, opstaaer en Vædske, hvis Moleculærvarme er mindre end Summen af Moleculærvarmen for de to Vædsker, der blandes sammen, eller med andre Ord: *Blandingen fordrer til sin Opvarmning en mindre Varmemængde end dens Bestanddele*. Den omtalte Natronopløsning t. Ex. behøver til sin Opvarmning 272,7 Varmeenheder; blandet med 270 Gram Vand behøver den ikke 542,7, men kun 533 Varmeenheder. Moleculærvolumen og Moleculærvarme ere altsaa for saadanne Blandinger stedse mindre end Summen af de tilsvarende Størrelser for deres Bestanddele; kun ved Ammoniumhydrat ere disse Differenser saa smaa, at de ikke kunne betragtes som afgjørende.

Ved Sammenblanding af Opløsninger af forskellige Stoffer, saasom Syrer og Alkalier, indtræder der en Forandring baade af Rumfanget og af den moleculære Varme; ogsaa her viser der sig en nøie Forbindelse mellem disse Phænomener. Af de ovenfor bestemte

Værdier af Moleculærværme og Moleculærvolumen for Svovl-, Salpeter- og Chlorbrintesyre, Natrium-, Kalium- og Ammoniumhydrat og de 9 Salte, der dannes af disse Stoffer, fremgaaer det tydeligt, hvilken Forandring der indtræder. Vi ville først betragte *den moleculære Værme*:

<i>R</i>	=	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Am</i>
$R\theta H + 100 H^2\theta$		1781 ^c	1770 ^c	1855 ^c
$HCl + 100 H^2\theta$		1770	1770	1770
Sum		3551	3540	3603
$RCl + 201 H^2\theta$		3596	3585	3606
Differens		+ 45	+ 45	+ 3
$R\theta H + 100 H^2\theta$		1781	1770	1855
$NO^3H + 100 H^2\theta$		1794	1794	1794
Sum		3575	3564	3627
$RNO^3 + 201 H^2\theta$		3611	3593	3624
Differens		+ 36	+ 29	- 5
$2(R\theta H + 50 H^2\theta)$		1770	1752	1868
$S\theta^3 + 100 H^2\theta$		1797	1797	1797
Sum		3567	3549	3665
$R^2SO^4 + 201 H^2\theta$		3592	3566	3597
Differens		+ 25	+ 17	- 68

I Tabellen er Moleculærværmen for Syreopløsningen og for Alkaliopløsningen adderede og sammenlignede med Moleculærværmen for den ved Blandingen dannede Vædske. Det viser sig da, at *den Opløsning, der dannes ved Neutralisationen, fordrer en større Væremængde til sin Opvarmning end Opløsningerne hver for sig, naar der dannes et Natrium- eller Kaliumsalt, derimod en mindre Væremængde, naar der dannes et Ammoniumsalt.* Ved de svovlsure Salte er Forøgelsen af det caloriske Æquivalent ved Kalium- og Natrium-saltet og Formindskelsen ved Ammoniumsaltet meget tydelig. Ved Chlorammonium og salpetersuur Ammoniak ere Tallene saa smaa, kun omtrent $\frac{1}{2}$ Promille af Summen, at disse Størrelsens negative Charakter ikke kan betragtes som absolut beviist; men da disse Differenser ogsaa ved andre Fortyndingsgrader vise sig negative, kan man vel antage, at de i Virkeligheden ere negative ligesom for det tilsvarende svovlsure Salt.

Vi skulle nu sammenligne det *moleculære Volumen* for de samme Opløsninger.

<i>R</i>	=	<i>Na</i>	<i>K</i>	<i>Am</i>
<i>R</i> OH + 100 <i>H</i> ² Ø		1796 ^c	1805 ^c	1841 ^c
<i>HCl</i> + 100 <i>H</i> ² Ø		1818	1818	1818
Sum		3614	3623	3659
<i>RCl</i> + 201 <i>H</i> ² Ø		3654	3645	3656
Differens		+ 20	+ 20	- 5
<i>R</i> OH + 100 <i>H</i> ² Ø		1796	1805	1841
<i>NO</i> ³ <i>H</i> + 100 <i>H</i> ² Ø		1829	1829	1829
Sum		3625	3634	3670
<i>RNO</i> ³ + 201 <i>H</i> ² Ø		3645	3656	3664
Differens		+ 20	+ 22	- 6
2 (<i>R</i> OH + 50 <i>H</i> ² Ø)		1795	1813	1884
<i>S</i> Ø ³ + 100 <i>H</i> ² Ø		1815	1815	1815
Sum		3608	3628	3699
<i>R</i> ² <i>S</i> Ø ⁴ + 201 <i>H</i> ² Ø		3633	3654	3672
Differens		+ 25	+ 26	- 27

Det fremgaaer af disse Tal, at der ved *Neutralisation af Kali og Natron skeer en Udvidelse, ved Neutralisation af Ammoniak derimod en Sammentrækning*; der kan her ikke være nogen Tvivl om Sammentrækningen, selv ved Neutralisation med Chlorbrintesyre og Salpetersyre; thi det moleculære Volumen kan bestemmes med betydeligt større Nøjagtighed end den moleculære Varme.

Overensstemmelsen mellem de to Tabeller er saare overraskende og viser tydeligt, at der hersker en meget *noie Forbindelse mellem de vandige Opløsningers Varmefylde og deres Vægtfylde*. —

De af *Schüller* fundne Størrelser for Varmefylden af vandige Opløsninger kunne egenligt ikke ligefrem sammenlignes med mine, da de førstnævnte Tal udtrykke *Middelværdien* af Varmefylden for Varmegrader mellem temmelig vide Grændser, medens mine Tal give Varmefylden indenfor meget snævre Grændser, der kun afvige 3 Grader fra hinanden. Der findes dog saadanne Differenser, der ikke udelukkende kunne tilskrives denne Aarsag, men tildeels maae hidrøre fra selve Methoden. En Sammenligning mellem de fundne

Varmefylder for Opløsninger af Chlorforbindelserne af Natrium, Kalium og Ammonium viser Følgende:

Formel	<i>n</i>	Schüller.	Thomsen.	Differens
$NaCl + n H^2O$	10	0,779	0,791	— 0,012
	20	0,853	0,863	— 0,010
	30	0,885	0,895	— 0,010
	50	0,918	0,931	— 0,015
$KCl + n H^2O$	15	0,770	0,761	+ 0,009
	30	0,870	0,850	+ 0,020
	50	0,911	0,904	+ 0,007
	100	0,955	0,948	+ 0,007
$NH^4Cl + n H^2O$	7½	0,754	0,760	— 0,006
	10	0,796	0,778	+ 0,018
	25	0,895	0,881	+ 0,014
	50	0,944	0,937	+ 0,007

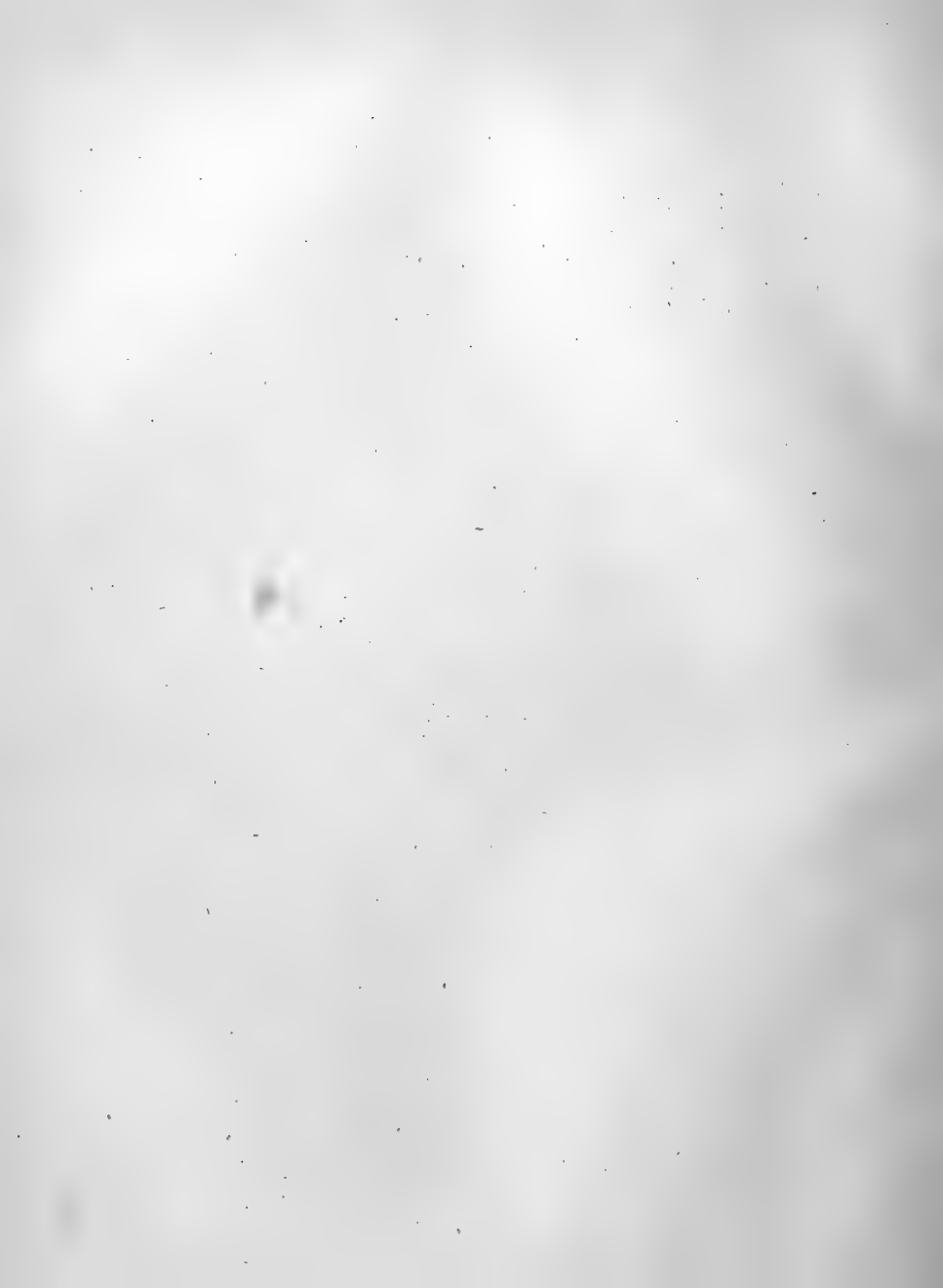
Som man seer, ere Afgigelserne snart positive, snart negative og beløbe sig i Gjennemsnit til 1 Procent, undertiden endog til 2 Procent. En saadan Afgivelse kan ganske vist synes ubetydelig, men betænker man, at den største Afgivelse mellem de her bestemte Varmefylder og Eenheden (Vandets Varmefylde) kun naaer 0,240, vil man indrømme, at en Differens af en Eenhed i anden Decimal er en temmelig betydelig Størrelse. At Schüllers Methode ikke egner sig meget til at give absolute Værdier, fremgaaer allerede deraf, at Forskjellen mellem Maximums- og Minimumsværdierne i hver enkelt Forsøgsrække er temmelig stor; for Chlornatrium 0,018—0,012—0,012—0,012—0,024—0,013—0,019—0,010; for Chlorkalium 0,010—0,013—0,008—0,014—0,017—0,008—0,003—0,004; for Chlorammonium 0,008—0,0017—0,005—0,004. Nu har Schüller rigtignok anstillet en større Mængde Forsøg med hver Opløsning, hvorved Middeltallet kommer Sandheden nærmere; men jeg troer dog, at Experimentators Flid og Noiagtighed ikke kan opveie de ovenomtalte Kilder til Feil, som ligge i selve Methoden.

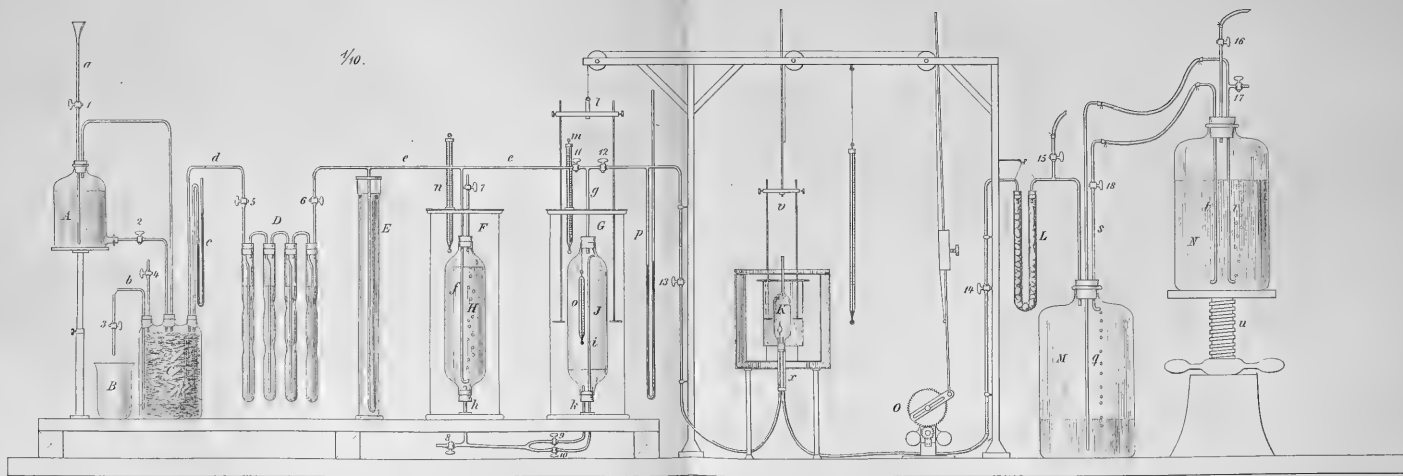
Schüller sammenligner de fundne Varmefylder med den beregnede Middelværdi; for Chlornatriumopløsning antager han Forholdet imellem disse Størrelser at være constant, uagtet de af Forsøgene fundne Værdier afvige 0,0131 fra hinanden, og giver da til Beregningen af Chlornatriumopløsningens Varmefylde Formlen:

$$C_p = 0,9624 \frac{100 + p \cdot 0,214}{100 + p},$$

hvor *p* betyder den i 100 Dele Vand opløste Saltmængde og *C_p* Opløsningens Varmefylde.

At Forholdet mellem den sande Varmefylde og Middelvarmfyllden ikke kan sættes constant = 0,9624, fremgaaer allerede deraf, at i saa Tilfælde ingen Chlornatriumopløsning kunde have en Varmefylde større end 0,9624. Men da Varmefyllden for stærkt fortyndede Opløsninger nærmer sig til Vandets og, for $p = 0$, maa være = 1, er Formlen ikke noget Udtryk for Varmefyllden af svage Saltopløsninger. Varmefyllden 0,962 svarer efter mine Undersøgelser til Opløsningen $Na Cl + 100 H^2 O$, medens $Na Cl + 200 H^2 O$ har en Varmefylde af 0,978; men dette Tal kan ikke findes af Schüllers Formel.







Thermochemiske Undersøgelser.

X. Undersøgelser over Basernes Neutralisationsvarme.

Ved

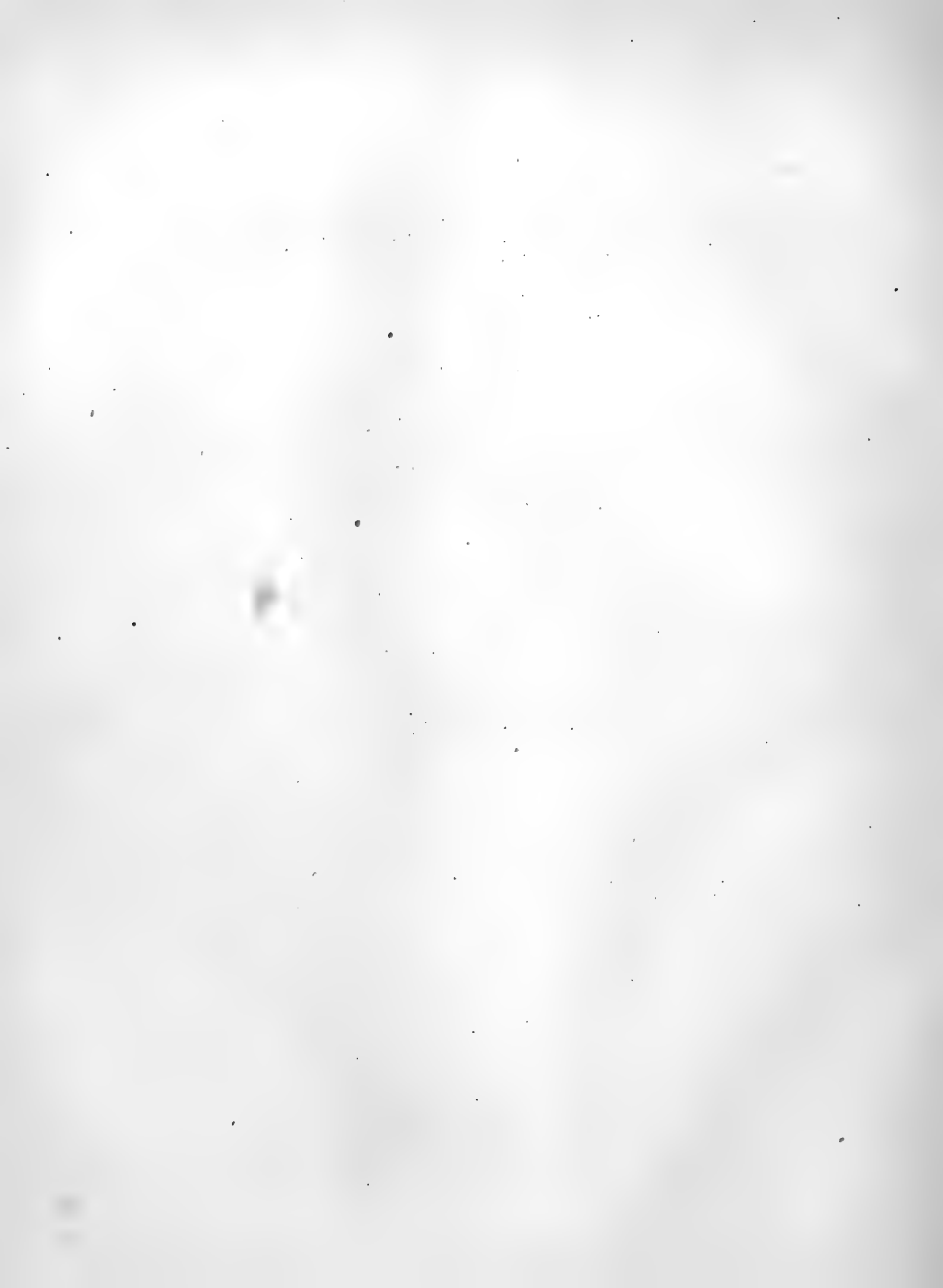
Julius Thomsen.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. V.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

1871



Undersøgelser

over

Basernes Neutralisationsvarme.

Ved

Julius Thomsen.

Kjøbenhavn.

Blanco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

1871.



Den foreliggende Undersøgelse slutter sig ganske til dem, som jeg har meddeelt i Selskabets Skrifter 8 B. III og VII og 9 B. II. Ligesom jeg i de nævnte Meddelelser har paavist nogle og tredive Syrers Forhold til Natron, skal jeg her meddele en lignende Undersøgelse over, hvorledes et næsten ligesaa stort Antal Baser, deels uorganiske, deels organiske, forholde sig ved *Neutralisation med Svovlsyre og Chlorbrintesyre* som Typer for Syrerne; til lige skal jeg for et mindre Antal Baser omtale, hvorledes de forholde sig ved *Neutralisation med andre Syrer*, og endvidere i nogle Hovedtræk behandle Saltenes *enkelte eller dobbelte Decomposition*.

Undersøgeltesmaaden og det anvendte Apparat ere her ganske de samme, som jeg har anvendt ved tidligere Undersøgelser og beskrevet i 8 B. III p. 114; Betegnelserne med Hensyn til Forsøgenes Enkeltheder ere ligeledes de samme som tidligere; kun har jeg her, ligesom i Afsnit IX, anvendt *Moleculærformler* istedetfor *Æquivalentformler*.

Hvad *Forsøgenes Noiaagtighedsgrad* angaaer, kan jeg med fuldkommen Sikkerhed angive Følgende. Alle 5ziffrede Tal ere noiaigtige idetmindste paa en Procent; ved de 4ziffrede Tal naaer Unoiaagtigheden ikke udover de 2 sidste Ziffre. Men i mange Tilfælde er Noiaagtigheden betydeligt større, saaledes som det vil fremgaae af Overeensstemmelserne mellem Størrelser, der ere bestemte efter ganske forskellige Methoder. Oplosningernes Concentration er i Reglen en saadan, at Vandmængden for et Molecul af de Salte, der indeholde et to-atomet Metal, beløber sig til 800 Moleculer eller 14400 Gram. En Feil af 0,01 Grad i Afvæsningsen af Blandingens Varmegrad giver saaledes 144°, og større ville Afvigelserne vel aldrig blive. Kun i ganske særegne Tilfælde kan et 5ziffret Tal vise en ringere Grad af Noiaagtighed, t. Ex. ved Bestemmelsen af Strontian- og Kalkvandets Neutralisationsvarme, da Oplosningerne her ikke kunne naae den sædvanlige Concentration.

Skjøndt mine Talstørrelser meget hyppigt afvige stærkt fra de af andre Experimentatorer fundne, er jeg dog fuldstændigt overbeviist om, at alle de fremmede Iagttagelser,

der afvige mere end den ovennævnte Grændsefeil fra mine Bestemmelser, maae ansees som unoiagtige. Dette gjælder saaledes ikke alene de ældre Bestemmelser af Favre og Silbermann, men ogsaa de nyeste af Th. Andrews (Phil. mag. Januar 1871). Det vilde føre mig for vidt at gaae udførligt ind paa, hvad der kan være Aarsagen til disse Uoverensstemmelser; men jeg maa dog fremhæve, at Andrews anslaaer sine Vædskers Vandværdi for hoit, og at han ikke bestemmer de enkelte Vædskers Varmegrad hver for sig, men antager, at de før Blandingen have antaget samme Varmegrad. Men hvem kan indestaae for, at to Vædsker, der findes hver i sin Beholder, saaledes at den ene Beholder svømmer paa Vædsken i den anden, ikke kunne afvige nogle Hundrededele af en Grad i deres Varmegrad, selv om de havde været i Berøring med hinanden længere end nogle Minuter?

Efter Basernes Natur falder Undersøgelsen i 5 Hovedafdelinger, af hvilke den første omfatter de i Vand opløselige Ifter af *Lithium*, *Natrium*, *Kalium*, *Thallium*, *Barium*, *Strontium* og *Calcium* samt *Ammoniak*; i anden Afdeling behandles Baserne af Magnesiærækken, d. e. *Magnesia*, *Manganforilte*, *Nikkelilte*, *Kobaltilte*, *Jernforilte*, *Cadmiumilte*, *Zinkilte* og *Kobberilte*; i tredje Ifterne af *Beryllium*, *Aluminium* og *Chrom* samt *Jernteville*; i fjerde de enkeltstaaende Ifter af de vægtfyldige Metaller *Bly*, *Qvægsolv*, *Solv* og *Guld* og i femte nogle organiske Baser, nemlig *Æthylamin*, *Tetramethylammoniumhydrat* og *Triæthylstibinoxyd*. Endelig har jeg til Slutning givet en Oversigt over alle Resultaterne.

A. Lithion, Natron, Kali, Thalliumilte, Baryt, Strontian, Kalk og Ammoniak.

1. Da Baserne af denne Gruppe alle ere opløselige i Vand, kan Neutralisationsvarmen bestemmes directe ved Blanding af Syrernes og Basernes vandige Opløsninger. Concentrationen var for Lithion, Natron, Kali, Baryt og Ammoniak en saadan, at 7200 Gram eller 400 Moleculer Vand indeholdt 2 Æquivalenter af Basen ($H = 1$ Gram), og ligeledes kommer der paa 1 Molecul af de tobasiske Syrer eller 2 Moleculer af de eenbasiske Syrer 400 Moleculer Vand, saaat i alle disse Tilfælde en ligestor Vandmængde indeholder lige Æquivalenter. Kun Opløsningerne af Strontian og Kalk maatte paa Grund af Hydraternes Tungopløselighed anvendes stærkere fortyndede, og ligeledes ere Thalliumopløsningerne stærkere fortyndede, fordi jeg kun havde et mindre Quantum Thallium til min Raadighed. Endvidere maa bemærkes, at ved Neutralisationsforsøgene med Svovlsyre Bariumsulphatet og Strontiumsulphatet udskilles som uopløselige Forbindelser, hvorimod de øvrige Sulphater blive i Opløsningen. Jeg skal først anføre Enkeltighederne ved *Neutralisationsforsøgene med Svovlsyre*.

(RAg. SO³Ag).

Nr.	R	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
354	Li ² Θ	18,2 ^c	{ 17,950 17,910	{ 17,745 17,840	{ 19,955 20,010	1957 ^c 1954	} $\frac{1}{16}$	31288 ^c
355	K ² Θ	18,8	{ 18,045 18,025	{ 17,645 18,838	{ 19,981 20,572	1956 1955	} $\frac{1}{16}$	31288
356	Tl ² Θ	18,8	{ 17,790 17,910	{ 18,305 18,300	{ 19,175 19,230	1058 1055	} $\frac{1}{50}$	31095
357	BaΘ	17,5	{ 17,000 17,117	{ 17,135 17,170	{ 19,590 19,655	2509 2298	} $\frac{1}{16}$	36896
358	BaΘ	18,5	{ 18,030 17,940	{ 18,252 18,300	{ 20,672 20,640	2514 2509	} $\frac{1}{16}$	36896
359	SrΘ	18,0	{ 17,680 17,625	{ 17,812 17,640	{ 18,355 18,240	565 565	} 0.01840	30710
360	CaΘ	18,2	{ 18,050 17,975 18,047	{ 18,450 18,345 18,290	{ 18,610 18,500 18,512	324 319 324	} 0.01035	31140
361	Am ² Θ	17,4	{ 17,552 17,540	{ 17,108 17,095	{ 19,250 19,235	1759 1757	} $\frac{1}{16}$	28152
362	Am ² Θ	17,5	{ 16,790 16,845	{ 17,240 17,175	{ 18,940 18,935	1761 1761	} $\frac{1}{16}$	28152

Beregningen af Forsøgene skeer som sædvanligt efter den tidligere 8de Bind III angivne Formel; Vandmængden er $a = b = 450$ gr; endvidere er $p = 9,7$ gr og $g = 12^c$.

Til disse Bestemmelser slutter sig nu den i Forsøget Nr. 1 (8de Bind III) for Natron bestemte Neutralisationsvarme, nemlig 31377^c. Det umiddelbare Resultat af disse Bestemmelser er nu, at den *Varmemængde, som udvikles ved Neutralisationen af et Molecul Svovlsyre*, udgjør

for Lithion	31288 ^c
Natron	31378
Kali	31288
Thalliumilte	31095
Baryt	36896
Strontian	30710
Kalk	31140
Ammoniak	28152

For Natron, Kali, Baryt og Ammoniak findes der ældre Bestemmelser, hvorimod de øvrige Baser her ere undersøgte for første Gang.

Et Blik paa de foreliggende Størrelser viser strax, at med Undtagelse af Ammoniak og Baryt give disse Baser næsten samme Varmemængde ved Neutralisation med Svovlsyre. Ammoniakens Afvigelse er let forklarlig, da dette Stof er af en ganske anden Natur end de øvrige Baser, og for Baryten forklares Afvigelsen ved Dannelsen af Bundfaldet, idet Sulphatets latente Varme adderes til Neutralisationsvarmen. Men hvorledes forholder det sig med Strontian? Her dannes jo ligeledes et Bundfald, og dog er Neutralisationsvarmen noget lavere end for de andre Baser. Jeg skal nedenfor vise, at Strontiumsulphatets latente Varme er meget nær lig Nul, saaat der ikke fremtræder Varme, idet det udfældes af Op-løsningen. Tager man nu Hensyn hertil, bliver, som jeg nedenfor skal vise, *Neutralisationsvarmen uden Dannelse af Bundfald ogsaa for Baryt og Strontian tilnærmelsesviis lige stor med Neutralisationsvarmen for de andre Baser.*

2. For at kontrollere de her meddelte Talstørrelser har jeg anstillet en anden Række af Forsøg, idet jeg har bestemt den Varmedvikling, som opstaaer ved *de svovlsure Saltes Decomposition med Baryt* og som skulde være lig Forskjellen mellem Barytens og den paagjældende Bases Neutralisationsvarme, naar Talstørrelserne ere rigtigt bestemte. Jeg har her indskrænket mig til de 4 Baser: Natron, Kali, Thalliumnit og Ammoniak. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:



Nr.	<i>R</i>	<i>T</i>	<i>t_a</i>	<i>t_b</i>	<i>t_c</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	$\frac{r}{s}$
363	<i>Na</i>	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 18,500 \\ 18,735 \\ 18,405 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,670 \\ 18,612 \\ 18,875 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,095 \\ 19,060 \\ 19,012 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 540^c \\ 542 \\ 348 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5492 ^c
364	<i>K</i>	18,6	$\left\{ \begin{array}{l} 18,645 \\ 18,295 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,220 \\ 18,545 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,500 \\ 18,500 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 348 \\ 356 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5632
365	<i>Tl</i>	18,2	17,980	18,000	18,370	358	$\frac{1}{16}$	5728
366	<i>Am</i>	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,340 \\ 17,345 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,555 \\ 17,495 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,040 \\ 18,010 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 551 \\ 548 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	8792

Her er som sædvanligt $a = b = 450$ gr, $p = 9,7$ gr og $q = 12^c$.

Sammenligner man nu Differensen mellem Barytens og de her nævnte Basers Neutralisationsvarme, saaledes som den kan udledes af Forsøgene Nr. 354—362, med Resultaterne af Forsøgene Nr. 363—366, viser der sig følgende Overeensstemmelse:

R	$(Ba\theta^2 H^2 Aq, SO^3 Aq) - (R^2 \theta^2 H^2 Aq, SO^3 Aq)$	Neutralisation.	Decomposition.	Differens.
Na	56896 — 51370 =	5518	5492	+ 26
K	56896 — 51288 =	5608	5652	— 24
Tl	56896 — 51095 =	5801	5728	+ 73
Am	56896 — 28152 =	8744	8792	— 48

At der er en tilfredsstillende *Overensstemmelse i Bestemmelsen af Forskjellen i Neutralisationsvarmen efter de to forskjellige Metoder, er tydeligt*; thi Tallene vise kun Afvigelser i de to sidste Ziffre, medens de selv ere Differenser mellem 5ziffrede Tal, og Afvigelserne udgjøre altsaa kun 2 Promille af de store Tal.

Af Forsøg Nr. 365 følger *Thalliumiltets Neutralisationsvarme* liig 31168^c, medens jeg ovenfor fandt 31095^c, Middeltallet er altsaa 31131^c.

3. *Disse Basers Neutralisation med Chlorbrintesyre* har jeg undersøgt paa samme Maade som ovenfor; Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
367	$Li^2\theta$	18, ^c ₄	$\left\{ \begin{array}{l} 17,810 \\ 17,728 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,655 \\ 17,750 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,635 \\ 19,630 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1750^c \\ 1752 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right.$	27696 ^c
368	$Na^2\theta$	17, ^s	$\left\{ \begin{array}{l} 17,905 \\ 18,000 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,802 \\ 17,800 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,730 \\ 19,775 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1718 \\ 1718 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right.$	27488
369	$K^2\theta$	18, ^s ₆	$\left\{ \begin{array}{l} 17,945 \\ 17,830 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,196 \\ 18,190 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,950 \\ 19,915 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1721 \\ 1717 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right.$	27504
370	$Tl^2\theta$	18, ^s ₃	$\left\{ \begin{array}{l} 17,790 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,235 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,625 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1478 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 30 \end{array} \right.$	44540
371	$Ba\theta$	18, ^s ₆	$\left\{ \begin{array}{l} 17,800 \\ 17,725 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,150 \\ 18,045 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,875 \\ 19,780 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1759 \\ 1754 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right.$	27784
372	$Sr\theta$	18, ^s ₂	$\left\{ \begin{array}{l} 17,915 \\ 17,910 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,902 \\ 17,850 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,455 \\ 18,425 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 509 \\ 508 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,0154 \end{array} \right.$	27650
373	$Ca\theta$	18, ^s ₂	$\left\{ \begin{array}{l} 18,005 \\ 17,920 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,045 \\ 18,000 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,340 \\ 18,272 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 298 \\ 296 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,01035 \end{array} \right.$	27900
374	$Am^2\theta$	17, ^s ₅	$\left\{ \begin{array}{l} 17,730 \\ 17,605 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,015 \\ 16,975 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,040 \\ 18,960 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1553 \\ 1555 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right.$	24544

Vandmængden og Constanterne ere her de samme som i de forrige Forsøg. Da Chlorbrintesyren er en eenbasisk Syre, har jeg angivet Neutralisationsvarmen for 2 Mole-

culer af denne Syre, fordi de saaledes erholdte Resultater derved directe kunne sammenlignes saavel indbyrdes som med de for 1 Molecul Svovlsyre fundne Talstørrelser.

Neutralisationsvarmen for 2 Moleculer Chlorbrintesyre udgjør altsaa henholdsvis for

Lithion	27696 ^c
Natron	27488
Kali	27504
Thalliumilte	44340
Baryt	27784
Strontian	27630
Kalk	27900
Ammoniak	24544

Af disse Størrelser har jeg allerede tidligere bestemt Natronets Neutralisationsvarme i Forsøget Nr. 63 til 27480^c, altsaa ganske den samme Størrelse, som er fundet i Forsøget Nr. 368.

Disse Talstørrelser vise noget ganske Lignende som Svovlsyrens Tal, idet eet Tal er betydeligt lavere, et andet betydeligt høiere end de øvrige, medens disse næsten ere ganske eens indbyrdes. Ligesom ovenfor har ogsaa her Ammoniak en betydeligt lavere Neutralisationsvarme end de øvrige Baser; men medens ved Svovlsyren den store Varmeudvikling viste sig ved Baryt, er det ved Neutralisationsforsøgene med Chlorbrintesyre Thalliumiltet, der gjør sig bemærket ved sin høie Neutralisationsvarme. Aarsagen hertil er deels, at *Thalliumchlorid* udskiller sig som et tungopløseligt Pulver, deels, at den chemiske Proces her antager en anden Charakter; thi den store Forskjel af 16—17000^c kan vanskeligt udelukkende tilskrives Thalliumchloridets latente Varme, saameget mindre, som Størrelsen ikke kommer til at indeholde hele den latente Varme, idet $\frac{1}{10}$ af Thalliumchloridet forbliver i Opøsningen. Jeg skal nedenfor komme tilbage til dette Forhold, naar jeg kommer til at omtale Sølviltet; thi der viser sig et ganske analogt Forhold.

4. For at kontrollere de nys anførte Værdier for Varmeudviklingen ved disse Basers Neutralisation med Chlorbrintesyre har jeg ligeledes calorimetrisk undersøgt *Chlorbariums Decomposition med Svovlsyre og svovlsure Salte af de paagjældende Baser*, og Forsøgene give paa denne Maade Differenserne mellem Neutralisationsvarmen for de svovlsure Salte og Chlorforbindelserne. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
375	H	18,5 ^o	{ 19,075 18,208	{ 18,525 18,550	{ 19,562 19,000	{ 569 ^c 575	{ 1 16	9152 ^c

Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
376	Na	18,5	17,910	18,760	18,683	325 ^c	} $\frac{1}{16}$	5240 ^c
			17,825	18,450	18,490	350		
377	K	18,2	18,085	17,710	18,240	326	} $\frac{1}{16}$	5280
			17,500	18,382	18,300	354		
378	Am	19,2	18,970	18,838	19,263	359	} $\frac{1}{16}$	5408
			19,000	18,635	19,172	357		

Vandmængderne og Constanterne ere de samme som tidligere.

Den første af de fundne Talstørrelser angiver Forskjellen mellem Varmeudviklingerne ved Barytens Neutralisation med Svovlsyre og med Chlorbrintesyre. Disse to Størrelser ere nu efter

Nr. 359—60 36896^c for Svovlsyre

Nr. 371 27784 for Chlorbrintesyre

Differens 9112^c Neutralisationsforsøg.

Nr. 375 9152 Decompositionsforsøg.

Tallene ere saaledes rigtigt bestemte.

Men de sidste 3 Størrelser Nr. 376—378 ere Differenser af to Differenser, nemlig Differenser mellem den nys omtalte Differens og Differensen mellem den paagjældende Bases Neutralisationsvarme med henholdsvis Svovlsyre og Chlorbrinte; thi man har

$$(BaCl^2Aq, R^2SO^4Aq) = (\dot{B}aAq, \ddot{S}Aq) - (\dot{B}aAq, \ddot{S}Aq) - (\dot{B}aAq, 2HClAq) \\ - [(\dot{R}^2Aq, \ddot{S}Aq) - (\dot{R}^2Aq, 2HClAq)]$$

Subtraherer man de nævnte 3 Tal fra 9112^c, som er Forskjellen mellem Barytens Neutralisationsvarme med Svovlsyre og med Chlorbrintesyre, faaer man som Differens mellem Svovlsyrens og Chlorbrintesyrens Neutralisationsvarme med henholdsvis Natron, Kali og Ammoniak 3872, 3832 og 3704^c. Disse Tal kunne nu sammenlignes med Differenserne mellem de ovenfor meddelte directe Bestemmelser af Neutralisationsvarmen, og man finder da de sidstnævnte Differenser at være

$$31378 - 27488 = 3890$$

$$31288 - 27504 = 3784$$

$$28152 - 24544 = 3608$$

Men jeg har allerede for nogle Aar siden bestemt denne Differens paa en tredje Maade, der afviger aldeles fra de ovenfor nævnte Metoder (sml. 8 B. III p. 127), nemlig ved den partielle Decompositions Methode. Jeg har ved Forsøg paaviist, at naar Svovlsyre og Chlormetal, begge i vandig Opløsning, sammenblandes, opstaaer der en Varmeud-

vikling; fremdeles, at der ved Blanding af Chlorbrintesyre og et svovlsuurt Salt indtræder en Varmebinding, og jeg har 5 Række B. 8 p. 150 fort Beviis for, at Forskjellen mellem disse to Varmetoninger netop er lig Forskjellen mellem Neutralisationsvarmen for de to Syrer og ganske uafhængig af det Omfang, hvori den partielle Decomposition finder Sted.

Sammenligne vi nu de der fundne Tal, der selvfølgelig maae multipliceres med 2, da de gjælde for Æquivalentet, med de ovenfor meddeelte, finder man følgende Værdier for Differensen mellem Svovlsyrens og Chlorbrintesyrens Neutralisationsvarme:

Methoden.	Natron.	Kali.	Ammoniak.
Ved Neutralisation	5890 ^c	3784 ^c	5608 ^c
- dobbelt Decomposition	3872	3852	3704
- partiel Decomposition	3852	3804	3608
Middeltal	3871 ^c	3807 ^c	3675 ^c

Den største Afvigelse naaer ikke $\frac{1}{3}$ Procent af Basernes Neutralisationsvarme, og Tallene maae derfor ansees som fuldstændigt noiagtige. Men afleder man disse Differenser af *Th. Andrews's* nye Forsøg (Phil. mag. Jan. 1871) og de bekendte Forsøg af *Favre & Silbermann* (Ann. Chim. phys. (3) V. 37), finder man:

	Natron.	Kali.	Ammoniak.
Andrews	3672 ^c	3522 ^c	3492 ^c
Favre & Silbermann	1564	854	2508

At de sidstnævnte Bestemmelser ere aldeles urigtige, og at Andrews's Bestemmelser ere unoiagtige, er vistnok utvivlsomt, da mine Bestemmelser, der ere udforte efter 3 ganske forskjellige Methoder, give Resultater, der ere indbyrdes overeensstemmende, men afvigende fra de nævnte Experimentatorers Talstørrelser.

5. Disse Basers Neutralisation med Salpetersyre har jeg ligeledes undersøgt, men indskrænket Undersøgelsen til de 4 vigtigste Baser. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:

$$(RAq, 2N\Theta^3Ag)$$

Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
379	Na^2O	$\left\{ \begin{array}{l} 18,3^{\circ} \\ 18,3 \\ 17,6 \end{array} \right.$	19,455	18,145	20,655	1711 ^c	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{16}$	27564 ^c
			18,043	17,933	19,850	1715		
			17,725	17,483	19,455	1705		
380	$K^2\Theta$	18,6	$\left\{ \begin{array}{l} 17,950 \\ 17,985 \end{array} \right.$	18,320	20,035	1724	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \frac{1}{16}$	27544
			18,080	19,910	1719			

Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
381	$Ba^2\theta$	17,4	$\left\{ \begin{array}{l} 17,300 \\ 17,320 \\ 17,365 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,900 \\ 16,530 \\ 16,162 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,025 \\ 19,005 \\ 18,735 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1764^c \\ 1769 \\ 1541 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	28264 ^c
382	$Am^2\theta$	17,6	$\left\{ \begin{array}{l} 17,688 \\ 17,228 \\ 17,218 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,205 \\ 17,000 \\ 17,024 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,615 \\ 18,790 \\ 18,505 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1538 \\ 1537 \\ 1545 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	24644

I Forsøget Nr. 3 er $a = 456$ gr, i de øvrige 450 gr; iøvrigt ere Constanterne de sædvanlige. Da jeg havde en Formodning om, at Neutralisationsvarmen for Natron i mine tidligere Forsøg (Nr. 68—70) kunde være faldet lidt for lavt ud, bestemte jeg den paany; Forsøgene Nr. 379 gave istedetfor det ældre Tal 27234^c nu 27364^c eller et omtrent $\frac{1}{2}$ Procent høiere Resultat, hvilket vel maa betragtes som en temmelig stor Tilnærmelse.

To Moleculer Salpetersyre give saaledes ved Neutralisation med disse Baser følgende Varmemængder:

Natron	27364 ^c
Kali	27544
Baryt	28264
Ammoniak	24644

Varmemængden er tilnærmelsesviis den samme som for Chlorbrintesyren; for de 3 af Baserne er Afgivelsen næppe $\frac{1}{2}$ Procent, hvorimod den for Baryt er omtrent $1\frac{1}{2}$ Procent.

5. Ogsaa disse Talstørrelser har jeg søgt at kontrollere ved den *dobbelte Decompositions* Methode, idet jeg som sædvanligt har decomponeret $\frac{1}{16}$ Molecul salpetersuur Baryt med den tilsvarende Mængde af Sulphatet. Opløsningerne indeholdt ligesom tidligere 400 Moleculer Vand for 1 Molecul af de opløste Salte. Forsøgene gave følgende Resultater:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
383	Na	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 18,490 \\ 18,438 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,155 \\ 18,185 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,625 \\ 18,622 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 289^c \\ 296 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	4680 ^c
384	K	18,7	$\left\{ \begin{array}{l} 18,300 \\ 18,000 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,555 \\ 18,338 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,820 \\ 18,545 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 354 \\ 352 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	5648
385	Am	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 18,480 \\ 18,422 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,655 \\ 18,590 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,900 \\ 18,843 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 314 \\ 317 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	5048
386	H	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 18,585 \\ 18,550 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,600 \\ 18,545 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,170 \\ 19,120 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 557 \\ 553 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	8560

Det sidste af disse Forsøg, hvor Barytsaltet blev decomponeret med Svovlsyre, giver Forskjellen mellem Svovlsyrens og Chlorbrintesyrens Neutralisationsvarme med Hensyn til Baryt; nu er denne Differens efter Neutralisationsforsøgene

$$\text{Nr. 357 og 381 } 36896^{\circ} - 28264^{\circ} = 8632^{\circ}$$

$$\text{efter Nr. 386 (dobbelte Decomposition) } = 8560$$

Forskjellen mellem disse to Tal naaer saaledes kun 2—3 Promille af Neutralisationsvarmen, og Tallene ere altsaa bestemte med tilstrækkeligt stor Noiagtighed.

Resultaterne af de 3 andre Forsøg udtrykke, som jeg nærmere har omtalt det ved Forsøgene med Chlorbarium, Differenserne af de to Differenser. Subtraherer man disse Talstørrelser fra Differensen mellem den svovlsure og salpetersure Baryts Neutralisationsvarme, der som nys angivet er 8632^c, faaer man som Resultat Differensen mellem Neutralisationsvarmen for de paagjældende Basers svovlsure og salpetersure Salte. En Sammenligning med de af Neutralisationsforsøgene afledte Differenser giver følgende Talstørrelser:

Methode.	Natron.	Kali.	Ammoniak.
Neutralisation	4014 ^c	3744	3508
Dobbelte Decomposition	3952	2984	3584
Differens . . .	— 62	— 760	+ 76

For Natron og Ammoniak stemme de to Bestemmelser saaledes overeens, idet Forskjellen kun beløber sig til 2—3 Promille af Neutralisationsvarmen; men ved Kali var Forskjellen 10 Gange saa stor, saaat her ikke findes nogen Overeensstemmelse. Jeg gjentog derfor Forsøget Nr. 384, men Resultatet var ganske det samme som før, skjøndt jeg havde fremstillet de paagjældende Vædsker paany, saaat ingen tilfældig Forvexling kunde være Grunden til den indtraadte Afvigelse. Jeg forsøgte da at bestemme denne Differens efter *den partielle Decompositions Methode*, idet jeg paa den ene Side decomponerede salpetersuurt Kali med Svovlsyre, paa den anden Side svovlsuurt Kali med Salpetersyre i vandige Opløsninger. Forsøgene gave følgende Resultater:

Nr.	$a = b$	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
387	450	18,5	$(K^2SO^4 Ag, 2NO^3 HAq)$			— 187 ^c — 184	} $\frac{1}{16}$	— 2968 ^c
			{ 18,901 18,828	{ 18,302 18,080	{ 18,380 18,235			
388	450	18,4	$(2KNO^3 Ag, H^2SO^4 Ag)$			+ 42 + 46 + 45	} $\frac{1}{16}$	+ 709
			{ 18,290 18,218 18,140	{ 18,700 18,600 18,475	{ 18,530 18,448 18,345			

Ifølge det tidligere Udviklede skal nu Differensen mellem disse to Størrelser være liig Differensen mellem Neutralisationsvarmen for det svovlsure og salpetersure Kali; nu er $709 - (-2968) = 3677$, et Tal, der stemmer godt med det efter Neutralisationsmetoden bestemte Tal 3744^e , idet Differensen kun er 67^e eller omtrent 2 Promille af Neutralisationsvarmen. For Natron er den tilsvarende Værdi efter den partielle Decompositions Methode 4080^e (8 B. 156); Differensen mellem Neutralisationsvarmen for de svovlsure og salpetersure Salte er altsaa, bestemt efter de tre forskjellige Metoder.

Methode.	Natron.	Kali.	Ammoniak.
Neutralisation	4014 ^e	3744 ^e	3508 ^e
Dobbelt Decomposition	3952	2984	3584
Partiel Decomposition	4080	3677	

Der er saaledes ingen Tvivl om, at det salpetersure Kalis Neutralisationsvarme er bestemt rigtigt i Nr. 380, og at Tallet 2984^e ikke udtrykker Forskjellen mellem Neutralisationsvarmen for det svovlsure og salpetersure Salt. For at forklare den tilstedeværende Afvigelse maa vi lægge Mærke til, at Tallet bliver for lavt derved, at Varmeudviklingen ved Indvirkning af svovlsuurt Kali paa salpetersuurt Baryt falder for høit ud. Foruden den dobbelte Decomposition og Fældningen af den svovlsure Baryt maa der altsaa være endnu en Proces, der frembringer Varme. Det ligger nær at antage, at der i dette Tilfælde tillige med den svovlsure Baryt fældes en Deel af det dannede Kalisalt, saaat den normale Varmeudvikling forøges med Kalisaltets latente Varme*). Et ganske lignende Forhold er allerede tidligere iagttaget ved Lithion; saaledes skriver *Diehl* (Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 121), at den ved Decomposition af det svovlsure Lithion dannede svovlsure Baryt saa haardnakket tilbageholder noget Lithion, at det ikke er muligt selv ved Anvendelsen af Saltsyre at befrie Bundfaldet for Lithion, og at Atomtallet for Lithion beregnet af den svovlsure Baryt bliver 6,57 istedetfor 7,03, som det er bestemt overensstemmende af *Diehl* og *Troost*.

7. Som jeg allerede har meddeelt, har *Th. Andrews* nyligt bekendtgjort nogle Bestemmelser af Neutralisationsvarmen for Natron, Kali og Ammoniak (Phil. mag. V. 41. p. 38); at disse ikke stemme overeens med mine Bestemmelser, er efter det Udviklede indlysende; jeg skal nu angive Forskjellen mellem disse Talstørrelser og mine, ligesom ogsaa mellem *Favre & Silbermanns* og mine Bestemmelser.

*) En senere Undersøgelse har vist mig, at Kalimængden i Bundfaldet er saa betydelig, at man let kan eftervise det ved Flammereactionen, selv uden Anvendelse af Spectroskopet.

Syrer.	Baser.	Thomsen.	Andrews.	Favre & Silbermann.
1 Mol. Svovlsyre . . .	Natron	51578 ^c	+ 1782 ^e	+ 242 ^c
	Kali	51288	+ 2114	+ 878
	Ammoniak	28152	+ 1268	+ 1228
2 Mol. Chlorbrintesyre	Natron	27488	+ 2000	+ 2768
	Kali	27504	+ 2376	+ 3808
	Ammoniak	24544	+ 1584	+ 2528
2 Mol. Salpetersyre .	Natron	27364	+ 1596	+ 3202
	Kali	27544	+ 2056	+ 3476
	Ammoniak	24644	+ 722	+ 2708

Læseren kan nu selv domme om, hvilke Talstørrelser der fortjene størst Tiltro, mine, der ere bestemte efter en exact Methode, der controllerer sig selv og ikke alene bestemmer selve Tallene, men ogsaa deres Differenser, eller Andrews's, der ikke noigtigt kjender Varmegraden for de Vædsker, han blander sammen, men stoler paa, at Vædskerne i forskjellige Beholdere have noigtigt samme Varmegrad, naar disse Beholdere have berørt hinanden i nogle Minuter. Iøvrigt maa jeg gjøre opmærksom paa, at Andrews's nye Forsøg og hans ældre, der væsenligt ere anstillede efter samme Methode, kun med en noget større Vandmængde, give Differenser, der variere fra -550° til $+1150^{\circ}$, hvilket allerede viser, at hans Methode ikke egner sig til at opnaae constante Resultater. Endvidere er det paafaldende, at Differenserne mellem hans og mine Forsøg ved alle tre Syrer ere størst for Kali, mindre for Natron og betydeligt mindre for Ammoniak; Aarsagen hertil kan ikke ligge i Methoden, men maa væsenligst søges i Vædskenes Sammensætning. At Favre & Silbermanns Tal paa Grund af det anvendte Apparats Usikkerhed ikke ere til at lide paa, har jeg allerede tidligere viist; det er eiendommeligt for disse Experimentatorers Resultater, at de bestandigt faae en for høi absolut Værdi, d. e. vise for store Tal for de positive Størrelser og for smaa for de negative, et Forhold, der selvfølgelig maa have sin Aarsag i selve Methoden.

8. I mine tidligere Undersøgelser har jeg bestemt Neutralisationsvarmen for et meget stort Antal (omtrent 30) Natronsalte; at gennemføre en lignende Undersøgelse for de øvrige Basers Vedkommende vilde optage Tiden i en heel Menneskealder, og jeg har derfor maattet anstille *Undersøgelser over de andre Syrer* mere i enkelte Exempler. Af Natronsalte giver jeg nedenfor endnu nogle, hvis Neutralisationsvarme jeg ikke tidligere har bestemt, nemlig *Chlorsyrens*, *Æthersvovlsyrens* og *Chlorundersyrlingens* Salte; af de øvige opløselige Baser har jeg kun undersøgt *Baryt* med Hensyn til de nævnte Syrer og endvidere med Hensyn til *Phosphorundersyrling*, *Svovlundersyre* og *Eddikesyre*, og hertil

slutter sig endnu min Undersøgelse af Barytens og Ammoniakens Neutralisation med *Svovlbrinte*.

Barytsaltenes Neutralisationsvarme er bestemt ved Saltenes Decomposition med Svovlsyre; for Natronsaltene af Chlorsyre og Æthersvovlsyre er Neutralisationsvarmen bestemt ved Barytsaltenes Decomposition med svovlsuurt Natron og for det chlorundersyrlige Natron ved directe Neutralisation. Forøgenes Enkeltheder ere følgende:



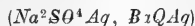
Nr.	Q	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
389	P ² H ⁴ Θ ⁴ Phosphorundersyrning	} 18,0	{ 18,985	17,840	18,930	589 ^c	} $\frac{1}{10}$	5965 ^c
			{ 17,670	17,645	18,310	604		
390	Cl ² Θ ⁶ Chlorsyre	} 18,4	18,190	18,200	18,672	442	} $\frac{1}{20}$	8840
391	2(C ² H ⁵ .SO ⁴) Æthersvovlsyre	} 17,8	{ 18,012	17,520	18,100	588	} $\frac{1}{24}$	9556
			{ 17,885	17,563	18,090	590		
392	S ² Θ ⁶ Svovlundersyre	} 18,2	{ 17,920	18,200	18,675	569	} $\frac{1}{16}$	9156
			{ 17,370	18,142	18,625	575		
393	2(C ² H ³ Θ ²) Eddikesyre	} 18,6	{ 18,690	18,370	19,200	625	} $\frac{1}{16}$	9992
			{ 18,585	18,190	19,060	626		

I Forsøgene Nr. 389—90 er $a = 360$, $b = 540$; i Nr. 391 er $a = 300$, $b = 600$; i Nr. 392—93 er $a = b = 450$ Gram; de øvrige Constanter ere de sædvanlige.

Ved Subtraction af de i disse Forsøg fundne Størrelser fra den svovlsure Baryts Neutralisationsvarme, der er 36896^c, finder man følgende Værdier for disse Syrers *Neutralisationsvarme med Hensyn til Baryt*:

Q	(BaAq, QAq)
Phosphorundersyrning	50951 ^c
Chlorsyre	28056
Svovlundersyre	27760
Æthersvovlsyre	27560
Eddikesyre	26904

For chloosuurt og æthersvovlsuurt Natron er Neutralisationsvarmen bestemt ved dobbelt Decomposition af Barytsaltene med svovlsuurt Natron, med følgende Resultater:



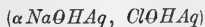
Nr.	Q	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
394	Cl ² O ⁶ Chloorsyre	} 18,9	19,090	18,712	19,125	249 ^c	$\frac{1}{20}$	4980 ^c
395	2(C ² H ⁵ .SO ⁴) Æthersvovlsyre		} 17,9	{ 18,439 17,660	{ 17,612 17,673	{ 18,100 17,883	{ 204 205	} $\frac{1}{24}$	4884

For Nr. 394 er $a = 360$ og $b = 540$; for Nr. 395 er $a = 300$ og $b = 600$; de øvrige Constanter ere de sædvanlige.

Ved Subtraction af de her fundne Størrelser fra Differensen mellem Neutralisationsvarmen for svovlsuurt Baryt og for svovlsuurt Natron, der er $36896^{\circ} - 31378^{\circ} = 5518^{\circ}$, faaer man Differensen mellem disse Syrer's Neutralisationsvarme for Baryt og for Natron, henholdsvis 538 og 634° . Ved at subtrahere disse Størrelser fra Barytsaltenes Neutralisationsvarme finder man, at *Neutralisationsvarmen med Natron* er:

for Chloorsyre 27518^c
— Æthersvovlsyre 26926.

Chlorundersyrlingen's Neutralisation og Basicitet er bestemt ved følgende Forsøg:



Nr.	α	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
396	$\frac{1}{2}$	17,5	17,573	17,358	17,632	137 ^c	} $\frac{1}{36}$	4932 ^c
397	1	17,5	17,540	17,315	17,750	269		9684
398	2	17,5	17,420	17,300	17,720	269		9684

I disse Forsøg er $a = 300$ og $b = 400$ Gram; de øvrige Constanter ere de sædvanlige. Resultatet er altsaa, at *Chlorundersyrlingen er en eenbasisk Syre*, hvis Molecul er ClOH og hvis Neutralisationsvarme er



eller *betydeligt lavere end for de fleste andre Syrer*; kun Svovlbrintesyre, Cyanbrintesyre og Kiselsyre have en lavere Neutralisationsvarme.

9. Ved en *Sammenligning af Barytsaltene og Natronsaltene Neutralisationsvarme* kommer man til ret interessante Resultater. Da flere af de her nævnte Bestemmelser skrive sig fra mine tidligere meddeelte Undersøgelser, skal jeg til Orientering anføre Forsøgenes Numre, da disse ere fortløbende. I den følgende Tabel er Neutralisationsvarmen, ligesom før, beregnet for 2 Moleculer Natronhydrat og 1 Molecul (2 Æquivalenter) Barythdrat, der som bekjendt neutralisere samme Syremængde.

Forsøgenes Numre.	Syre.		2 Mol. Natronhydrat.	1 Mol. Barythdrat.	Differens.
1 og 357	Svovlsyre	H^2SO^4	51578 ^c	36896 ^c	5512 ^c
194 og 389	Phosphorundersyring	$2(H^3PO^2)$	50320	50951	611
594 og 590	Chlorsyre	$2(HClO^3)$	27518	28056	558
14 og 371	Chlorbrintesyre	$2(HCl)$	27488	27784	296
379 og 581	Salpetersyre	$2(HNO^3)$	27564	28264	900
95 og 592	Svovlundersyre	$H^2S^2O^6$	27072	27760	688
595 og 591	Æthersvovlsyre	$2(C^2H^6.SO^4)$	26926	27560	634
197 og 595	Eddikesyre	$2(C^2H^4O^2)$	26510	26904	594
258 og 245	Svovlbrintesyre	$2(H.SH)$	15476	15748	272

Ved de 8 af disse Syrer er *Forskjellen mellem Baryt- og Natronsaltene Neutralisationsvarme kun ringe, i Gjennemsnit 567^c eller omtrent 2 Procent af Neutralisationsvarmen større for de første end for de sidste.* Men ved Svovlsyren er Forskjellen 5512 eller omtrent 10 Gange saa stor; Aarsagen til denne Afvigelse er Bariumsulphatets Præcipitationsvarme, der adderes til Neutralisationsvarmen.

Præcipitationsvarmen, d. e. den Varmemængde, som udvikles, naar Forbindelsen udskilles af en vandig Opløsning, er altsaa ved *Bariumsulphat positiv*. Dersom dette Salt kunde opløses i Vand, vilde Opløsningen være ledsaget af en Varmeabsorption, saaledes som det ofte er Tilfældet ved Oplosning af Salte i Vand, t. Ex. af Kaliumsulphat, Kaliumnitrat o. s. v. Det ligger nu nær at antage, at Bariumsulphatets Præcipitationsvarme er liig Differensen mellem de 2 nævnte Tal eller omtrent 5000^c; men førend jeg udtaler mig for et bestemt Tal skal jeg endnu en Gang betragte dette Forhold i det følgende Afsnit (see Paragraph 16).

At *Strontianvandets Neutralisation* med Svovlsyre kun giver 30710^c, medens Barytvandets giver 36896^c, var mig strax paafaldende; thi i begge Tilfælde dannes sig et uopløseligt Sulphat, idet Strontiumsulphatet paa en ringe Mængde nær, der er afhængig af den tilstedeværende Vandmængde, udfældes af Opløsningen. Aarsagen hertil kan aabenbart kun være den, at *Strontiumsulphatets Præcipitationsvarme maa være negativ* eller idetmindste

Nul. Et saadant Forhold er ikke saa ualmindeligt, skjøndt man er tilboielig til at antage, at Saltenes Oplosning i Vand er ledsaget af en Varmeabsorption; men der gives mange Salte, som, selv naar de indeholde Maximum af Vand (Krystallisationsvand), alligevel opløse sig i Vand under Varmeudvikling, hvilket jeg skal vise senere i Afsnittet om Præcipitationsvarmen; for alle disse Salte er altsaa Præcipitationsvarmen negativ.

For nærmere at undersøge dette Forhold *decomponerede jeg Chlorstrontium og salpetersuurt Strontian med svovlsuurt Natron*. I begge Tilfælde dannes Strontiumsulphatet som Bundfald ved dobbelt Decomposition; men medens der i de tilsvarende Forsøg med Barytsalte (Nr. 376 og 383) indtræder en betydelig Varmeudvikling, henholdsvis 5240 og 4680°, er den ganske analoge Decomposition af Strontiansaltene ledsaget af en Varmeabsorption. Et ganske lignende Resultat viste Chlorcalcium ved Decomposition med svovlsuurt Natron, som det fremgaaer af nedenstaaende Forsøg, hvor Vædskernes Concentration var en saadan, at hvert Molecul af Saltene var opløst i 300 Moleculer Vand; i begge Forsøg er $a = b = 450$ Gram.



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
399	Sr	18,8	$\left\{ \begin{array}{l} 18,930 \\ 18,930 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,950 \\ 18,882 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,950 \\ 18,865 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} -25^c \\ -25 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 12 \end{array} \right\}$	-300°
400	Ca	18,6	$\left\{ \begin{array}{l} 18,923 \\ 18,920 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,530 \\ 18,350 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,675 \\ 18,590 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} -33 \\ -40 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 12 \end{array} \right\}$	-438

Medens der saaledes ved Chlorbariums Decomposition indtræder en Varmetoning af +5240°, er den ved den ganske analoge Decomposition for Chlorstrontium — 300°. Forskjellen maa tilnærmelsesviis være liig med Forskjellen i begge Sulphaters Præcipitationsvarme og beløber sig til 5540°. *Fuldkomment afgjørende* er Forsøget med Chlorcalcium; thi her indtræder den svovlsure Kalks Bundfældning ikke strax. Ved Sammenblandingen af Oplosningerne af Chlorcalcium og svovlsuurt Natron indtræder den i Forsøget Nr. 400 bestemte Varmeabsorption; men Vædsken holder sig klar, og først efter 2 Minuters Forløb begynder *Udskilningen af svovlsuur Kalk, uden at det er muligt at iagttage nogen Forandring i Varmegraden*, skjøndt omtrent $\frac{3}{4}$ af hele Sulphatmængden udkrystalliserer. Da Kalken paa denne Maade fældes som vandholdende Salt, med 2 Moleculer Vand, er det dobbelt betegnende for Præcipitationsvarmens Natur, at der ikke indtræder nogen Temperaturstigning; thi det er da aabenbart, at ikke engang det vandholdende Calciumsulphats Præcipitationsvarme er positiv, eller udtrykt i Formel, at



idetmindste med saa stor Nøiagtighed, som Forsøget kan give.

Naar man saaledes tager Hensyn til Bariumsulphatets høie positive Præcipitationsvarme og Strontiumsulphatets sandsynligviis negative, har Undersøgelsen af disse i Vand opløselige Baser givet følgende Resultater.

1. *Med Undtagelse af Ammoniak have alle herhen hørende Baser, Lithion, Natron, Kali, (Rubidium- og Cæsiumilte), Thalliumilte, Baryt, Strontian og Kalk, tilnærmelsesviis samme Neutralisationsvarme med samme Syre, naar ikke særegne Tilfælde indtræde, saaledes som ved $BaSO^4$ og $TlCl$.*
2. *Neutralisationsvarmen kan derimod, naar Syren ikke er den samme, have meget forskjellig Storrelse.*
3. *Ammoniak viser gjennemgaaende en betydeligt lavere Neutralisationsvarme end de andre opløselige Baser og hører til en anden Gruppe af Baser. (See Afsnittet: Organiske Baser).*

Som jeg skal vise i næste Afsnit, slutter ogsaa Magnesia sig til den første Gruppe af Baser, saa at denne kommer til at omfatte samtlige Alkalier og alkaliske Jordarter.

B. Magnesia, Manganforilte, Nikkelilte, Kobaltilte, Jernforilte, Cadmiumilte, Zinkilte og Kobberilte.

10. Denne anden Række Baser omfatter samtlige Ifter af Magnesiærækken. De have som bekjendt fælles Egenskaber, ere alle uopløselige i Vand og danne med Svovlsyre flere Rækker isomorfe Salte og Dobbelsalte. Alle Ifter fældes i deres Opløsninger af Kali og Natron, men denne Virkning kan forhindres ved Tilstedeværelsen af Ammoniaksalte.

Disse Basers Neutralisation er allerede tidligere undersøgt af Favre & Silbermann, ligesom ogsaa tildeels af Th. Andrews, og jeg har ligeledes for mange Aar siden meddelt en foreløbig Undersøgelse over disse Forhold. Men at min her foreliggende nye Undersøgelse over disse Baser ikke har været overflødig, vil forhaabenligt fremgaae af de betydelige Uoverensstemmelser mellem mine nærværende Bestemmelser og de af de ovennævnte Experimentatorer fundne Resultater.

Man kunde undersøge disse Basers Neutralisation paa forskjellige Maader. Man kunde forsøge at opløse de vandfrie Ifter i de paagjældende Syrer; men denne Methode er meget besværlig og giver Resultater, der kun kunne have ringe praktisk Betydning, da de ikke slutte sig til de sædvanlige chemiske Processer, hvor Indvirkningen i Reglen finder Sted paa Hydraterne. Man kunde endvidere opløse Hydraterne i Syren; men ogsaa denne

Fremgangsmaade forekom mig mindre noiagtig, fordi Hydraterne ikke altid have samme chemiske Sammensætning og derfor vanskeligt vilde kunne afveies med tilstrækkelig Noiagtighed. Derimod har jeg foretrukket at decomponere de forskjellige Salte af disse Baser med en opløselig Base.

Men det er endvidere af Vigtighed at træffe et rigtigt Valg af de paagjældende Salte og den Base, som man vil anvende til at decomponere dem; thi Saltene maae saavidt muligt have en constant Sammensætning, hverken indeholde Overskud af Syre eller af Base; endvidere maa Saltets Decomposition med den Base, man vælger, foregaae fuldstændigt, saa at der t. Ex. ikke fældes et basisk Salt. Af alle de Salte, som disse Baser danne, ere nu de svovlsure de, som lettest lade sig fremstille i reen Tilstand, og jeg bestemte mig derfor til i den foreliggende Undersøgelse at anvende svovlsure Salte. Til Decompositionen kunde man nu vælge et Alkali (Kali eller Natron) eller Baryt; men ved Decompositionen af disse Basers svovlsure Salte i fortyndet Opløsning med Kali danner sig undertiden et basisk Salt, Noget, som viser sig meget tydeligt ved Kobber- og Kobaltsaltet; og paa den anden Side kunde jeg befrygte, at der kunde fældes noget Kalisalt, som kunde forvanske Resultatet.

Meest passende til Decomposition af disse Basers svovlsure Salte synes Barythydratet at være; thi Baryten danner selv med Saltets Svovlsyre en uopløselig Forbindelse og fældes saaledes samtidigt med Saltets Base, saa at Vædsken efter Decompositionen kun bestaaer af Vand. Bariumsulphatet, der fældes samtidigt med Basen, forhindrer en Sammenhobning af dennes Moleculer, saa at Bundfaldet bliver en meget fiin Blanding af begge Stoffer og ikke faaer det klumpede Udseende, som det med Kali eller Natron Bundfældte ofte har. Ogsaa syntes mig den Omstændighed, at Decompositionen gaaer hurtigt for sig, og at Alt udfældes af Opløsningen, at være af Betydning for Noiagtigheden.

Men for at prove den af tidligere Experimentatorer fulgte Vei har jeg samtidigt for alle Baserne i denne Række gennemført Decompositionen med Kali, saa at jeg har to Rækker af parallelle Resultater, af hvilke den ene er vundet ved Decomposition med Baryt, den anden med Kali. En Sammenligning af de vundne Resultater vil domme imellem disse to Metoder.

11. Opløsningernes Concentration var i alle Forsøgene den af mig almindeligt anvendte, idet saavel det svovlsure Salt som Barythydratet for hvert Molecul indeholdt 400 Moleculer Vand, og Kaliopløsningen havde samme Concentration, d.e. 200 Moleculer Vand for 1 Molecul Kalihydrat, fordi dette kun er Æquivalent for et halvt Molecul Baryt. — Vandmængden var i alle Forsøg for hver af de to Vædsker 450 Gram, saa at den fundne Decompositionsvarme svarer til $\frac{1}{16}$ Molecul. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:

$(RSO^+Aq, BaOAq)$.

Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
401	Mg	16,5	$\left\{ \begin{array}{l} 17,515 \\ 16,450 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,740 \\ 16,530 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,505 \\ 16,885 \end{array} \right.$	359 ^c	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	5840 ^c
402	Mn	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,675 \\ 17,650 \\ 17,925 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,055 \\ 17,910 \\ 17,375 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,570 \\ 18,470 \\ 18,355 \end{array} \right.$	658	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	10504
405	Ni	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,715 \\ 17,725 \\ 17,645 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,945 \\ 17,725 \\ 18,300 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,547 \\ 18,450 \\ 18,655 \end{array} \right.$	665	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	10628
404	Co	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 17,520 \\ 18,780 \\ 17,717 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,740 \\ 17,925 \\ 18,035 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,460 \\ 19,180 \\ 18,700 \end{array} \right.$	766	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	12224
405	Fe	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 18,025 \\ 18,475 \\ 18,200 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,000 \\ 18,255 \\ 18,110 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,840 \\ 19,165 \\ 18,963 \end{array} \right.$	765	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	12005
406	Cd	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 18,050 \\ 17,855 \\ 18,040 \\ 18,010 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,655 \\ 17,530 \\ 17,680 \\ 18,027 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,240 \\ 18,555 \\ 18,756 \\ 18,913 \end{array} \right.$	817	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	13076
407	Zn	17,3	$\left\{ \begin{array}{l} 16,335 \\ 16,500 \\ 17,120 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,935 \\ 16,780 \\ 17,045 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,545 \\ 17,555 \\ 17,990 \end{array} \right.$	837	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	13429
408	Cu	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,680 \\ 17,840 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,885 \\ 17,725 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,040 \\ 19,035 \end{array} \right.$	1155	$\left. \right\} \frac{1}{16}$	18456

I disse Forsøg er $a = b = 450$ Gram og de øvrige Constante de sædvanlige.

Subtraherer man nu de fundne Størrelser fra den svovlsure Baryts Neutralisationsvarme, der er 36896^c, finder man følgende Værdier for de svovlsure Saltes Neutralisationsvarme:

Magnesia	31056 ^c
Manganforilte	26592
Nikkelforilte	26268
Kobaltforilte	24672
Jernforilte	24892

Cadmiumilte	23824 ^c
Zinkilte	23468
Kobberilte	18440

Disse Talstørrelser vise strax det interessante Phænomen, at Magnesiaens Neutralisationsvarme noie slutter sig til Neutralisationsvarmen for Alkalierne og de alkaliske Jordarter, og at de øvrige Baser ordne sig i Grupper, 2 og 2: Mangan- og Nikkelilte, Kobalt- og Jernilte, Cadmium- og Zinkilte, en Gruppering, der falder sammen med den chemiske Charakter.

12. Bestemmelsen af disse Basers Neutralisationsvarme ved Kalihydrat har givet følgende Resultater:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
409	Mg	17,8	18,165	17,505	17,820	+1 ^c	$\frac{1}{16}$	-88 ^c
			18,045	18,040	18,015	-12		
410	Mn	18,0	18,238	18,035	18,460	508	$\frac{1}{16}$	+4912
			18,090	18,090	18,415	508		
			17,620	17,835	18,050	505		
411	Ni	18,0	18,228	17,560	18,238	527	$\frac{1}{16}$	5532
			18,100	17,745	18,282	541		
			17,678	17,850	18,112	552		
412	Co	18,2	17,960	17,968	18,355	568	$\frac{1}{16}$	5888
			17,550	17,800	18,070	570		
			18,155	17,840	18,385	566		
415	Fe	17,8	17,575	17,738	18,080	596	$\frac{1}{16}$	6340
			17,448	17,685	17,995	401		
			17,888	16,835	17,523	392		
414	Cd	18,2	17,522	18,430	18,455	444	$\frac{1}{16}$	7066
			17,882	18,312	18,572	442		
			17,460	17,600	18,000	459		
415	Zn	18,2	17,913	17,765	18,372	498	$\frac{1}{16}$	7956
			18,403	18,035	18,748	494		
416	Cu	18,2	18,345	17,882	18,945	771	$\frac{1}{16}$	12576
			17,732	17,570	18,490	776		

Vandmængden og Constanterne ere de samme som ovenfor. Subtraherer man nu disse Tal fra Neutralisationsvarmen for det svovlsure Kali, 31288°, findes for *de svovlsure Saltes Neutralisationsvarme* følgende Talstørrelser:

Magnesia	31376°
Manganforilte	26376
Nikkelforilte	25956
Kobaltforilte	25400
Jernforilte	24948
Cadmiumilte	24222
Zinkilte	23352
Kobberilte	18912

13. Som jeg allerede ovenfor har gjort opmærksom paa, kan man ikke uden videre Kritik anvende de Resultater, som findes ved Fældning med Kali; thi i to Tilfælde, nemlig ved Kobalt- og Kobbersaltet fældes et basisk Salt, saa at Decompositionen ikke er fuldstændig, og Vædsken holder sig temmelig stærkt alkalisk. Da nu den væsenligste Kilde til Varme i nærværende Tilfælde er Kaliets Forbindelse med Svovlsyren, maa der ved Dannelsen af basisk Salt opstaae en lavere Varmeudvikling, saa at Subtractionen fra det svovlsure Kalis constante Neutralisationsvarme maa give de paagjældende Basers Neutralisationsvarme for høi. Noget Lignende synes at være Tilfældet med Cadmiumsaltet, som det fremgaaer af følgende Sammenstilling.

Basen.	Fældningsmidlet.		Differens.
	Baryt.	Kali.	
Magnesia	31056°	31376°	+ 520
Manganforilte	26592	26376	- 216
Nikkelforilte	26268	25956	- 312
Kobaltforilte	24672	25400	+ 728
Jernforilte	24892	24948	+ 56
Cadmiumilte	25824	24222	+ 596
Zinkilte	25468	23552	- 116
Kobberilte	18440	18912	+ 472

Differensen er saaledes for Kobalttilte 3 Procent, for Cadmiumilte 1,7 og for Kobberilte 2,6 Procent af Neutralisationsvarmen, og alle tre Differenser ere positive. De øvrige Differenser variere fra 0,2 til 1,2 Procent og ere dels positive, dels negative.

Som det endelige Resultat vil jeg ifølge det ovenfor Udviklede vælge Middeltallet mellem de to Forsøgsrækker med Undtagelse af Størrelserne for Kobalt, Cadmium og Kobber, hvis Neutralisationsvarme jeg alene afleder af Forsøgene med Baryt.

Som bekjendt har der allerede for mange Aar siden i Favre & Silbermanns Arbejder været givet en Bestemmelse af disse Basers Neutralisationsvarme. Den anvendte Fremgangsmaade var Fældningen med Kali, og Tallene skulde saaledes directe kunne sammenlignes med den ene af mine Forsøgsrækker; da mine to Rækker af Bestemmelser kun afvige forholdsvis lidt indbyrdes, skal jeg sammenstille de af mig som det endelige Resultat opstillede Tal med de af Favre & Silbermann fundne, idet jeg angiver Differensen mellem mine Tal og de sidstnævnte.

$(R \dot{H}^2, H^2SO^4 Aq).$

<i>R</i>	Thomsen.	Favre & Silbermann (Differens).
<i>Mg</i>	51216	— 2356
<i>Mn</i>	26484	— 2534
<i>Ni</i>	26112	— 2248
<i>Co</i>	24672	— 1112
<i>Fe</i>	24920	— 5176
<i>Cd</i>	25824	— 5344
<i>Zn</i>	23410	— 2500
<i>Cu</i>	18440	— 3000

Favre & Silbermanns Størrelser afvige altsaa fra mine mellem $4\frac{1}{2}$ og 16 Procent af Neutralisationsvarmen, lignende Differenser, som jeg allerede tidligere har paaviist for Alkaliernes Neutralisationsvarme. Men nu indtræffer det meget betegnende Forhold, at medens den af disse Experimentatorer for de i Vand opløselige Baser Natron, Kali og Ammoniak fundne Neutralisationsvarme med Hensyn til Svovlsyre er faldet *altfor høit* ud (indtil 14 Procent, see ovenfor i Paragraph 7) saa er tvertimod Neutralisationsvarmen for de i Vand uopløselige Baser af Magnesiarækken af de samme Experimentatorer bestemt omtrent ligesaa meget *for lavt*. Men disse Phænomener, der tilsyneladende stride imod hinanden, staae i nøie indbyrdes Forbindelse og stadfæste den af mig ovenfor, som ogsaa tidligere (Berl. chem. Ges., II, 701) udtalte Mening, at *Qviksolvcalorimetret har angivet alle directe bestemte Størrelser med en for høi absolut Værdi (de negative Størrelser altsaa numerisk for lave)*. For de opløselige Baser er Neutralisationsvarmen nemlig bestemt directe, og den er derfor blevet *for høi*; men for de uopløselige Baser er den bestemt indirecte, og Varmeudviklingen ved de svovlsure Saltes Decomposition med Kali, der er det directe Resultat af Undersegelsen, er ligeledes faldet for høit ud; da nu disse Basers Neutralisationsvarme findes

ved Subtraction af de sidstnævnte, for høit bestemte, Størrelser fra Kaliets Neutralisationsvarme, saa maa disse Tal blive for smaa, fordi netop det svovlsure Kalis (og Natrons) Neutralisationsvarme ikke differerer saa meget som de øvrige af de nævnte Experimentatorer bestemte Størrelser (see ovenfor Paragraph 7). Afgjørende for Unoiagtigheden af Qviksolv-calorimetrets Bestemmelser er min Undersøgelse af det svovlsure Magnesia's Decomposition med Kali; dersom nemlig Neutralisationsvarmen for de svovlsure Salte af Kali og Magnesia var noiaigtigt bestemt af Favre & Silbermann, maatte der ved den svovlsure Magnesia's Decomposition med Kalihydrat indtræde en Varmeudvikling af 3286° , medens jeg har fundet -88° ; medens jeg har fundet en Temperaturforandring af kun $0,006$ Grad, skulde der efter deres Talstørrelser indtræde en Forandring af $0,228$ Grad. Jeg er overbevist om, at Qviksolv-calorimetret har besværet Videnskaben med mange høit unoiagtige Talstørrelser.

Med de ældre Forsøg af Th. Andrews kunne mine Talstørrelser ikke sammenlignes, da han har anstillet sine Forsøg med vandfrie Baser.

14. *Neutralisationsvarmen for Magnesia er saaledes ligesaa stor som for Alkalierne og de alkaliske Jordarter*, medens den betydeligt overgaar Neutralisationsvarmen for de øvrige Baser, endogsaa Ammoniak. Dette er et nyt Beviis for, at *Magnesia hen horer til de alkaliske Jordarter*. Rigtignok er dette Ilte uopløseligt i Vand; men man vil erindre, at de alkaliske Jordarters Opløselighed stiger med Atomtallet; den er mindst for Kalk, størst for Baryt; men nu er $Mg = 24$, $Ca = 40$, $Sv = 88$ og $Ba = 136$, og Magnesiahydratets Uopløselighed bliver saaledes en Regelmæssighed istedetfor en Anomali. Endvidere danner Magnesiaen et i Vand opløseligt Sulphhydrat, $Mg \cdot S^2H^2$, der, som jeg har omtalt (Berl. chem. Ges., II, 192), let kan fremstilles reent ved dobbelt Decomposition af Bariumsulphhydrat med svovlsuurt Kali; ogsaa heri slutter Magnium sig til Calcium. Jeg skal i Slutningen af denne Afhandling komme tilbage til Neutralisationsvarmen for de andre Baser af denne Gruppe.

15. For at bestemme *Varmeudviklingen ved disse Basers Neutralisation med Chlorbrintesyre* har jeg decomponeret de svovlsure Salte med Chlorbarium. Concentrationen og den anvendte Mængde af Vædskerne var den samme som i de øvrige Forsøg. Enkelt-herdene vare følgende:

(Ba Cl² Aq, R SO⁴ Aq).

Nr.	R	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
417	Mg	18,1	$\left\{ \begin{array}{l} 18,178 \\ 18,255 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,920 \\ 17,578 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,420 \\ 18,450 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 351^c \\ 349 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5600 ^c
418	Mn	19,2	$\left\{ \begin{array}{l} 18,938 \\ 18,945 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,500 \\ 18,655 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,240 \\ 19,170 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 350 \\ 350 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5600
419	Co	18,2	$\left\{ \begin{array}{l} 17,820 \\ 17,945 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,455 \\ 18,500 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,520 \\ 18,450 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 357 \\ 354 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5688
420	Ed	19,2	$\left\{ \begin{array}{l} 18,835 \\ 18,838 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,028 \\ 18,887 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,310 \\ 19,240 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 356 \\ 355 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5685
421	Zn	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 18,218 \\ 18,227 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,175 \\ 17,985 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,565 \\ 18,465 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 348 \\ 340 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5504
422	Cu	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 18,200 \\ 18,135 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,314 \\ 18,200 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,630 \\ 18,540 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 351 \\ 351 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	5616

I disse Forsøg er $a = b = 450$ Gram og Constanterne de sædvanlige.

Ved Subtraction af de her fundne Tal fra 9112^c, der er Differensen mellem Neutralisationsvarmen for den svovlsure Baryt og for Chlorbarium, faaer man Differensen mellem Neutralisationsvarmen for disse Basers svovlsure og chlorbrintesure Salte. Allerede for læn- gere Tid siden har jeg *bestemt denne Differens efter den partielle Decompositions Me- thode* (see Bd. 8, p. 127), og jeg skal nu sammenligne begge Rækker af Resultater med hinanden.

$$(\dot{R}\dot{H}^2, H^2SO^4 Aq) - (\dot{R}\dot{H}^2, 2HCl Aq).$$

R	Partiel Decomposition.	Dobbelt Decomposition.	Differens.
Mg	3522 ^c	3512 ^c	— 10
Mn	3584	3512	— 72
Ni	3514	"	"
Co	3588	3424	— 164
Fe	3588	"	"
Ed	"	3429	"
Zn	3588	3608	+ 20
Cu	3544	3496	— 48

Overeensstemmelsen mellem disse to efter ganske forskellige Methoder bestemte Rækker af Størrelser er meget tilfredsstillende, idet den største Afvigelse, ved Kobalt, kun beløber sig til 6—7 Promille af det svovlsure Kobalttiltes Neutralisationsvarme, der er 24672°.

Da nu Middeltallet af den første Række er 3561°, af den anden 3497°, kan man med Rette betragte *Middeltallet af disse to Størrelser, eller 3529, som den constante Differens mellem Neutralisationsvarmen for de svovlsure og chlorbrintesure Salte af Baserne af Magnesiærækken; thi den store Afrigelse herfra, der findes i de to Rækker af Størrelser, udgjør kun 4 Promille*; for flere Metaller af denne Gruppe ere selve Atomtallene næppe bestemte med en saa stor Nøjagtighed.

Jeg skal nu sammenstille de af mig paa ovenstaaende Maade fundne Værdier for disse Basers Neutralisationsvarme med Chlorbrintesyre og samtidigt angive, hvormeget Favre & Silbermanns Bestemmelser afvige fra mine:

($\dot{R} \dot{H}^2$, $2HClAg$).

<i>R</i>	Thomsen.	Favre & Silbermann (Differens).
<i>Mg</i>	27687°	— 1247°
<i>Mn</i>	22955	— 485
<i>Ni</i>	22583	— 1758
<i>Co</i>	21145	— 395
<i>Fe</i>	21591	— 1735
<i>Ca</i>	20295	— 4077
<i>Zn</i>	19881	— 3267
<i>Cu</i>	14911	— 2079

Afvigelserne ere saaledes meget betydelige, for Cadmium endogsaa 20 Procent. Ligesom ved de svovlsure Salte ere ogsaa her Favre & Silbermanns Bestemmelser for lave.

16. Som jeg ovenfor har udviklet, slutter Magnesia sig til de alkaliske Jordarter, og det var derfor rimeligt at antage, at der ogsaa ved disse findes samme Differens mellem de svovlsure og saltsure Saltes Neutralisationsvarme som ved Magnesia. At udlede denne Differens directe af Neutralisationsforsøgene med Strontian- og Kalkvand er ikke hensigtsmæssigt; thi paa Grund af disse Vædskers ringe Concentration, der kun tilsteder at anvende henholdsvis $\frac{1}{60}$ og $\frac{1}{100}$ Molecul til hvert Forsøg, kan der let komme en Feil af 1—2 Procent i disse Bestemmelser; de nævnte Differenser udgjøre 3080 og 3240°, medens det ovenfor fundne Middeltal er 3529; men nu er 1 Procent af Neutralisationsvarmen i disse Tilfælde allerede 300°. Det synes mig derfor langt naturligere at antage, at den Differens, der er fundet

for Magnesiærækken og meget godt stemmer for Magnesia selv, ogsaa gjælder for de alkaliske Jordarter. Under denne Forudsætning kunne vi beregne Neutralisationsvarmen for den svovlsure Baryt uden Bundfældning af Tallet for Chlorbarium, hvis Bestemmelse er udført med den normale Noiagtighed; man finder da

$$27784^{\circ} + 3529^{\circ} = 31313^{\circ}.$$

Denne Størrelse stemmer nu fuldkomment overeens med Neutralisationsvarmen for Alkalier og alkaliske Jordarter. *Den svovlsure Baryts Præcipitationsvarme* bliver saaledes Neutralisationsvarmen med Bundfældning minus Neutralisationsvarmen uden Bundfældning, eller

$$36896^{\circ} - 31313^{\circ} = 5583^{\circ}.$$

I Paragraph 9 har jeg viist, at Forskjellen mellem Præcipitationsvarmen for Barium- og Strontiumsulphatet maa være omtrent 5540° , hvoraf da følger, at den for Strontiumsulphat er lig Nul, ligesom for det vandholdende Kalksulphat. Derimod maatte Kalksulphatets Udskilning som vandfrit Salt være ledsaget af en Varmeabsorption, da der ved dette Salts Forening med Vand udvikles Varme, og ligeledes opløser det vandfrie Magniumsulphat sig med en betydelig Varmeudvikling. Over de to sidste Processer foreligger der nogle ældre Forsøg af Hess og Graham, og vi kunne saaledes nu angive Varmetoningerne for alle 4 vandfrie Sulphater af de alkaliske Jordarter:

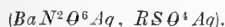
$$\begin{array}{l} (BaSO_4, Ag) = - 5583^{\circ} \\ (SrSO_4, Ag) = 0 \\ (CaSO_4, Ag) = + 2960 \\ (MgSO_4, Ag) = + 17320 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} (BaSO_4, Ag) \\ (SrSO_4, Ag) \\ (CaSO_4, Ag) \\ (MgSO_4, Ag) \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{(Thomsen).} \\ \text{(Hess).} \\ \text{(Graham).} \end{array}$$

Disse Tal ere i flere Henseender interessante; for det Første vise de, at Affiniteten til Vand stiger med aflagende Moleculetal, den er negativ for Bariumsulphat, Nul for Strontiumsulphat, positiv for de to øvrige, saa at Bariumsulphatet vilde opløses i Vand under Varmeabsorption, hvis det var opløseligt, Calcium- og Magniumsulphatet (vandfrie) derimod under Varmeudvikling. Endvidere stiger disse Saltes Opløselighed med Affiniteten til Vand, der ved Calcium- og Magniumsulphat bliver saa stor, at Saltene udkrystallisere med Krystalvand. Endeligt er Differensen mellem Tallene for Barium- og Calciumsulphat, 8543° , meget nær ved Halvdelen af den for Magniumsulphat fundne Størrelse $2 \times 8610^{\circ}$, Noget, der dog maaskee kun maa betragtes som et Tilfælde.

Præcipitationsvarmen for Alkaliernes Sulphater viser et Phænomen, der er ganske analogt med det ovenfor omtalte; men Undersøgelserne herover høre hjemme i et senere Afsnit af mine Arbejder, og jeg har kun betragtet de paagjældende Salte for at bringe deres Forhold i Overeensstemmelse med det Øvrige.

17. *De salpetersure Saltes Neutralisationsvarme* har jeg kun bestemt for Magnium, Cadmium og Kobber; da disse tre Salte have viist en saa stor Overeensstemmelse

med de tilsvarende Chlorforbindelser, er der al Grund til at antage, at de for disse fundne Forhold ogsaa gjælde for de salpetersure Salte. Bestemmelsen udførtes med de paagjældende svovlsure Salte paa samme Maade, som jeg flere Gange ovenfor har omtalt. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
423	Mg	18,5	$\begin{cases} 18,520 \\ 18,080 \end{cases}$	$\begin{cases} 18,628 \\ 18,465 \end{cases}$	$\begin{cases} 18,900 \\ 18,602 \end{cases}$	$\begin{cases} 507^c \\ 510 \end{cases}$	$\left. \begin{matrix} 1 \\ 16 \end{matrix} \right\}$	4956 ^c
424	Cd	18,5	$\begin{cases} 18,340 \\ 18,620 \end{cases}$	$\begin{cases} 18,448 \\ 18,367 \end{cases}$	$\begin{cases} 18,735 \\ 18,850 \end{cases}$	$\begin{cases} 522 \\ 519 \end{cases}$	$\left. \begin{matrix} 1 \\ 16 \end{matrix} \right\}$	5128
425	Cu	18,4	$\begin{cases} 18,638 \\ 18,622 \end{cases}$	$\begin{cases} 18,305 \\ 18,218 \end{cases}$	$\begin{cases} 18,805 \\ 18,755 \end{cases}$	$\begin{cases} 518 \\ 517 \end{cases}$	$\left. \begin{matrix} 1 \\ 16 \end{matrix} \right\}$	5080

Constanterne ere de sædvanlige. Subtraheres de her fundne Størrelser fra Differensen mellem den svovlsure og salpetersure Baryts Neutralisationsvarme (Nr. 357—381) 3689^c — 28264^c = 8632^c, fremkommer Differensen mellem Neutralisationsvarmen for disse Basers svovlsure og salpetersure Salte, henholdsvis 3696, 3504 og 3552^c. Middeltallet af disse 3 Bestemmelser er 3581^c; den største Afvigelse fra Middeltallet viser sig ved Magnesia, hvor den udgjør 4 Promille af Neutralisationsvarmen. Vi kunne derfor uden kjendelig Feil sætte Neutralisationsvarmen for de salpetersure Salte 3581^c lavere end for de svovlsure Salte, og vi faae da for de salpetersure Saltes Neutralisationsvarme følgende Størrelser, hvorved jeg endnu har angivet den Afvigelse fra mine Resultater, som Favre & Silbermanns Forsøg vise.



R	Thomsen.	Favre & Silbermann (Differens).
Mg	27635 ^c	— 1955 ^c
Mn	22905	— 1205
Ni	22551	— 1631
Co	21091	— 1179
Fe	21539	— 2035
Cd	20245	— 4017
Zn	19829	— 5185
Cu	14859	— 2059

Favre & Silbermanns Resultater vise ligeledes her de store negative Differenser. Jeg har rigtignok kun bestemt Neutralisationsvarmen for 3 af disse 8 Salte, men da Undersøgelsen over Neutralisationen med Chlorbrintesyre har viist en constant Differens mellem Neutralisationsvarmen for Chlorforbindelserne og de svovlsure Salte, en Differens der næsten er lige stor med den ovenfor fundne, og da det samme Resultat ogsaa har viist sig ved andre Syrer, saasom Æthersvovlsyre og Eddikesyre, kan man med fuld Ret drage den Slutning, at *Saltene af Magnesiabaserne danne isodynamie Rækker*, for hvilke denne constante Differens er en nødvendig Conseqvens (see Selskabets Skrift., Bd. 3, p. 125).

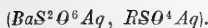
18. Ogsaa for Æthersvovlsyre har jeg gjort et Par Bestemmelser med disse Baser og dertil valgt Kobalt- og Kobbersaltene, som jeg har decomponeret med æthersvovlsuur Baryt. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
426	Co	17,9	17,965	17,976	18,030	241 ^c	$\frac{1}{24}$	5784 ^c
427	Cu	17,9	17,920	17,900	17,960	259	$\frac{1}{24}$	5756

I disse Forsøg er $a = 300$ og $b = 600$ Gram, de øvrige Constanter ere alle de sædvanlige. Men nu er efter Forsøget Nr. 391 Differensen mellem Neutralisationsvarmen for svovlsuur og æthersvovlsuur Baryt lig 9336^c; subtraherer man herfra de ved Forsøgene fundne Størrelser, faaer man Differensen mellem Neutralisationsvarmen for det svovlsure og æthersvovlsure Salt af den paagjældende Base, nemlig for Kobalt 3552^c og for Kobber 3600^c; Middeltallet af disse to Bestemmelser er 3576 og fuldkomment overensstemmende med de analoge Differenser for Salpetersyre og Chlorbrintesyre, 3581 og 3529^c. Heraf følger altsaa, at *Chlorbrintesyre, Salpetersyre og Æthersvovlsyre med samme Base af Magnesiarekken give samme Varmemængde*, ialfald med den Noiagtighed, som Forsøgene tilstede.

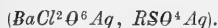
19. Med Svovlundersyre har jeg ligeledes anstillet 2 Forsøg og hertil anvendt *Magnium-* og *Cadmiumsaltet*. Forsøgene, hvis Constanter ere de sædvanlige, gave følgende Resultater.



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
428	Mg	19,2	19,312	18,700	19,365	341 ^c	$\frac{1}{16}$	5456 ^c
429	Ed	19,0	18,612	18,785	19,670	550	$\frac{1}{16}$	5600

Da nu efter Forsøget Nr. 392 Differensen mellem Neutralisationsvarmen for svovlsuur og svovlundersuur Baryt udgjør 9136^c, faaer man, ved fra denne Størrelse at subtrahere de i ovenstaaende Forsøg fundne Tal, Differensen mellem Neutralisationsvarmen for de svovlsure og svovlundersure Salte af de to Baser, nemlig henholdsvis 3680 og 3456^c; Middeltallet heraf er 3568^c, medens den tilsvarende Differens for de chlorbrintesure, salpetersure og svovlundersure Salte udgjorde 3529, 3581 og 3576^c, og det er saaledes indlysende, at alle fire Syrer, Chlorbrintesyre, Salpetersyre, Svovlundersyre og Æthersvovlsyre, ved Neutralisation med samme Base af Magnesiærækken give samme Varmemængde.

20. Med Chlorsyre har jeg kun gjort een Bestemmelse, nemlig for Kobbersaltet; Forsøgets Enkeltheder ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
430	Cu	18,9	$\left\{ \begin{array}{l} 18,955 \\ 18,752 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,650 \\ 18,500 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,090 \\ 19,095 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 300^c \\ 295 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 20 \end{array} \right.$	5950 ^c

I disse Forsøg er $a = 360$, $b = 540$ Gram, de øvrige Constante de sædvanlige. Efter Forsøget Nr. 390 er Differensen mellem Neutralisationsvarmen for svovlsuur og chlorsuur Baryt 8840^c, og Differensen mellem Neutralisationsvarmen for de tilsvarende Kobbersalte er saaledes 8840 — 5950^c = 2890^c; Differensen er mindre, end jeg har fundet den for de nys omtalte Syrer, eller med andre Ord, Neutralisationsvarmen er større for det chlorsure Kobberilte end for Kobberiltets Salte med de ovenfor omtalte Syrer; man har nemlig

$$(Cu\dot{H}^2, H^2Cl^2O^6Aq) = 18440 - 2890 = 15550^c.$$

21. De eddikesure Saltes Neutralisationsvarme har jeg undersøgt noget mere omstændeligt, men af Magnesiærækken kun behandlet to Salte, Zink- og Kobbersaltet; til samme Tid har jeg ogsaa bestemt Kobbersaltets Neutralisationsvarme ved Decomposition

med Barytvand for at have en Control for Bestemmelserne; endvidere har jeg ogsaa af samme Grund fældet svovlsuurt Natron og Kali med eddikesuur Baryt, hvorved jeg har opnaaet en Control for den af mig for flere Aar siden bestemte Neutralisationsvarme for Natronsaltet og tillige en Continuitet med de ovenfor omtalte Forsøg. Forsøgenes Enkelt-heder ere følgende:

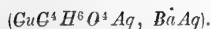


Nr.	<i>R</i>	<i>T</i>	<i>t_a</i>	<i>t_b</i>	<i>t_c</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	$\frac{r}{s}$
431	<i>Na</i> ²	18,2	18,002	18,145	18,320	210 ^c	$\frac{1}{24}$	5040 ^c
432	<i>K</i> ²	18,2	18,240	18,028	18,325	214	$\frac{1}{24}$	5156
433	<i>Zn</i>	18,2	18,037	17,955	18,185	192	$\frac{1}{24}$	4608
434	<i>Cu</i>	18,2	18,175	17,900	18,115	182	$\frac{1}{24}$	4368

I disse Forsøg er $a = 300$ og $b = 600$ Gram; de øvrige Constante ere de sædvanlige. Da nu efter Forsøget Nr. 393 Differensen mellem Neutralisationsvarmen for svovlsuur og eddikesuur Baryt er 9992^c, bliver den tilsvarende Differens for de paagældende Baser 4952, 4856, 5384 og 5624^c; og subtraherer man disse Tal fra de svovlsure Saltes Neutralisationsvarme, som jeg har angivet ovenfor, finder man følgende *Neutralisationsvarme for de eddikesure Salte*:

Natron	26426 ^c
Kali	26432
Zinkilte	18026
Kobberilte.	12816

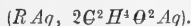
Af disse Tal kan jeg nu kontrollere de to; for det Første har jeg nemlig allerede tidligere directe bestemt det eddikesure Natrons Neutralisationsvarme i Forsøg Nr. 73—75 og her fundet Tallet 26310 eller paa 4 Promille nær samme Tal, som jeg her har fundet ved dobbelt Decomposition. For det Andet har jeg i nedenstaaende Forsøg bestemt Kobbersaltets Neutralisationsvarme ved Decomposition med Baryt.



Nr.	$a = b$	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
435	450 $gr.$	19,5	$\left\{ \begin{array}{l} 18,700 \\ 18,685 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,060 \\ 19,037 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,833 \\ 19,820 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 877^c \\ 882 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	14072 c

Men da den eddikesure Baryts Neutralisationsvarme efter Nr. 197 og 393 er 26904 c , bliver det eddikesure Kobberlites Neutralisationsvarme altsaa 26904 c — 14072 c = 12832 c eller noiagtigt samme Tal som ovenfor.

Jeg skal nu sammenligne de fundne Talstørrelser med Favre & Silbermanns Resultater.



R	Thomsen.	Favre & Silbermann.	Differens.
Na^2O	$\left\{ \begin{array}{l} 26426^c \\ 26510 \end{array} \right.$	27200 c	+ 832 c
K^2O	26452	27946	+ 1514
ZnO	18026	15440	— 2586
CuO	$\left\{ \begin{array}{l} 12816 \\ 12852 \end{array} \right.$	10528	— 2296

Her have vi altsaa ganske det samme Phænomen, som jeg allerede flere Gange i Anledning af de svovlsure, chlorbrintesure og salpetersure Salte har gjort opmærksom paa, nemlig at de af Favre & Silbermann fundne Værdier for Neutralisationsvarmen ere bestemte for hoit for de opløselige Baser og for lavt for de uopløselige, og at Feilen kan beløbe sig til 20 Procent.

For Magnesiærækken kunne vi ifølge det ovenfor Udviklede antage de eddikesure Saltes Neutralisationsvarme at være 5504 c lavere end for de tilsvarende svovlsure Salte.

22. Af den foreliggende Undersøgelse over Baserne af Magnesiærækken fremgaaer nu, at disse Basers Neutralisationsphænomener ere af en meget simpel Natur; de forskellige Baser give rigtignok ved Neutralisation med samme Syre en forskjellig Varmedvikling, men de Differenser, som Varmedviklingen ved Neutralisation med forskellige Syrer viser, ere, forsaavidt Saltene ere opløselige i Vand, de samme for alle Led i Rækken. For at

finde disse Basers Neutralisationsvarme er det saaledes tilstrækkeligt at kjende Neutralisationsvarmen for een Række Salte, t. Ex. de svovlsure, for hvilke den udgjør for hvert Molecul

Magnesia	31216°
Manganforilte	26484
Nikkelforilte	26112
Jernforilte	24920
Kobaltforilte	24672
Cadmiumilte	23824
Zinkilte	23410
Kobberilte	18440;

man vil da af den for hver Syre constante Differens kunne beregne Basernes Neutralisationsvarme med andre Syrer. Nu viser det sig endvidere, at denne Differens for visse Syrer er den samme, saaledes for Chlorbrintsyre, Salpetersyre, Svovlundersyre og Æther-svovlsyre, for hvilke Neutralisationsvarmen i Gjennemsnit er 3563° lavere end Svovlsyrens, med en Aftagelse af 1—2 Promille af Neutralisationsvarmen; for Chlorsyre har jeg fundet Differensen 2890° og for Eddikesyre 5504°. Subtraherer man altsaa disse Tal fra Neutralisationsvarmen for de svovlsure Salte, finder man Neutralisationsvarmen for de paagjældende Syrer. Dette simple Forhold viser, at de Salte af Magnesiærækken, som indeholde samme Syre, ere isodyname Forbindelser; thi de constante Differenser ere en simpel Følge af Isodynamien (Selsk. Skrift. 5te Række 3die Bind, p. 123). Naar jeg senere kommer til at discutere samtlige Neutralisationsphænomener fra et almindeligt Standpunct, skal jeg komme tilbage til de her omtalte Forhold.

C. Beryljord, Leerjord, Chromilte og Jerntveilte.

23. Halvandetilterne af Aluminium, Chrom og Jern danne som bekjendt en særlig, ved fælles Egenskaber vel karakteriseret Gruppe af Ilter, hvis meest betegnende Forbindelser ere Dobbelt saltene med Svovlsyre (Alunerne) og Chlorforbindelserne. Om Beryljorden hører til denne Række af Ilter og bør have Formlen Be^2O^3 , eller om den slutter sig til Magnesia-Kalkrækken og har Formlen BeO , er endnu bestandigt et aabent Spørgsmaal. Jeg har undersøgt denne Bases Neutralisationsforhold noget nøiere.

Beryljorden anvendtes som svovlsuur Salt, fuldkomment reent og smukt krystalliseret i Kvadratoktaedre; det havde Sammensætningen $BeSO^3 + 4H^2O$. Saltet opløstes i saa meget Vand, at der kom 400 Moleculer Vand til hvert Molecul efter den angivne Formel; Concentrationen var saaledes den af mig sædvanligt anvendte. Opløsningen decom-

poneredes med Kalihydrat, idet der for hvert Molecul Beryljord anvendtes $\frac{2}{3}$, 1, $\frac{4}{3}$ og 2 Moleculer Kalihydrat; i det sidste Tilfælde er Decompositionen fuldstændig, idet Kalimængden er tilstrækkelig til Neutralisation af hele Syremængden. Disse Opløsningers almindelige Forhold var nu følgende.

Opløsningen af det normale Berylliumsulphat reagerer stærkt suurt; ved Tilsætning af $\frac{2}{3}$ Molecul Kalihydrat til denne Opløsning dannes *intet Bundfald*, og Vædsken reagerer endnu stærkt suurt, skjøndt $\frac{1}{3}$ af Syremængden nu er mættet. Sættes 1 Molecul Kalihydrat til Opløsningen af Sulphatet, dannes *heller intet Bundfald*, og Vædsken reagerer endnu stærkt suurt, skjøndt nu Halvdelen af Syremængden er neutraliseret. Først ved Tilsætningen af $\frac{4}{3}$ Moleculer Kalihydrat opstaaer et rigeligt Bundfald, og Opløsningen reagerer nu kun svagt suurt; nu er $\frac{3}{4}$ af Syremængden neutraliseret. Endelig, naar man tilsætter 2 Moleculer Kalihydrat, er Fældningen fuldstændig, og Opløsningen reager neutralt eller svagt alkalisk.

Et lignende Forhold viser *Leerjord*. Ved Tilsætning af Natron til en varm og fortyndet Opløsning af Alun dannes i Begyndelsen intet blivende Bundfald, og først naar der til 1 Molecul af Alunopløsningen er sat $\frac{3}{2}$ Moleculer Natron, begynder den constante Fældning, men Vædsken er endnu bestandigt suur. Forøger man Natronmængden, forøges ogsaa Bundfældningen, men først ved Tilsætning af 5 Moleculer Natronhydrat indtræder en neutral Reaction; nu er $\frac{5}{6}$ af Syremængden bundet til Natron. Forøges Natronmængden til $5\frac{1}{2}$ Moleculer, begynder Vædsken at reagere alkalisk, og Fældningen er fuldstændig; $\frac{1}{6}$ af Svovlsyren er altsaa fældet i et basisk Salt.

Skjøndt Fældningen ved Beryljord indtræder tidligere end ved *Leerjord*, er dog Analogien mellem begge Ifter her meget fremtrædende, medens Beryljorden i denne Henseende ganske afviger fra Baserne i Magnesiærækken.

Enkelthederne i Forsøgene, hvor den svovlsure Beryljord decomponeredes deels med Kalihydrat, deels med Chlorbarium, ere følgende:



Nr.	n	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
436	$\frac{2}{3}$	18,0	18,000	18,062	18,152	350 ^c	$\frac{1}{18}$	6500 ^c
437	1	17,8	17,800	18,083	18,540	496	$\frac{1}{18}$	8928
438	$\frac{4}{3}$	17,8	17,805	18,425	18,870	619	$\frac{1}{18}$	11142
439	2	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,815 \\ 17,735 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,102 \\ 18,140 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,000 \\ 18,970 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 842 \\ 846 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{18}$	15192

(BeSO⁴ Aq, BaCl² Aq).

Nr.	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
440	17,8°	17,773	17,860	18,260	359 ^c	$\frac{1}{18}$	6660 ^c

I alle disse Forsøg er $a = b = 400$ Gram og $p = 11$ Gram. Af de første Forsøg finder man det svovlsure Salts, af det sidste Chlorbrinteforbindelsens Neutralisationsvarme.

Naar vi for Kortheds Skyld betegne Beryljordens Molecul ved R , Svovlsyrens ved Q og Kalihydratets ved K , kan den Reaction, som indtræder i de fire førstnævnte Forsøg, opløses paa følgende Maade:

$$(RQ, nK) = \frac{n}{2}(K^2, Q) + \left(R, \left(1 - \frac{n}{2}\right)Q\right) - (R, Q) = \frac{r}{s}.$$

Sættes nu $n = 2$, da er efter Forsøget Nr. 439

$$(K^2, Q) - (R, Q) = 15192^c.$$

Da nu (K^2, Q) betegner det svovlsure Kalis Neutralisationsvarme, der er 31288^c, finder man den svovlsure Beryljords Neutralisationsvarme at være

$$(R, Q) = (\text{Be}\dot{H}^2, H^2SO^4 Aq) = 16096^c.$$

Sættes nu successive $n = \frac{4}{3}$, 1 og $\frac{2}{3}$ under Benyttelse af de tilsvarende Værdier for $\frac{r}{s}$, finder man den *Varmeudvikling*, som opstaaer ved *Indvirkning af 1 Molecul Beryljord paa forskjellige Quantiteter Svovlsyre*; idet $1 - \frac{n}{2}$ betegnes ved m , har man da:

m	$(\text{Be}\dot{H}^2, mH^2SO^4 Aq)$
$\frac{1}{3}$	6380 ^c
$\frac{1}{2}$	9578
$\frac{2}{3}$	11967
1	16096

Ved Svovlsyrens Indvirkning paa Beryljord stiger altsaa Varmeudviklingen regelmæssigt, men dog ikke ganske proportionalt med Syrens Mængde, idet de første Mængder af Svovlsyre rise en noget stærkere Varmeudvikling end de følgende. En Beregning for Intervaller af $\frac{1}{3}$ Molecul Svovlsyre giver følgende Varmeudviklinger:

for 1ste og 2den Sjettedeel	2.3190 ^c
— 3die	2998
— 4de	2589
— 5te og 6te	2.2065

Dette synes at tyde paa, at Berylliums Svovlsyreforbindelse ikke har den simple Formel $BeSO^4$, men at den sandsynligviis er sammensat analogt med svovlsuur Leerjord. Jeg skal senere omtale dette Forhold nærmere.

24. Om Halvandetiltærens svovlsure Salte vise analoge Forhold, er ikke let at afgjøre, da Udfældningen af basiske Salte lægger Hindringer iveien for en fortsat Indvirkning af Fældningsmidlet. Derimod kan man anvende Jernchloridets Forhold til Alkalierne. Sætter man en fortyndet Opløsning af Natronhydrat til en ligeledes fortyndet Opløsning af Jernchlorid, fremkommer der intet blivende Bundfald af Jernilte, førend næsten hele Chloridets Chlormængde er overført paa Natriumet. Man kan til hvert Molecul Jernchlorid ($Fe^2 Cl^6$) sætte lidt efter lidt indtil 5 Moleculer Natronhydrat, og det Bundfald, som dannes, vil næsten oieblikkeligt opløses igjen; ved endnu stærkere Fortynding kan man endogsaa tilsætte $5\frac{1}{2}$ Moleculer Natronhydrat, uden at der opstaaer noget blivende Bundfald. Vædsken antager en stærk rødbrun Farve, endog med 1 Promille Jernilte, og er at betragte som en Opløsning af Jernilte i Vand, blandet med Chlornatrium; den viser det eiendommelige Forhold, at der med Svovlsyre udfældes et basisk Salt.

Jeg har undersøgt *Varmeudviklingen ved Jernchloridets Decomposition med Natronhydrat* paa den Maade, at der for 1 Molecul Chlorid er anvendt henholdsviis 2, 3, 4 og 6 Moleculer Natronhydrat. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:



Nr.	n	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
441	2	15,2 ^o	15,050	15,000	15,795	710	$\frac{1}{24}$	17040 ^c
442	3	15,2	14,890	15,700	16,062	703	$\frac{1}{56}$	25508
443	4	18,6	18,490	17,955	19,740	1592	$\frac{1}{24}$	33408
444	6	18,6	18,550	18,275	20,644	2042	$\frac{1}{24}$	49008

I disse Forsøg er $a = b = 450$ Gram og $g = 10^c$.

Af disse Størrelser beregnes nu Varmeudviklingen ved Indvirkning af Jernveilttehydrat paa Chlorbrintesyre i forskjellige Mængder, ganske som jeg ovenfor har viist det for Beryljorden. Betegner R Jernveiltte, Q Chlorbrintesyre og K Natronhydrat, da er RQ Jernchlorid, og man faaar

$$(RQ^s, nK) = n(Q, K) + (R, (6-n)Q) - (R, Q) = \frac{r}{s}.$$

Da nu (Q, K) er Neutralisationsvarmen for Chlornatrium, 13744^c , bliver for $n = 6$ efter Forsøget Nr. 444 *Jernchloridets Neutralisationsvarme*

$$(R, Q) = (Fe^2O^3H^2, 6HClAq) = 33456^c.$$

Størrelserne for de partielle Decompositioner findes af de andre 3 Forsøg. Sætter man nemlig $m = n - 6$, har man

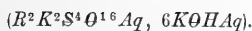
m	$(Fe^2O^3H^2, mHClAq)$
2	11888 ^c
3	17532
4	23008
6	33456

Et Molecul Jernveilttehydrat giver saaledes ved Indvirkning paa

1ste og 2det Molecul Chlorbrinte	2.5944 ^c
3die — —	5644
4de — —	5476
5te og 6te — —	2.5224

En Sammenligning af disse Tal med de nys meddeelte for Beryljord og Svovlsyre viser en stor Analogi, idet paa begge Steder de først tilsatte Syremængder give større Varmeudvikling end de senere tilsatte, skjøndt Forskjellen ved Jernchlorid ikke er saa stor som ved Beryljord.

25. *For de svovlsure Salte af Leerjord, Chromlte og Jernveiltte er Neutralisationsvarmen* bestemt ved Decomposition af Alunerne med Kali og Baryt; der anvendtes til Fældningen 6 Moleculer Kalihydrat eller 3 Moleculer Barythydrat, hvorved der indtræder en fuldständig Bundfældning. Da Blandingen af de svovlsure Salte med svovlsuurt Kali i fortyndede Opløsninger ikke ledsages af nogen kjendelig Varmetoning, kan man istedetfor de svovlsure Salte anvende Alunerne, hvilket frembyder den Fordeel, at man her arbejder med Forbindelser, der let kunne fremstilles i reen Tilstand. Til Control har jeg ogsaa decomponeret normalt svovlsuurt Jernveiltte med 6 Moleculer Kalihydrat. Forsøgene ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
445	Al	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 18,928 \\ 18,905 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,495 \\ 18,500 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,390 \\ 19,390 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 652^c \\ 640 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{48}$	50528 ^c
446	Gr	19,5	$\left\{ \begin{array}{l} 19,040 \\ 18,782 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,200 \\ 18,850 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,130 \\ 19,820 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 950 \\ 926 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{48}$	44544
447	Fe	17,6	$\left\{ \begin{array}{l} 17,275 \\ 17,240 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,627 \\ 17,655 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,815 \\ 18,815 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1251 \\ 1254 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{48}$	60120

I disse Forsøg er $a = b = 450$ Gram og de øvrige Constante de sædvanlige. Ved at subtrahere disse Størrelser fra det Tredobbelte af det svovlsure Kalis Neutralisationsvarme eller $3 \cdot 31288^c$ finder man Neutralisationsvarmen for de svovlsure Salte af disse Baser:

R	$(RH^2, 3SO^3 Aq)$
$Al^2 \Theta^3$	65256 ^c
$Gr^2 \Theta^3$	49520
$Fe^2 \Theta^3$	53744

For at sammenligne disse Størrelser med Neutralisationsvarmen for andre svovlsure Salte maa man erindre, at der her indvirker 3 Moleculer Svovlsyre, saa at Tallene maae divideres med 3 for at kunne sammenlignes med andre Talstørrelser. *Neutralisationsvarmen for 1 Molecul Svovlsyre er saaledes for*

Leerjord	21079 ^c
Chromtveitte	16440
Jerntveitte	11248

For at kontrollere disse Størrelser har jeg, som ovenfor angivet, decomponeret Leerjord-Kalialun med Barytvand og normalt svovlsuurt Jerntveitte med Kalihydrat. Reaktionsformlen for det første Forsøg er $(Al^2 K^2 S^4 \Theta^{16} Aq, 3Ba\Theta Aq)$, for det andet $(Fe^2 S^3 \Theta^{12} Aq, 6KOHAg)$; Enkelthederne ere følgende:

Nr.	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
448	18,0	17,728	17,945	18,730	800 ^c	$\frac{1}{60}$	48000 ^c
449	18,5	18,828	18,655	20,100	1249	$\frac{1}{48}$	59952

I første Forsøg er $a = 360$, $b = 480$ Gram; i andet Forsøg er $a = b = 450$ Gram. Subtraherer man nu den første af de fundne Størrelser fra det Tredobbelte af Bariumsulphatets, den anden derimod fra det 6-dobbelte af Kaliumsulphatets Neutralisationsvarme, finder man Neutralisationsvarmen for Leerjordens og Jerntveiltets svovlsure Salte at være, for

Leerjord	3. 20895 ^c
Jerntveilt	3. 11304,

hvilke Tal afvige henholdsvis 9 og 5 Promille fra de ovenfor fundne.

Neutralisationsvarmen for de svovlsure Salte af de her omtalte 4 Baser kan saaledes antages at være, for

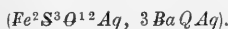
Beryljord (BeO)	16096 ^c
Leerjord	3. 20987
Chromtveilt	3. 16440
Jerntveilt	3. 11248

Af de tre Halvandeltiler har altsaa Leerjord den største, Jerntveilt den mindste Neutralisationsvarme, Noget, der ogsaa stemmer godt overeens med de paagældende svovlsure Saltes chemiske Charakter. For Leerjord have Favre & Silbermann fundet Tallet 21896, der nogenlunde stemmer overeens med mit Tal; for Jerntveilt derimod 13472^c, der er 20 Procent for høit.

26. *Disse Basers Neutralisationsvarme med Chlorbrinte* har jeg bestemt paa sædvanlig Maade ved Decomposition af de svovlsure Salte med Chlorbarium, idet jeg for Leerjord og Chromilt anvendte Alunerne. *For Jerntveilt har jeg ligeledes bestemt Neutralisationsvarmen med Salpetersyre, Ochlorsyre og Eddikesyre* ved Decomposition af svovlsuurt Jerntveilt med de paagældende Syrers Barytsalte. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
450	Al	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 17,900 \\ 17,949 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,349 \\ 18,320 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,555 \\ 18,565 \end{array} \right.$	402 ^c 402	$\left\} \frac{1}{64} \right.$	25628 ^c
451	Gr	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 17,905 \\ 17,900 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,355 \\ 18,120 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,540 \\ 18,420 \end{array} \right.$	383 384	$\left\} \frac{1}{64} \right.$	24544



Nr.	Q	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
452	Cl ²	19,2	$\left\{ \begin{array}{l} 18,945 \\ 18,843 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,765 \\ 18,575 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,470 \\ 19,322 \end{array} \right.$	572 571	$\left\} \frac{1}{48} \right.$	27452 ^c
453	N ² Θ ⁶	18,5	18,418	18,150	18,860	557	$\frac{1}{48}$	25776
454	Cl ² Θ ⁶	18,9	19,085	18,560	19,270	467	$\frac{1}{60}$	28020
455	Ca H ⁶ Θ ⁴	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 18,770 \\ 18,960 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,760 \\ 19,226 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,220 \\ 19,545 \end{array} \right.$	425 422	$\left\} \frac{1}{48} \right.$	20208

I Nr. 454 er $a = 360$ og $b = 540$ Gram, i de øvrige Forsøg er $a = b = 450$ Gram.

Resultatet af de første Forsøg Nr. 450—451 kan betragtes som sammensat af følgende 6 Størrelser:

$$(R^2 K^2 S^4 \Theta^{16} Aq, 4 Ba Cl^2 Aq) = \left\{ \begin{array}{l} 4(\bar{B}a Aq, \bar{S}\bar{S}Aq) - 4(\bar{B}a Aq, 2 HCl Aq) \\ + (\bar{K}_2 Aq, 2 HCl Aq) - (\bar{K}_2 Aq, \bar{S}\bar{S}Aq) \\ + (\bar{R}_2, 6 HCl Aq) - (\bar{R}_2, 3\bar{S}\bar{S}Aq). \end{array} \right.$$

Den første Differens er den allerede ofte anvendte Størrelse 4. 9112^c, den anden udgjør efter det tidligere Udviklede — 3784^c, og vi finde saaledes *Differensen mellem Svovlsyrens og Chlorbrintesyreus Neutralisationsvarme for de to Ifter*:

$$\text{Leerjord. } 36488 - 3784 - 25628 = 7036^c = 3. 2345^c$$

$$\text{Chromtveite } 36488 - 3784 - 24544 = 8120 = 3. 2707,$$

hvorved altsaa betegnes Differensen mellem den Varmeudvikling, som opstaaer med 3 Moleculer Svovlsyre og med 6 Moleculer Chlorbrintesyre for 1 Molecul af Iftet.

I de øvrige Forsøg, som ogsaa i Forsøget Nr. 440, er Resultatet kun sammensat af de sædvanlige to Differenser, og man finder der *Differensen mellem de svovlsure og de chlorbrintesure Saltes Neutralisationsvarme* at være

$$\text{for Beryljord } 9112^c - 6660^c = 2452^c$$

$$- \text{Jerntveite } 3. 9112 - 27432 = -96^c = -3. 32^c.$$

Sammenligner man de her fundne Differenser med dem, som tidligere ere fundne for Magnesiærækken, viser det sig, naar alle Differenser beregnes for 1 Molecul Svovlsyre, at Differensen er

for Magnesia	3529°	} Middeltal 2501°
— Beryljord	2452	
— Leerjord	2345	
— Chromtveitte	2707	
— Jerntveitte	—35	

Af disse Talstørrelser sees det nu tydeligt, at Beryljorden i denne Henseende skiller sig fra Magnesiærækken og ganske slutter sig til Leerjord og Chromtveitte, idet der for disse tre Iiter findes en mindre Differens mellem Svovlsyrens og Chlorbrintesyrens Neutralisationsvarme end ved alle de tidligere omtalte Iiter.

Jerntveittet adskiller sig i denne Henseende ganske fra de andre Baser, idet det ingen Differens viser mellem Svovlsyrens og Chlorbrintesyrens Neutralisationsvarme. En Control for dette eiendommelige Forhold have vi i den allerede ovenfor directe bestemte Neutralisationsvarme for Jerntveitte med Svovlsyre og Chlorbrintesyre (Nr. 444—447); beregnet for 1 Molecul Svovlsyre og 2 Moleculer Chlorbrintesyre bliver Differensen

$$11248 - 11152 = +96^{\circ},$$

eller med andre Ord: for Jerntveitte er Neutralisationsvarmen med Svovlsyre og Chlorbrintesyre den samme.

Af Forsøgene Nr. 413—414 kan man nu udlede Jerntveittets Forhold til andre Syrer; man finder nemlig paa den ovenfor beskrevne Maade Differensen mellem Svovlsyrens og de paagjældende Syrens Neutralisationsvarme, beregnet for 1 Molecul Svovlsyre, naar man fra Differensen mellem Neutralisationsvarmen for Svovlsyrens og de paagjældende Syrens Barytsalte, der efter de foran meddelte Forsøg allerede ere bekendte, subtraherer $\frac{1}{3} \cdot \frac{r}{s}$; man finder da for

Chlorbrintesyre	9112°	— $\frac{1}{3} \cdot 27432 = - 32^{\circ}$
Salpetersyre	8632	— $\frac{1}{3} \cdot 25776 = + 40$
Chlorsyre	8840	— $\frac{1}{3} \cdot 28020 = - 500$
Eddikesyre	9992	— $\frac{1}{3} \cdot 20208 = - 3256$

Neutralisationsvarmen for Jerntveitte med de nævnte Syrer er saaledes for 1 Mol. Svovlsyre eller dets Æquivalent af andre Syrer:

Svovlsyre	11248°
Chlorbrintesyre	11280
Salpetersyre	11204
Chlorsyre	10704
Eddikesyre	7992

Jernveiltets Affinitet til de fire førstnævnte Syrer er altsaa i vandig Opløsning omtrent den samme; derimod har Eddikesyren en langt ringere Affinitet til Jernveiltet end de øvrige Syrer. Dette stemmer godt med Erfaringen. Jerniutesaltene af de førstnævnte Syrer decomponeres ved Tilsetning af eddikesuurt Natron og danne en stærkt rødbrun Opløsning af omtrent samme Farve og med samme Egenskaber som den Vædske, man fremstiller ved at blande en Opløsning af Jernchlorid med næsten saameget Natronopløsning, som vilde udfordres til en fuldstændig Decomposition (24). Den sidstnævnte Vædske er naturligviis en Blanding af Chlornatrium og Jernveiltdehydrat, der kunne adskilles ved Diffusion eller Opvarmning. Paa ganske lignende Maade forholder sig den førstnævnte Opløsning af svovlsuurt Natron og eddikesuurt Jernveiltet; thi ogsaa i denne kan Jernveiltet ved Diffusion eller Opvarmning fuldstændigt skilles fra de øvrige Bestanddele af Opløsningen. Men naar Diffusionen er istand til at decomponere Opløsningen af eddikesuurt Jernveiltet, maa Forbindelsen være meget svag, Noget som ogsaa stemmer med den lave Neutralisationsvarme.

D. Blyilte, Qviksølvilte, Søvilte og Guldilte.

27. Blyiltet har jeg undersøgt med Hensyn til de fire vigtigste Syrer, *Svovlsyre, Chlorbrintesyre, Salpetersyre* og *Eddikesyre*. Jeg havde ønsket at gennemføre Undersøgelsen paa ganske lignende Maade som for de øvrige Ilter, hvor det bestandigt var Hydraterne, der optraadte, og anvendte følgende Fremgangsmaade. Grundlaget for Undersøgelsen danner det salpetersure Blyiltets Decomposition med Kali, hvoraf dette Salts Neutralisationsvarme findes; ved det samme Salts Decomposition med Svovlsyre findes det svovlsure Salts Neutralisationsvarme, en Størrelse, jeg controllerer ved at decomponere det salpetersure Salt med svovlsuurt Natron. Det eddikesure Salts Decomposition med svovlsuurt Natron giver Saltets Neutralisationsvarme, som jeg controllerer deels ved at decomponere det eddikesure Salt med Svovlsyre, deels ved at decomponere det med Kali. Det eddikesure Salts Decomposition med Chlornatrium giver da Chlorblyets Neutralisationsvarme, hvorved maa erindres, at Chlorblyet tildeels udskiller sig af Vædsken.

Men for med Sikkerhed at kunne anvende de saaledes vundne Resultater maatte jeg endnu anstille to Rækker Forsøg; thi Blyilte danner meget let basiske Salte, og man kunde befrygte, at Dannelsen af saadanne kunde give et vildledende Resultat. Af denne Grund fulgte jeg det salpetersure Blyiltets Decomposition med Natron fra $\frac{1}{2}$ til 4 Moleculer Natronhydrat for hvert Molecul af Blysaltet (PbN^2O^6), og en lignende Undersøgelse anstillede jeg med eddikesuurt Blyilte. Endeligt, for at forebygge enhver Feiltagelse, opløste jeg vandfrit

Blylte i Salpetersyre og i Eddikesyre og bestemte saaledes det vandfrie Iltes Neutralisationsvarme.

Jeg skal først anføre de Forsøg, hvori salpetersuurt Blylte decomponeredes med Natron, Kali, Svovlsyre og svovlsuurt Natron. Enkelthederne ere følgende:



Nr.	M	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
456	$\frac{1}{4} Na^2 O$	19,0	18,805	18,585	19,235	555 ^c	$\frac{1}{12}$	6396 ^c
457	$\frac{1}{2} Na^2 O$	19,3	$\left\{ \begin{array}{l} 18,860 \\ 19,075 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,300 \\ 18,440 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,310 \\ 19,800 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1059 \\ 1054 \end{array} \right.$	$\left\} \frac{1}{12} \right.$	12678 ^b
458	$Na^2 O$	19,5	$\left\{ \begin{array}{l} 19,355 \\ 19,405 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,300 \\ 19,250 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,135 \\ 20,135 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 747 \\ 747 \end{array} \right.$	$\left\} \frac{1}{16} \right.$	11952
459	$2Na^2 O$	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,225 \\ 17,205 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,365 \\ 17,785 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,480 \\ 18,100 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 454 \\ 468 \end{array} \right.$	$\left\} \frac{1}{24} \right.$	11064
460	$K^2 O$	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 18,282 \\ 17,935 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,813 \\ 17,600 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,872 \\ 18,700 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 764 \\ 771 \end{array} \right.$	$\left\} \frac{1}{16} \right.$	12280
461	SO^3	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,523 \\ 17,360 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,185 \\ 18,045 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,220 \\ 18,065 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 542 \\ 539 \end{array} \right.$	$\left\} \frac{1}{16} \right.$	5448
462	$Na^2 SO^4$	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,865 \\ 17,850 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,970 \\ 17,958 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,020 \\ 18,020 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 106 \\ 108 \end{array} \right.$	$\left\} \frac{1}{16} \right.$	1712

I Forsøgene Nr. 456, 457 og 459 er $a = 300$ Gr. og $b = 600$ Gr., i de øvrige $a = b = 450$ Gr., endvidere er overalt $p = 9,7$ Gr. og $q = 12^c$.

Vi ville foreløbigt betragte Resultaterne af de fire første Forsøg, hvor salpetersuurt Blylte decomponeres med Natronhydrat. I det tredje Forsøg (Nr. 458) er Natronmængden netop tilstrækkelig til at bevirke en fuldstændig Decomposition, under Forudsætning af, at Indvirkningen gaaer regelmæssigt for sig; i de to første Forsøg er Natronmængden kun $\frac{1}{4}$ og $\frac{1}{2}$ Gang saa stor, i det fjerde Forsøg derimod dobbelt saa stor. I de to første Forsøg løber Natronopløsningen i Opløsningen af Blysaltet, i de to sidste Forsøg er det Omvendte Tilfældet. Varmeudviklingen i disse Forsøg naaer sit Maximum i det andet Forsøg, hvor Natronmængden udgjør kun Halvdelen af den til en fuldstændig Decomposition fornødne Mængde. I dette Tilfælde danner sig et krystallinsk, tungt Bundfald, hvis Krystallform er vanskelig at bestemme, men hvis chemiske Sammensætning efter min Undersøgelse er $PbO \cdot NO^3 H$. Bundfaldet indeholder aldeles ingen amorphe Indblandinger og synker næsten

øjeblikkeligt tilbunds i den fuldkomment klare Opløsning. Bundfaldet er opløseligt i varmt Vand og udkrystalliserer igjen med uforandret Sammensætning ved Afkøling af Opløsningen.

I det første Forsøg dannes ganske det samme Bundfald; men da Natronmængden kun er halvt saa stor som i andet Forsøg, er Decompositionens Omfang ogsaa kun halvt saa stort, og ligeledes Varmeudviklingen meget nøiagtigt halvt saa stor som i det andet Forsøg. Indvirkningen foregaaer saaledes ganske regelmæssigt, indtil Natronmængden udgjør 1 Molecul Natronhydrat mod 1 Molecul salpetersuurt Blylte, paa følgende Maade:



I tredje Forsøg, hvor Natronmængden ækvivalerer Blysaltets Syre, er ogsaa Decompositionen tilnærmelsesvis fuldstændig, der bliver kun en meget ringe Mængde Blylte i Opløsningen, og Bundfaldet har meget nær Sammensætningen $4Pb \cdot O + NO^3H + \alpha H^2O$, eller med andre Ord, de 7 Ottendedele af Salpetersyren er overført paa Natronet, medens der er dannet et 8-basisk Salt (maaskee en Blanding af 2-basisk Salt med Blyltehydrat).

Skjøndt Decompositionen er fuldstændigere end i det andet Forsøg, bliver Varmeudviklingen mindre, dog kun 732° eller omtrent 6 Procent.

I fjerde Forsøg er Natronmængden dobbelt saa stor som fornødent til Decompositionen, og der bliver en stor Mængde Blylte tilbage i Opløsningen, da Natronhydratet indvirker opløsende paa Blylittet. Skjøndt Blylittets Indvirkning paa Natronhydrat sandsynligviis er ledsaget af en Varmeudvikling, bliver dog den totale Varmeudvikling mindre end i begge de foregaaende Forsøg, nemlig 888° mindre end i tredje Forsøg. At det salpetersure Blylittets Decomposition i dette Tilfælde er fuldstændig, kan vel ikke betvivles; men Varmeudviklingen svarer ikke til Differensen mellem det salpetersure Natrons og det salpetersure Blylittes Neutralisationsvarme, for det Første fordi kun en Deel af Blylittet udfældes og dets latente Varme saaledes ikke fremtræder fuldstændigt, for det Andet fordi den thermiske Virkning ved Blylittets Opløsning i Natronhydrat indgaaer i Resultatet. Men da Varmeudviklingen i de tre sidste Forsøg kun viser smaa Afvigelser, er det meget sandsynligt, at Resultatet af det midterste Forsøg svarer til Differensen mellem Neutralisationsvarmen for salpetersuurt Natron og salpetersuurt Blylte, og *det salpetersure Blylittes Neutralisationsvarme* bliver da

$$(\dot{P}b\dot{H}^2, 2NO^3HAq) = 27364^\circ - 11952^\circ = 15412^\circ.$$

Under samme Forudsætning giver da Forsøget Nr. 460 for den samme Indvirkning

$$27544^\circ - 12280^\circ = 15264^\circ,$$

hvad der stemmer meget nøie med det ovenfor staaende Tal 15412° , og vi ville derfor foreløbigt sætte

$$(\dot{P}b\dot{H}^2, 2NO^3HAq) = 15338^\circ.$$

Det svovlsure Blylites Neutralisationsvarme findes baade af Nr. 461 og af Nr. 462. Efter det første af disse Forsøg bliver den

$$15343^{\circ} + 5448^{\circ} = 20791^{\circ};$$

af det andet findes den, idet Neutralisationsvarmen for svovlsuurt og salpetersuurt Natron er henholdsvis 31378^c og 27364^c, at være

$$31378 + 15338 + 1712 - 27364^{\circ} = 21064^{\circ};$$

disse to Resultater afvige 278^c eller noget over 1 Procent fra hinanden; men det er sandsynligt, at den ved dobbelt Decomposition af salpetersuurt Blylille med svovlsuurt Natron fundne Størrelse er noiagtigere end den, som findes af det nævnte Blysalts Decomposition med Svovlsyre; thi Blysulphatets Bundfældning er i dette Tilfælde ikke saa fuldstændig som i det foregaaende. Jeg har derfor bestemt mig for det sidste Tal og sætter

$$(\dot{P}b\dot{H}^2, SO^3Aq) = 21064^{\circ}.$$

Lignende Forsøg har jeg anstillet med eddikesuurt Blylille; Enkelthederne ere følgende:

$$(PbC^4H^6O^4Aq, MAq).$$

Nr.	M	T	t _a	t _b	t _c	r	s	$\frac{r}{s}$
463	SO ³	18,5	$\left\{ \begin{array}{l} 18,712 \\ 18,620 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,712 \\ 18,688 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,225 \\ 19,165 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 479^{\circ} \\ 478 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right.$	7656 ^c
464	Na ² SO ⁴	18,3	$\left\{ \begin{array}{l} 18,160 \\ 17,715 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,150 \\ 18,115 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,545 \\ 18,320 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 567 \\ 578 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 8 \end{array} \right.$	2980
465	2NaCl	18,7	$\left\{ \begin{array}{l} 18,520 \\ 18,550 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,955 \\ 18,330 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,750 \\ 18,440 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 22 \\ 12 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 8 \end{array} \right.$	156

a = b = 450 Gram; Constanterne ere de sædvanlige.

Af Forsøg Nr. 463, sammenholdt med Nr. 461, findes *Differensen mellem det salpetersure og eddikesure Blylites Neutralisationsvarme* at være

$$7656^{\circ} - 5448^{\circ} = 2208^{\circ}.$$

Den samme Differens findes af Forsøget Nr. 464, sammenholdt med Nr. 462, paa følgende Maade, idet Neutralisationsvarmen for det salpetersure Natron udgjør 27364^c og for det eddikesure Natron 26368^c:

$$2980 - 1712 + 27364 - 26368^{\circ} = 2264^{\circ}.$$

Middeltallet af de to Bestemmelser er 2236^c, og *det eddikesure Blylites Neutralisationsvarme* bliver saaledes

$$(\dot{P}b\dot{H}^2, 2C^2H^4O^2Aq) = 15338 - 2236 = 13102^{\circ}.$$

Af Forsøget Nr. 465 findes Chlorblyets Neutralisationsvarme; Resultatet 136° er nemlig sammensat af følgende Størrelser:

$$136 = (\dot{P}b\dot{H}^2, 2HClAq) + 26368 - 13102 - 27488^{\circ},$$

idet 26368 er Neutralisationsvarmen for det eddikesure Natron og 27488 Neutralisationsvarmen for Chlornatrium. *Chlorblyets Neutralisationsvarme* bliver saaledes

$$(\dot{P}b\dot{H}^2, 2HClAq) = 14358^{\circ}.$$

Til Control for de ovenanførte Talstørrelser har jeg endnu bestemt *det vandfrie Blylites Neutralisationsvarme*. Iltet var fremstillet ved Blanding af en kogende hed Opløsning af Blylte i Natron med en ligeledes varm Opløsning af eddikesuurt Blylte; Iltet fældes som et gulrødt krystallinsk Pulver, der efter Udvaskning og Tørring ved høiere Temperatur danner et udmærket smukt vandfrit guult Ite. Det opløses med Lethed i de stærkt fortyndede Syrer, som jeg anvender ved alle mine calorimetriske Forsøg.

I de nedenstaaende Forsøg ere Salpetersyre og Eddikesyre anvendte som Opløsningsmidler. Syrerne indeholde 200 Mol. Vand pr. Molecul; den til hvert Forsøg afveiede Mængde af Iltet udgjorde 7,44 Gram eller $\frac{1}{30}$ Molecul.

(*PbO*, *MAq*).

Nr.	<i>M</i>	<i>T</i>	<i>t_b</i>	<i>t_c</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	$\frac{r}{s}$
466	Salpetersyre	19,5	$\left\{ \begin{array}{l} 18,155 \\ 18,080 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,612 \\ 19,520 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 596^c \\ 589 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{50}$	17775 ^c
467	Eddikesyre	19,5	$\left\{ \begin{array}{l} 18,400 \\ 18,090 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,665 \\ 19,350 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 517 \\ 514 \end{array} \right.$	$\left. \right\} \frac{1}{50}$	15465

Vandmængden er i disse Forsøg 400 Gram. Beregningen kan skee efter den sædvanlige Formel, idet $a = 0$, $b = 400$ og $p = 9$ Gram.

Af disse Forsøg fremgaaer nu først, at *Differensen mellem det salpetersure og eddikesure Blylites Neutralisationsvarme* er

$$17775^{\circ} - 15468^{\circ} = 2307^{\circ}.$$

Ovenfor har jeg bestemt denne Differens efter to andre Metoder, og de tre Størrelser 2204, 2264 og 2307^c differere kun 99^c eller omtrent 6 Promille af Neutralisationsvarmen.

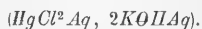
Da Neutralisationsvarmen for det svovlsure Blylte er 5731^c større og for Chlorblyet 980^c mindre end for det salpetersure Salt, finder man følgende Tal for de 4 Blysaltes Neutralisationsvarme, beregnet for vandfrit Blylte, idet her til Sammenligning anføres de for Blyltehydrat fundne Talstørrelser.

<i>M</i>	(<i>PbO</i> , <i>MAg</i>)	(<i>PbH²</i> , <i>MAg</i>)
Svovlsyre	25506 ^c	21064 ^c
Salpetersyre	17775	15358
Chlorbrintesyre	16795	14558
Eddikesyre	15465	13102

Den Differens af omtrent 2400^c, hvormed de første Tal overgaae de sidste, skulde altsaa svare til *Blyiltets Hydratationsvarme*, d. e. den Varmemængde, som Blyiltet udvikler ved at omdannes til Blyiltehydrat.

At mine Talstørrelser skulde stemme med Favre & Silbermanns, var efter de med de andre Iltter gjorte Erfaringer næppe at vente. Dog stemmer det vandfrie Ilttes Neutralisationsvarme med Hensyn til Svovlsyre og Salpetersyre ret godt; F. og S. have fundet henholdsvis 22724 og 18480^c, hvilket stemmer med mine Tal paa 3—4 Procent nær. Derimod afviger deres Tal for Chlorbrintesyre, 22546, stærkt fra mit, 16795^c, og for Hydratets Neutralisation med Eddikesyre fandt F. og S. 14336, medens jeg har fundet 13102^c.

28. Af *Qviksølvsaltene* har jeg kun undersøgt Chloridet, skjøndt Qviksølviltternes hele Forhold nok kunde fortjene en noiere Undersøgelse. Qviksølvchloridets Decomposition iværksættes som sædvanligt med Kali af normal Concentration. Forsøgene ere:



Nr.	<i>T</i>	<i>t_a</i>	<i>t_b</i>	<i>t_c</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	$\frac{r}{s}$
468	18 ₅ ^c	{ 18 ₄₅₀ ^c 18 ₄₆₅	{ 17 ₆₈₅ ^c 18 ₆₈₅	{ 18 ₆₂₀ ^c 19 ₁₂₀	{ 505 ^c 506	{ $\frac{1}{16}$	8088 ^c

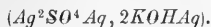
Constanterne ere de sædvanlige. Da nu 2 Moleculer Kalihydrat ved Neutralisation med Chlorbrintesyre udvikle 27504^c, finder man, ved fra denne Størrelse at subtrahere det ovenfor fundne Tal 9088^c, den ved *Qviksølviltets Indvirkning paa Chlorbrintesyre* udviklede Varmer:

$$(HgO, 2HClAg) = 19416^c.$$

Qviksølviltet hører saaledes til de Iltter, der kun give en ringe Varmeudvikling ved Neutralisationen.

29. *Sølviltets* Forhold har jeg undersøgt med Hensyn til Svovlsyre, Salpetersyre og Chlorbrintesyre. Det svovlsure Salts Neutralisationsvarme bestemtes ved Decomposition

af en vandig Opløsning med Kali, det salpetersure Salts ved Decomposition med Barytvand og Chlorsolvets ved det salpetersure Solvilles Fældning med Chlorbrintesyre. Enkelthederne ere følgende:



Nr.	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
469	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,955 \\ 17,720 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,915 \\ 17,982 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,225 \\ 18,228 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 279^c \\ 281 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 60 \end{array} \right.$	16800

Paa Grund af Sølvulphatets Tungopløselighed er her $a = 200$ Gr. og $b = 700$ Gr.; Beholderen B indeholdt Sølvopløsningen; endvidere er $p = 9,7$ og $q = 11^c$ som sævanligt. Da Neutralisationsvarmen for et Molecul svovlsuurt Kali er 31288^c , finder man ved Subtraction *det svovlsure Solvilles Neutralisationsvarme*

$$(Ag^2O, SO^3Ag) = 14488^c.$$

Forsøgene med salpetersuurt Solville ere følgende:



Nr.	R	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
470	BaO	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,812 \\ 17,605 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,070 \\ 18,115 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,125 \\ 19,113 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 966^c \\ 965 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 18 \end{array} \right.$	17580 ^c
471	$2HCl$	18,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,720 \\ 17,872 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 18,085 \\ 17,985 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 20,050 \\ 18,880 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1746 \\ 877 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 36 \end{array} \right.$	31428
472									31572

I Forsøget Nr. 472 er $a = b = 450$, i de øvrige derimod $= 400$ Gr., p og q ere de sædvanlige. Da nu den salpetersure Baryts Neutralisationsvarme efter Forsøg Nr. 381 er 28264^c , bliver *det salpetersure Solvilles Neutralisationsvarme*

$$(Ag^2O, 2NO^3HAq) = 28264 - 17380^c = 10884^c,$$

og endvidere *Chlorsolvets Neutralisationsvarme* eller den Varmemængde, som opstaaer ved Indvirkning af Solville paa Chlorbrinte i vandig Opløsning,

$$(Ag^2O, 2HClAg) = 10884 + 31500^c = 42384^c.$$

Neutralisationsvarmen for det svovlsure og salpetersure Solville er saaledes den mindste af de hidtil iagttagne. Differensen mellem disse to Størrelser udgjør

$$14488 - 10884 = 3600^c$$

eller meget nær den samme Differens, som jeg har fundet for Ifterne af Magnesiærækken (§ 17), nemlig 3581, medens den for Alkaliernes Gruppe er noget større.

Derimod er Solvchloridets Neutralisationsvarme meget betydelig. Her indtræder samme Forhold som ved Thallium, hvis Chlorid ligeledes er uoploseligt; den her stedfindende Virkning er forskjellig fra Neutralisationen; ved denne sidste danner der sig i vandig Oplosning meget sandsynligt en Forbindelse af Iltet eller dets Hydrat med Syrehydratet, hvorimod der her indtræder en Decomposition, hvis Resultat er Dannelsen af det vandfrie Chlorid. Mærkværdigt nok ere Tallene for Thallium- og Solvchlorid meget nær lige store; thi medens jeg for det første har fundet 44340° (§ 3), giver Solvchloridet 42384°, og Overensstemmelsen er saa meget større, som man maa erindre, at i første Tilfælde virker Thallium opløst i Vand, i sidste Tilfælde uopløst Sølvilte, saa at det sidstes latente Varme maa modificere Resultatet noget.

Jeg kan ikke undlade at gøre opmærksom paa, at de her for Sølvilte fundne 3 Tal staae i et simpelt Forhold til hinanden; det tredje Tal er nemlig det Tredobbelte af det første, medens det andet forholder sig til det første som 3 til 4; hertil kommer endnu, at jeg har bestemt det salpetersure Sølviltes latente Varme til -5436° pr. Molecul eller noiagtigt samme Tal som for Neutralisationsvarmen for 1 Molecul salpetersuurt Sølvilte; saaledes er

$$\begin{aligned} (AgN\theta^3, Ag) &= - 5436^\circ = 3.1813 \\ (Ag^2\theta, 2N\theta^3HAq) &= + 10884 = 6.1814 \\ (Ag^2\theta, S\theta^4H^2Ag) &= 14488 = 8.1811 \\ (Ag^2\theta, 2HClAg) &= 42384 = 24.1791 \end{aligned}$$

Om dette er mere end et Tilfælde, skal en senere Undersøgelse af samtlige Iagttagelser vise; *lignende simple Forhold* optræde meget ofte; jeg skal senere komme tilbage hertil, men maa dog endnu gøre opmærksom paa, at der ofte findes et lignende simpelt Forhold mellem de salpetersure Saltes latente Varme og deres Neutralisationsvarme, t. Ex.

$$\begin{aligned} (Ag^2N^2\theta^6, Ag) &= - 10872^\circ & (Ag^2\theta, 2HN\theta^3Ag) &= 10884^\circ = 1.10884^\circ \\ (PbN^2\theta^6, Ag) &= - 7596 & (PbH^2, 2HN^3\theta Ag) &= 15338 = 2.7668 \\ (BaN^2\theta^6, Ag) &= - 9400 & (Ba\theta^2H^2, 2HN\theta^3Ag) &= 28264 = 3.9421 \\ (SrN^2\theta^6, Ag) &= - 4620 & (Sr^2H^2, 2HN\theta^3Ag) &= 27630 = 6.4605 \end{aligned}$$

Bestemmelsen af disse Forbindelsers latente Varme horer til et Afsnit af mine Undersøgelser, som senere skal bekendtgjøres.

Favre & Silbermanns Bestemmelser af Salpetersyrens og Chlorbrintesyre's Neutralisationsvarme med Hensyn til Sølvilte ere henholdsvis 14 og 8 Procent for høie.

30. *Guldilte*, $Au^2\theta^3$, har jeg kun undersøgt med Hensyn til Chlorbrintesyre, idet jeg har decomponeret Guldchlorid med Natronhydrat. Guldchlorid indeholder som be-

kjendt Chlorbrintesyre, saa at det i normal Tilstand svarer til Formlen $Au^2Cl^6 + 2HCl$. Guldchloridet blev udkrystalliseret af vandig Opløsning over Svovlsyre og Kalk og Opløsningen analyseret; paa ganske lidt nær viste Opløsningen den nævnte Sættning, men blev ved Tilsætning af den fornødne ringe Mængde Chlorbrintesyre bragt til nøiagtigt at have den ovennævnte Sættning. Opløsningens Concentration var $Au^2Cl^6 + 2HCl + 1800H^2O$. Af denne Opløsning anvendtes til hvert Forsøg $\frac{1}{72}$ Molecul eller 459,4 Gram, og der tilblandes Natronhydrat i et saadant Forhold, at der paa hvert Molecul Guldchlorid indvirkede henholdsvis 2, 4, 6, 8 og 10 Moleculer Natronhydrat. Forsøgene viste følgende Enkeltheder:



Nr.	n	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
473	2	18,0	17,902	18,105	18,500	570 ^c	} $\frac{1}{72}$	26640 ^c
474	4	18,0	17,750	18,010	18,712	620		44640
475	6	17,8	17,525	17,420	18,500	794		57168
476	8	17,8	17,475	17,850	18,935	945		68040
477	10	17,7	17,350	17,630	18,762	951		68472

a er = 300 og b = 450 Gram; p = 9,7 Gr. og q = 12^c. Af disse Forsøg beregnes nu i Analogi med, hvad jeg ovenfor har viist for Jernchlorid og svovlsuur Beryljord (§ 23—24), Guldillets Neutralisationsvarme for stigende Mængder af Chlorbrinte paa følgende Maade, idet R_n betegner den specielle Værdi af $\frac{r}{s}$:

$$(Au^2O^3, (8 - n)HClAq) = (Au^2O^3, 8HClAq) - n(NaOH Aq, HClAq) + R_n.$$

Man faaer da, idet $8 - n$ sættes lig m

m	$(Au^2O^3, mHClAq)$
2	16600 ^c
4	31560
6	41040
8	41850

Disse Tal have nu Interesse i flere Henseender. Det fremgaaer af dem, at Guldillettet forholder sig mod Chlorbrintesyre som de øvrige Sesquioxider; Varmudviklingen stiger tilnærmelsesviis propotionalt med Syrens Mængde, dog i Begyndelsen noget stærkere end

senere, indtil 6 Moleculer Chlorbrintesyre; men de to følgende Moleculer Chlorbrinte forbinde sig med Guldchloridet uden kjendelig Varmendvikling. I Henseende til Varmendviklingens Størrelse staaer Guldilte mellem Leerjord og Jernilte og nærmer sig til Chromilte og Beryljord (naar Beryljord er Be^2O^3); man har nemlig efter de ovenfor meddeelte Forsøg, idet Baserne tænkes som Hydrater,

$$(Fe^2O^3, 6HClAg) = 33450^c$$

$$(Cr^2O^3, 6HClAg) = 41200$$

$$(Be^2O^3, 6HClAg) = 40930$$

$$(Au^2O^3, 6HClAg) = 41040$$

$$(Al^2O^3, 6HClAg) = 55930$$

Guldchlorid forholder sig saaledes mod Natron ganske anderledes end *Platinchlorid*, som jeg tidligere har undersøgt. Undersøgelsen, der er meddeelt i Afsnit IV, har viist, at Platinchlorid, $PtCl_4 + H_2Cl_2$, kun er istand til at neutralisere 2 Moleculer Natronhydrat og forholder sig som en Syre af Formlen $PtCl^6 \cdot H^2$, hvis Radical ikke decomponeres af Natron i Kulden; derfor kunne kun de 2 Atomer Brint erstattes af Natrium eller andre Metaller, hvorved der da dannes Platinets saakaldte Dobbeltchlorider. Ved Guldchlorid, $Au^2Cl^6 \cdot H^2Cl^2$, derimod skrider Decompositionen frem saa længe, indtil hele Chlormængden er traadt i Forbindelse med Natrium.

E. Nogle organiske Baser.

31. Nærværende Undersøgelse over de organiske Basers Neutralisationsforhold maa kun betragtes som en Orientering paa dette Omraade. Den omfatter kun 3 Baser, der dog henhøre til 3 forskjellige Grupper, nemlig *Æthylamin*, *Tetramethylammoniumilte* og *Triæthylstibinilte*.

Æthylaminet var ikke udelukkende primært Amin, men indeholdt noget secundært og tertiært. Tetramethylammoniumhydratet var fremstillet fuldstændigt reent af Jodidet ved Hjælp af Sølvilte. Ligeledes var Triæthylstibinillet fremstillet med Sølvilte af smukt krystalliseret Jodid.

Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:

Nr.	T	t_a	t_b	t_c	r	s	$\frac{r}{s}$
		(2NAe ³ Aq, SO ³ Aq)					
478	19,0	$\left\{ \begin{array}{l} 17,500 \\ 18,540 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 17,727 \\ 18,655 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19,720 \\ 20,580 \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} 1767^c \\ 1776 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 16 \end{array} \right\}$	28544 ^c
		(2NAe ³ Aq, 2HClAq)					
479	18,0	17,570	17,418	19,225	1565	$\frac{1}{16}$	25040
		(2NAe ⁴ OHAq, SO ³ Aq)					
480	19,0	18,415	18,320	19,775	1292	$\frac{1}{24}$	31008
		(SbAe ³ OAq, SO ³ Aq)					
481	18,4	18,530	18,370	18,560	76	$\frac{1}{48}$	3652
		(SbAe ³ OAq, 2HJAq)					
482	18,7	18,570	18,770	18,700	26	$\frac{1}{52}$	852

I Forsøgene Nr. 478—479 er $a = 437$ og $b = 450$; i Nr. 480 er $a = b = 450$; i Nr. 481—482 er $a = b = 300$ Gram.

De her fundne Resultater frembyde stor Interesse, naar man sammenligner dem med de ovenfor meddelte Tal for Varmeutviklingen ved Neutralisationen af de i Vand opløselige uorganiske Baser. Det viser sig da, at Æthylaminets Neutralisationsvarme er tilnærmelsesviis den samme som Ammoniakens, medens Tetramethylammoniumiltets Neutralisationsvarme er lig med Alkaliernes (Kali, Natron o. s. v.). Neutralisationsvarmen er nemlig for

svovlsuurt Æthylamin	28344 ^c
— Ammoniak	28152
chlorbrintesuurt Æthylamin	25040
— Ammoniak	24544
svovlsuurt Tetramethylammon	31008
— Kali	31288

Det sees altsaa, at den kvaternære Base, som viser en stor chemisk Analogi med Kali, ogsaa i thermisk Henseende forholder sig paa ganske analog Maade og ganske slutter sig til Alkaliernes og de alkaliske Jordarters Gruppe; at endvidere Æthylaminet, som Repræsentant for de flygtige organiske Baser, ogsaa i thermisk Henseende slutter sig til Ammoniak, med hvilken den i chemisk Henseende er fuldkomment analog.

Men alt dette tyder paa, at de vandige Oplosninger af Ammoniak og Ammoniakbaserne maae have en ganske anden Constitution end Oplosningerne af Ammoniumbaserne og Alkalierne. Jeg skulde være tilbøielig til at troe, at Forskjellen ligger deri, at baade de qvaternære Baser og Alkalierne svare til Formlen $R\Theta H$, medens Oplosningerne af Ammoniak og Ammoniakbaserne ikke indeholde Forbindelser, svarende til denne Formel, eller med andre Ord, at *Ammoniumhydratet ikke findes i Oplosningen*, der saaledes maa opfattes som $NH_3 + Aq$.

Triæthylstibinitet viser et fra de andre Baser fuldkomment afvigende Forhold; thi ved Blanding af denne Bases Oplosninger med Svovlsyre er Varmeudviklingen næppe 10 Procent af de øvrige Basers Neutralisationsvarme. Varmeudviklingen svarer omtrent til den, man ofte iagttaget ved Blandingen af to Saltoplosninger, der danne et Dobbelsalt. Jeg antog, at denne Base kunde vise et andet Forhold ligeoverfor Brintesyrene og anstillede derfor Neutralisationsforsøget med Jodbrintesyre; men ogsaa i dette Tilfælde var Varmeudviklingen meget ringe (832°), endnu langt ringere end i Forsøget med Svovlsyre; dette er saa meget mærkværdigere, som der ved Tilsætning af Jodbrintesyren udkrystalliserede Jodtriæthylstibin i rigelig Mængde. Triæthylstibinitet er saaledes et Stof af ganske anden Art end de nævnte organiske Baser og kan strængt taget ikke regnes til de organiske Baser, da det mangler Neutralisationsevne, og dette Stofs Forbindelser med Syrehydraterne maae maaskee stilles i Række med Dobbelsaltene, hvor ligesom her de enkelte Led kun udøve en yderst svag Indvirkning paa hinanden.

De her vundne Resultater forekomme mig at være af saa stor Interesse, at det vel kunde lønne sig at udstrække Undersøgelsen til et større Antal af de organiske Baser; det er ogsaa min Hensigt at gjøre dette, saasnt jeg har fremstillet de paagældende Præparater i tilstrækkelig Mængde.

F. Sammenstilling af Resultaterne.

Det foreliggende 10de Afsnit af mine thermochemiske Undersøgelser indeholder den calorimetrisk Værdi for mere end 100 chemiske Processer, og det er derfor hensigtsmæssigt at sammenstille disse mange Resultater saaledes, at de lettere kunne benyttes. Jeg skal her først opføre alle directe af Forsøgene fundne Talstørrelser, d. e. den fundne Varmeudvikling for de directe undersøgte chemiske Processer; de opstilles tabellarisk med Angivelse af det tilsvarende Forsøg-Numer.

For at forkorte Formlerne noget og derved gjøre dem mere overskuelige indfører jeg en egen Betegnelse for Hydraterne, idet jeg angiver hver Partikel (Halvmolecul) Hydroxyl i Hydratet ved en vandret Streg over Radicalets Formel. Saaledes bliver

$$\begin{aligned}
 KOH &= \overline{K} \\
 Ba\theta^2 H^2 &= \overline{Ba} \\
 Fe\theta^3 H^3 &= \overline{Fe} \\
 NO^3 H &= \overline{NO^2} \\
 S\theta^4 H^2 &= \overline{S\theta^2} \text{ o. s. v.}
 \end{aligned}$$

Istedetfor ($KOHAq, N\theta^3 HAq$) skrives altsaa ($\overline{KAq}, \overline{NO^2 Aq}$) og saaledes videre.

1. Neutralisation.

R	$(RAq, \overline{S\theta^2 Aq})$		$(RAq, 2HClAq)$		$(RAq, 2\overline{NO^2 Aq})$	
$2\overline{Li}$	Nr. 354	31288 ^c	Nr. 367	27696 ^c		
$2\overline{Na}$	1	31578	368	27488	Nr. 379	27564 ^c
$2\overline{K}$	355	31288	369	27504	380	27544
$2\overline{Tl}$	356	31095	370	44540		
\overline{Ba}	357	36896	371	27784	381	28264
\overline{Sr}	359	30710	372	27650		
\overline{Ca}	360	31140	373	27900		
$2NH^3$	361	28152	374	24544	382	24644
$2NAe^3$	478	28544	479	25040		
$2N\overline{Me}^4$	480	31008				
$SbAe^3\theta$	481	3652				

$$\begin{aligned}
 \text{Nr. 397 } (\overline{Na Aq}, \overline{Cl Aq}) &= 9684^c \\
 - 466 (\overline{Pb}, 2\overline{NO^2 Aq}) &= 17775 \\
 - 467 (\overline{Pb}, 2C^2\overline{H^3\theta Aq}) &= 15465
 \end{aligned}$$

De to sidste Forsøg ere anstillede med vandfrie Baser; et lignende Forsøg, anstillet med vandfrit Kobberilte, gav følgende Resultat:

$$(\overline{Cu}, \overline{S\theta^2 Aq}) = 18802^c.$$

2. Enkelt Decomposition.

a. Barytsalte og Svovlsyre

R	$(RAg, \overline{SO^2}Ag)$	
$BaCl^2$	Nr. 375	9152c
BaN^2O^6	386	8560
BaS^2O^6	392	9156
$BaCl^2O^6$	390	8840
$Ba(PH^2O^2)^2$	589	5965
$Ba(C^2H^5, SO^4)^2$	391	9336
$Ba(C^2H^3O^2)^2$	595	9992

b. Svovlsure Salte og Baryt eller Kali.

R	$(RSO^4Ag, \overline{Ba}Ag)$		$(RSO^4Ag, 2\overline{K}Ag)$	
$2Na$	Nr. 563	5492c	"	"
$2K$	564	5632	"	"
$2Tl$	565	5728	"	"
$2NH^4$	566	8792	"	"
Mg	401	5840	Nr. 409	- 88c
Mn	402	10304	410	+ 4912
Ni	403	10628	411	5532
Co	404	12224	412	5888
Fe	405	12005	413	6540
Cd	406	13076	414	7066
Zn	407	15429	415	7956
Cu	408	18456	416	12376
$2Ag$	"	"	469	16800
$\frac{2}{3}Be$	"	"	439	15192
$\frac{2}{3}Fe$	"	"	449	19984
$\frac{2}{3}KFe$	"	"	447	20040
$\frac{2}{3}KCr$	"	"	446	14846
$\frac{2}{3}KAl$	448	16000	445	10176

Beryljordens Formel er antaget at være Be^2O^3 ; Betegnelsen $\frac{2}{3}KFe$ o. s. v. angiver Kali-Jernalun o. s. v.

n	$(Be^{\frac{3}{2}}SO^4Ag, n\overline{K}Ag)$	
$\frac{3}{2}$	Nr. 456	6500 ^c
1	457	8928
$\frac{3}{2}$	458	11142
2	459	15192

c. Chlorforbindelser og Kali eller Natron.

n	$(Fe^2Cl^6Ag, n\overline{Na}Ag)$		$(AuCl^6, H^2Cl^2Ag, n\overline{Na}Ag)$		$(HgCl^2Ag, n\overline{K}Ag)$	
2	Nr. 441	17040 ^c	Nr. 473	26640 ^c	Nr. 468	8088 ^c
3	442	25508	"	"	"	"
4	443	33408	474	44640	"	"
6	444	49008	475	57168	"	"
8	"	"	476	68040	"	"
10	"	"	477	68472	"	"

d. Nogle Bly-, Sølv- og Kobbersalte.

n	$PbN^2O^6Ag, n\overline{Na}Ag$	
$\frac{1}{2}$	Nr. 456	6596 ^c
1	457	12678
2	458	11952
4	459	11064

$$\text{Nr. 460 } (PbN^2O^6Ag, 2\overline{K}Ag) = 12280^c$$

$$- 461 (PbN^2O^6Ag, \overline{S}O^2Ag) = 5448$$

$$- 463 (PbC^4H^6O^4Ag, \overline{S}O^2Ag) = 7656$$

$$- 470 (2AgNO^3, \overline{Ba}Ag) = 17380$$

$$- 471 (AgNO^3, HClAg) = 15750$$

$$- 435 (CuC^4H^6O^4Ag, \overline{Ba}Ag) = 14072$$

e. Partielle Decompositioner.

$$\text{Nr. 387 } (K^2SO^4Ag, 2\overline{N}O^2Ag) = - 2968^c$$

$$- 388 (2KNO^3Ag, \overline{S}O^2Ag) = + 709$$

3. Dobbelte Decompositioner.

a. Svovlsure Salte og Barytsalte.

<i>R</i>	$(RS\theta^4 Aq, BaCl^2 Aq)$		$(RS\theta^4 Aq, BaN^2\theta^6 Aq)$	
$2Na$	Nr. 376	5240 ^c	Nr. 383	4680 ^c
$2K$	377	5280	384	(5648)*
$2NH^4$	378	5408	385	5048
Mg	417	5600	423	4936
Mn	418	5600	"	"
Co	419	5688	"	"
Cd	420	5685	424	5128
Zn	421	5504	"	"
Cu	422	5616	425	5080
$\frac{2}{3}Be$	440	6660	"	"
$\frac{1}{2}KAl$	450	6407	"	"
$\frac{1}{2}KCr$	451	6156	"	"
$\frac{2}{3}Fe$	452	9144	453	8592

<i>R</i>	$(RS\theta^4 Aq, BaC^4 H^6 \theta^4 Aq)$		$(RS\theta^4 Aq, BaC^4 H^{10} . S^2 \theta^8 Aq)$	
$2Na$	Nr. 431	5040 ^c	Nr. 395	4884 ^c
$2K$	432	5156	"	"
Co	"	"	426	5784
Zn	433	4609	"	"
Cu	434	4568	427	5756
$\frac{2}{3}Fe$	455	6756	"	"

*) Med Hensyn til denne Størrelse, der er abnorm, henvises til Texten paa det angivne Sted.

<i>R</i>	$(RSO^4 Aq, BaCl^2 \theta^6 Aq)$		$(RSO^4 Aq, BaS^2 \theta^6 Aq)$	
$2Na$	Nr. 394	4980 ^c	"	"
<i>Mg</i>	"	"	Nr. 428	5456 ^c
<i>Cd</i>	"	"	429	5600
<i>Cu</i>	430	5950	"	"
$\frac{2}{3}Fe$	454	9540	"	"

b. Nogle andre Dobbeltdecompositioner.

<i>R</i>	$(Na^2SO^4 Aq, RAq)$	
$PbN^2\theta^6$	Nr. 462	1712 ^c
$PbC^4H^6\theta^4$	464	2980
<i>SrCl</i> ²	399	-500
<i>CaCl</i> ²	400	-458

$$\text{Nr. 465 } (PbC^4H^6\theta^4 Aq, 2NaClAq) = 136.$$

Af disse 126 calorimetrisk Bestemmelser, i Forbindelse med nogle af de i mine tidligere Arbejder meddelte Størrelser, kan man nu paa den ovenfor beskrevne Maade finde Basernes Neutralisationsvarme i de forskjellige Salte. I nedenstaaende Tabeller sammenstiller jeg disse Størrelser, idet jeg afleder enkelte ikke bestemte Led i de forskjellige Rækker i Analogi med de Led, som ere bestemte. Saadanne calculerede Størrelser ere betegnede med en Stjerne ved Siden af Tallet. Jeg skal endvidere ved Siden af mine Talstørrelser angive, hvormeget de afvige fra Favre og Silbermanns Tal, og til Slutning skal jeg efter mine tidligere Afhandlinger opstille Neutralisationsvarmen for Natronsaltene af de forskjellige Syrer, som ikke ere nærmere undersøgte her. Neutralisationsvarmen skal gennemgaaende angives for 1 Molecul Svovlsyre eller dets Æquivalent af andre Syrer, saa at der i Formlerne optræder 1 Molecul af de tobasiske, men 2 Moleculer af de eenbasiske Syrer, hvorved det bliver betydeligt lettere at sammenligne Resultaterne.

1. Svovlsyrens og Chlorbrintesyrens Neutralisationsvarme.

R	(R, H ² SO ⁴ Aq)		(R, 2HClAq)	
	Thomsen.	Favre & Silbermann (Differens).	Thomsen.	Favre & Silbermann (Differens).
$\overline{2LiAq}$	51290 ^c	"	27700 ^c	"
$\overline{2NaAq}$	51580	+ 240 ^c	27490	+2766 ^c
$\overline{2KAq}$	51290	+ 876	27500	+3812
$\overline{2TlAq}$	51150	"	44540 ¹⁾	"
$\overline{2NMe^4Aq}$	51010	"	"	"
\overline{BaAq}	56900 ¹⁾	+4486	27780	+2824
\overline{SrAq}	50710	"	27650	"
\overline{CaAq}	51140 ^c	"	27900	"
\overline{Mg}	51220	-2540	27690	-1250
$\overline{2NH^3Aq}$	28150	+1250	24540	+2532
$\overline{2NAe^3Aq}$	28540	"	25040	"
\overline{Mn}	26480	-2350	22950	- 485
\overline{Ni}	26110	-2246	22580	-1756
\overline{Co}	24670	-1110	21140	- 392
\overline{Fe}	24920	-5176	21590	-1754
\overline{Cd}	25820	-3340	20290	-4072
\overline{Zn}	25410	-2500	19880	-3266
\overline{Cu}	18440	-5000	14910	-2078
\overline{Pb}	21060 ¹⁾	"	14560 ¹⁾	"
$\overline{Cu\theta}$	18800	"	15270	"
$\overline{Hg\theta}$	"	"	19420	"
$\overline{Pb\theta}$	25500 ¹⁾	- 776	16790 ¹⁾	+5756
$\overline{Ag^2\theta}$	14490	"	42580 ¹⁾	+3556
$\overline{\frac{2}{3}Al}$	20990	+ 906	18640	"
$\overline{\frac{2}{3}Be}$	16100	"	15640	"
$\overline{\frac{2}{3}Cr}$	16440	"	15750	"
$\overline{\frac{2}{3}Au}$	"	"	15680	"
$\overline{\frac{2}{3}Fe}$	11250	+2222	11150	"

I de med ¹⁾ betegnede Tilfælde dannes en uoploselig Forbindelse, og Varmetoniugen indbefatter derfor saavel Præcipitationsvarmen som Neutralisationsvarmen.

2. Salpetersyrens og Eddikesyrens Neutralisationsvarme.

R	$(R, 2N^2\theta^3HAq)$		$(R, 2C^2H^4\theta^2Aq)$	
	Thomsen.	Favre & Silbermann (Differens)	Thomsen.	Favre & Silbermann (Differens).
$2\overline{Na}Aq$	27560 ^c	+2506 ^c	26570 ^c	+ 850 ^c
$2\overline{K}Aq$	27540	+3480	26450	+1516
$\overline{Ba}Aq$	28260	+2460	26900	- 596
\overline{Mg}	27520	-1840	*26400	"
$2\overline{NH}^3Aq$	24640	+2712	*25500	+1798
\overline{Cd}	20520	-4088	"	"
\overline{Zn}	*19850	-3184	18050	-2590
\overline{Cu}	14890	-2060	12820	-2292
$\frac{2}{3}\overline{Fe}$	11200	"	7990	"
\overline{Pb}	15540	"	15120	+1216
\overline{PbO}	17770	+ 710	15460	"
\overline{CuO}	15250	"	15180	"
$\overline{Ag}^2\theta$	10880	+1532	"	"

Neutralisationsvarmen for de salpetersure Salte af de manglende Led af Magnesia-rækken kan med tilstrækkelig Nøjagtighed findes af Tallet for de svovlsure Salte ved Subtraction af 3580^c, og paa lignende Maade kan Neutralisationsvarmen for de eddikesure Salte findes ved Subtraction af 5200^c.

3. Neutralisationsvarmen for Svovlundersyre, Æthersvovlsyre, Chlorsyre og Phosphorundersyring.

$(R, QAq).$

R	Q			
	$S^2\theta^6 \cdot H^2$	$2(C^4H^5, S\theta^4 \cdot H)$	$2(Cl\theta^3 \cdot H)$	$2(PH^2\theta^2 \cdot H)$
$2\overline{Na}Aq$	27070 ^c	26950 ^c	27520 ^c	30320 ^c
$\overline{Ba}Aq$	27760	27560	28050	30930
\overline{Mg}	27540	*27650	"	"
\overline{Co}	*21200	21120	"	"
\overline{Cd}	20560	*20250	"	"
\overline{Cu}	*14970	14840	15550	"
$\frac{2}{3}\overline{Fe}$	"	"	10700	"

Svovlundersyrens og Æthersvovlsyrens Neutralisationsvarme er meget nær den samme som Chlorbrintesyrens og Salpetersyrens.

4. Svovlbrintesyrens Neutralisationsvarme.

R	$(R, 2SH^2 Aq)$	$(R, 2SH^2)$
$2\overline{Na}Aq$	15480 ^c	10720 ^c
$\overline{Ba}Aq$	15750	10990
$2NH^2 Aq$	12390	7640

5. Neutralisationsvarmen for Natronsaltene af de forskjellige Syrer.

I de første 8 Afsnit af mine nyere thermochemiske Arbejder har jeg underkastet Syrernes Neutralisationsforhold en omfattende Undersøgelse. Af de deri meddeelte Talstørrelser skal jeg her sammenstille dem, der angaae Dannelsen af normale Natronsalte. Ogsaa i denne Tabel skal jeg anføre alle Talstørrelser beregnede for 1 Molecul Svovlsyre eller dets Æquivalent af andre Syrer, saa at alle disse Tal kunne sammenlignes indbyrdes og tillige med de ovenfor meddeelte. Endvidere skal jeg ordne Syrerne i Grupper efter Størrelsen af Neutralisationsvarmen, idet jeg indskyder de nytilkomne Syrer mellem de tidligere undersøgte. Resultaterne gjælde selvfølgelig alle for *Indvirkningen af de i Vand opløste Syrer* paa ligeledes opløst Natronhydrat.

Normale Natronsalte.

Q	$(2Na\theta HAq, Q Aq)$
Fluorbrintesyre	$2HF$ 32540 ^c
Svovlsyre	$H^2 \cdot S\theta^4$ 31380
Selensyre	$H^2 \cdot Se\theta^4$ 50590
Phosphorundersyrting	$2(H \cdot PO^2 H^2)$ 50320
Svovlsyrting	$H^2 \cdot S\theta^3$ 28970
Metaphosphorsyre	$2(H \cdot PO^3)$ 28750
Phosphorsyrting	$H^2 \cdot PO^3 H$ 28370
Oxalsyre	$H^2 \cdot \zeta^2 \theta^4$ 28280

Q		$(2N\alpha\theta HAq, QAq)$
Chlorbrintesyre	$2HCl$	27480 ^e
Brombrintesyre	$2HBr$	27500
Jodbrintesyre	$2HJ$	27550
Chlorsyre	$2(H, ClO^3)$	27520
Salpetersyre	$2(H, NO^3)$	27560
Svovlundersyre	H^2, S^2O^6	27070
Selensyrting	H^2, SeO^3	27020
Chlorplatinsyre	$H^2, PtCl^6$	27220
Fluorsiliciumsyre	$H^2, SiFl^6$	26620
Æthersvovlsyre	$2(H, AeSO^4)$	26950
Myresyre	$2(H, CHO^2)$	26400
Eddikesyre	$2(H, C^2H^3O^2)$	26510
Paraphosphorsyre	$(\frac{1}{2}H^4, P^2O^7)$	26370
Orthophosphorsyre	H^2, PO^4H	27080
Orthoarseniksyre	H^2, AsO^4H	27580
Citronsyre	$\frac{2}{3}(H^3, C^6H^5O^7)$	25470
Viinsyre	$H^2, C^4H^3O^6$	25510
Ravsyre	$H^2, C^4H^4O^4$	24160
Chromsyre	H^2, CrO^4	24720
Kulsyre	H^2, CO^2	20180
Borsyre	H^2, B^2O^4	20010
Chlorundersyrting	$2(H, ClO)$	19370
Svovlbrintesyre	$2(H, SH)$	15480
Cyanbrintesyre	$2(H, Cy)$	5550
Tinsyre	$\frac{1}{2}(H^4, SnO^4)$	4780
Kiselsyre	$\frac{1}{3}(H^4, SiO^4)$	2710

Hvad Neutralisationsvarmen for de basiske og sure Salte angaaer, henvises til de specielle Undersøgelser.

De her meddeelte Resultater indeholde et betydeligt Materiale til theoretiske Betragtninger, og jeg skal i en følgende Afhandling, hvor jeg vil komme til at discutere Neutralisationsphænomenet fra et almindeligt Standpunct, gaae nærmere ind paa disse Tals Betydning. Det vil da vise sig, at de frembyde mange simple Relationer og ere istand til at give interessante Oplysninger om Saltene og deres Componenters Natur.

Indhold.

	Pag.
A. Lithion, Natron, Kali, Thalliumilte, Baryt, Strontian, Kalk og Ammoniak	270 . . 6.
B. Magnesia, Manganforilte, Nikkelilte, Kobaltilte, Jernforilte, Cadmiumilte, Zinkilte og Kobberilte	285 . . 21.
C. Beryljord, Leerjord, Chromilte og Jernveilde	300 . . 36.
D. Blyilte, Qviksolvilte, Solvilte og Guldilte	309 . . 44.
E. Æthylamin, Tetramethylammoniumilte og Triæthylstibinilte	318 . . 54.
F. Sammenstilling af Resultaterne	320 . . 56.

Bidrag

til

Kundskab om Egefamilien

i

Nutid og Fortid.

Af

A. S. Ørsted.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. VI.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

1871.

1912

1912

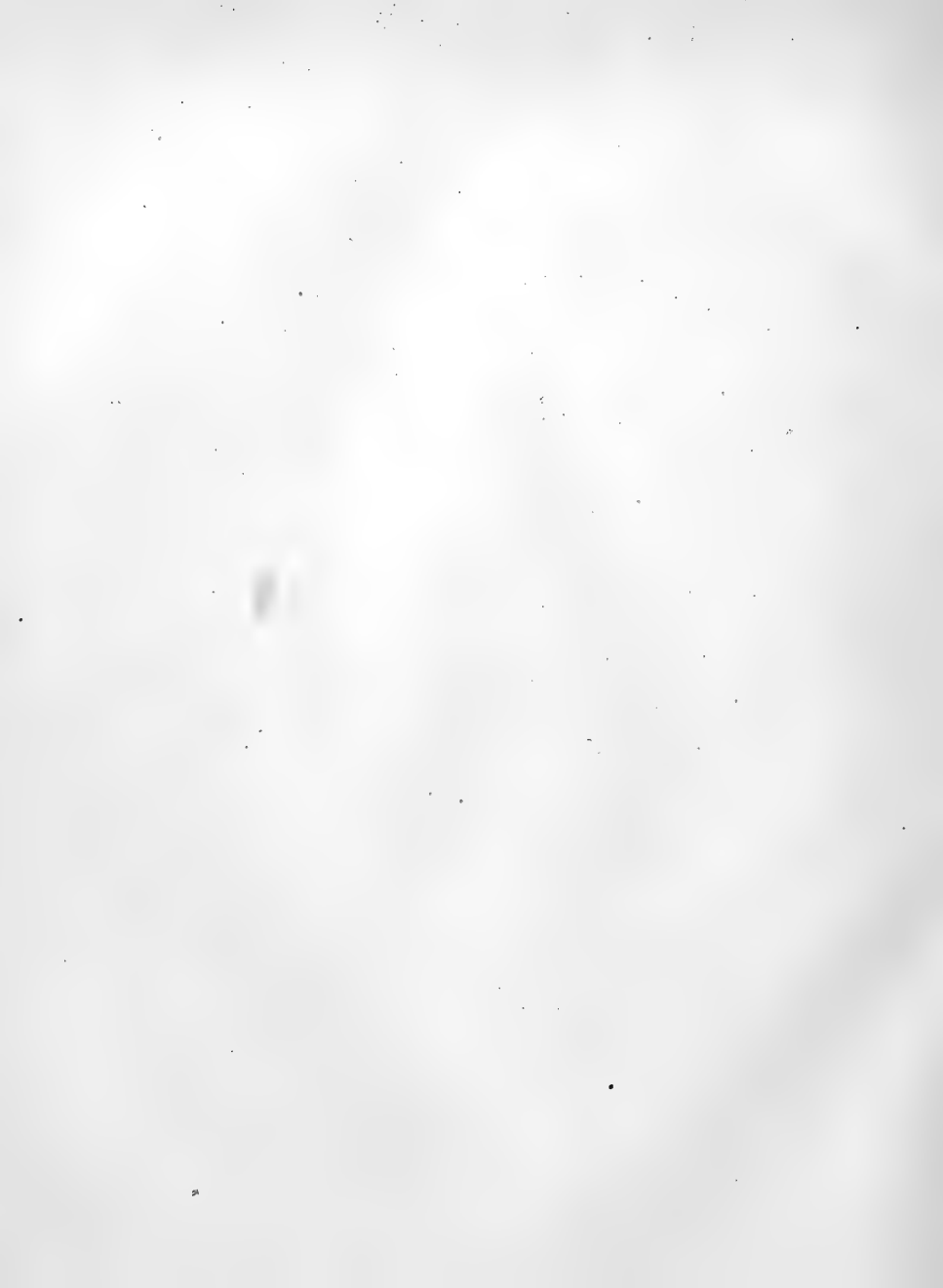
1912

Første Afsnit.

Forstudier

over

Nutidens Arter i morfologisk, anatomisk, systematisk og plante-
geografisk Henseende, nærmest med Hensyn til Fortidens.



Den Sammenligning med Nutidens Planter, som Studiet af Fortidens Arter nødvendigvis kræver, fører snart til den Erkjendelse, at de Karakterer, som i Almindelighed lægges til Grund for Adskillelsen af de levende Planter, langtfra ere tilstrækkelige til en rigtig Opfattelse af de fossile. Naar man, som ofte er Tilfældet, ved Bestemmelsen af disse alene er henvist til et Brudstykke af et Blad, føler man Nødvendigheden af en langt mere i det Mindste gaaende Undersøgelse af Bladribbernes Forhold end den, som behøves til Adskillelsen af de levende Planter, og man tvinges stadig til at gøre sig Rede for, hvorvidt der af den enkelte tilstedeværende Del af en Plante kan gjøres sikre Slutninger med Hensyn til Beskaffenheden af de andre, eller med andre Ord: man føler Trang til at efterspore den Forbindelse mellem Karaktererne hos de forskjellige Organer, som nødvendigvis maa gjøre sig gjældende i en naturlig Gruppering af Arterne.

Det er saadanne med Hensyn til en rigtig Opfattelse og Bestemmelse af de fossile Cupuliferer nødvendige Forstudier af Nutidens Arter, som forudskikkes i det første Afsnit af nærværende Afhandling med stadigt Hensyn til det andet Afsnit, der vil indeholde kritiske Bemærkninger til de hidtil leverede Arbejder over de fossile Cupuliferer samt en systematisk ordnet Udsigt over Fortidens Arter.

Saadanne Forstudier indeholdes vistnok allerede for en væsentlig Del i min tidligere Afhandling: »Bidrag til Egeslægtens Systematik« (Naturh. Forenings vidensk. Meddelelser 1866), og jeg troer, at det er almindelig erkjendt, at der ved den deri paaviste Betydning af Griflerne og Arrene for disse Planters Systematik er naaet hen til en i det Hele tyldstgjørende naturlig Inddeling af Egefamilien; men siden denne Afhandling udkom, har jeg haft Leilighed til at gjennemgaa dels ældre Samlinger (Bartwegs amerikanske og Kotschys orientalske), rige paa autentiske Arter, dels saadanne, som ere hjembragte i den nyeste Tid, og hvorved en Del hidtil ukjendte Arter ere bragte for Dagen (Bourgeaus mexicanske, R. Browns (Campst.) californiske Samlinger), og ligeledes har jeg ved de Samlinger af

torrede Planter til vor Haves Herbarium, som skyldes J. D. Hooker og Rigmuseet i Utrecht, været istand til at blive mere fortrolig med de asiatiske Arter. Medens nu Undersøgelsen af dette rigere Materiale i alle væsentlige Forhold har tjent til at bestyrke Rigtigheden af de Principer, som jeg i min tidligere Afhandling har lagt til Grund for Inddelingen, har den ogsaa bidraget til at oplære en Del Tvivl, og i enkelte mere underordnede Punkter medført nogle Forandringer. At Gyldigheden af den af mig foreslaaede systematiske Inddeling ligeledes bekræftes, saavel ved disse Planters indre Bygning, som ved deres geografiske Udbredning, vil ogsaa her blive vist, saa at dette første Afsnit falder i følgende Kapitler: 1) Yderligere Bidrag til Egefamiens morfologiske Forhold; 2) en Sammenligning mellem den indre Bygning af Stammen hos Egen, Bøgen og Kastanien; 3) en systematisk Udsigt over Egefamilien; 4) denne Families geografiske Udbredning.

I.

Yderligere Bidrag til Egefamiens morfologiske Forhold.

Bladene. I min tidligere Afhandling har jeg gennemgaaet de karakteristiske Forhold i Ribbefordelingen og Indskæringerne. Hvad Sekundærribberne angaaer, da løbe disse, naar Bladene ere indskaarne, ud til Enden af Fremragningerne (Takken, Fligen), som hos

Cyclobalanopsis gilva; naar Bladene derimod ere helrandede, da enten dele Sekundærribberne sig i en temmelig stor Afstand fra Randen i to Hovedgrene, hvoraf den ene bøier opad og den anden nedad, som hos *Quercus (Erythrobalanus) dispersa*, eller de ende i en med Bladranden næsten parallellebende Bue, som hos *Pasania glabra*. Foruden disse Forhold, der ere de almindeligste, bør endnu udhæves følgende, sjældnere forekommende, men dog karakteristiske for egne naturlige Grupper: Sekundærribberne opløse sig ved gjentagen Gaffeldeling i større finere Ribber, som tabe sig henimod Randen — saaledes navnlig hos *Quercus (Heterobalanus) semecarpifolia* (Tab. I, 1—3) og tildels hos flere Arter af *Ilex*-Gruppen (Tab. II, 1—3) og af *Erythrobalanus*-Gruppen (*cinerea*, *imbricaria*) — eller Sekundærribberne løbe ud i en Tak, men afgive nær Randen en med denne næsten parallellebende Gren, saaledes som hosstaaende

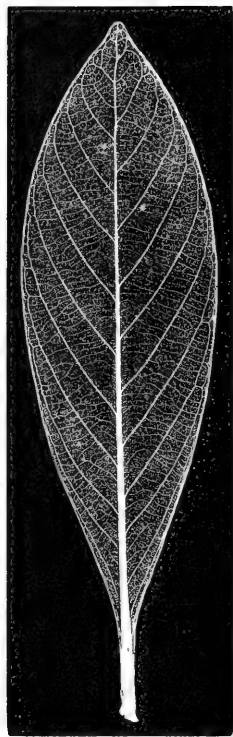


Cyclobalanopsis gilva (Bl.).

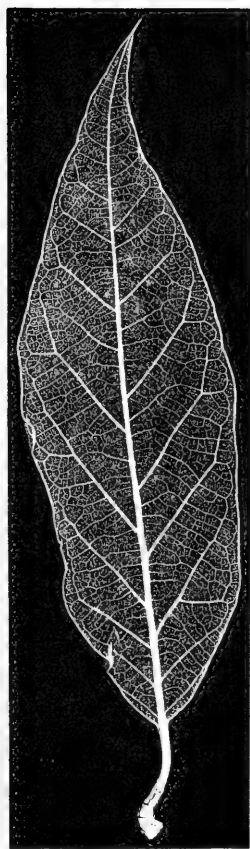


Af *Quercus Sadleriana*.

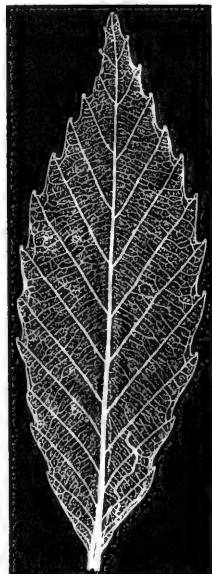
Træsnit viser. Dette Forhold gjør sig navnlig



Pania glabra (Thunb.).



Quercus conspersa.



Q. glandulifera Blume.

gjældende hos *Quercus subgen. Macrobalanus* og hos *Quercus subgen. Lepidobalanus sect. Prinus § serroides*.

Hos nogle Arter af Bøgegruppen (*Fagus Sieboldii*, *Nothofagus antarctica*, *N. Gunnii*) finder tilsyneladende et meget afvigende Forhold Sted, idet Sekundærribberne ende, ikke som sædvanlig i Spidsen af Fremragningen, men i Bunden af Udsnippet (Tab. VI, f. 27). En nærmere Betragtning viser imidlertid, at hos disse Arter svarer Bunden af Udsnippet til



Af *Fagus Sieboldii*.



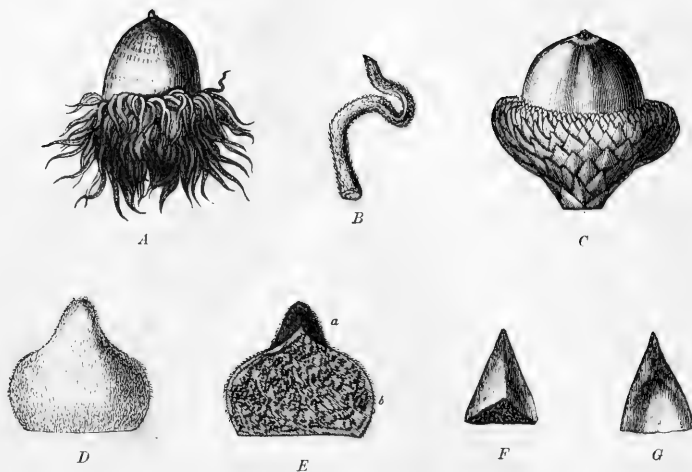
Af *Nothofagus antarctica*
var. lobata.

Spidsen af Fremragningen hos andre Arter. Hos *Fagus sylvatica* ere Bladene dobbelt rundtakkede paa den Maade, at der til hver Sekundærribbe horer en stor og en lille Tak (Tab. VI, f. 29); men undertiden forsvinder den mindre Tak, i hvilken Ribben gaaer ud, ganske, og da have vi det samme Forhold, som normalt gjør sig gjældende hos *Fagus Sieboldii* med enkelt rundtakkede Blade, som paa hosstaaende Træsnit. Her er altsaa Bunden af Udsnippet homolog med den lille Tak hos *Fagus sylvatica*. *Nothofagus antarctica* og *Gunnii* have ligeledes dobbelt rundtakkede Blade — hver Tak er ved et Indsnit delt i to ligestore Dele (Tab. VI, f. 27) —; men hos en almindelig forekommende Varietet af *N. antarctica* (*v. sublobata*) træder i Takkernes Sted korte takkede Lapper, som hosstaaende Træsnit viser, og da løbe Sekundærribberne midt igjennem Lapperne, saa at det altsaa ogsaa her sees, at Bunden af Udsnippet hos den almindelige Form (Tab. VI, f. 27) er homolog med Enden af Lappen hos den lappede Form.

Bladene ere hos de tre Hovedgrupper i Regelen saa forskellige, at disse alene derved kunne skjehes fra hverandre. Hos Kastaniegruppen ere Bladene, paa faa Undtagelser nær, helrandede; hos Egene ere de som oftest mere eller mindre dybt indskaarne, men selv om de ere helrandede, ere de forskellige fra Bladene hos de til Kastaniegruppen hørende Arter ved Ribbernes Karakter (smign. Bladet af *Quercus (Erythrobalanus) conspersa*) med Bladet af *Pasania glabra* (p. 337); de til Bøgegruppen hørende Arter have sædvanlig dobbelt rundtakkede Blade og et eget Forhold i Sekundærribberne, der enten ere som ovenfor omtalt, eller de dele sig i nogen Afstand fra Randen i to Grene, af hvilke der gaaer én til hver af Takkens Smaatakker (Tab. VI, f. 25, 26, 28); kun hos *Nothofagus Solandri* og *Cliffortioides* ere Bladene helrandede. Hos *Castaniæ* stemme Slægterne væsentlig overens i Bladene; hos *Quercinæ* og *Faginæ* derimod vil man i Reglen alene paa Bladene kjende Slægterne, og af *Quercus* endog Underslægterne. Hos de tre store Underslægter: *Lepidobalanus* med lappede, *Erythrobalanus* med fligede og braaddet-tandede og *Cerris* med

saugtakke Blade, gjør der sig en smuk Parallelisme gjældende i Indskæringernes Dybde, hvilket man let vil overbevise sig om ved at betragte Figurerne paa Tab. III.

Skaalen. Det gjælder som almindelig Regel i Planteriget, at de nærmest Væxtspidsen siddende Blade ere de yngste, de sidstdannede. Dog er det ikke sjældent, at der i Blomstens Udvikling gjør sig et andet Forhold gjældende, idet Axen nedenfor den primære Væxtspidse antager Karakteren af en secundær og saaledes giver Anledning til Dannelsen af en eller flere indskudte (intercalære) Bladkredse. Saaledes er det nu almindelig erkjendt, at Bægeret hos *Compositæ*, *Dipsacæ*, *Valerianæ* og *Rubiaceæ* først opstaaer længe efter at Kronen, Støvbladene og Frugtbladene ere blevne dannede. Paa lignende Maade forholder det sig med Udviklingen af Skaalen hos Cupulifererne. Hos Egen vil man saaledes finde, at Hunblomsterne paa den Tid, da Hanblomsternes Støvnapper allerede afgive deres Støv, endnu kun ere ufuldstændig udviklede. De bestaa nemlig alene af tre Perigonalblade og af tre Griffier med Arrene, men af Frugtknuden er der endnu ikke Spor. Imellem Grunden af Blomsten og en eller to Krandse af smaa Høiblade sees en ringformig Svulst af Urmeristem, og af denne voxer, efterat Bestøvningen har fundet Sted, Skaalen frem med sine talrige Høiblade. »Først begynder i denne Ringsvulst intercalær Væxt og Celleformering, og den forvandles herved i Løbet af tre Uger til den Blomsten omgivende Skaal, paa hvis Indreflade der udenfra indad opstigende, tilsyneladende ovenfra nedad nedstigende, stadig dannes nye Skæl. Senere tager den ved Grunden af Skaalens Indreflade fortsatte Væxt saa meget til, at Indrefloden krænges udad, saa at de yngste Skæl komme til at staa paa Skaalens øverste frie Rand. Skaalskællene danne mangleddede afvæxlende Krandse, men disses Længderækker ere ikke som sædvanlig stillede parallelt med Hovedaxen, men have en tangential skæv Heldning. I de senere dannede Krandse tiltage Leddenes Antal, og Skællene staa paa Skaalens øverste Del efter Divergenser, hvis Tæller ere 2, men Nævneren et høit Tal, f. Ex. $\frac{2}{35}$. Bogen og Kastanien forholde sig paa lignende Maade kun med den Forskjel, at den unge Skaal fra Begyndelsen af danner nye Skæl paa den frie Rands Yderside.» (Hofmeister: Handbuch des physiol. Botanik, 1 Bd., S. 464). — Denne Forskjel i Udviklingen paa den ene Side hos *Quercinæ*, paa den anden Side hos *Faginæ* og *Castaninæ*, betegner uden Tvivl de væsentligste Egenheder i Skaalen. Næst efter Udviklingen maa der vistnok tillægges det Forhold, hvori Skaalens Axe og Blade (Skællene) staa til hinanden, den største Betydning; idet enten Axen er stærkt udviklet og Bladene tilbagetrængte eller manglende, eller det omvendte Forhold gjør sig gjældende. Hos *Cyclobalanus* er saaledes i Reglen Skaalen næsten udelukkende dannet af Axen; dennes Internodier ere tydeligt adskilte, og paa den udvoxne Skaal sees ofte i Skælkrandsenes Sted kun concentriske Ringe, som betegne Krandsenes Plads, eller svage Rudimenter af Skællene (p. 342, fig. C, Ørsted: Bidrag o. s. v. Tab. I—II, fig. 13 og fig. 14). Paa en anden Maade gjør



A *Quercus (Cerris) Cerris*. Frugt omgivet af Skaalen.

B et af Skaalens Skæl.

C *Quercus (Erythrobalanus) tinctoria*. Frugt omgivet af Skaalen.

D Skaalskæl af *Quercus (Lepidobalanus) pedunculata*, seet fra den udadvendte Side.

E Samme seet fra den indadvendte Side.

F Skaalskæl af *Quercus (Erythrobalanus) rubra*, fra den indadvendte Side.

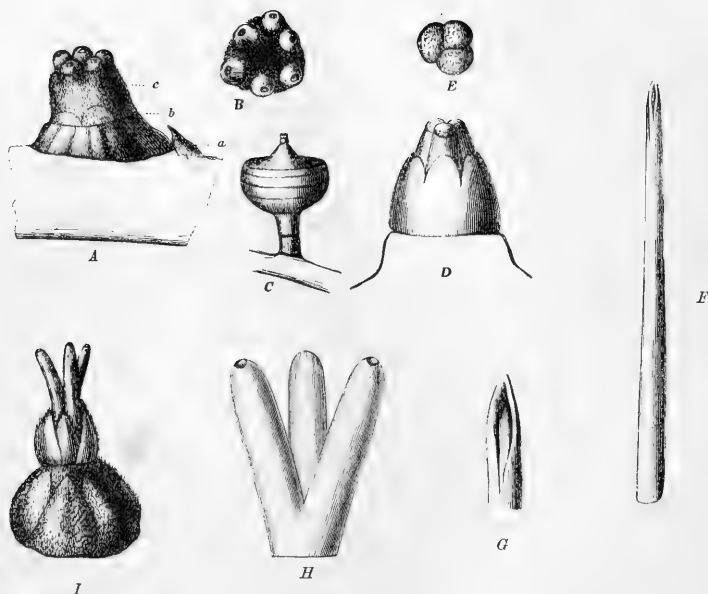
G Samme fra den udadvendte Side.

Axens fremherskende Udvikling sig gjældende hos nogle *Nothofagus*-Arter og navnlig hos *N. antarctica*. Hos denne Art er det ikke sjældent, at hver af Skaalens fire Dele bestaaer af en i Spidsen gaffeldelt Axe, hvis Rygside kun bærer ét Skæl, som synes at være det stottende Dækskæl, der i Storstedelen af sin Længde er sammenvokset med Axen (Tab. VI, fig. 10—11). Indenfor de forskellige Slægter finder der en Gjentagelse Sted af væsentlig de samme Forskelligheder i Skaalens Form og Størrelse, hvorfor det Forhold i Skaalen, at denne omslutter hele Frugten (p. 345, fig. L og fig. H), heller ikke kan tillægges den Betydning i systematisk Henseende, som man tidligere har gjort; det kan aldrig benyttes som adskillende Mærke for Slægterne, men i det Hoieste for Underslægterne. Ogsaa i Axedelens Tykkelse gjør der sig stor Forskjel gjældende. Den er saaledes meget tyk hos *Cyclobalanus induta*, hos *Pasania lithocarpa* (p. 345, fig. F) o. fl., men derimod meget tynd hos *Cyclobalanus encleis-tocarpa* (p. 345, fig. L), hos *Pasania lanceafolia* (Ørsted: Bidrag o. s. v., Tab. I—II, fig. 30), hos *Quercus (Lepidobalanus) lyrata* (p. 345, fig. H) og hos *Quercus (Lepidobalanus) Sadleriana*.

Med Hensyn til Skællenes Stilling savnes endnu hos flere Slægter (*Castanea*, *Fagus*, *Nothofagus*) fuldstændige Oplysninger, hentede fra Udviklingshistorien. Ifølge Hofmeister ere de altid krandsstillede; Krandsene ere sædvanlig saa tætstillede, at Skællene ere taglagte. — Sædvanlig ere Skællene i samme Krands indbyrdes frie, kun hos *Cyclobalanus* og *Cyclobalanopsis* voxede sammen og danne en helrandet eller tandet Skede. Et lignende Forhold gjør sig gjældende hos de fleste Arter *Nothofagus* (Tab. VI, f. 8, 9), men hos *N. obliqua* ere de fuldstændig frie og hos *N. Menziesii* kun meget lidt sammenvoxne ved Grunden (Tab. VI, f. 3, 4). — Hvad Skællenes Form angaaer, viser den væsentligste Forskjel sig i, om de ere delte — som hos *Castanea*, hvor de danne grenede Torne og hos *Nothofagus alpina*, hvor de ere fryndset-fligede — eller om de ere udelte, som hos de fleste Slægter. Hos de tre store Underlægter af Slægten *Quercus* viser der sig i Regelen en iænefaldende Forskjel i Skællenes Form, saaledes at de hos *Lepidobalanus* have en nedre bred med Axen sammenvoxen, knudeformig udvidet Grund og en meget smallere fri Spids (p. 340, fig. D, E^{*)}), medens de hos *Erythrobalanus* ere trekantede (p. 340, fig. F, G) og hos *Cerris* liniedannede (p. 340, fig. A, B); dog er det hos denne Underlægter ofte kun de øverste Skæl, som have denne Form, medens de nedre ere meget kortere og bredere. Hos *Pasania* have Skællene væsentlig samme Form som hos *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, men den nedre, bredere Del er som oftest saa noie sammenvoxen med Axen, at den næsten ikke kan adskilles fra denne, og den frie Del er sædvanlig spidsere og hos *Pasania densiflora* linieformig forlænget. — Det er kun sjelden, at Skaalen er sammenvoxen med Frugten, som hos *Cyclobalanus* subgen. *Enclleistocarpus* og hos *Pasania* subgen. *Lithocarpæa*.

Hunblomsterne nærmest med Hensyn til Grifler og Ar. I min tidligere Afhandling har jeg vist, at der maa tillægges Griflerne og Arrene den største Betydning i Egefamielens Systematik, og ved alle de Arter, som jeg har havt Leilighed til at undersøge, siden min Afhandling udkom, er jeg bleven bestyrket i Rigtigheden heraf. Ved disse Organer dannes saaledes en skarp Adskillelse mellem *Castaninæ* med valseformede, stive oprette Grifler, der i Enden have et punktformig Ar (p. 342, fig. A—I) og *Quercinæ* med Grifler af forskjellig Form (dog ikke valseformede), som altid have Arret udbredt paa hele den indad- eller opadvendte Side (p. 342, fig. A—G). Det har fremdeles vist sig, at alene disse Organer danne et sikkert Grundlag for en naturlig Gruppering af de talrige, ved saa mange Overgangsformer forbundne, Arter af Slægten *Quercus*. Ved de paa Tab. V givne Analyser vil det saaledes sees, at Griflerne hos alle Arter af Underlægten *Cerris*, hvoraf jeg tidligere ikke havde kunnet undersøge ret mange Arter, have den samme liniedannede, i

*) Blandt de Afbigelsener, som her gjøre sig gjældende, fortjener især at udhæves, at hos nogle Arter ere de øverste Skæl liniedannede som hos *Cerris*, saaledes hos *Q. macrocarpa* og *olivæformis*, og hos *Lepidob.* (*Prinus*) § *serroides* have Skællene væsentlig samme Form som hos *Erythrobalanus*.



A—C *Cyclobalanus Reinwardtii*. A Hunblomst seet fra Siden, siddende paa den fælles Blomsterstilk i Hjørnet af et Dækskæl (a); b første Anlæg til Skaalen, endnu kun bestaaende af en Krands af fornedne sammenvoxne Skaalskæl; c Blomsterdække. B Griflerne sete fra oven. C Ung Frugt, omgiven af Skaalen.

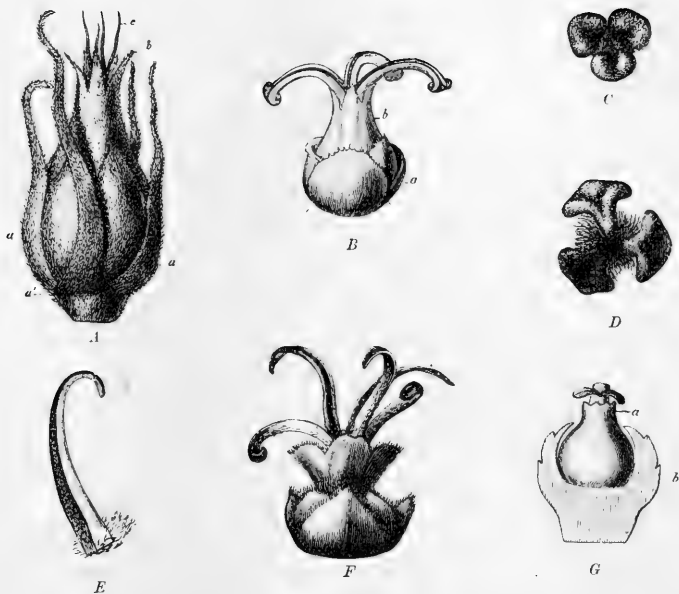
D—E *Cyclobalanus costata*. Den øverste Del af Hunblomsten, Blomsterdække og Grifler, seet fra Siden. E Arrene sete fra oven.

F—G *Castanea vesca*. F Griffel. G Den øverste Del af samme lidt mere forstørret.

H *Pasania Korthalsii*. Grifler af samme.

I *Castanea (Castanopsis) argentea*. Hunblomst.

Enden spidse Form, medens de hos Underslægten *Lepidobalanus* ere korte, flade, i Enden brede, næsten nyredannede (p. 343, fig. C, D, G og Tab. VI, fig. 20, 22, 23) og hos Underslægten *Erythrobalanus* liniedannede, i Enden udvidede (p. 343, fig. B og Tab. IV). I Regelen er der til disse Karakterer i Griflerne knyttede egne Forhold ikke alene i Frugt og Skaal, men ogsaa i Bladene; men naar dette ikke er Tilfældet, naar Karaktererne krydse hinanden, da har man altid i Griflerne et sikkert, til den rigtige Opfattelse af det naturlige Slægtskab ledende Criterium, saaledes som det har vist sig med Hensyn til *Quercus agrifolia*, der ikke, som man tidligere ifølge dens Habitus sluttede, har sit nærmeste Slægtskab med



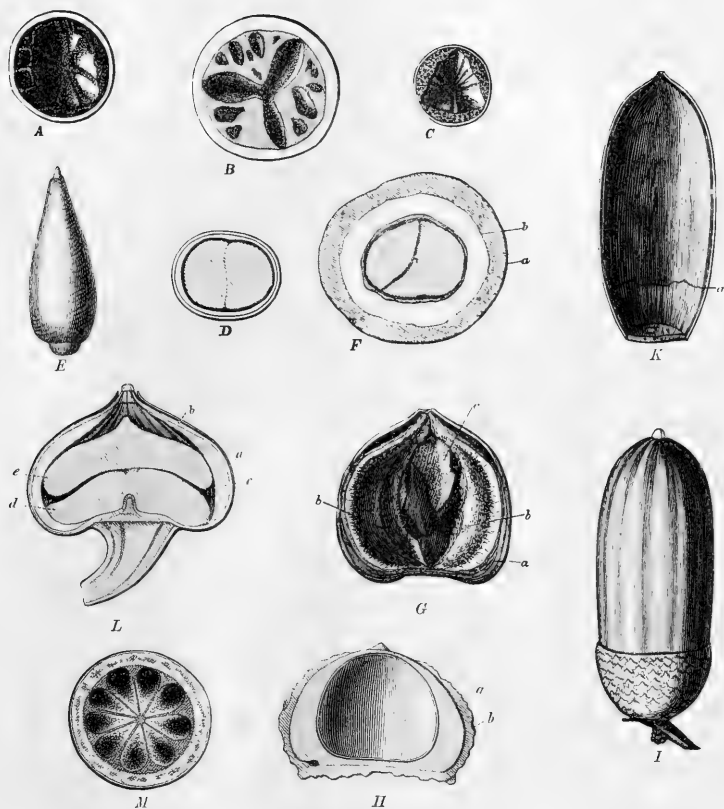
- A Hunblomst af *Quercus (Cerris) Cerris*. a' Dækskæl. a, a Yderste Skaalskæl. b Blomsterdække. c Grifler
- B Hunblomst af *Quercus (Erythrobalanus) ruber*, omgivet af den unge Skaal; a dennes Skæl; b Blomsterdække.
- C Griflerne, sete fra oven, af *Quercus (Lepidobalanus) Prinus*.
- D Griflerne, sete fra oven, af *Quercus (Lepidobalanus) oleoides*.
- E Griffel af *Quercus (Cerris) occidentalis*.
- F Hunblomst omgivet af den unge Skaal af *Quercus (Heterobalanus) semecarpifolia*.
- G Hunblomst af *Quercus (Lepidobalanus) pedunculata*, omgivet af Skaalen (b), som er gennemskaaren. a Blomsterdække.

Ilex-Gruppen, men derimod hører til *Erythrobalanus* (Videnskab. Medd. fra naturh. Foren. for Aaret 1869, p. 59), ligesom man ogsaa alene ved Hjælp af Griflerne er istand til at bestemme Grænsen mellem Underslægten *Cerris* og *Lepidobalanus (Prinus) § serroides*. Fremdeles har det vist sig, at den lille Gruppe af mexicanske Ege, tidligere af mig henførte til Underslægten *Lepidobalanus (sect. Macrocarpæa)*, udmærkede ved deres store takkede Blade og store tykskallede Frugter, men især ved deres uligestore Kimblade, ogsaa have særegne Forhold i Griflerne og Arrene (Tab. VI, f. 16—19), saa at de bør henføres til en

egen Underslægt (*Macrobalanus*), og endelig, at et lignende Forhold gjør sig gjældende i Bøgegruppen, indenfor hvilken de saakaldte antarctiske, ogsaa i saa mange andre Henseender afvigende, Arter i Griflerne have Karakterer (Tab. VI, f. 2, 7, 12, 6), som gjøre det nødvendigt at udsondre dem som en egen Slægt (*Nothofagus*).

Frøgjemmet. Det er Mangelen eller Tilstedeværelsen af ufuldstændige Skillevægge, som betegner den væsentligste Forskjel i Frøgjemmet. Frugtknuden er oprindelig 3-rummet, som hos *Quercus* og *Fagus*, eller 9—12-rummet, som hos *Castanea* sens. str. og *Cyclobalanus*; men hos de fleste Arter forsvinde Skillevæggene ganske, saaledes navnlig hos *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* og *Cerris*, *Cyclobalanopsis* og *Fagus*. Kun hos *Cyclobalanus* har Frugten 9—12 og hos *Quercus* subgen. *Erythrobalanus* 3 ufuldstændige Rum (p. 345, fig. G, M), dog* er der hos de fleste Arter af den sidstnævnte Underslægt kun meget svage Spor af Skillevæggene tilbage. Ved Bestemmelsen af Frøgjemmets væsentlige Egenheder fortjener maaske lige saa meget som de falske Skillevægge de forskjellige Lags Udvikling i Forhold til hinanden at tages i Betragtning. Frøgjemmet bestaaer foruden Overhuden af to Lag, et ydre fastere og lysere og et indre noget tyndere, løsere og mørkere af Farve. Saaledes er Forholdet næsten hos alle Slægter og Arter, kun ikke hos *Pasania*. Hos denne Slægt er Frøgjemmets indre Lag meget tykkere end det ydre og springer sædvanlig frem i 3 Partier, som ere opfyldte med større eller mindre hule Rum, der minde om Lacunerne i Valnøddens Frøjemme (p. 345, fig. A, B, C). Hvad Formen angaaer, er Frøgjemmets Tværnit i Reglen rundt, kun hos *Fagineæ* trekantet (Tab. VI, fig. 1—2). Frøgjemmet frembyder for Resten indenfor de fleste Slægter store Forskjelligheder i Form og Tykkelse, saa at man fra det hos nogle Arter forekommende smalt aflange Frøjemme gradvis føres gennem umærkelige Overgange hos andre Arter til det kugleformede eller fladtrykt-kugleformede. Hos *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* er Frøgjemmet sædvanlig ægformet eller ægformet-aflangt og tyndt (p. 345, fig. I, K), medens det hos subgen. *Erythrobalanus* er kugleformet og ofte tykt (p. 345, fig. G); dog findes i begge disse Underslægter mærkelige Afvigelser fra denne Regel; Frøgjemmet er saaledes hos *Quercus* (*Lepidobalanus*) *lyrata* kugleformet og tykt (p. 345, fig. H), men derimod ægdannet-aflangt, spidst og tyndt hos *Quercus* (*Erythrobalanus*) *agrifolia* (p. 345, f. E). Hvad den Forbindelse angaaer, som gjør sig gjældende mellem særegne Forhold i Frøgjemmet og Griflerne, kan jeg henvise til min tidligere Afhandling (p. 49).

Æg og Frø. Der er altid to Æg i hvert af Frugtknudens Rum, og da der i Regelen findes tre Rum, og kun ét Æg udvikles til Frø, bliver der saaledes fem golde Æg. Disse golde Æg sees altid i Frugten og sædvanlig hæftede til Frøets øverste Del (p. 346, fig. H) eller noget nede paa Siden (p. 346, fig. C, F), saaledes hos *Castaninæ*, *Fagineæ* og



De ovenfor staaende Figurer tjene til at anskueliggjøre de væsentligste Forskjelligheder, som Frøjernet frembyder.

A—C vise de særegne Forhold i Frøjernet, som udmærke Arterne af Slægten *Pasania*. Frøjernet Indreg er nemlig meget tykt og forsynet med store (B) eller mange smaa (C) hule Rum. A Tværsnit af Frøjernet af *Pasania fenestrata*, B af *P. spicata* og C af *P. thalassica*.

D Tværsnit af den tyndskallede Frugt af *Cyclobalanopsis gilva*.

E Den lange spidse Frugt af *Quercus* (*Erythrobalanus*, *Stenocarpæa*) *agrifolia*.

F Tværsnit af Frugten og den med denne sammenvoxne Skaal af *Pasania lithocarpa*. a Skaalen. b Frøjernet.

G Længdesnit gennem Frugten af *Quercus* (*Erythrobalanus*) *rubra*. a det tykke Frøjernet, bb to af Skillevæggene, c det ene af de tre Partier, hvori Kimbladlegemet er delt.

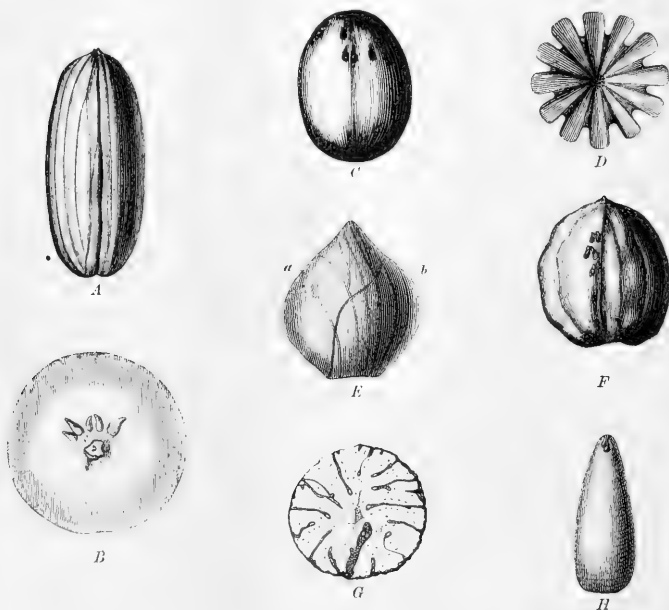
H Længdesnit gennem det tykke Frøjemme (a) og den helt omsluttende, tynde Skaal (b) af *Quercus* (*Lepidobalanus*) *lyrata*.

I Den i Skaalen indsluttede Frugt af *Quercus* (*Lepidobalanus*) *pedunculata* var. *Thomasii*.

K Frøjemmet af samme, gjennemskaaret paalangs. a angiver det Sted, ovenfor hvilket Frøskallen er sammenvoksen med Frøjemmet.

L Længdesnit gennem Frugten af *Cyclobalanus enclleistocarpa*. a den meget tynde, papiragtige, hele Frugten omsluttende Skaal; b det tynde Frøjemme; c en af de 12 ufuldstændige Skillevægge; d en fra Bunden af Frugten udgaaende Ophøining, dannet af en temmelig løs, svampet Substans, hvorpaa Frøet (e) hviler.

M Tværsnit af Frøjemmet af *Cyclobalanus Omalokos*.



A Frø af *Quercus* *Lepidobalanus* *pedunculata* var. *Thomasii*.

B Bunden af Frøjemmet af samme Egeart, set ovenfra, for at vise de 5 guld Æg.

C Frø af *Cyclobalanopsis gilva*, lidt forstørret.

D Frø af *Cyclobalanus enclleistocarpa*.

E Frø af *Quercus* (*Macrobalanus*) *strombocarpa*.

F Frø af *Quercus* (*Erythrobalanus*) *rubra*.

G Frø af *Pusanica* (*Chlamydoalanus*) *lanceifolia*.

H Frø af *Quercus* (*Erythrobalanus*, *Stenocarpea*) *agrifolia*.

blandt *Quercineæ* hos *Cyclobalanopsis* og *Quercus* subgen. *Erythrobalanus*; sjældnere sidde de ved Grunden af Frøet, nemlig hos *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* og *Cerris* (p. 346, fig. B og Tab. VI, fig. 13). Æggene ere halvovendte, epitrope, oventil rørformigt forlængede og med en stor opadvendt Kimmund (Tab. VI, fig. 14—15). — Frøet har, da det udfylder hele Frøgjæmmets Hulhed, væsentlig samme Form som Frugten. Den væsentlige Modsætning i Frugten, som gjør sig gjældende mellem *Fagineæ* paa den ene og *Quercineæ* og *Castanineæ* paa den anden Side, gjentager sig ogsaa i Frøene, idet nemlig Kimen hos førstnævnte Gruppe har flade bladagtige foldede Kimblade, som hæve sig over Jorden ved Spiringen, medens hos de to sidstnævnte Grupper Kimbladene ere tykke og kjødede og forblive under Jorden. Hos næsten alle Arter af *Quercineæ* frembyde Kimbladene væsentlig samme Forhold; de ere ens store, flade paa den indadvendte og hvælvede paa den udadvendte Side (p. 346, fig. A og F, p. 345, fig. D); som oftest indbyrdes frie, sjældnere sammenvoxne til ét Kimbladlegeme; dog ere de hos *Quercus* subgen. *Macrobalanus* uligestore (p. 346, fig. E) — Kimroden er da sidestillet, medens den ellers er endestillet — og hos *Quercus* subgen. *Erythrobalanus* ere Kimbladene paa tre Steder mere eller mindre dybt indskaarne for at give Plads til de ufuldstændige Skillevægge (p. 345, fig. G). Hos *Castanineæ* er Kimen enten som hos *Quercineæ* (p. 346, fig. F), eller den er delt i 9—12 Lapper og desuden undertiden meget fladtrykt, som hos flere Arter *Cyclobalanus* (p. 346, fig. D). Hos *Pasania* subgen. *Chlamydobalanus* trænger Frøskallen paa mange Steder ind i dybe uregelmæssig bugtede Ridser, og da Kimbladene her ere sammenvoxne, vise de i et Tværsnit ganske det samme Forhold som den saakaldte marmorerede Frøhvide (*albumen ruminatum*) p. 346, fig. G.

II.

Sammenligning mellem den indre Bygning af Stammen hos Egen, Kastanien og Bøgen.

(Hertil Tab. VIII.)

Det gjælder som almindelig Regel, at de Planter, som stemme mest overens i morfologisk Henseende og derfor ogsaa stilles hinanden nærmest i Systemet, ligeledes vise størst Overensstemmelse i deres indre Bygning. Man har derfor betragtet det som en Afgivelse fra denne Regel, at Kastanien, der i Almindelighed antages for nærmest beslægtet

med Bøgen, ikke desto mindre i indre Bygning har mest Lighed med Egen*). Det gjælder fremdeles som almindelig Regel, at de Træer, som i systematisk Henseende staa hinanden nærmest, ogsaa ere de, som lettest kunne podes paa hinanden**). Det er derfor ligeledes bleven betragtet som en Afvigelse herfra, at man vel er istand til at pode Kastanie paa Eg, men derimod ikke paa Bøg.

Efterat jeg har vist, at det beroer paa en, paa mangelfulde Iagttagelser grundet, urigtig Opfattelse af Karaktererne hos disse Planter, at man lige siden Linnés Tid har antaget Kastanien for nærmere beslægtet med Bøgen end med Egen, idet Bøg og Eg i de fra Blomsterne hentede væsentlige Forhold — hvad man hidtil ganske har overseet — stemme meget mere overens end Bøg og Kastanie, vil det indsees, at ikke alene de nysnævnte Afvigelser falde bort, men denne nærmere Overensstemmelse i den indre Bygning mellem Kastanie og Eg kommer til at tjene som en smuk Bestyrkelse for Rigtigheden af et af de væsentligste Punkter i den af mig foreslaaede systematiske Inddeling. En kort Sammenstilling mellem Lighederne og Forskjellighederne i den indre Bygning hos Egen, Kastanien og Bøgen turde derfor maaske her være paa sin Plads.

Egen. Barken vedbliver i de første 25—35 Aar at være næsten glat, da der finder saa livlig Celleformering Sted i Korken og den øvrige Del af Barken, at denne voxer i Omfang i samme Forhold som Vedet; men mellem det 25de og 35te Aar begynder Livsvirksomheden i de ydre Dele af Korken at høre op, og der dannes Revner og Furer, som stedse trænge dybere ind i Barken, efterhaanden som de bortdøende Cellelag forøges. Som hos alle Træer, der have Skorpebark (*rhytidoma*, »Borke«), er det tynde Lag af Læderkork (*periderma*), som betegne Grænsen mellem de ydre bortdøde Dele af Barken og de indre, som endnu ere i Livsvirksomhed, og som her ogsaa bortskære Partier af Basten. Af denne dannes der hos Egen hvert Aar nye Lag.

Allerede ved en løselig Betragtning af Stammens Tværsnit (fig. 5) viser sig flere meget karakteristiske Forhold. For det første ere de meget brede, temmelig tætstillede Marvstraaer (*m*) iøiefaldende og dernæst en overordentlig skarp Adskillelse mellem Aarringene, fremkaldt ved en væsentlig Modsætning i Størrelse, Antal og Fordeling af Karrene i Aarringens inderste og ydre, senere dannede Del. Den inderste Del af Aarringen bestaaer fornemmelig af meget vide Kar, der i et Tværsnit vise sig som en Kreds af store Porer (*k*). I den øvrige, meget større Del af Aarringen ere Karrene meget smaa og danne

*) Roszmann: Ueber den Bau des Holzes, p. 98.

**) Mohl: Die veget. Celle, p. 107. Anmrkn. 1.

ikke nogen sammenhængende Kreds, men vise sig i Tværnittet for det blotte Øie eller ved en svag Forstørrelse i den mørkere af Vedceller dannede Grundmasse som lysere, næsten parallelt med Marvstraalerne løbende, lidt bukkede eller bugtede Striber. Ved en ringe Forstørrelse komme to andre for Egen karakteristiske Forhold tilsyne, nemlig: meget smalle, men næsten ens store og i temmelig regelmæssig Afstand fra hinanden stillede Marvstraaler (fig. 5, 6, 7 *m'*) og Vedparenchymet, der viser sig som smaa, matte, bølgede, med Barken næsten parallelt løbende Striber, 5—6 i hver Aarring (fig. 5 *p*). — Marvstraalernes Celler ere tavleformede og have en tyk, navnlig i Enden af Cellerne brunlig Hinde, der er forsynet med Porer paa alle Væggene, og et brunt Indhold (fig. 6 *m'*). De smalle Marvstraaler ere dannede af et enkelt Cellelag, 10—12 Celler høit (fig. 7 *m'*). Vedparenchymets Celler stemme væsentlig overens med Marvstraalernes, men de have kun Porer paa de med Marvstraalerne parallelle Vægge (fig. 7, 8 *p*) og paa Tværvæggene (fig. 6 *p*). — I de store Kar sees ofte de saakaldte Thyller eller Udkrængninger af de til Karrene stødende Celler, som voxe ind gennem Karrenes Porer og derpaa udvide sig blæreformigt. — Vedcellerne ere dels egentlige Vedceller (fig. 7—8 *v*), dels karlignende Vedceller (Tracheider), (fig. 7—8 *t*). De ere ikke saa tykvæggede som hos Bøgen, mere trinde — i et Tværnit mere runde — end hos Bøgen og adskilte ved større Mellemcellerum (fig. 6).

Kastanien (*Castanea vulgaris*) har i sin indre Bygning i det Hele, hvad der ogsaa er almindelig antaget, stor Lighed med Egen. Barken frembyder væsentlig de samme Forhold som hos Egen. Et Tværnit af Kastaniens Stamme viser samme Fordeling af Karrene (fig. 9): meget store, i en Kreds forenede Kar i den inderste om Foraaret dannede Del af Aarringen, og mange smaa derfra i bugtede Striber udgaende, og her sees ligesom hos Egen talrige temmelig ensstore smalle Marvstraaler; derimod giver her sig en iøinefaldende Forskel tilkjende i Mangelen af brede Marvstraaler, og deri, at Vedparenchymet er saa lidt udviklet, at det ikke sees uden ved mikroskopisk Undersøgelse. — Baade Marvstraalernes og Vedparenchymets Celler ligne Egens, frembyde samme Forhold i Porerens Fordeling (fig. 10—12) og have ligeledes et brunt Indhold. Derimod ere Vedcellerne meget forskellige; de ere nemlig tyndvæggede, hvorfor ogsaa Kastanievedet alene ved sin forholdsvis ringe Vægtfylde let skjelves fra Egevedet. Vedcellerne have et rundagtig-firkantet Tværnit (fig. 10 under *g*); kun de meget mindre Vedceller, som afslutte Aarringen, ere noget mere tykvæggede og have et rundagtig-rectangulært Tværnit (fig. 10 over *g*). Vedcellerne ere dels egentlige Vedceller (fig. 11 *v*), dels Tracheider (fig. 11 *t*). — Karrene ere langt fra lige vide i alle Aarringene; fra den 10de—15de Aarring tiltage de betydeligt i Vidde.

Bøgen adskiller sig baade i Barken og Vedet meget væsentlig baade fra Egen og Kastanien. Barken udmærker sig navnlig derved, at den indtil Træets høieste Alder holder

sig glat, og derved, at der kun det første Aar dannes Bast. Barken, baade Læderkorken og Barkparenchymet, voxer stadig i Omfang i samme Forhold som Vedlegemet, men den opnaaer kun en ringe Tykkelse. Efterhaanden gaa Barkparenchymets Celler over til at blive meget tykvæggede Sclerenchymceller, og saadanne træde ogsaa i Bastens Sted. En lignende Omdannelse undergaa ogsaa Cellerne i Marvstraalerne, som fra Vedet fortsætte sig ind i Barke., og selv i den Del af Vedets Marvstraaler, som ligge nærmest Barken. Herpaa grunder det sig, at disse fortykkede Partier af Marvstraalerne, naar Barken løsnes, blive siddende paa dennes Indreside, som større og mindre kileformede Fremragninger. — I et Tværsnit af Vedet ere de talrige brede Marvstraaler ioinfoldende, men de ere kortere end hos Egen. Det er ved dem, at Vedcellerne faa det bugtede Løb. Desuden findes her en stor Mængde smalle Marvstraaler, saa at Marvstraalerne i det Hele udgjøre $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{4}$ af Vedet. Dernæst adskiller Bøgen sig væsentlig fra de to foregaaende Slægter ved Karrene, som have en langt ringere Vidde og ere mere ensformigt fordelte over hele Aarringen (fig. 1). De enkelte Marvstraale- og Vedparenchymceller ere som hos Egen, men Indholdet er stærkere farvet af en rødgul Olie, som enten er fordelt over hele Slimen eller danner større og mindre kugleformede Draaber (fig. 2—4 *m*, *m'*, *p*). Ogsaa i Vedcellerne er Bøgen meget forskjellig fra Egen og Kastanien. Vedcellerne ere karlignende, saa tykvæggede, at den indre Hulhed næsten er forsvunden, og saa skarpkantede, at Mellemcellerummene mangle eller kun ere meget smaa (fig. 2). Det er ved disse Forhold i Vedcellerne, at Vedets Haardhed, Vægtfylde og store Værdi som Brændsel betinges.

III.

Systematisk Udsigt over Egefamilien.

I min tidligere Afhandling har jeg vist, at flere Afdelinger af Egeslægten, saaledes som denne opfattes af De Candoille, nemlig Sectionerne *Androgynæ*, *Pasania*, de fleste Arter af *Cyclobalanus*, *Chlamylobalanus* og *Lithocarpus*, baade i deres væsentlige Karakterer og i Habitus stemme langt mere overens med Kastanierne end med Egene, saa at de i al Fald snarere maatte henføres til Slægten *Castanea* end til *Quercus*. Fra Kastanieslægten ere imidlertid de nysnævnte Ege saa afvigende i Skaal, Blomst og Frugt, at det ikke vilde staa i Overensstemmelse med de Regler, som ellers lægges til Grund for Slægternes Begrændsning, om man vilde drage dem ind under samme. Jeg har derfor foreslaaet at henføre disse Egearter til to egne Slægter, *Pasania* og *Cyclobalanus*, som i Forening med *Castanea* danne en naturlig begrændset lille Gruppe (*Castaninæ*). Bøgene der-

imod har jeg tidligere troet at burde stille sammen med Egene, da de i Grifler og Ar stemme væsentlig overens med disse. Efter imidlertid at have gjort Bøgene til Gjenstand for en mere indtrængende Undersøgelse, er jeg kommen til det Resultat, at disse Planter frembyde saa karakteristiske Forhold i Frugt, Frø, Spiring og indre Bygning, at de systematiske Afstande mellem Slægterne i denne Familie vistnok rigtigere betegnes ved at henføre Bøgen — der, som i det Følgende vil blive vist, ikke indbefatter én, men to Slægter — til en egen Gruppe, saa at Cupulifererne altsaa falde i tre mindre Grupper eller Underfamilier: *Quercineæ*, *Fagineæ* og *Castanineæ*, der kunne adskilles paa følgende Maade:

1. *Styli secus superficiem internam stigmatosi*
 - a. *Cotyledones foliaceæ, germinatione epigeæ:* *Fagineæ.*
 - b. *Cotyledones crassæ, plano-convexæ, germinatione hypogeæ:* *Quercineæ.*
2. *Styli apice tantum stigmatosi:* *Castanineæ.*

Fagineæ.

Styli secus superficiem internam stigmatosi. Nux triquetra. Cotyledones foliaceæ, germinatione epigeæ. — Folia vulgo dúbicato-crenata. Amenta mascula pendentia vel flores masculi solitarii vel pauci aggregati. Involucrum flor. fem. quadrivalve.

Bøgeslægten frembyder, saaledes som den af de fleste Forfattere er bleven opfattet, et meget afvigende Forhold i sin geografiske Udbredning. Af de 15 Arter, hvoraf den bestaaer, er der nemlig 3, som tilhøre den nordlige Halvkugle, blandt hvilke *Fagus sylvatica* er udbredt over den største Del af Europa, medens *F. ferruginea* har en stor Udbredning som skovdannende Træ i den østlige Del af Nord-Amerika og *F. Sieboldii* er indskrænket til Japan. De 12 andre Arter derimod have deres Hjem i en ganske anden Del af Jordkloden, nemlig i den sydligste Del af Chili, paa Ildlandet, paa Ny-Zeland og Van Diemens Land. Der findes vistnok ogsaa andre Slægter af træagtige Planter, som *Ribes*, *Berberis* og *Rubus*, der ere fælles for Nord-Amerika og Chili, men disse optræde da ogsaa gennem hele Andeskjæden. De to Centra for Bøgearternes Udbredning derimod ere adskilte fra hinanden ved ikke mindre end 80 Bredegrader. Her paatrænger sig saaledes af sig selv det Spørgsmaal: om den sydlige Halvkugles Arter ogsaa ere ægte Bøge, eller om de med Foie ere henførte til samme Slægt som *F. sylvatica*. Det er dette Spørgsmaal, som jeg har søgt at besvare, og jeg er kommen til det Resultat, at den nordlige og den sydlige Halvkugles Arter henhøre til to meget vel sondrede Slægter, saa at altsaa her ved den ovenfor antydede plantegeografiske Anomali fjernes.

Rigtigheden af denne Paastand vil blive indlysende ved en nærmere Betragtning af de forskellige Organer hos Nord- og Syd-Bøgene, som jeg her for Kortheds Skyld vil betegne dem.

Bladene hos Syd-Bøgene ere altid smaa og i Regelen læderagtige og toaarige, men de udmærke sig dog navnlig derved, at de ere dobbelt rundtakkede (Tab. VI, fig. 25—28), forsaavidt de ikke ere ganske helrandede, og ved Ribbefordelingen. Secundærribberne dele sig nemlig i nogen Afstand fra Randen i to Grene, af hvilke der løber én ud i hver af de to Takker (Tab. VI, fig. 25 og 26), eller de løbe uden at dele sig til Bunden af Indsnittene mellem Hovedtakkerne (Tab. VI, fig. 27), et Forhold, som vist er meget sjældent i Planteriget. Nord-Bøgenes Blade derimod ere meget større, énaarige, enten utydeligt dobbelt rundtakkede, som hos *F. sylvatica*, eller tandet-takkede, som hos *F. ferruginea*. Secundærribberne danne i Enden en lille Bue, blive her meget tynde og tabe sig ganske, inden de naae Enden af Takken (Tab. VI, fig. 29).

Blomsterstand. Hos Syd-Bøgene sidde Hanblomsterne som oftest enlige paa korte Stilke i Bladhjørnerne, sjelden tre sammen, som hos *F. fusca* og *F. Dombeyi*. De altid smaa Skaale ere ligeledes enlige og kortstilkede. Hos Nord-Bøgene derimod ere Hanblomsterne forenede til en kugleformet Rakle, som bæres af en lang Stilk, og disse Rakler komme frem fra Hjørnerne af de nedre skælagtige Blade paa Aarsskuddene og ere hængende, medens Skaalene sidde i Enden af en opret Stilk, der kommer frem fra Hjørnerne af de fuldkomne Blade høiere oppe paa Aarsskuddet.

Skaalene og Skaalskællene. I disse Dele viser der sig store Forskjelligheder mellem Nord- og Syd-Bøgene. Hos Nord-Bøgene ere Skællene paa de firfligede Skaale syldannede, spredte og saa nøie sammenvoxne med Skaalens Axedel, at man tidligere antog, at denne alene var dannet af de sammenvoxne Skæls Grund. Her findes kun to Blomster i hver Skaal. Syd-Bøgene have altid en meget lille Skaal, som indeslutter tre Blomster. Den er vel i Reglen firfliget, men hos nogle Arter, navnlig hos *F. betuloides* og *F. Dombeyi* maa den dog snarere siges at være dannet af to dybkløvede Flige. Her finder altid en langt skarpere Adskillelse Sted mellem Skaalens Axedel og Skællene. Hos *F. Dombeyi* bestaaer hver Flig af en nøgen i Spidsen tokløvet Axedel, som midt paa Ryggen bærer et Skæl. Et lignende Forhold har jeg ofte fundet hos *F. betuloides*. Skaalen bestaaer da af to Flige, som hver er delt i to trinde Grene, og ved Grunden af hver Flig sidder der ét Skæl; for Resten er Axen ganske nøgen. Hos *F. antarctica* er hver af Skaalens fire Flige ofte i Spidsen delt i to uligestore Grene (Tab. VI, fig. 10), og her findes ofte kun ét stort fladt Skæl, som næsten i hele sin Længde er sammenvoxet med Axedelen (Tab. VI, fig. 11). I Reglen er hver Flig dog forsynet med mange Skæl, men som deri ere væsentlig forskjellige fra Skællene hos Nord-Bøgene, at de ere krandsstillede (Tab. VI, fig. 3, 8, 9). Skællene i hver Krands ere da sjelden frie som hos *F. obliqua*, *Cunninghami* og *Menziesii* (Tab. VI, fig. 4), men mere eller mindre sammenvoxne, saa at der i hver Rækkes Sted

opstaaer et i Spidsen tandet Skæl (Tab. VI, fig. 8 og fig. 9). Syd-Bøgene komme saaledes med Hensyn til Skaalskællene til at forholde sig til Nord-Bøgene paa samme Maade som *Cyclobalanopsis* til *Quercus*.

Blomsterne. Hanblomsterne frembyde, ligesom hos Cupuliferernes Familie i Almindelighed, saaledes ogsaa hos Bøgene ikke væsentlige adskillende Mærker. De fleste Arter have ligesom vor Bøg et klokkedannet, 6-delt Blomsterdække og 6—12 fremragende Stovdragere. Dog gjør *F. obliqua*, som ogsaa i andre Henseender er mere afvigende, herfra en Undtagelse. Hos den have nemlig Hanblomsterne et fladt-skaaldannet uregelmæssig rundbugtet Blomsterdække og 30—40 Stovdragere.

Hunblomsterne have hos alle Bøgene et trekantet Underbæger, men i Formen af Blomsterdækkets Blade og navnlig af Griflerne ere Nord- og Syd-Bøgene meget væsentlig forskellige. Hos Nord-Bøgene ere Blomsterdækkets 6 Blade linedannede og de 3 Grifler ere lange, linedannede, spidse, udvendig haarede og paa den glatte indadvendte Flade beklædte med Arret (Tab. VI, fig. 1). Hos Syd-Bøgene derimod ere Blomsterdækkets Blade trekantede, og de tre af disse gaa meget gradvis over i Underbægerets vingeformede Kanter, saa at de vise sig som disses frie Spidser. Desuden ere disse tre i Reglen længere, og hos *F. Menziesii* (Tab. VI, fig. 2) have de i Spidsen samme hovedformede Udvidning som Skaalskællene. Griflerne ere korte, næsten valseformede, i Enden butte eller hovedformig udvidede, undertiden indbyrdes sammenvoxne, saa at kun Spidsen er fri. Af Frugterne og Frøene, som synes at være meget sjældne i Herbarierne (jvnf. DC. Prod. 16, p. 117), har jeg desværre ikke havt tilstrækkeligt Materiale til at kunne afgjøre, hvorvidt der heri viser sig væsentlige Forskelligheder mellem Nord- og Syd-Bøgene. Medens Kimbladene hos *F. sylvatica* ere foldede, synes de hos *F. antarctica*, efter et Tværnsnit af Frøet i Hookers Flora antarctica Tab. CXXIII fig. 3 at dømme, at være sammenlagte.

Ifølge den ovenfor anstillede Sammenligning ere Nord- og Syd-Bøgene saa forskellige baade i alle væsentligere Forhold og i deres Habitus, at der ikke kan være nogen Tvivl om, at det vilde stride mod den Opfattelse af Slægterne og deres Begrændsning, som ellers i Almindelighed gjøres gjældende, om alle Arter forenedes i én Slægt. Jeg vil derfor foreslaa at gjenoptage den af Blume mere antydede, end egentlig begrundede Slægt *Nothofagus* (Mus. Lugd. bat. 1, p. 307) og herunder henføre alle fra den sydlige Halvkugle kjendte Bøge.

De adskillende Karakterer mellem de to Slægter af Bøgegruppen ere følgende:

	<i>Nothofagus.</i>	<i>Fagus.</i>
Bladene:	smaa, næsten altid læderagtige og toaarige, dobbelt rundtakkede eller helrandede; Secundærribberne gaa enten til Randen af Indsnittene mellem Hovedtakkerne eller dele sig i to Grene hen imod Randen;	énaarige, rundtakkede eller tandet-takkede; Secundærribberne ende i en lille Bue og blive meget tynde ud imod Spidsen af Takkerne.
Hanblomsterne:	enlige eller tre sammen i Bladhjørnerne;	i hængende, langstilkede, kugleformede Rakler.
Skaalskællene:	krandsstillede, sædvanlig Skællene i hver Krands indbyrdes sammenvoxne;	liniedannede, spredte.
Blomsterdækket: (hos Hunblomsten)	6 trekantede, ofte de 3 større;	6 liniedannede ligestore Blade.
Griflerne:	korte, i Enden buttē eller hovedformede;	lange, liniedannede, spidse.
Kimbladene:	sammenlagte (?);	foldede.

Nothofagus Blume.

Conspectus specierum.

1. *Styli breves acuti.* *Perigonium flor. masc. late cupulare, irregulariter multilobum; stamina 30—40. Involucri squamæ liberæ.*

N. obliqua (Mirb.) Mem. Mus. t. 23. — DC. Prod. Vol. 16, p. 119.

2. *Styli breves obtusi.* *Perigonium flor. masc. 5—6 lobum; stamina c. 12. Involucri squamæ inter se connatæ.*

a. *Folia in vervatione secus costas laterales plicata.*

N. antarctica (Forst.) Hook. Flor. ant. t. 123. — DC. p. 120.

N. Gunnii (Hook. fil.) Hook. Icon. t. 881. — DC. p. 120.

N. alpina (Poep. et Endl.) Nov. gen. 2 t. 196. — DC. p. 121.

N. procera (Poep. et Endl.) Nov. gen. 2 t. 197. — DC. p. 121.

b. *Folia secus costas laterales non plicata.*

a. *Folia duplicato-crenata; costæ laterales apice bifurcatæ.*

N. Dombeyi (Mirb.) Mem. Mus. 14 t. 24. — DC. p. 121.

N. betuloides (Mirb.) l. c. t. 25. — DC. p. 121.

N. fusca (Hook. fil.) Hook. Icon. t. 630 et 631. — DC. p. 122.

N. Menziesii (Hook. fil.) Hook. Icon. t. 652. — DC. p. 122.

N. Cunninghamsii (Hook.) Journ. of Bot. 2 t. 7. — DC. p. 122.

β. *Folia integra*.

N. Solandri (Hook. fil.) Hook. Icon. t. 639. — DC. p. 122.

N. Cliffortioides (Hook. fil.) Hook. Icon. t. 673. — DC. p. 122.

Fagus Tourn.

Conspectus specierum.

1. *Folia subduplicato-crenata*.

F. sylvatica L. — DC. p. 118.

2. *Folia grosse crenata*.

F. Sieboldii Endl. *F. crenata* Blume. — DC. p. 119.

3. *Folia serrato-dentata*.

F. ferruginea Ait. Michx. arb. Amer. t. 8.

Quercineæ.

Styli secus superficiem internam stigmatosi. Nux ovata vel subglobosa. Cotyledones plano-convexæ, germinatione hypogææ. — Folia sæpius varie lobata. Amenta mascula pentidentia. Involucrum flor. fem. cupuliforme.

1. *Squamæ cupulæ imbricatæ:*

Quercus.

2. *Squamæ cupulæ verticillatæ in lamellas concentricas lateraliter coalitæ:*

Cyclobalanopsis.

Quercus L.

Conspectus subgenerum.

1. *Cotyledones æquales.*

a. *Styli lineares apice acuti.*

α. *Folia serrata:*

Cerris.

β. *Folia integra:*

Heterobalanus.

b. *Styli lineares, apice dilatati:*

Erythrobalanus.

c. *Styli breves, lati, rotundati:*

Lepidobalanus.

2. *Cotyledones inæquales:*

Macrobalanus.

Subgenus. **Cerris.**

(*Quercus*. Sectio 1. *Lepidobalanus* DC. pro parte).

Styli subulati. Cupulæ squamæ pleræque vel saltem superiores lineares vel subulatae reflexæ. Glans ovoidea secundo anno matura (in duabus speciebus jam primo anno). Ovula abortiva circa basin seminis affixa. Folia e basi ovata vel subcordata oblonga grosse serrata, rarius dentata, subtus sæpius stellato-tomentosa, biennia (in Q. Cerris annua). Costæ secundariæ rectæ, parallelæ, marginem attingentes; costæ tertiariæ numerosæ subparallelæ.

Sectio 1. *Eucerris*. *Folia grosse serrata vel pinnatifida, raro dentata.*

§ 1. *Pinnatifidæ*. *Folia oblonga, pinnatifida. Squamæ subulatae. Glans cylindracea, acuminata.*

Q. Cerris L. DC. l. c. p. 41. — Kotschy Eich. t. 20. *Q. austriaca* Willd.

§ 2. *Dentato-serratae*. *Folia oblongo-ovata, grosse dentato-serrata (raro pinnatifida). Squamæ lineares vel ligulatae. Glans apice truncata.*

Q. macrolepis Kotschy Eich. t. 16. DC. l. c. p. 45. *Q. Ægilops* L. sp. pro parte. — *Q. Græca* Kotschy l. c. t. 30. *Squamæ ligulatae.*

Q. Vallonea Kotschy Eich. t. 7. DC. l. c. p. 45. *Q. Ægilops* L. pro parte. *Q. Ungeri* Kotschy l. c. t. 13. *Cupula altior, magis clausa, squamæ breviores et crassiores quam in antecedente.*

Q. Macedonica DC. l. c. p. 50. *Q. Ægilops* Grisebach. «*Folia margine undulato-dentata vel crenata cum mucrone brevi*».

Q. Ehrenbergii Kotschy l. c. t. 15. DC. l. c. p. 45. *Folia nunc lobato-serrata nunc pinnatifida. Squamæ laxæ erectæ, superioribus lanceolatis.*

§ 3. *Serratae*, *Folia lanceolato-ovata, serrata, subtus tomento brevissimo denso incano tecta. Glans cylindraceo-ovata, acuminata.*

Q. castaneæfolia C. A. Mey. DC. l. c. p. 49. Kotschy l. c. t. 40. *Squamæ sub fructu maturo omnes reflexæ.*

Q. Persica Jaub. et Spach. ill. pl. or. t. 55. DC. l. c. p. 47. Kotschy l. c. t. 28. *Cupulæ infundibuliformis squamæ inferiores ovatae, adnatae.*

Q. pseudosuber Santi. DC. l. c. p. 43. Kotschy l. c. t. 35. *Q. castaneæfolia* Cosson. *Variat foliis obtuse lobatis et fructu majore (Q. haliphleos Guss.) vel foliis angustioribus serraturis acutioribus et cupula abbreviata (Q. Hispanica var. egilopifolia Lam. et var. Gibraltaria Lam.). Inter Q. Cerrim et Q. castaneæfoliam medium fere locum tenet, hanc squamis illam foliis accedens.*

§ 4. *Dentata*. *Folia ovalia dentata vel sinuato-dentata. Glans cylindracea acuminata.*

- Q. Pyrami** Kotschy l. c. t. 3. DC. l. c. p. 45.
Q. Ithaburensis Decsne. Kotschy l. c. t. 12. DC. l. c. p. 44. *Folia bullata.*
Q. alnifolia Poech. Kotschy l. c. t. 6. DC. l. c. p. 40. *Folia subrotunda. Species sect. tert. in primis squamarum cupularium indole accedit.*

§ 5. *Mucronata*. *Folia e basi rotundata vel cordata ovato-lanceolata, dentato-serrata, dentibus longe mucronatis. Cupula campanulata majorem v. magnam glandis apice truncata depressæ partem tegens; squamæ multo breviores, magis adpressæ quam in speciebus antecedentibus et fere omnes erectæ.*

- Q. Brantii** Lindl. Kotschy l. c. t. 31. DC. l. c. p. 46.
Q. oophora Kotschy l. c. t. 26. DC. l. c. p. 47.
Q. vesca Kotschy l. c. t. 36. DC. l. c. p. 48.
Q. Tchihatcheffii Kotschy. DC. l. c. p. 48.
Q. Look Kotschy l. c. t. 21. DC. l. c. p. 47.
Q. Trojana Webb. Jaub. et Spach. Ill. pl. or. t. 57. DC. l. c. p. 47.
Q. regia Lindl. Kotschy l. c. t. 11. DC. l. c. p. 48.
Q. Libani Oliv. Kotschy l. c. t. 5. DC. l. c. p. 49. *Folia glabrata.*

Hæc species sequentes pertinere videntur:

- Q. serrata** Thunb. DC. l. c. p. 50.
Q. Roxburghii Endl. *Q. serrata* β *Roxburghii*. DC. l. c. p. 51. *Distincta species esse mihi videtur; ab antecedente in primis directione costarum secundariorum et forma serraturarum differt.*
Q. variabilis Blume. DC. l. c. p. 50.
Q. Chinensis Bunge. DC. l. c. p. 50.

Sectio 2. Suber. Folia ovalia, dentata, subtus tomento brevissimo denso incano velutina. Cupulæ turbinate squamæ breves adpressæ, supremæ longiores lineari-lanceolatae.

- Q. Suber** L. DC. l. c. p. 40. Reichb. Ic. 12. t. 7. *Fructus maturatio annua.*
Q. occidentalis Gay. Kotschy l. c. t. 33. DC. l. c. p. 44. *Ab antecedente foliis ultra annum vix perstantibus et maturatione fructus bienni differt.*

Sectio 3. Ilicoidæ. Folia parva coriacea rigida spinoso-dentata, adulta glabra. Squamæ cupulares lineares liberæ rigidæ sæpius reflexæ.

Q. coccifera L. Kotschy l. c. t. 29. DC. l. c. p. 52. *Q. pseudococcifera* Desf. *Galle rubræ pisiformes Kermes præbent.*

- Q. calliprinos** Webb. Kotschy l. c. t. 8 et t. 19. DC. l. c. p. 54. *Q. pseudococcifera* Hook. f. in Trans. Linn. soc. v. 23. p. 381. t. 36—37. *Q. echinata* Kotschy. *Q. inops*

Kotschy. *Q. rigida* Willd. *Q. Palestina* Kotschy. *Ab antecedente squamis cupularibus longioribus, glande vulgo obtusiore et floribus femineis differt.*

Q. Fenzlei Kotschy l. c. t. 24. DC. l. c. p. 56.

Q. Aucheri Jaub. et Spach. Ill. pl. or. t. 58. DC. l. c. p. 56.

Subgenus. **Heterobalanus.**

Ørsted: Bidrag o. s. v., p. 69.

Quercus semecarpifolia Sm. — DC. p. 15.

Subgenus. **Erythrobalanus.**

Alle herhenhørende Arter have i deres braaddet-tandede eller, forsaavidt Bladene ere helrandede, i deres i Spidsen braadede Blade, i deres trekantede Skaalskæl, som mangle den knudeformede Udvidning ved Grunden, i deres næsten altid kortstilkede, i Regelen kuglerunde, med et tykt og haardt Frogjemme forsynede Frugter og navnlig i deres linedannede i Spidsen udvidede Griffler, samt i den mere eller mindre stærkt fremtrædende rødbrune Farve en Sum af Karakterer, som give dem et iøinefaldende og let erkjendeligt særegent Præg. Ligesom Underslægterne *Erythrobalanus*, *Lepidobalanus* og *Macrobalanus* have de fleste Berøringspunkter i deres geografiske Udbredning, saaledes er det ogsaa dem, som vise det største indbyrdes Slægtskab. Vi finde saaledes, at der er en ikke ringe Analogie og Parallelisme mellem de Sectioner, hvori paa den ene Side *Erythrobalanus* falder, og dem, som paa den anden Side dannes af de til hinanden nøie knyttede Underslægter *Lepidobalanus* og *Macrobalanus*. De til hinanden svarende Sectioner ere navnlig følgende:

Erythrobalanus. *Lepido-* og *Macrobalanus.*

Eurythrobalanus svarer til *Eulepidobalanus.*

Prinoides — - *Prinus* § *genuina.*

Versiformes — - *Prinus* § *versiformes.*

Serroides — - *Prinus* § *serroides.*

Stenocarpæa og

Lepidobalanoides — - *Ilex.*

Ogsaa Sectionen *Integerrimæ* har nogle tilsvarende Arter blandt *Lepidobalanerne*, som *Q. glaucoides*, *sororia* og *microphylla*.

Tydeligst viser Slægtskabet sig dog hos visse Arter, som have en skuffende habituel Lighed, blandt hvilke navnlig følgende skulle udhæves:

<i>Erythrobalanus.</i>	<i>Lepido- og Macrobalanus.</i>
<i>nigra</i>	svarer til <i>obtusiloba</i> .
<i>reticulata</i> og <i>spicata</i>	— - <i>crassifolia</i> og <i>omissa</i> .
<i>mucronata</i>	— - <i>glabrescens</i> .
<i>Cortesii</i>	— - <i>lancifolia</i> og <i>leiophylla</i> .
<i>confertifolia</i>	— - <i>microphylla</i> .
<i>agrifolia</i>	— - <i>pungens</i> og <i>berberidifolia</i> .

Studiet af et rigere Materiale har ledet mig til en anden Opfattelse af Sectionerne end den, hvortil jeg tidligere var kommen. Arterne falde herefter i 7 Sectioner, der vistnok i det Hele fyldestgjøre de Fordringer, der maa stilles til en naturlig Inddeling.

Conspectus Sectionum.

Glans globosa vel ovoidea.

Ovula abortiva ad apicem seminis affixa.

- Folia laciniato-vel lobato-pinnatifida, rarius integra. Fructus majores secundo anno maturi:* *Eurythrobalanus.*
 - Folia obovata, mucronato-dentata, subtus tomentosa:* *Prinoides.*
 - Folia e basi obtusa oblonga vel obovato-oblonga, a medio vel apice mucronato-dentata vel integra:* *Versiformes.*
 - Folia ovato-lanceolata, glabra, grosse et longe setaceo-dentata:* *Cerroides.*
 - Folia elliptica, integerrima, glabra:* *Laurifolia.*
- Ovula abortiva ad basin seminis affixa.*
- Folia integerrima, sæpius glabra:* *Lepidobalanoides.*

Glans ovoideo-oblonga, acuta.

- Folia spinoso-dentata vel integra:* *Stenocarpæa.*

Sectio 1. Eurythrobalanus. Folia laciniato-vel lobato-pinnatifida, annua, rarius integra et biennia. Fructus majores, secundo anno maturi. — Omnes species in parte orientali Americæ septentrionalis crescunt.

De typiske Arter ere letkjendelige ved deres fligede og braaddet-tandede Blade, men de ere meget noie knyttede til hinanden ved Overgangsformer og Bastardformer. De i de sydlige Dele af Nordamerika forekommende Arter have enten delvis eller ganske helrandede Blade og danne saaledes Overgang til de i Mexico herskende Arter. Fra de dybtfligede Blade hos *rubra*, *coccinea*, *palustris* o. fl. er det saaledes let at paavise en gradvis Overgang gennem de svagtlappede Blade hos *nigra* og *aquatica* til de ganske helrandede

Blade hos *aquatica* var. *laurifolia*, *phellos*, *cinerea* og *imbricaria*. Men disse Arter, som i i Regelen have udelte og helrandede Blade, navnlig *cinerea* og *Phellos*, forekomne dog ogsaa af og til med mere eller mindre delte Blade. Herved vise de deres Slægtskab med de fligbladede Arter, med hvilke de desuden synes meget tilboelige til at danne Bastardformer.

§ 1. *Rubræ*. *Folia laciniato-pinnatifida, glabra v. subtus tomento stellato cauduco tecta.*

Q. palustris Du Roi. DC. 117. Michx. t. 33—34.

Q. Catesbæi Michx. t. 24—30. DC. 115. Bladene som hos *palustris*, men større og næsten stilklose.

Q. rubra L. DC. 116. Michx. t. 35—36.

Q. coccinea Wangenh. DC. 119. Michx. t. 31. *Q. borealis* Michx. sylv. p. 98.

Q. tinctoria Bartram. DC. 119. Michx. t. 24. Betragtes af De Candolle som en Varietet af *coccinea*, men neppe med Rette. Den adskiller sig fra denne ved Bastens smukke gule Farve («Quercitron») og ved Bladene, som have bredere og kortere Flige, og som paa Undersiden ere beklædte med et tyndt Fillag.

Q. Sonomensis Benth. DC. 120. Kalifornien. Herhen horer rimeligvis *Q. Kelloggii* Newb. Reports of explor. and surveys etc. v. VI Botany, p. 28.

Q. Georgiana Curtis. DC. 118.

§ 2. *Illicifoliæ*. *Folia a basi cuneata in lacinias quinque apice mucronatas divisa, subtus dense albido-velutina.*

Q. illicifolia Wangenh. DC. 114. Michx. t. 27. — *Q. Banisteri* Michx.

§ 3. *Nigræ*. *Folia a medio ampliata, triloba vel in lacinias falcatas divisa.*

Q. falcata Michx. t. 28. DC. 113. *Q. triloba* Michx. t. 26.

Q. nigra L. DC. 125. Michx. t. 22—23. *Q. ferruginea* Michx. *Q. Marylandica* Cat.

Q. aquatica Walt. DC. 133. Michx. t. 19—21. *Q. maritima* Walt. *Q. laurifolia* Michx.

§ 4. *Integræ*. *Folia oblonga vel lanceolata, integra apice mucronata.*

Q. Phellos L. DC. 123. Michx. t. 12.

Q. imbricaria Michx. t. 15. DC. 124.

Q. cinerea Michx. t. 14. DC. 145. — *Q. humilis* Walt. — *Q. sericea* Willd. — *Q. pumila* Walt.

Proles hybrida.

Q. Leana Nutt. DC. 121. *Hybrida Q. imbricariæ et tinctoriæ v. nigræ.*

Q. heterophylla Michx. t. 16. *Unica arbor tantum cognita et jam extincta hybrida Q. Phellos et tinctoriæ fuisse videtur.*

- Q. Phellos** β *subimbricaria* DC. 123. *An mixtu Q. Phelli et imbricariæ procreata?*
Q. nigra γ *tridentata* DC. p. 64. *An hybrida Q. nigrae et imbricariæ?*
Q. rubra β *runcinata* DC. 116. *Unica arbor prope St. Louis cum rubra, palustri, imbricaria mixta foliorum forma Q. rubrae similis fructu minore et cupula basi breviter turbinata ad Q. palustrem accedens hybrida esse videtur.*
Q. ambigua Michx. t. 24. *An hybrida Q. rubrae et coccineae? cum hac fructu, cum illa foliis congruit.*
Q. falcata β *Ludoviciana* DC. p. 59, *cupula majore ad Q. nigram et coccineam accedit. An hybrida?*

Sectio 2. Prinoides. Folia obovata, saepe basi subcordata, mucronato-dentata, non raro coriacea, subtus dense velutina vel tomentosa. Omnes species mexicanæ.

Denne Section er analog til den Afdeling af Sectionen *Prinus* blandt *Lepidobalanerne*, som er betegnet § 1 *Genuinæ*. Analogien viser sig især tydelig mellem *Q. reticulata* samt *spicata* og *Q. crassifolia*. Betragtes *Q. calophylla* med sit temmelig store, lidt læderagtige, i sin nederste Halvdel helrandede, underneden floielshaarede Blad, som den mest typiske Repræsentant for Sectionen, saa vise Afvigelserne herfra sig fornemmelig dels som hos *Q. flavida* og *candicans* i den mere elliptiske, i hele Randen tandede eller dobbelt-tandede Plade, dels i dennes læderagtige Consistens, som hos *crassifolia*, *dysophylla* og *fulva*, hvortil kommer, at hos de to sidstnævnte Arter Tænderne kun findes nær Spidsen eller ganske mangle. Frugten har toaarig Modningstid; kun hos *omissa* er den enaarig.

- Q. omissa** DC. 40. Lieb. et Ørst. t. 18.
Q. dysophylla Benth. DC. 156. Lieb. et Ørst. t. 7.
Q. fulva Lieb. DC. 161. Lieb. et Ørst. t. 2.
Q. scytophylla Lieb. DC. 110. Lieb. et Ørst. t. 17.
Q. calophylla Cham. et Schl. DC. 129. Lieb. et Ørst. t. 1. — *Q. Alamo* Benth. — *Q. intermedia* Mart. et Gal. — *Q. acuminata* Mart. et Gal.
Q. crassifolia Humb. et Bonpl. *Pl. æquin.* t. 91. DC. 108. Lieb. et Ørst. t. 18. — *Q. rugosa* Nee. — *Q. spinulosa* Mart. et Gal.
Q. brachystachys Benth. DC. 150.
Q. stipularis Humb. et Bonpl. *Plant. æquin.* t. 90. Er ligesom foregaaende Art neppe andet end en Varietæt af *crassifolia*.
Q. flavida Lieb. DC. 159. Lieb. et Ørst. t. 2.
Q. candicans Nee. DC. 152. Lieb. et Ørst. t. 7.

Sectio 3. Versiformes. Folia e basi obtusa oblonga vel obovato-oblonga vel lanceolata, a medio vel apice mucronato-dentata vel integra, subtus tomentosa vel ad axillas costarum pube sero cadente tomentosa.

Denne Section danner gennem *Q. Orizabæ*, *mucronata* og *splendens* Overgang til den foregaaende, gennem *Q. nitens* til den følgende og gennem *Q. crassipes*, *rugulosa* og *confertifolia* til den næstfølgende Section. De herhenhørende Arter have deres væsentligste Særkjende i den store Afvexling, som Bladene frembyde, da der hos samme Art forekommer baade tandede og helrandede Former. Arternes rette Begrændsning er derfor her forbunden med den største Vanskelighed.

§ 1. *Folia subtus tomentosa vel pubescentia.*

*) *Mucronato-dentata.*

Q. splendens Nee. DC. 109.

— **Castanea** Nee. DC. 142. Liebm. et Ørst. t. 8. — *Q. mucronata* Willd. — *Q. tristis* Liebm.

Var. *tridens* DC. *Q. tridens* Humb. et Bonpl. *Pl. æquin.* t. 96.

Var. *integra.* *Q. mexicana* Humb. et Bonpl. *Pl. æquin.* t. 82. Liebm. et Ørst. t. E.

— **lanigera** Mart et Gal. DC. 14. Liebm. et Ørst. t. E.

— **pulchella** Humb. et Bonpl. l. c. t. 88.

**) *Folia integra.*

— **crassipes** Humb. et Bonpl. l. c. t. 83. DC. 144.

— **rugulosa** Mart. et Gal. DC. 146.

— **confertifolia** Humb. et Bonpl. l. c. t. 94.

§ 2. *Folia glabra, subtus ad axillas costarum tomentosa vel (in Q. floccoso) tomento mox cadente vestita.*

Q. Orizabæ Liebm. DC. 170, tab. huj. op. IV.

— **floccosa** Liebm. DC. 160. Liebm. et Ørst. t. D.

— **chrysophylla** Humb. et Bonpl. *Pl. æquin.* t. 87. DC. 753.

— **sideroxyla** Humb. et Bonpl. l. c. t. 85. DC. 111.

— **laurina** Humb. et Bonpl. l. c. t. 80. DC. 112.

— **depressa** Humb. et Bonpl. l. c. t. 92. DC. 136. Liebm. et Ørst. t. 15.

— **barbinervis** Benth. DC. 50. Liebm. et Ørst. t. E et t. 18. 3.

— **lanceolata** Humb. et Bonpl. *Pl. æquin.* t. 81. DC. 135.

— **nitens** Mart et Gal. DC. 134. Liebm. et Ørst. t. 9, 10, 11. *Q. commutata* Liebm.

Denne Art, der har en stor Udbredning i Mexico og forekommer under mange Former, er ikke let at adskille fra den foregaaende. Ifølge De Candolle, som har havt det rigeste Materiale til Sammenligning, skal den kjendes ved, at Bladene, der hos *lanceolata* kun blive et Aar gamle, hos denne sidde endnu det andet Aar paa Grenen. Bladene ere desuden mere tilspidsede (ikke spidse), Secundærribberne utydeligere, Tertiærribberne

som hos *lanceolata* ere tydeligst underneden, ere derimod hos denne stærkest fremtrædende ovenpaa; Filten forsvinder oftere ganske i Ribbevinklerne, og Skaalskællene have oftere paa Rygsidens Grund en knudeformig Udvidning.

En Varietet (*var. major* DC.) har mere langstilkede, grovt braaddet-tandede Blade og større Frugter (Liebm. et Ørst. t. 11, 7—12), en anden har helrandede Blade med stærkere fremtrædende Ribber paa Undersiden (*var. ocotæfolia* DC., *Q. ocotæfolia* Liebm.; Liebm. et Ørst. t. 9), og en tredje har ligeledes næsten helrandede lancetdannede, i Randen bølgede Blade, der i Ribberne stemme overens med Hovedformen (*var. subintegra* DC., *Q. lancifolia* Benth.).

Sectio 4. Serroides. Folia ovato-lanceolata vel lanceolata, glabra vel tenuiter pubescentia demum glabrata, grosse et longe setaceo-dentata. Maturatio fructus biennis (in Q. Sartorii annua).

Fra de ægdannede, langstilkede Blade hos *Q. Skinneri*, der minde om Bladene hos visse Former af *coccinea*, føre gradvise Overgange gennem de smallere Blade hos *Q. acutifolia* o. fl. til de lancetdannede hos *Q. Serra* og *Cortesii*. Det er kun sjelden, at her forekommer helrandede Former. Denne Section svarer til *subgen. Cerris* § *mucronatæ*.

Q. Skinneri Benth. DC. 126. Liebm. et Ørst. t. B et t. 3.

— **acutifolia** Nee. DC. 131. Liebm. et Ørst. t. C et t. 13. Forekommer med bredere svagt fildede Blade (*Var. furfuracea* Ørst., *Q. furfuracea* Liebm.; Liebm. et Ørst. t. C et t. 12) og med udelte Blade (*Q. conspersa* Benth., *Q. nitida* Mart. et Gal., *Q. longifolia* Liebm. Liebm. et Ørst. t. 11, 12, 14).

— **Sartorii** Liebm. DC. 46. Liebm. et Ørst. t. B et t. 19.

— **xalapensis** Humb. et Bonpl. l. c. t. 75. DC. 127. Liebm. et Ørst. t. 4.

— **grandis** Liebm. DC. 130. Liebm. et Ørst. t. 4.

— **Serra** Liebm. DC. 174. Liebm. et Ørst. t. B.

— **Cortesii** Liebm. DC. 45. Liebm. et Ørst. t. C.

Sectio 5. Laurifoliae. Folia elliptica, ovato-oblonga, ovato-lanceolata vel raro obovato-oblonga (in Q. Totulensis), integerrima glabra. Maturatio fructus biennis vel annua.

§ 1. *Fructus secundo anno maturi.*

Q. nectandraefolia Liebm. DC. 140. Liebm. et Ørst. t. 5 et t. D (*errone Q. elliptica inscripta*).

— **elliptica** Nee. DC. 139. *Q. perseæfolia* Liebm. *Q. microcarpa* Liebm. Liebm. et Ørst. t. 6.

— **lingvæfolia** Liebm. DC. 138. Liebm. et Ørst. t. D et *hujus operis* t. 4.

— **Totulensis** DC. 122. Liebm. et Ørst. t. 16.

§ 2. *Fructus primo anno maturi.*

- Q. oajacana** Liebm. DC. 170. Liebm. et Ørst. t. 23.
 — **pubinervis** Mart. et Gal.? t. IV, f. 9—12. Under dette Navn har vor botaniske Haves Herbarium faaet Expl. af en af Bourgeau i Mexico samlet Eg, som kun er lidt forskjellig fra *Q. oajacana* Liebm. Dens Blade er mere brede foroven og smalle forned og glatte. Frugstilkene er kortere.
 — **Benthani** DC. 43. *Q. undulata* Benth. *Pl. Hartw.*
 — **Tlapuxahuensis** DC. 44. *Q. salicifolia* Benth. l. c.
 — **Ghiesbrechtii** Mart. et Gal. DC. 49. Liebm. et Ørst. t. 21 et t. D.
 — **Seemanni** Liebm. DC. 44. Liebm. et Ørst. t. 20.
 — **salicifolia** Nee. DC. 47. Liebm. st Ørst. t. 20.

Sectio 6. Lepidobalanoides. Folia elliptica, oblonga vel obovata, integerrima, sæpius glabra, biennia. Fructus maturatio annua. Ovula abortiva circa basin seminis affixa.

Denne Section stemmer i Bladene væsentlig overens med den foregaaende, men adskiller sig fra denne ved Æggenes Stilling. Dog maa det bemærkes, at jeg kun kjender denne Stilling ved egen Iagttagelse fra én Art (*costaricensis*) og for de andre Arters Vedkommende heri støtter mig paa De Candolles Angivelse.

- Q. Humboldtii** Bonpl. DC. 52. Liebm. et Ørst. t. 24.
 — **Lindeni** DC. 55.
 — **Tolimensis** Humb. et Bonpl. l. c. t. 129. DC. 56. Liebm. et Ørst. t. 25.
 — **citrifolia** Liebm. DC. 53. Liebm. et Ørst. t. E.
 — **granulata** Liebm. DC. 137. Liebm. et Ørst. t. E.
 — **costaricensis** Liebm. DC. 54. Liebm. et Ørst. t. 24.

Sectio 7. Stenocarpæa. Folia ovalia; sempervirentia, spinoso-dentata. Glans ovoidea-oblonga acuta, pericarpio tenui. Ovula abortiva circa superiorem seminis partem affixa. Species Novo-mexicanæ et Californicæ.

- Q. agrifolia** Nee. DC. 68. Nuttall. North. Amer. Sylva 1. t. 2. Liebm. et Ørst. t. 44.
 — *Q. Oxyadenia* Torr.

Hic species sequentes pertinere videntur:

- **Wislizeni** DC. 132.
 — **Morehus** Kellogg. DC. 169.
 — **aristata** Hook et Arn. DC. 149.
 — **Emoryi** Torr. *Appendix to Emory: Notes of a military reconnaissance to San Diego in California* (1849) p. 20.

Subgenus. **Lepidobalanus** Ørst.

Ørsted: Bidrag o. s. v. p. 68.

Conspectus sectionum.

- Folia pinnatiloba, varie pinnatifida vel sinuato-lobata:* *Eulepidobalanus.*
 — *obovata v. oblonga-obovata, grosse et varie crenata v. sinuato-crenata, callosa-serrata v. dentata rarissime integra:* *Prinus.*
 — *ovata, ovalia vel elliptica, coriacea, integra vel spinoso-dentata:* *Ilex.*

Sectio 1. Eulepidobalanus. Folia obovata pinnatiloba, sinuato-lobata, varie pinnatifida vel pinnatifido-lyrata, glabra vel sæpius subtus tomentosa vel pubescentia, membranacea, annua, rarius ovata vel ovalia et varie crenata serrata vel dentata.

§ 1. *Lyratæ. Folia pinnatifido-v. pinnatisecto-lyrata, subtus pubescentia v. tomentosa.*

*) *Squamæ cupulæ ovatæ.*

- Q. obtusiloba** Michx. t. 1. DC. 25. Liebm. et Ørst. t. H et t. 33. f. 60. *Q. stellata* Wangenh.
 — **lyratæ** Walt. Michx. t. 4. DC. 20.

**) *Squamæ cupulæ superiores lineares v. filiformes.*

- **olivæformis** Michx. t. 2. DC. 22.
 — **macrocarpa** Michx. t. 2 et 3. Liebm. et Ørst. t. G et t. 33. f. 27—28.

§ 2. *Pinnatifidæ. Folia pinnatifida, rarius pinnatiloba, subtus pallide v. fulvo-tomentosa. Fructus sessiles v. rarius breviter pedunculati.*

- Q. alba** L. Michx. t. 5. DC. 26. Liebm. et Ørst. t. 33. f. 29—30.
 — **Toza** Bosc. Kotschy t. 22. DC. 4. Liebm. et Ørst. t. 33. f. 44—45. — *Q. pyrenaica* Willd. — *Q. Tauzin* Pers. — *Q. stolonifera* Lapeyr.
 — **Farnetto** Ten. DC. 2.
 — **conferta** Kit. Kotschy t. 14. DC. 2. — *Q. Esculus* Heuffel.
 — **vulcanica** Boiss. et Heldr. Kotschy t. 18. DC. 3.
 — **Cedrorum** Kotschy t. 37. DC. p. 8. — *Q. Ibicis* Kotschy. — *Q. pinnatiloba* Koch.
 — *Q. mannifera* Kotschy.
 — **pubescens** Willd. Liebm. et Ørst. t. 33. f. 24—26 et t. G. — *Q. Robur lanuginosa* Lam. DC. p. 10. — *Q. lanuginosa* Thuil. — *Q. collina* Schleich. — *Q. undulata* Kit. — *Q. pinnatifida* Gmel. — *Q. asperata* Pers. — *Q. aspera* Bosc.

Denne Art varierer med Hensyn til Bladene, som kunne have faa (2—3) bredere Lapper (*Q. brevifolia* Kotschy), og med Hensyn til Frugterne, som kunne være lange og smalle (*Q. leptobalana* Guss.) eller sidde meget tæt sammenhobede (*Q. axillaris* Schur.).

! *Q. macranthera* Fisch. DC. 6.

! — *Sypirensis* C. Koch. DC. 5.

§ 3. *Lobatæ. Folia pinnatiloba v. sinuato-lobata, glabra v. subtus pubescentia v. tomentosa.*

†) *Fructus pedunculati v. sessiles conglomerati. Folia glabra. Species europæe et orientales.*

*) *Pedunculi fructiferi petiolo breviores v. fructus sessiles.*

Q. sessiliflora Sm. Reichb. Ic. t. 644. Liebm. et Ørst. t. G et t. 33, f. 37. *Q. Robur sessiliflora* L. *communis* DC. p. 8. *Q. lamprophyllus* C. Koch.

Forekommer med dybt indskaarne Blade (*var. aurea*; *Q. aurea* Wierzbicki; *Q. Pedemontana* Colla; *Q. Esculus* L. sp. (non mant. nec Griseb.; *Q. Streimii* Heuffel), med store kun svagt indskaarne Blade og spiselige Frugter (*Q. Virgiliana* Ten.; *Q. Cupania* Guss.), med lignende Blade og Skaale, hvis Skæl ere forsynede med stærkt fremtrædende Knuder (*Q. pseudotscharukensis* Kotschy), med smaa aflange Blade (*Q. Dshorochensis* C. Koch), eller i Former, som staa midt imellem denne Art og *Q. pedunculata* eller *Q. pubescens* og som rimeligvis ere Bastarder (*Var. ambigua* DC. p. 6 = *Q. apennina* Aunier, *Var. Tenorei* DC. p. 7 = *Q. Dalechampii* Ten., *Q. Budaiana* Haberi., *Q. Esculus* Griseb.).

**) *Pedunculi fructiferi petiolo longiores.*

— *pedunculata* Ehrh. Kotschy t. 27. Liebm. et Ørst. t. G et t. 33, f. 38—39. — *Q. pedunculata v. vulgaris* DC. p. 4. — *Q. racemosa* Lam. — *Q. fructipendula* Schrank. — *Q. malacophylla* Schur. — *Q. Brutia* Ten.

Forekommer med længere Bladstilke (*Q. armeniaca* Kotschy t. 25), med meget store Frugter (*Q. Thomasii* Ten.), med opadrettede Grene, som danne en pyramideformet Krone (*Q. fastigiata* DC., *Q. pyramydalis* hort.), med uregelmæssigt fligede Blade (*Q. laciniata* Lodd, *Q. filicifolia* hort.) og med Bladene paa Undersiden flittede (*Q. apennina* Lam.).

— *Haas* Kotschy t. 2. Liebm. et Ørst. t. I et t. 33, f. 41.

†) *Fructus sæpius solitarii, sessiles. Folia subtus tomentosa v. pubescentia. Species in America septentrionali crescentes.*

*) *Fructus elongati, acuti.*

Q. lobata Nee. Liebm. et Ørst. t. 42. DC. 29. *Q. Hindsii* Benth.

**) *Fructus ovoidei v. ferme globosi.*

— *Gambellii* Liebm. Liebm. et Ørst. t. 40. *Q. Douglasi* var. *novomexicana* DC. p. 24.

Q. Douglasii Hook. et Arn. Hook. Ic. t. 382—83. Nuttall. Sylva. 1 t. 4. Liebm. et Ørst. t. 41; t. 6, f. 23 *hujus operis*.

— **Næi** Liebm. Liebm. et Ørst. t. 41. DC. p. 24.

— **Garryana** Hook. Nuttall. Sylva. 1 t. 1. Liebm. et Ørst. t. 40.

— **Drummondii** Liebm. DC. 31.

— **undulata** Torr. Nuttall. Sylva. 1 t. 3. Liebm. et Ørst. t. 40. *Q. Fendleri* Liebm.

§ 4. *Sinuatæ. Folia e basi sæpius cuneatim angustata obovata, sinuata. Fructus sessiles. Species in Asia orientali crescentes.*

Q. Mongolica Fisch. DC. 10.

— **Mac Cormickii** Carruthes DC. 9.

?— **obovata** Bunge. DC. 8.

?— **dentata** Thunb. DC. 7.

§ 5. *Crenato-serratæ. Folia ovata vel ovalia, varie crenato-serrata v. crenato-dentata, rarius sublobata v. integra, membranacea v. coriacea et subpersistentes.*

Q. Lusitanica Webb. DC. 19. Liebm. et Ørst. t. 33—35.

En Bjergform med spidsere Takker er bleven opfattet som en egen Art (*Q. Valentina* Cav. Ic. 2 t. 129; *Q. alpestris* Boiss. Kotschy t. 17). Det samme gjælder om en navnlig i Nordafrika hjemmehørende Form (*Q. Mirbeckii* du Rieu), hvis store næsten rundtakkede Blade paa Underfladen ere beklædte med affaldende Filt og ligne Bladene af *Q. Prinus*.

— **humilis** Lam. DC. 18. *Q. prasina* Bosc. *Q. glauca* Bosc.

— **infectoria** Oliv. — *Q. Lusitanica* subsp. *orientalis* DC. p. 18. — *Q. rigida* C. Koch. — *Q. polycarpus* Kotschy. — *Q. inermis* Ehrh.

Medens *Q. Lusitanica* kun forekommer i Spanien og de tilstødende Dele af Africa, har denne Art hjemme i Lilleasien, hvor den optræder i mange Varieteter, der af Kotschy uden Grund ere opfattede som egne Arter; saaledes *Q. Phæfingeri* Kotschy t. 23 med helrandede eller næsten helrandede langstilkede Blade og lange valseformede Frugter, *Q. tauricola* Kotschy t. 10 med næsten savtakkede Blade og *Q. syriaca* Kotschy t. 1 med tandede Blade og store Frugter.

Sectio 2. Prinus. Folia obovata, oblongo-obovata, elliptica v. oblonga, sæpius, coriacea et subtus tomentosa, callosocrenata v. callososerrata, rarius integra.

§ 1. *Genuinæ. Folia crenata v. sinuato-crenata, crenæ semper callosæ. — Omnes americanæ imprimis mexicanæ.*

Fra de næsten runde Blade hos *Q. magnoliæfolia* og *reticulata* føre de omvendt ægdannede Blade gennem gradvise Overgange til de ellipske Blade hos *Q. Liebmannii* og de smalbladete Former af *Q. Prinus*, der paa den ene Side ere knyttede til Arterne med savtakkede Blade, især til *Q. Sadleriana*, og paa den anden Side til *Eulepidobalanus* §

crenato-serrata. Medens Bladene af *M. magnoliæfolia* viser en Tilnærmelse til Helrandethed, have Bladene hos *Q. tomentosa* ofte temmelig store Tænder, og hos *Q. bicolor* ere Indskæringerne undertiden saa dybe, at Bladene næsten ere halvfinnede. De fleste Arter have en af lange Stjernehaar dannet Filtbeklædning, der hos *bicolor* er floielsagtig og hos *Prinus* meget kort, men tæt. Kun hos *bicolor* og *magnoliæfolia* findes mellem Stjernehaarene gule Kjertelhaar, der hos sidstnævnte Art undertiden ere meget overveiende.

Q. reticulata Humb. et Bonpl. t. 86. DC. 58. Liebm. et Ørst. t. 35 et t. H.

— **spicata** Humb. et Bonpl. t. 89. DC. p. 34. Liebm. et Ørst. t. H et t. 35.

— **Segoviensis** Liebm. DC. 173. Liebm. et Ørst. t. I.

— **tomentosa** Willd. DC. 57. Liebm. et Ørst. t. 33, f. 10—18 et t. I. — *Q. pedunculata* Nee. — *Q. callosa* Benth.

Bladene ere sædvanlig omvendt-ægdannede og brede, men de kunne ogsaa være aflange eller elliptiske og med svage eller næsten ingen Udskæringer i Randen (*Q. diversifolia* Nee).

— **glaucescens** Humb. et Bonpl. t. 78. DC. 163. En tvivlsom Art.

— **obtusata** Humb. et Bonpl. t. 76. DC. 38. Liebm. et Ørst. t. F. — *Q. affinis* Mart. et Gal.

Bladene kunne være mere langstilkede (*Q. pandurata* Humb. et Bonpl. t. 77), eller bredere og med mere hjertedannet Grund og mere rundtakked-tandede (*Q. Hartwegi* Benth., *nudinervis* Liebm.), eller næsten helrandede (*Q. ambigua* Humb. et Bonpl. t. 93).

— **laxa** Liebm. DC. 41. Liebm. et Ørst. t. 37.

— **circinnata** Nee. DC. 36.

— **Liebmannii** Ørst. Liebm. et Ørst. t. I.

— **maguoliæfolia** Nee. DC. p. 17. Liebm. et Ørst. t. I. (*macrophylla*). *Q. lutea* Nee. *Q. macrophylla* Nee. *Q. resinosa* Liebm.

— **bicolor** Willd. DC. 23. *Q. Prinus discolor* Michx. *Q. Prinus tomentosa* Michx. t. 9. *Q. pannosa* Bosc. *Q. Prinus v. platanooides* Lam.

— **Prinus** L. *Q. Prinus palustris* Michx. t. 6. DC. 24. *Q. montana* Emerson.

Forekommer med smallere mere langstilkede og næsten savtakkede Blade (*Q. Prinus acuminata* Michx. t. 8, *Q. Castanea* Muhl.), eller med mindre næsten topformig Skaal (*Q. montana* Willd.).

Q. prinoides Willd. DC. p. 21. *Q. Prinus pumila* Michx. t. 9. *Q. Chinquapin* Pursh.

§ 2. *Versiformes*. *Folia sæpius oblonga et a medio crenato-dentata v. integra glabrescentia, rarius ovata v. obovata, subtus tomentosa*.

De herhen hørende Arter have i det Hele smallere, mere helrandede og glattere Blade end de foregaaende, og hos samme Art findes ofte baade helrandede og rundtakkede Blade.

- Q. glaucoides** Mart. et Gal. DC. 51. Liebm. et Ørst. t. 34.
 — **polymorpha** Cham. et Schlecht. DC. 39. Liebm. et Ørst. t. 38.
 — **germana** Cham. et Schlecht. DC. 162. Liebm. et Ørst. t. 37.
 — **sororia** Liebm. DC. 175. Liebm. et Ørst. t. 6. *Q. glauca* Ørst. l. c. t. 36, f. 9—24.
 — **glabrescens** Benth. DC. 60. Liebm. et Ørst. t. 39 et t. K.
 — **læta** Liebm. DC. 42. Liebm. et Ørst. t. 37.
 — **repanda** Humb. et Bonpl. t. 79.
 — **microphylla** Nee. DC. 63. Liebm. et Ørst. t. 36.
 — **oblongifolia** Torr. in Sitgreaves Report exped. Zuni. t. 19. DC. 64.
 § 3. *Serroides*. *Folia oblonga v. obovato-oblonga, grosse dentato-serrata*.
 — **Sadleriana** R. Brown. (Campst.) Annals and Magaz. of nat. hist. April 1871.
 Denne Art, som først er bleven iagttagen af R. Brown paa den Bjergkjæde, som danner Grændsen mellem Oregon og Kalifornien i en Høide af 2—3000 Fod, slutter sig nærmest til *Q. Griffithii*, fra hvilken den især adskiller sig ved sin meget tynde Skaal.
 — **Griffithii** Hook. et Thoms. DC. 11. Khasia. 5—6000'.
 — **Pontica** C. Koch in *Linnæa* V. 22 p. 319. DC. 96. Pontiske Bjerge.
 — **glandulifera** Blume. DC. 77. Liebm. et Ørst. t. 33, f. 61—63. Japan.
 — **lanuginosa** Don. DC. 102. Nepal.
 — **incana** Roxb. DC. 103. Kamaon i Indien.
 — **urticæfolia** Blume. DC. 17. China, Japan.
 — **grosseserrata** Blume. DC. 16. Japan.
 — **crispula** Blume. DC. 15. Nippon.
 — **canescens** Blume. DC. 14. Japan.
 — **aliena** Blume. DC. 12. Japan og China. *Q. hirsutula* Blume. *Q. holosericea* et *Q. humosa* Blume.
 Sectio 3. *Ilex*. *Folia crassa, rigida, coriacea, integra v. spinoso-dentata, semper-
 virentia, subtus sæpius tomento brevi densissimo incano-velutina*.
 — **Ilex** L. Kotschy t. 38. DC. 73. Tab. nostra I, f. 4—11.
 Bladene kunne være ovale og dybt tornet-tandede (*Q. Gramuntia**) L. tab. nostra I, f. 9) og desuden næsten glatte (*var. agrifolia* DC.) eller tilrandede ved Grunden og hvidgraa paa Undersiden (*var. Ballota* DC., *Q. rotundifolia* Lam., *Q. Castellana* Poir., *Q. Ballota* Desf.).
 — **gracilis** Lange. Descript. plant. Hispan. icon. illust. t. 31. DC. p. 39.
 — **Baloot** Griff. DC. 72. Afghanistan.
 — **phylliroides** A. Gray. DC. 74. Japan.
 — **chrysolepis** Liebm. DC. 69. Liebm. et Ørst. t. 47. Mexico.

*) Af Grammont nær Montpellier.

- Q. oleoides** Cham et Schlecht. DC. p. 37 sub. n. 70. Liebm. et Ørst. t. 43. Mexico.
 — **retusa** Liebm. DC. p. 37 sub. n. 70. Tab. nostra II, f. 9—10.
 — **virens** Ait. DC. 70. Michx. t. 10—11. Liebm. et Ørst. t. 33, f. 50—57. Tab. nostra II, f. 1—3.
 — **pungens** Liebm. DC. 65. Liebm. et Ørst. t. 45. Ny Mexico.
 — **berberidifolia** Liebm. DC. 66. Liebm. et Ørst. t. 45. Ny Mexico.
 — **hastata** Liebm. DC. 67. Liebm. et Ørst. t. 46. Ny Mexico.
 — **grisea** Liebm. DC. 61. Liebm. et Ørst. t. 46. Ny Mexico.
 ?— **dilatata** Lindl. Royle III. Himal. t. 84. DC. 78. — *Q. floribunda* Lindl.

Subgenus. **Macrobalanus.**

Quercus. Subg. *Lepidobalanus* sect. *Macrocarpæa* Ørst., naturh. Forenings vidensk. Meddel. 1866, p. 60.

Herunder henføres en lille naturlig Gruppe af smukke, ved deres store Blade og meget store Frugter udmærkede Arter. Da disse ikke blot adskille sig ved deres Habitus, ved deres savtakkede Blade med tydelige, langs Randen lobende Tertiærribber og ved Kimbladene, som altid ere uligestede, men da det ogsaa har vist sig, at de frembyde særegne Forhold i Griflerne og Arrene (se i det Foregaaende p. 343), har jeg anseet det for rigtigst at henføre dem til en egen Underslægt. Alle Arter have hjemme i Mexico og Centralamerika.

§ 1. *Folia subtus dense fulvo-pilosa. Cupulæ squamæ patulæ. Glans depressoglobosa v. conica.*

- Q. insignis** Mart. et Gal. DC. 33. Liebm. et Ørst. t. 29 et t. K.
 — **insignis** var. **strombocarpoides** Ørst. l. c. t. 28.
 — **strombocarpa** Liebm. DC. 34. Liebm. et Ørst. t. 27.

§ 2. *Folia subtus glabra v. glabrescentia. Cupulæ squamæ adpressæ. Glans ovata apice truncata.*

*) *Fructus et folia majora.*

- Q. Galeottii** Martens. DC. 35. Liebm. et Ørst. t. 26 et t. R.
 — **Warszewiczii** Liebm. DC. 128. Liebm. et Ørst. t. 30. — *Q. glabrescens* Seem. — *Q. oocarpa* Liebm.
 — **excelsa** Liebm. DC. 157. Liebm. et Ørst. t. 30. Tab. nostra VI, f. 16.
 — **corrugata** Hook. Icon. t. 403. DC. 32. Liebm. et Ørst. t. 31.
 — **cuneifolia** Liebm. DC. 155. Liebm. et Ørst. t. K. — *Q. chinantlensis* Liebm.

**) *Fructus et folia minor.*

- **leiophylla** DC. 141. Liebm. et Ørst. t. 32 et t. K, tab. nostra VI, f. 17—19.
 — **lanceifolia** Schlecht. et Cham. DC. 167.

Cyclobalanopsis Ørst.

Ørsted: Bidrag o. s. v., p. 69.

Denne Slægt danner indenfor *Quercineæ* et Led, som er analogt til *Cyclobalanus* blandt *Castanineæ*. Man har tidligere forvexlet Analogi med Slægtskab og henført nærværende Arter til *Cyclobalanus*, men at de ere Ege sees ikke alene af de væsentlige Karakterer, som hentes fra Grifflerne og Arrene, men ogsaa af de habituelle, navnlig de hængende Hanrakler. *Cyclobalanopsis* stemmer overens med *Lepidobalanus* i Arrene, i Frugten og i de gølge Ægs Stilling, men slutter sig til *Cyclobalanus* med Hensyn til Skaalskællene og Frugtens toaarige Modningstid. Bladene ere elliptiske, læderagtige, toaarige, temmelig langstilkede, ofte langt tilspidsede, omtrent fra Midten savtakkede og sædvanlig paa Undersiden forsynede med et hvidligt Voxovertræk. Ved de savtakkede Blade viser denne Slægt en Tilnærmelse til Underslægten *Cerris*, men da Takkerne ere knudeformigt udvidede i Spidsen, dog især til *Lepidobalanus sect. Prinus § serroides*.

Sectio 1. Glans ovoidea v. ellipsoidea.§ 1. *Folia minora (1—3" longa), lanceolata.**) *Foliis adultis, subtus tomentosis.*C. *gilva* (Blume). DC. 266. Ørsted: Bidrag t. 1—2, f. 12. Liebm. et Ørst. t. E. Japan.**) *Foliis adultis subtus glabris.*— *salicina* (Blume). DC. 248. *Quercus bambusæfolia* Hance. Seemann: Bot. Herald t. 91. Japan, Hong-Kong.§ 2. *Folia majora (3—12" longa), elliptica.*— *acuta* (Thunb.). DC. 209. Japan.— *Burgerii* (Blume). DC. 210. Japan.— *annulata* (Sm.). DC. 249. Ørsted: Bidrag t. 1—2, f. 1—4. — *Phyllata* Don. Nepal, Kumaon, Khasia.— *glauca* (Thunb.). DC. 247. Ørsted: Bidrag t. 1—2, f. 10. Liebm. et Ørst. t. E. Japan.— *lineata* (Blume). *Fl. Javæ*. Cupul. t. 19).— *Thomsoniana* (DC. 240). Sikkim, 5—8000'.— *Horsfieldii* (Miq.). DC. 243. Banka.— *semiserrata* (Roxb.). DC. 245. Wight. Icon. t. 211. Silhet.— *oidocarpa* (Korth. Verh. nat. Gesch. Bot. t. 47, f. 18). DC. 246. Liebm. et Ørst. t. E. Sumatra.*Sectio 2. Glans globosa v. depresso-globosa, cupulam viâ superans.*— *velutina* (Lindl.). DC. 244. Wall. Pl. as. rar. t. 150. Tenasserim.

- C. Championi** (Benth.). DC. 221. Seemann: Bot. Herald. t. 90. Øen Hong-Kong.
 — **lamellosa** (Sm.) DC. 250. Wall. Pl. as. rar. t. 149. Hooker f. et Catch. Ill. Him.
 t. 20. *Q. imbricata* Don. *Q. Wallichiana* Lindl. Nepal, Øen Penang.
 — **paucilamellosa** (DC. 251). *Q. lamellosa* Hook. f. et Th. Sikkim, 5—8000'.
 — **helferiana** (DC. 252). Moalmyne i Indien, 2400'.
 — **mespilifolia** (Wall.). DC. 254. Bagindien ved Prome og Taong-Dong.

? **C. oxyodon** (Miq.). DC. 241. Khasia, 5000'.

? — **Merkusii** (Endl.). DC. 242. *Q. turbinata* Blume Fl. jav. Cupul. t. 18. *Q. Horsfieldii*
 Miq. Vest-Java.

Af de to sidstnævnte Arter kjender jeg ikke Frugten, saa at deres nærmeste Slægt-
 skab ikke endnu kan bestemmes.

Der er to Arter, som hver paa sin Maade ere saa afvigende fra de øvrige, at de
 maaske rigtigst henføres til to egne Underslægter, af hvilke den ene danner Overgang til
Pasania, den anden til *Cyclobalanus*.

C. gemelliflora (Blume). *Quercus gemelliflora* Blume l. c. t. 17. DC. 202. Denne Art
 slutter sig til *Pasania rotundata* ved Skaalen, som paa sin nederste Halvdel ganske
 mangler Skæl.

— **argentata** (Korth. Verh. nat. Gesch. t. 47). DC. 211. Er især afvigende ved Arrene,
 der i deres Form minde om Hatten hos *Agaricus* (Ørst. l. c. t. 1—2, f. 6—7) og
 slutter sig ved de helrandede Blade og Frugtens toaarige Modning til *Cyclobalanus*.

Castaninæ.

*Styli cylindrici rigidi erecti; stigmati apicali punctiformi. Spicæ et masculæ et
 femineæ erectæ, sæpe paniculatæ, vel androgynæ, basi solum femineæ. Folia sæpius integra.*

Conspectus generum.

Cupula squamis sparsis imbricatis tecta:

Pasania.

*Cupulæ squamæ verticillatæ in lamellas concentricas lateraliter
 coalitæ:*

Cyclobalanus.

*Cupula aculeis ramoris echinata, demum regulariter v. irregulariter
 partita:*

Castanea.

Pasania Ørst. l. c. p. 73.

Denne Slægt har sin mest iøinefaldende Karakter i de spiralstillede taglagte Skaalskæl. Kun sjelden ere de krandsstillede og indbyrdes sammenvoxne; men den adskiller sig desuden fra *Cyclobalanus* ved: 1) Griflerne, som ere længere og tydelig adskilte, 2) ved Frøgjemmet, som ikke har falske Skillelægge, men er forsynet med et tykt i 3 Partier fremspringende Inderlag, sædvanlig dannet af en løsere Substans og ofte forsynet med Lacuner, og 3) ved Skaalene, som ikke sidde enlige, men ere tre og tre indbyrdes sammenvoxne. Bladene ere helrandede, kun hos *P. cornea*, *Harlandi* og *densiflora* forekomme de takkede. Underslægtterne *Chlamydoalanus* og *Lithocarpæa* ere i flere Henseender saa afvigende, at det maa ansees for tvivlsomt, om de ikke snarere burde betragtes som egne Slægter.

Subgenus 1. Eupasania. Cupulæ ternæ, basi inter se coalitæ, squamis imbricatis. Glans libera (cum cupula non connata).

Sectio 1. Cupula patellæformis hemisphærica vel turbinata, ore aperto et glande exserta.

§ 1. *Cupula patellæformis; glans depresso-globosa v. subglobosa.*

P. pallida (Blume). *Quercus pallida* Blume l. c. t. 4—5. DC. 188.

— **sundaica** (Blume). *Quercus sundaica* Blume l. c. t. 2—3. DC. 204.

— **pseudomolucca** (Blume). *Quercus pseudomolucca* Blume l. c. t. 6. DC. 194.

Quercus thelecarpa Miq. Plant. lugh. I, p. 9 synes at være en Varietet af denne Art med tykkere, underneden blegere Blade og tykkere Skaalskæl, og *Quercus angustata* Blume l. c. t. 7 en lignende med smallere Blade.

— **Molucca** (Rumph Amb. t. 56). DC. 195.

— **placentaria** (Blume). *Quercus placentaria* Blume l. c. t. 9. DC. 196.

— **spicata** (Wall.). *Quercus spicata* Wall. Pl. as. rar. I, t. 46. DC. 193. *Q. elegans* Blume l. c. t. 10. *Q. Arcaula* Ham. *Q. grandifolia* Dan.

— **pruinosa** (Blume). *Quercus pruinosa* Blume l. c. t. 1. DC. 199.

— **Korthalsii** (Blume). DC. 206. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 20—21. *Q. Kajan* Miq.

— **urceolaris** (Jack). DC. 205.

§ 2. *Cupula hemisphærica, glans ovoidea v. rarissime globosa.*

— **glabra** (Thunb.). Sieb. et Zuccar. Fl. jap. t. 89. DC. 185.

— **Harlandi** (Hance). Seemann Bot. Herald. t. 89. DC. 232.

— **thalassica** (Hance). Seemann l. c. t. 88. DC. 189. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 23.

— **Irwinii** (Hance). DC. 190.

— **mixta** (DC. 187).

P. acuminata (Roxb.). DC. 207.

— **Amberstiana** (Wall.). DC. 186.

§ 3. *Cupula turbinata basi nuda, glans depresso-globosa.*

— **rotundata** (Blume). *Quercus rotundata* Blume l. c. t. 11. DC. 203.

§ 4. *Cupula hemisphærica squamis lanceolatis vel linearibus diffuse patentibus vel patenti-reflexis echinata.*

P. densiflora (Hook. et Arn.). Hook. Ic. t. 380. Nutt. sylv. I, t. 5. DC. 184. *Quercus echinacea* Torr. Rep. of Exped. Seatgreaves p. 81 t. 14.

— **densiflora** var. *alpina* Ørst. *Quercus echinoides* R. Brown Campst. Annals and Magazine of natural history, April 1871 p. 3. Adskiller sig fra *densiflora* kun ved sin lavere Væxt og mindre Blade og, som det synes, ved en mere bitter Smag af Frøene. Vøxer i en Høide af 8000 Fod ved Cañon Creek i Oregon.

— **lappacea** (Roxb.). Wight. Icon. t. 220. DC. 198. *Q. Mackiana* Hook. Icon. t. 224.

Sectio 2. Cupula glandem subglobosam undique tegens.

— **fenestrata** (Roxb.). Wight. Icon. t. 219. DC. 194. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 24—25.

Subgenus 2. Synedrys Lindl. (ut genus). *Cupulæ et glandes præcedentis. Cotyledones dorso irregulariter rimoso-sulcatæ, 4—5-lobæ. Folia dentata.*

P. cornea (Lour.). Seemann Bot. Herald t. 87. DC. 208.

Subgenus 3. Chlamydoalanus. Cupulæ solitariæ glandem undique tegentes, sæpius apice irregulariter fissæ, concentricæ ex squamis connatis verticillatis zonatæ. Glans cum cupula non connata. Cotyledones intricato-plicatæ.

P. lanceæfolia (Roxb.). Wight. Icon. t. 212. DC. 255. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 27—30.

Q. glomerata Wall. *Castanea glomerata* Blume.

— **acuminatissima** (DC.). *Quercus acuminatissima* DC. 256. *Q. lineata* Miq. *Q. Jung-hunii* Miq.

— **cuspidata** (Thunb.). Sieb. et Zuccar. Fl. jap. t. 2. DC. 257.

— **fissa** (Champ. et Benth.). Seemann Bot. Herald t. 92. DC. 260.

Subgenus 4. Lithocarpæa. Cupulæ ternæ inter se connatæ, crassæ lignosæ, concentricæ ex squamis connatis verticillatis demum vix conspicuis zonatæ. Glans cum cupula connata, pericarpio crasso duro lacunis non perforato. Cotyledones integræ conferruminatæ.

Af denne Underslægt er kun kjendt én Art og af denne alene Frugterne, sendte til vor botaniske Have af Wallich.

P. lithocarpa Ørst. l. c. p. 84, t. 1—11, f. 19 og 26. Ovenfor p. 345 f. F.

Species quoad fructum ignotæ:

— **oligoneura** (Korth.). DC. 201.

- P. plumbea* (Blume). DC. 200.
 — *crassinervia* (Blume). DC. 197.
 — *dealbata* (Hook. fil. et Th.). DC. 192.

***Cyclobalanus* Ørst. l. c. p. 80.**

Denne Slægt er vistnok ved mange Overgangsled forbunden med *Pasania*, men bør dog sikkert holdes adskilt fra samme. Den adskiller sig fra *Pasania* ikke alene i Grifflerne, som ere korte og knudeformede (se ovenfor p. 342, f. A) og i Frøjemmet, der ved ufuldkomne Skillevægge er delt i 9—12 eller i et endnu større Antal Rum, men ogsaa i habituelle Karakterer, idet Skaalene sidde enlige, ikke som hos *Pasania* tre og tre sammen, og derved at Skaalskællene danne concentriske Ringe. Indenfor begge Slægter gjentage sig de samme Forskjelligheder med Hensyn til Skaalen og dennes Forhold til Frugten, saa at der viser sig en tydelig Parallellisme og Analogi mellem Underslægterne.

Subgenus. Eucyclobalanus. Cupula patellæformis, hemisphærica vel turbinata, sæpius crassa, lignosa, cum glande non connata, ore aperto et glande exserta.

Sectio 1. Cupula patellæformis, sæpe basi turbinata. Glans depresso-globosa vel subglobosa.

- C. platycarpa* (Blume l. c. t. 15). DC. 213.
 — *Tysmanniui* (Blume). DC. 214. *Quercus laurifolia* Miq. *Q. hypoleuca* Miq. *Q. annulata* Korth. Verh. Nat. Gesch. 4. 46. *Q. pseudo-annulata* Blume.
 — *Omaloikos* (Korth.). DC. 215. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 15—16.
 — *Ewyckii* (Korth. l. c. t. 46.). DC. 222.
 — *Bennettii* (Miq.). DC. 223.
 — *induta* (Blume l. c. t. 12). DC. 233. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 17.
 — *cyrtopoda* (Miq.). DC. 234.
 — *Lanosii* (DC. 235). *Quercus concentrica* Blanco.
 — *Biepenhorstii* (Miq.). DC. 229.
 — *Lamponga* (Miq.). DC. 227.
 — *Hancei* (Benth.). DC. 231.

Sectio. Cupula patellæformis sæpe basi turbinata. Glans ovoidea.

- *Reinwardtii* (Korth.). DC. 212.
 — *concentrica* (Lour.). DC. 220. Rumph. l. c. t. 56.
 — *conocarpa* (Oudem.). DC. 218.
 — *ovalis* (Blanco.). DC. 236.
 — *Celebica* (Miq.). DC. 228.

Sectio 3. Cupula turbinata vel turbinato-hemisphærica. Glans ovoidea.

- C. oogyne* (Miq.). DC. 225.
 — *nitida* (Blume). DC. 226.
 — *daphnoidea* (Blume). DC. 230.
 — *hystrix* (Korth. l. c. t. 43). DC. 206 ε.
 — *philippensis* (DC.). *Quercus philippensis* DC. 238.

Subgenus 2. Encleistocarpus. Cupula chartacea, tenuissima, glandem undique tegens, cum hac vero non connata.

- C. Blumeana* (Korth. l. c. t. 44). DC. 258.
 — *encleistocarpa* (Korth. l. c. t. 45). DC. 259. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 13.

Subgenus 3. Lithocarpus. Genus Lithocarpus Blume. Cupula coriacea, glandem totam vel ferme totam tegens et cum hac connata.

- C. costata* (Blume l. c. t. 13). DC. 219. Ørsted l. c. t. 1—2, f. 14.
 — *javensis* (Blume l. c. t. 20). DC. 261. *Lithocarpus javensis* Blume. *Quercus varingæfolia* Miq.

Species floribus vel fructibus ignotis admodum dubiæ.

- *leptogyne* (Korth.). DC. 216.
 — *gracilis* (Korth.). DC. 217.
 — *Rassa* (Miq.). DC. 224.
 — *ovalis* (Blanco). DC. 236.
 — *Blancoi* (DC. 237).

***Castanea* Tourn.**

Castanea aut., *Castanopsis* Spach., *Callæocarpus* Miq.

De Forskjelligheder i Bygning, hvorpaa man sædvanlig grunder en Adskillelse mellem *Castanea* og *Castanopsis* som særegne Slægter, ere følgende:

	<i>Castanea.</i>	<i>Castanopsis.</i>
Griffer:	sædvanlig 6 i Tal;	sædvanlig 3.
Frugtknudens Rum:	— 6 —	— 3.
Kimbladene:	plan-convexe;	ofte noget foldede.
Hunblomsten:	alene ved Grunden af den fælles Axe;	langs med hele Axen*).

*) De Candolle angiver ogsaa den Forskjel mellem *Castanea* og *Castanopsis*, at Skaalen hos denne er lukket eller uregelmæssigt opspringende, hos hin derimod aabner sig i 4 Klapper; men i denne Henseende er der ingen skarp Adskillelse; thi hos *Castanopsis Hystrix* har jeg fundet, at Skaalen aabner sig i to Klapper.

De her udhævede adskillende Mærker vil det neppe være rigtigt at tillægge saa stor Betydning, at der derpaa bør begrundes en Slægtsadskillelse. Griflernes og Rummenes Antal i Frugtknuden varierer ligesaa meget indenfor Slægten *Quercus*, og det samme gjælder om Kimbladene, ja hos de tre Underslægter af Slægten *Quercus* findes der i det Hele langt væsentligere Forskjelligheder i Blomsternes Bygning og i Habitus, i hvilken sidste Henseende *Castanea* og *Castanopsis* stemme fuldstændig overens. Jeg troer derfor at det vil staa i god Overensstemmelse med den Opfattelse af Slægtsbegrebet, som i Almindelighed gjøres gjældende og som navnlig her er bleven lagt til Grund for den systematiske Leddeling af Egefamilien, naar *Castanea* og *Castanopsis* atter forenes til én Slægt, som da vil faa tre Underslægter.

Subgenus 1. Eucastanea. Spicæ andragynæ, basi solum femineæ. Involucrum quadrivalve aculeis ramosis echinatum. Styli subulati sæpius 6 et ovarium sæpius 6-loculare. Folia dentata.

C. vulgaris Lam. *C. sativa* Mill. *C. vesca* Gærtn. DC. p. 114. Nees ab Esenb. Gen. plant. flor. germ. fasc. 1.

C. americana Raf. og *C. crenata* Sieb. et Zucc. (*C. Chinensis* Hassk.) ere ikke andet end Varieteter af *C. vulgaris*.

— *pumila* Mill. DC. p. 115.

Subgenus 2. Castanopsis. Genus Castanopsis Spach. Flores masculi et feminei in diversis spicis. Involucrum clausum vel irregulariter fissum, rarius subquadrivalve aculeis ramosis echinatum. Styli sæpius 3 et ovarium sæpius 3-loculare. Folia in plerisque integerrima.

Sectio 1. Folia acute serrata.

C. Indica Roxb. DC. p. 109. Wight. Icon. t. 417.

Sectio 2. Folia integra vel paucidentata.

— *echidnocarpa* Hook. f. et Th. DC. p. 112.

— *argentea* Blume l. c. t. 21. *Quercus (Castanea?) argyrophylla* Wall. DC. p. 112.

— *tribuloides* Lindl. *Quercus armata* Roxb. *Q. ferox* Roxb. Wight. Icon. t. 218. *Cast. sphærocarpa* Wall. *Castanopsis armata* Miq. DC. p. 112.

— *Hystrix* Hook. f. et Th. *Castanopsis Hystrix* DC. p. 111.

— *castanicarpa* (Roxb.). *Quercus castanicarpa* Roxb. Wight. Icon. t. 769. *Castanea Roxburghii* Lindl. DC. p. 111.

— *Javanica* Blume l. c. t. 23. *C. montana* Blume l. c. t. 24. DC. p. 111.

— *Buruana* (Miq.). DC. p. 111.

— *Tungarrut* Blume l. c. t. 22. DC. p. 110.

— *costata* Blume. *C. brevicuspis* Miq. DC. p. 110.

C. concinna Champ. et Benth. Seemann Bot. Herald. t. 86. DC. p. 110.

— *chrysophylla* Hook. Bot. Mag. t. 4953.

Subgenus 3. Callæocarpus. Genus Callæocarpus Miq. *Flores et inflorescentia antecedentis subgeneris. Involucrum tuberculis subconicis cristato-aggregatis per tres areas dispositis instructum.*

C. Sumatrana (Miq.). *Callæocarpus Sumatrana* Miq. DC. p. 113.

— *rhamnifolia* (Miq.). DC. p. 113.

Species parum cognitæ et dubiæ.

Quercus.

- Q. (Lepidobalanus) sclerophylla* Lindl. DC. 183. China. Hører rimeligvis til *Sect. Primus*
 § *serroides*.
- — *oblongata* Don. DC. 270. Neapel.
- — *avellanæformis* (Colm. et Bourt. DC. 177. Spanien. Synes ligesom foregaaende at høre til *Sect. Ilex*.
- — *Bivoniana* Guss. DC. 178. Sicilien. Til *Eulepidobalanus*?
- — *serroides* Willk. et Costa. DC. 179. Spanien. Til *Eulepidobalanus*?
- — *hypochysa* Stev. DC. 180. Lilleasien. Til *Eulepidobalanus*?
- (*Cerris*) *Lorentii* Hochst. DC. 181. Lilleasien.
- — *obtecta* Poir. DC. 182. An *Q. coccifera*?
- (*Erythrobalanus*) *lacera* Bl. DC. 271. Japan. Augives at staa nær *Q. Catesbæti*.
- — *bunelioides* Liebm. DC. 151. Veragua. Nærmest *Q. elliptica*.
- — *eugeniæfolia* Liebm. DC. 158. Guatemala. Nærmest *Q. salicifolia*.
- — *sapotæfolia* Liebm. DC. 172. Guatemala. Nærmest *elliptica*.
- — *Guatimalensis* DC. 165. *Q. turbinata* Lb. Guatemala.
- — *Grahami* Benth. DC. 164. Mexico. Neppe forskjellig fra *Q. acutifolia*.
- — *mollis* Mart. et Gal. DC. 168. Mexico. Er maaske identisk med *Q. crassifolia*.
- Quercus cordata* Mart. et Gal. DC. 154. Mexico, Misteca Alta, 6500—7500'.
- *Jürgensii* Liebm. DC. 166. Liebm. et Ørst. l. c. t. 33, f. 47—49. Af denne Art forefindes alene Frugter i Liebmans Samling; efter disse at dømme er det en *Lepidobalanus*.

● *Cyclobalanopsis*.

Ad hoc genus species sequentes pertinere videntur:

- C. **Kamroopii** (Don.). DC. 269. Nepal.
- **laevigata** (Blume). DC. 272. Japan.
- **marginata** (Blume). DC. 274. Japan.
- **muricata** (Roxb.). DC. 275. Pulo Penang.
- **myrsinaefolia** (Blume). DC. 276. Japan.

Pasania.

Non sine dubio species sequentes huc referuntur:

- P. **Eyrei** (Benth.). DC. 265. Hong-Kong.
- **glomerata** (Roxb.). DC. 267. Pulo Penang.
- **glutinosa** (Blume). DC. 268. Java.
- **littoralis** (Blume). DC. 273. Java.
- **neurophylla** (Miq.). DC. 277. Sumatra.
- **Pinanga** (Blume). DB. 279. Java.
- **polystachya** (Wall.). DC. 280. Indien.
- **sessilifolia** (Blume). DC. 281. Japan.

Castanea (Castanopsis).

- C. **cooperta** (Blanco). DC. 262. Filippinerne.
- ? **divaricata** (Lindl.). DC. 264. Martaban.
- ? **mollissima** (Blume). DC. p. 116. China.
- **chinensis** (Spreng.). DC. p. 116. China.
- **inermis** (Lindl.). DC. l. c. Malacca.
- ? **latifolia** (Blume). DC. l. c. Java.

IV.

Egefamiliens geografiske Udbredning.

Der gives, saavidt jeg skjønner, ikke nogen udførlig Fremstilling af Egefamiliens geografiske Udbredning, og dog frembyder denne Interesse ikke blot i og for sig, men ogsaa, og fornemmelig, seet i sit Forhold til den naturlige Gruppering af Arterne og til

disses Fremtræden i tidligere Jordperioder. Denne Del af nærværende Afhandling vil derfor falde i følgende Afsnit: 1) Egefami­liens Udbredning i Nutiden; 2) Forbindelsen mellem disse Planters Udbredning og den systematiske Inddeling, som her er gjort gjældende; 3) Forholdet mellem Familiens nærværende Udbredning og dens Fremtræden i Fortiden; 4) de i de foregaaende Afsnit omhandlede Emners Forhold til Spørgsmaalet om Arternes Oprindelse.

1. Egefami­liens Udbredning i Nutiden.

Denne Familie tæller i det Hele 332 Arter, som ere fordelte paa følgende Maade mellem Underfamilierne og Slægterne:

	<i>Quercus</i>	200	Arter.
	<i>Cyclobalanopsis</i>	25	—
<i>Quercineæ</i>		225	—
	<i>Pasania</i>	40	—
	<i>Cyclobalanus</i>	30	—
	<i>Castanea</i>	22	—
<i>Castanineæ</i>		92	—
	<i>Fagus</i>	3	—
	<i>Nothofagus</i>	12	—
<i>Fagineæ</i>		15	—

Et Blik paa det denne Afhandling ledsagende Kort, hvorpaa jeg har søgt at anskueliggjøre Udbredningen, vil vise, at Egefamilien væsentlig er indskrænket til den nordlige Halvkugle — kun i det østlige Asien gaaer den noget syd for Ækvator paa de indiske Øer —, og at den ganske mangler i Australien, i hele Afrika med Undtagelse af Nordranden, i den allerstørste Del af Sydamerika, men at den paany optræder i den sydlige Halvkugles tempererede Zone, nemlig i Chili, Ildlandet, paa Ny Zeeland og Van Diemens Land.

De gunstigste Betingelser for denne Familie findes i den tropiske Zones Bjerg­egne, i en Høide af 4—5000 Fod eller noget høiere, dog kun paa saadanne Steder, hvor der foruden en ensformig Varme af c. 15—17° C. tillige findes en meget betydelig og over hele Aaret temmelig ensformig fordelt Fugtighed. Det er under saadanne ydre Forhold, at Egefamilien optræder med den største Rîgdom paa Former, med sit Maximum af Arter, paa Java og Sumatra og paa den østlige Skraaning af Cordilleren i Mexico. Ved en mørkere Skravering ere disse to Punkter for Egefami­liens Maximum betegnede paa Kortet. Endnu et tredie Sted, der dog ikke er fuldt saa rigt paa Arter som de to foregaaende, er Lilleasien. I den tempererede Zone stige disse Planter ned i Lavlandet, medens paa samme Tid Arternes Antal aftager betydeligt; men de faa Arter, som her findes, udmærke

sig ved deres selskabelige Forekomst og indtage ofte udelukkende meget betydelige Strækninger, saaledes navnlig Egen og Bogen i Nordeuropa. Den nordligste Udbredning betegnes ved Arter af Egeslægten og er paa Asiens Østside paa 50°, i Rusland paa 61°, paa Norges Vestkyst paa 63°, paa Nordamerikas Østside paa 48° og paa Vestsiden paa 50°. Man vil fremdeles se ved at betragte Kortet, at de tre Underfamilier væsentlig tilhøre særegne Dele af Jordoverfladen. Kastaniegruppen er saaledes indskrænket til det sydøstlige Asien — kun én Art forekommer i Europa, og et Par Arter have fundet Vei til Nordamerika — medens de forskellige Underslægter af Egeslægten have taget deres Sæde i Lilleasien, Europa og Nordamerika; kun Kastanie-Egene tilhøre udelukkende Asien. Bøgefamilien derimod forekommer med et meget overveiende Antal Arter i en ganske anden Del af Jorden, nemlig i Chili, men her savnes fuldstændig baade Ege- og Kastaniefamilien. Man vil saaledes kunne inddele den Del af Jorden, hvor Egefamilien overhovedet forekommer, efter de paa de forskellige Steder herskende Underfamilier, Slægter eller Underslægter i visse Gebeter. Disse optræde, naar man gaaer fra Øst mod Vest i følgende Orden.

Ege-Kastaniernes Gebét indbefatter de indiske Øer, navnlig Java og Sumatra og Bagindien. Her voxer saa godt som udelukkende Arter af Kastaniefamilien, nemlig af Slægterne *Cyclobalanus* og *Pasania*, som man tidligere paa Grund af en vis Lighed i Skaalen med Egene urigtigen henførte til disse, og som passende kunne kaldes Ege-Kastanier, medens de egentlige Ege og Bogene ganske ere udelukkede herfra. Det næste Gebét, Kastanie-Egenes, indbefattende Himálaja, Kina og Japan, karakteriseres navnlig ved Kastanie-Egene, Arter af *Cyclobalanopsis*, en Slægt af Egegruppen, som danner Overgang til Kastaniegruppen; men foruden *Cyclobalanopsis*-Arterne, der saa godt som udelukkende tilhøre dette Gebét, forekommer her ogsaa dels Kastanier og Egekastanier og dels egentlige Ege. — Egefamilien mangler ganske i Forindien samt paa Ceylon, i den største Del af Persien og hele Arabien, i Tibet, Dsungariet, Turan og Sibirien. Det næste skarpt begrænsede Egegebét træffes saaledes først i Lilleasien, der i Forbudelse med de andre Middelhavslande betegnes som de savtakbladede Eges Gebét. Her voxer nemlig, paa enkelte Undtagelser nær, alle Arter af den ved sine savtakkede Blade udmærkede Underslægt *Cerris*. — Alle Landene nord for Alperne have i det Hele samme Arter, nemlig nogle lappetbladede Ege (*Eulepidobalanus*) og Bogen. Det er de lappetbladede Eges Gebét. — Hele Nordamerika henhører forsaavidt til ét Egegebét, som den udmærkede og artrige Underslægt *Erythrobalanus* her forekommer overalt og er ganske udelukket fra de andre Verdensdele; men den optræder dog i de forskellige Egne med saa vel adskilte Sectioner, og her findes en saa betydelig og forskelligartet Indblanding af andre Underslægter, at det vil være rigtigst at dele Nordamerika i 4 Egegebeter nemlig: de fligetbladede Rødegens Gebét, der indbefatter de østlige Stater til Mississippi-Floden, de blandede Eges Gebét i Kalifornien og Oregon, hvor der forekommer en eiendommelig Blanding af asiatiske, euro-

pæriske og amerikanske Former, Stén-Egenes Gebét i Ny Mexico og de storfrugtede Eges Gebét i Mexico og Centralamerika. Meget langt sondret fra de øvrige Gebeter ligger de stedsegrønne Bøges Gebét, nemlig i Chili. De stedsegrønne Bøge (*Nothofagus*) optræde her ikke alene i et forholdsvis stort Antal Arter, men flere af disse udgjøre en væsentlig Bestanddel af Hoiskoven. Ege- og Kastaniegruppen have her ikke en eneste Repræsentant. Nogle *Nothofagus*-Arter voxe ogsaa paa Ny Zeeland og Van Diemens Land.

Her skal nu i det Følgende gives en Skildring af disse Gebéter, der uden at medtage altfor mange Enkeltheder dog er fuldstændig nok til at give en nogenlunde fyldig Forestilling om den Rolle, som Egefamilien spiller i Forhold til den øvrige der forekommende Plantevæxt.

Ege-Kastaniernes Gebét.

(*Cyclobalanus, Pasanía*).

Dette Gebét indbefatter de indiske Øer, Filippinerne og Bagindien indtil 20° n. Br. Kun Java er navnlig ved Blumes, Reinwardts, Korthals's, Hasskarls og Junghuhns Undersøgelser nøie kjendt*). Sumatra blev paa Foranledning af Sir Stamford Raffles først undersøgt af Jack (1818—22). Thomas Horsfield samlede Planter der 1812 og 1818, Korthals som Medlem af en naturkyndig Kommission 1832—33 og Junghuhn 1840. Det største Udbytte fra denne Ø skyldes dog Teysmann (1855—57), hvis Samlinger det fornemmelig er, som ligge til Grund for den Udsigt over Sumatras Plantevæxt, der skyldes Miquel**). Borneo og Celebes ere endnu kun meget ufuldstændig kjendte i botanisk Henseende, men stemme i det Hele mere overens med Sumatra end med Java. Javas almindelige fysisk-geografiske Forhold bestemmes fornemmelig ved den Kjæde af 7—10,000 Fod høie Vulkaner, som strækker sig gjennem Øen. Java hører nemlig ligesom Sumatra til den vulkanske Ring, der fortsættende sig over de smaa Sundaøer, Molukkerne og Filippinerne omslutte de paa Malakka, Borneo og Celebes herskende Granitdannelser. Kun den vestlige Del indtages af en Plateaubævning (Hoisletterne Bandung og Garoet hæve sig til 2,200'); i den øvrige Del af Øen staa Vulkanerne som næsten isolerede Kegler paa det flade Land. Da de høie vestlige Bjerge optage Størstedelen af den Fugtighed, som den regnbringende Nordvestvind (Monsunen) fører med sig, har den østlige Del af Java et meget tørrere Klima end den vestlige. Her findes følgende Plantebælter:

*) Blume: Flora Javæ nec non insularum adjacentium, 1825—29. Verhandlungen über die naturliche Geschichte der Niederländische überzeesche Besittingen uitgegeven door Temminck 1839—44. — Franz Junghuhn: Java, seine Gestalt, Pflanzendecke und innere Bauart. Bd. 1—3. 1852.

***) Miquel: Sumatra, seine Pflanzenwelt und deren Erzeugnisse. 1862.

1) Det tropiske Bælte fra Havet til 2000 Fod. Den største Del af Landet er her opdyrket. Paa de sumpige Kyststrækninger ere de lysegrønne Mangroveskove (*Rhizophora mucronata*, *Bruguiera*) herskende; paa sandede Kyster *Pandanus* og *Marquartia*. I Vestjava langs Sydkysten ere Palmeskove (*Corypha Gebong*) hyppige. Nogle Egne ere overvoxede med Alangræs (*Saccharum Koenigii*), medens de tørre Bakker i det Indre dækkes af Acacie Skove (*Albizzia procera*, *stipulata* o. fl.). Kun i den østlige Del af Øen findes Djatiskove (*Tectona grandis*), som ikke naa høiere op end til 500 Fod. Det er kun i den tætte og mørke Urskov at der træffes den Yppighed og Rigdom paa Arter, som i saa høj Grad udmærker Javas Flora. De Træer, som her spille den vigtigste Rolle, ere talrige Figenarter (*Ficus elastica*, *procera* o. m. fl.), Anonaceer (*Uvaria*, *Michelia*), Myrtaceer (*Barringtonia speciosa*), Leguminoser (*Pterocarpus indicus*, berømt ved sit stærke og smukke Ved), *Mimusops acuminata*, *Spathodea gigantea*, *Irena glabra* o. m. a. Kun i den sydlige Del af Øen forekommer den berygtede Antjar (*Poön-Upas*, *Antiaris toxicaria*). Blandt de Planter, som dække Bunden i Urskoven naa især udhæves: talrige Scitamineer, der 8—10 Fod høie ofte staa saa tætte, at de gjøre Skoven ufremkommelig, *Pavetta silvatica*, *Cinnamomum camphoratum*, *Pinanga javana*, talrige Bregner og de mærkelige Rodparasiter (*Rafflesia Patma*, *Brugmansia Zippelii*).

2) Det subtropiske eller Rassamala-Skovenes Bælte fra 2000 Fod til 4500 Fod. Dette Bælte udgjør i Udstrækning neppe mere end 1/50 af det foregaaende og indtager i den største Del af Java kun Vulkanernes steile Skraaninger. Fugtigheden er her overordentlig stor og giver sig tilkjende i den store Rigdom paa halvparasitiske Planter. Det er i dette Bæltes paradisiske Klima at Kaffen bedst trives (især mellem 3000 og 4000 Fod), og Skoven har derfor mange Steder maattet vige Pladsen for udstrakte Kaffeplantninger. Figenarter ere endnu talrige, og det er kun ganske gradvis, at det foregaaende Bæltes Træer erstattes af dem, som her fortrinsvis danne Høiskoven, blandt hvilke især fortjene at udhæves: *Gordonia Wallichii*, der med sin sølleformede Stamme paa nogle Steder næsten alene er herskende, *Canarium altissimum*, *Thespesia altissima*, *Dipterocarpus trinervis* med sine umaadelig store Blade, *Fagraea speciosa*; men som Konger i disse Skove herske Rassamalatræerne (*Altingia excelsa*). Paa den 90—100 Fod høie valseformede, ganske glatte Stamme hæver den kugleformede Krone sig iveiret til 150—180 Fod, saa at vore største Ege vilde staa som Dverge ved Siden af disse Kæmper. Slyngeplanterne, især *Cissus* Arter, have her deres rette Hjem. Underskoven dannes af Bregnetræer (*Alsophila*), Rubiaceer, Urticeer, Myrcineer, *Vernonia javana*, en 50 Fod høj Kurvblomst, *Horsfieldia aculeata*, en 12 Fod høj Skjermplante, og mange smaa Palmer (*Arrea pumila*, *Pinanga costata*).

3) Det varme tempererede eller Ege-Kastaniernes og Naaletræernes Bælte mellem 4500 og 7500 Fod. Her foregaaer hver Dag fra Kl. 9 til Kl. 3 en Skydannelse. Skydækket ligger sædvanlig mellem 5000 og 6000 Fod. En svag Sydostvind er

fremherskende. Foruden Ege-Kastanierne og Kastanierne, hvis Udbredning nærmere vil blive omtalt i det Følgende, fortjene blandt de Træer, som danne Skoven, at udhæves: meget afvigende Valnødarter (*Engelhardtia spicata*, *serrata* o. fl.), Ahorn (*Acer javanicum*) med udelte helrandede Blade, talrige Laurbærtræer (*Persea pseudosassaphras*, *Litsæa*, *Cinnamomum*), den kæmpestore *Agathisanthes javanica*, *Cedrela febrifuga*, *Memecylon intermedium*, enkelte Palmer (*Caryota propinqua*), Bregnetræer (*Cyathea*, *Balantium*), Araliaceer og i den øverste Del af Bæltet Naaletræer, forskellige *Podocarpus*-Arter, blandt hvilke den over 100 Fod høje *P. cupressina* er den almindeligste. Blandt Underskovens Planter skulle især udhæves de mange *Strobilanthes*-Arter, som med deres snorlige 5—20 Fod høje Stængler danne tætte uigjennembrængelige Krat. I dette Bælte udmærke Melastomaceerne og Orchideerne sig ved deres pragtfulde Blomster, og alle Træernes Grene ere overvoxede med halvparasitiske Bregner og Mosser. I den midterste og østlige Del af Java er der to Træer, som paa mange Steder ere herskende i dette Bælte, men ganske mangle i den vestlige Del, nemlig: *Parasponia parviflora*, et 20—25 Fod høit Træ af Celtideernes Familie, og *Casuarina Junghuhniana*, der med sin snorlige Stamme naaer en Høide af 80—90 Fod, og som fra Lawu mod Øst beklæder alle Bjerge, navnlig mellem 5500 og 6500 Fod.

4) Det kolde eller alpine Bælte mellem 7500 og 10,000 Fod. Den aarlige Middeltemperatur er her 10° C. Om Natten synker Temperaturen ofte under Frysepunktet, og her dannes en tynd Isskorpe, som dog snart smelter. Her voxer lave Træer og Buske med forvredne Grene og tæt overvoxede med Laver. Det er navnlig *Leptospermum floribundum* og *Agapetes vulgaris*, som ere fremherskende. Desuden voxer her Arter af Slægterne *Myrcia*, *Viburnum*, *Alchemilla*, *Plantago*, *Viola*, *Hydrangea* o fl.

Til dette Gebét høre alle hidtil kjendte (c. 30) Arter af Slægten *Cyclobalanus*; desuden mange Arter af Slægten *Pasania*, altsaa Hovedsummen af de egentlige Ege-Kastanier. Fremdeles forekommer her 7 Kastaniearter, nemlig: *Castanea* (*Castanopsis*) *costata*, *Tungurrut*, *furfurella*, *Buruana*, *Javanica*, (*Callæocarpus*) *Sumatra* og *C. rhannifolia* og 5 Arter Kastanie-Ege, *Cyclobalanopsis lineata*, *Horsfieldii*, *oidocarpa*, *gemelliflora* og *argentata*, af hvilke de to sidstnævnte i flere Henseender danne Overgang til *Cyclobalanus* og *Pasania*. Her findes ikke en eneste egentlig Eg.

Hvad disse Arters Udbredning efter Høiden angaaer, da er der paa Java kun tre Arter, nemlig *Pasania sundatica*, *P. crassinervia* og *Cyclobalanus platycarpa*, som forekomme i en Høide af omtrent 500' over Havet. Det er først naar man er steget 3—5000' over Havet, at Cupulifererne udgjøre en væsentlig Bestanddel af Skoven. Hvor Kaffeplantningerne begynde at høre op, og hvor Skybæltet har sin nedre Grændse, der er det at Ege-Kastanierne begynde at vise sig i større Mængde. I en Høide af c. 5000' seer man overalt Jorden bedækket med Agern, og det er her, at *Pasania pallida*, *P. pruinosa*, *Cyclobalanus induta*, *C. costata*, *C. Javensis*, *Castanea Javensis*, *C. Tungurrut*, *Cyclobalanopsis gemelli-*

flora, *C. lineata* o. m. a. have deres rette Hjem. Der er en af disse Arter, *Pasania pruinosa*, hvoraf en egen Varietet (*var. alpina*) paa nogle Steder i den østlige Del af Java, og navnlig paa Vulkanen Kawi, stiger op i det alpine Bælte og her i en Høide af 8—9000, betegner Grænsen for Trævæxten. Det er lave forkrøblede Træer med vidtudbredte Grene, tæt behængte med Skæggelav (Junghuhn l. c. Bd. 1, p. 361).

De andre Øer synes, saavidt man kjender dem, i det Hele at stemme overens med Java, navnlig med Hensyn til Kystvegetationen. Ogsaa i de andre Plantebælter er det væsentlig de samme Familier og Slægter, som ere herskende, men hver af de større Øer har gennemgaaende egne Arter. Sumatra og Java have hver henved 30 Arter af Cupuliferer, men uagtet disse to Øer ligge hinanden saa nær, skal der ifølge Miquel kun være 3 Arter, som de have fælles, nemlig *Pasania spicata*, *P. mappacea* og *Cyclobalanus Javensis*.

Hvad Plantevæxten paa Sumatra angaaer skal der vise sig ikke ringe Forskjel mellem Østsiden og Vestsiden og mellem Nordsiden og Sydsiden af denne Ø. Den Indblanding af nyhollandske Former, som er karakteristisk for Plantevæxten paa hele den indiske Øgruppe, gjør sig stærkere gjældende paa Sumatra, Borneo og Celebes end paa Java. Blandt de nyhollandske Typer, som saaledes optræde paa Sumatra, fortjene især at udhæves: Myrtaceer (*Leptospermum*, *Bæckeia*, *Melaleuca*, *Tristania*), Epacrideer (*Leucopogon*), *Casuarina Sumatrana*, der har en stor Udbredning paa Bjergene, Proteaceer (*Helicia*), *Dodonæa* og *Lagenophora Sundana*. Dipterocarperne, Chrysobalanerne, Melastomaceerne, Begoniaceerne, Nepenthaeerne og Rhododendrerne ere stærkere repræsenterede paa Sumatra end paa Java. Den for alle nordligere Lande saa karakteristiske Fyrreslægt har paa Sumatra sin sydligste Repræsentant, og *Pinus Merkusii* paatrykker Plantevæxten paa Nordsiden af Sumatra et mere nordligt Præg. Af Slægten *Castanea* er en egen Underslægt, *Callæocarpus* Miq. (*Sumatrana* og *rhamnifolia*), der endnu kun er ufuldstændig kjendt, eiendommelig for Sumatra.

Paa Sumatra strækker den høie Vulkankjæde sig langs med Sydvestkysten og breder sig ved Sidekjæder omtrent til Midten af Øen, medens den sydøstlige Halvdel indtages af en kun lidt over Havet hævet sumpig med Urskove dækket Alluvialslette. Sumatra mangler ganske de for Vestjava saa karakteristiske Rasamala-Skove, og her frembyder sig navnlig det mærkelige og afvigende Forhold, at uagtet denne Ø er nærmere Ækvator, ligger Plantebælterne lavere end paa Java. Ege-Kastanierne udgjøre saaledes allerede fra en Høide af 500' en væsentlig Bestanddel af Skovene i Forbindelse med *Dryobalanops*, Dipterocarper, Cassier og Acacier, medens *Rubus*-Arter voxe mellem Scitamineer i Underskoven. I Battalandene begynde Naaletræerne allerede i en Høide af 3000', saaledes *Dacrydium elatum* og *Pinus Merkusii*, og paa de høieste Toppe af Bjergene, her 5—6000', voxe allerede Thi-baudier og andre for det alpine Bælte karakteristiske Væxter. Hertil kan endnu føies, at medens *Casuarina* paa Java er indskrænket til Østsidens større Bjerg høider, danner *Casuarina*

equisetifolia udstrakte Kystskove langs med Østsiden af Sumatra (Korthals: Blik op de naturljke Gesteltheit en Vegetatie van een Gedeelte van Sumatra 1846). Disse afvigende Forhold kunne maaske forklares ved den Formindskelse i Temperatur, som paa Sumatra maa foraarsages ved et tættre og lavere liggende Skybælte. Den nordfor Ækvator liggende Del af Sumatra hører nemlig ind under den regelmæssige Nordost- og Sydvest-Monsuns Omraade, og da Øens Bjergaxe danner en ret Vinkel med disse damprige Luftstrømme, saa maa her foregaa en stadig Dannelse af Skyer, som stryge langs hen med Bjergsiderne og formindske Solens Virkning. Hvor Java ligger, hersker derimod Monsunen mindre regelmæssigt, og Bjergaxens ost-vestlige Retning er parallel med Vindens (Grisebach: Bericht über die Leistungen in der Pflanzengeographie während des Jahres 1846, p. 38).

Kastanie-Egenes Gebét

(*Cyclobalanopsis*)

indbefatter Himálaja eller det indiske Terrasseland (Nepaal, Butan, Assam), Kina og Japan. Himálajas Plantevæxt er navnlig ved Roxburghs, Wallichs og Hookers Undersøgelser temmelig godt kjendt, og med Hensyn til Japan have vi i den senere Tid faaet vigtige Bidrag af Asa Gray og Miquel, medens den største Del af Kina endnu er et terra incognita*). Nedenstaaende Fortegnelse over de fra Himálaja og Japan hidtil kjendte Arter af Cupuliferernes Familie vil tjene til at vise, hvilke Slægter og Underslægter, der ere herskende i dette Gebét.

Japan.		Himalaja.	
<i>Quercus</i> (<i>Lepidobalanus</i>)	<i>dentata</i>	<i>Quercus</i> (<i>Lepidobalanus</i>)	<i>Griffithii</i>
—	— <i>obovata</i>		
—	— <i>aliena</i>	—	— <i>lanuginosa</i>
—	— <i>sclerophylla</i>		
—	— <i>canescens</i>	—	— <i>incana</i>
—	— <i>crispula</i>		
—	— <i>grösseserrata</i>	—	(<i>Heterobalanus</i>) <i>semecarpifolia</i>
—	— <i>urticæfolia</i>		
—	— <i>glandulifera</i>		

*) Wallich: *Plantæ asiaticæ rariores*. 1829—32. — Hooker: *Himalayan Journals*. — Asa Gray: *Botanical Memoirs*. 1859. On the of botany Japan. — Miquel: *Sur les affinités de la flore du Japon avec celles de l'Asie de l'Amérique du Nord* i *Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles*. Tome second. 1867.

Japan.

- Quercus* (*Lepid.*, *Ilex*) *phillyroides*.
 — (*Cerris*) *chinensis*.
 — — *variabilis*.
 — — *serrata*.
 — (*Erythrobalanus*) *lacera*.

Cyclobalanopsis acuta.

- *Sieboldii*.
 — *glauca*.
 — *gilva*.
 — *salicina*.
 — *Burgerii*.
 — *Championis*.
 — *laevigata*.
 — *marginata*.
 — *myrsinaefolia*.

Fagus Sieboldii.

- *sylvatica*.

Castanea (Castanopsis) vulgaris.

- — ? *mollissima*.
 — — *chinensis*.
 — — *concinna*.

Pasania glabra.

- *thalassica*.
 — *Irwini*.
 — *cuspidata*.
 — *cornea*.
 — *Harlani*.
 — *fissa*.
 — *Eyrei*.
 — *sessilifolia*.

Himalaja.

Quercus (Lepid., Ilex) Baloot.

- — ? *dilatata*.
 — — ? *oblongata*.
 — (*Cerris*) *Roxburghii*.

Cyclobalanopsis annulata.

- *Kanropii*.
 — *velutina*.
 — *lamellosa*.
 — *paucilamellosa*.
 — *Helperiana*.
 — *mespelifolia*.
 — *Thomsoniana*.
 — *Oxyodon*.

Castanea (Castanopsis) indica.

- — *castanicaarpa*.
 — — *Hystrix*.
 — — *tribuloides*.
 — — *echinocarpa*.

Pasania spicata.

- *mixta*.
 — *acuminata*.
 — *lappacea*.
 — *fenestrata*.
 — *Amherstiana*.
 — *dealbata*.
 — *lanceæfolia*.
 — *lihocarpa*.

Af det herfra i det Hele kjendte Antal Arter, nemlig 70, høre 41 til Egegruppen, 27 til Kastaniegruppen og 2 til Bøgegruppen. Af Egegruppen er det en for dette Gebét eiendommelig Slægt, *Cyclobalanopsis*, som ved Arternes og Individernes Mængde er overveiende. Den danner Overgang mellem Ege- og Kastaniegruppen, og de herhenhørende

Arter betegnes derfor med Rette som Kastanie-Ege. Af de egentlige Ege tilhøre Hovedsummen Underslægten *Lepidobalanus* og heraf en lille naturlig Gruppe (*Prinus § serroides*), udmærket ved tandet-takkede Blade, som især har sit Hjem i Kina og Japan. *Lepidobalanus* (*Ilex*) tæller 4 Arter og *Cerris* 3; men især fortjener det at udhæves, at Egeslægten paa Himálaja er repræsenteret ved en egen Underslægt (*Heterobalanus*), der i Griflerne stemmer overens med *Cerris*, men i Bladene dels viser en Tilnærmelse til *Ilex*, dels frembyder særegne Forhold. — Af Kastaniegruppen mangler *Cyclobalanus*, der er herskende paa de indiske Øer, her ganske, medens *Pasania* tæller 18 Arter og *Castanea* (*Castanopsis*) 9. Mærkeligt er det, at baade *Fagus sylvatica* og *Castanea vulgaris* synes at være oprindelig vildtvoksende i Kina og Japan.

For at forstaa den Rolle, Cupulifererne spille i Forhold til den øvrige Plantevæxt i dette Gebét, meddeles her følgende Bemærkninger om denne. Himálajas umaadelige Bjergland er mod Nord begrændset af Tibets store Længdedal og sænker sig mod Syd i mange Terrasser til den af Ganges gennemstrømmede Slette. Det er Jordens højeste Bjergland, det stiger i Mount Everest til over 27000' og frembyder det mærkelige Forhold, at Snegrændsen paa Nordsiden ligger høiere (paa 17—18,000') end paa Sydsiden (paa 15—16,000'), hvilket navnlig grunder sig paa Tørheden af Tibets Klima (Schlagintweit-Sakünlünski: Reisen in Indien und Hochasien. 1869). Det store indiske Lavland Syd for Himálaja har et tørt Klima — her falder kun Regn i Maanederne Juni til September — og Plantevæksten bærer ogsaa den største Del af Aaret Præget af Tørhed. I det store Deltaland, som i Regntiden tildels oversvømmes, er Soondritræet (*Heretia littoralis*) herskende, og denne Del af Landet kaldes Soonderbuns. I de Skove, som dække det indre Lavland, er der navnlig tre ved deres Anvendelse vigtige Træer, der ere almiudelige, nemlig *Acácia Catechu*, *Butea frondosa* med store Klaser af røde Blomster og det ostindiske Røgelsetræ (*Boswellia serrata*), hvoraf erholdes den i Bibelen omtalte og af Grækerne skattede Olibanum. Langs med hele Foden af Himálaja, fra Sutledsch til Assam, strækker sig en Bremme af Sumpland, i Sikkim 2, i Nepaal 6 Mile bred, alene overvoxt med Siv og høie Græsser, Tarai kaldet. Det er berygtet for sit usunde Klima og derfor næsten ubeboet; men i Tørtiden drives store Flokke af Kvæg herhen paa Græsning. I Sikkim er der kun et smalt Skovbælte, især dannet af Combretaceer blandede med *Ficus elastica*, som her har sin Vestgrændse, mellem Sumplandet og Himálajas steile Fod, men i Nepaal ere de mægtige paa Sandstensbakker hvilende Alluviallag, der afsættes af Floderne ved deres Overgang til Sletten, dækkede af den gigantiske saakaldte Sal-Skov, bestaaende af Dipterocarpeen *Schorea robusta*, der i Frastand viser sig som en sort Linie i Horisonten*).

*) Paa nogle Steder sees her *Pinus longifolia*.

De Plantebælter, som dække Himálajas sydlige Skraaning, ere følgende:

1) Fra 0' til 4—5000' tropisk Skov. *Shorea* danner i Forbindelse med Baringtonieen *Careya*, *Cedrela* og *Gordonia Wallichii* Hovedbestanddelen af Høiskoven. Om Vinteren staaer Skoven tildels bladløs, navnlig paa de Steder, hvor *Sterculia*, som pranger med sine hoirode Frugter, er herskende. I Underskoven sees hoiie Bambuser, *Pandanus*, *Musa*, mange Bregner, epiphytiske Orchideer, Scitamineer, Rubiaceer og Acanthaceer. Paa en Høide af omtrent 4000' begynde de Planterformer at vise sig, navnlig Ege, som ere herskende i det følgende Bælte. De faa Bregnetræer voxe imellem 4000' og 7000'. Overgangen fra det ene Bælte til det andet skeer her meget gradvis. Tropiske Planterformer, som *Ficus*, *Piper*, *Pothos*, Palmer og *Musa* stige paa nogle Steder op til 6000'.

2) Kastanie-Egenes Bælte fra 5000' til 8000'. Den aarlige Middelværme er 12° C. og Regnmængden 110". Her er et meget fugtigt Klima, thi foruden i den egentlige Regntid (Mai til October) falder der nogen Regn i alle Maaneder med Undtagelse af November og December. Omtrent paa en Høide af 7000' udgjøre Kastanie-Egene og andre Cupuliferer 1/2 af Høiskovens Træer, Laurineerne 1/4 og Magnolieerne omtrent 1/4, og herimellem sees enkelte Exemplarer af *Acer*, *Prunus*, *Pyrus*, *Betula* og *Alnus*. Underskoven dannes af Buske, fornemmelig henhørende til *Corneæ*, *Caprifoliaceæ* og *Araliaceæ*; men især fortjener at udhæves *Rhododendrone*, der om Foraaret væsentlig bidrage til at give disse Skove en eiendommelig Ynde. *Rhododendron arboreum*, hvoraf der ved Dyrkning er opstaaet de mange fra vore Drivhuse velbekjendte Varieteter, og *R. argenteum*, udmærket ved sine store rosenrøde Knopskæl, hæve sig begge til en Høide af 30'. Mærkeligst er *R. Dalhousiæ*, som ved sin Voxemaade frembyder en særegen Interesse. Den voxe nemlig i de mørkeste og fugtigste Skove, hvor de Frø, som falde til Jorden, raadne uden at spire. De Frø derimod, som falde paa Grene af andre Træer, finder her Lys nok til deres Udvikling. Den forekommer derfor kun som Halvparasit*).

Medens Cupulifererne i det Hele have deres Hjem i dette Bælte, er der enkelte Arter, som enten gaa lavere ned, som *Pasania spicata*, der mest tilhører den tropiske Zone, eller hoiere op, som *Quercus semecarpifolia*, af hvilken Hooker fandt en Varietet i en Høide af 8000—10,000'.

3) Naaletræernes Bælte fra 8000' til 12,000'. Den aarlige Middelværme omtrent som den i Skotland; Regnmængden meget mindre end i det foregaaende Bælte. Naaletræerne danne udelukkende eller overveiende Skoven, og her imellem sees Birk, Ahorn og Pil. *Tsuga Brunoniana*, der opnaaer en Høide af 120' og har vidtudbredte Grene

*) I Central-Amerika har jeg seet Exempler paa lignende afvigende Forhold i Voxemaade, fremkaldte af tilsvarende ydre Betingelser, blandt Rubiaceerne og Gesneraceerne (*Ravnia*, *Xerococcus*, *Columnea* *sp. pl.*).

ligesom Cederen, er især fremherskende gennem hele Bæltet. I Skove, dannede af dette Naaletræ paa 8000', saa Hooker Aber. *Larix Griffithii*, der kun bliver 30—40' hoi, men har store Kogler, erstattes i Vest-Himalaja af Deodaren (*Cedrus Deodara*). Ogsaa Ædelgran (*Abies Pindrow* og *Webbiana*), Rødgran (*Picea Smithiana*) og Fyr (*Pinus Gerardiana* og *excelsa*) have her deres Repræsentanter. Rhododendrerne spille i Underskoven en ligesaa vigtig Rolle som i det lavere Bælte. De danne ofte uigjennemtrængelige Krat, og *R. Falconeri* med store, underneden brunplettede Blade, opnaar en Høide af 25—30'.

4) Fjeldvæxternes Bælte fra 12,000' til Snelinien (15—16,000'). Sommeren varer kun tre Maaneder, fra 21de Juni til 21de September, og Klimaet viser ved sin Tørhed en Tilnærmelse til det, som hersker i Tibet. Her findes en vild og storartet Bjergnatur, hvor Gletscherne, der her, ligesom andre Steder, tidligere have gaaet langt lavere ned, hæve deres lodrette Vægge til en Høide af 3—4000'. Det er Arter af de samme Slægter, der overalt i den nordlige Halvkugle herske nær Snegrænsen, som ogsaa her danne et lavt Plantedække og udfolde deres prægtigfarvede Blomster: Anemoner, Primulaer, Ranunkler, Gentianer, Potentiller og Rhododendrer, der her ere svundne ind til faa Tommer høie Dværge. Om Natten rulle de Bladene sammen, idet Vædskerne paa Grund af den stærke Udstraaing fryse i Overfladens Celler, men om Dagen udfolde de dem igjen. *Rhododendron setosum* og *R. anthopogon* udbrede en saa stærk aromatisk og bedøvende Lugt, at de forarsage Hovedpine.

Saaledes forholde Plantebælterne sig i den største Del af Himalaja og navnlig i Sikkim. I Khasia derimod gjør der sig en Afgivelse herfra gjældende, som ganske svarer til den, som Sumatra viser i Forhold til Java. I Khasia ligge nemlig ifølge Hooker Plantebælterne 4000' lavere end i Sikkim, og det uagtet førstnævnte ligger to Grader nærmere Ækvator. Ogsaa her synes denne lavere Forekomst af Planterne at grunde sig paa Klimaets store Fugtighed. Den aarlige Regnmængde er nemlig her større end noget andet Sted paa Jorden og udgjør 600 Tommer eller 50 Fod, ja i enkelte Aar endnu mere. Der falder undertiden i ét Døgn en større Regnmængde end i Danmark et helt Aar, og Floderne stige undertiden i 12 Timer ligesaa mange Fod. Plantevæksten udmærker sig her ved sin overordentlige Yppighed og Rigdom paa Arter. Orchideerne synes at være artrigere her, end noget andet Sted paa Jorden, og dernæst Balsaminerne; desuden mange Palmer og Bambus-Arter. Kastanie-Egene (*Cyclobalanopsis oxyodon*) voxer her paa 4000—5000' sammen med Figenarter og Muskatnødræer. — Af plantegeografiske Forhold, som ere eiendommelige for Himalaja, er der endnu to, som fortjene særlig at udhæves. Det ene er det, at Slægten *Rhododendron*, som ellers er indskrænket til det alpine Bælte, her forekommer i 70—80 Arter udbredt gennem alle Bælter. Det andet, endnu langt vigtigere, bestaar deri, at her, i en Høide af 7000—10,000', næsten alle for den nordlige Halvkugles tempererede Zone karakteristiske Slægtstyper ere repræsenterede. Som Exempler herpaa skulle af Slægter af træagtige Planter, som ere

fælles for Asien, Europa og Nord-Amerika, udhæves følgende: *Abies, Picea, Larix, Juniperus, Taxus, Betula, Alnus, Corylus, Salix, Quercus, Fraxinus, Pyrus, Cerasus, Prunus, Crataegus, Acer, Hedera, Ilex, Andromeda, Rhododendron, Rosa, Rubus, Berberis, Cornus, Lonicera* o. m. fl. Af Slægter, som ere fælles for Himálaja og Nord-Amerika, men savnes i Europa, kunne nævnes følgende: *Juglans, Budleia, Magnolia, Sassafras, Hydrangea, Aralia, Panax, Trillium*. Af japanesiske Slægter træffes i Himálaja: *Camellia, Deutzia, Aucuba, Hydrangea, Skimmia, Enkianthus*; af malaiske: *Magnolia, Vaccinium, Rhododendrum* og mange Orchideer. At denne Forening af saa mange, i forskellige Retninger over en stor Del af Jorden spredte, Slægtstyper paa et saa indskrænket Rum staaer i Forbindelse med, at Himálaja er det høieste og vel ogsaa det ældste af alle Bjerglande, tør vel neppe betvivles.

Af den øvrige Del af dette Gebét kjende vi kun temmelig noie den østlige Udkant. Paa Øen Hongkong, som ligger paa Gebetets Sydgrændse, bestaaer Hovedbestanddelen af Skovene af *Cyclobalanopsis salicina, C. Championis, Castanopsis concinna, Pania Harlandi, fissa, thalassica* og *cornea*, hvis Frø i Smag ligne Kastaniens og sælges paa Torvene. For Resten er det *Rhodoleia japonica, Camellia japonica*, Arter af Slægterne *Acer, Styax, Eliocarpus* og *Hiptage*, som voxer i disse Skove (Seemann: The Botany of the voyage of H. M. S. Herald, p. 357). Kina og Japan stemme i Klima og Plantevæxt væsentlig overens. Vi skulle her indskrænke os til at omtale Japan, der i det hele er langt bedre kendt end Kina*).

*) De første Meddelelser om Japans Flora skyldes Engelbert Kämpfer, som fra 1683 til 1693 besøgte de fleste Lande i Asien. Svenskeren Thunberg opholdt sig der 1775—76 og skrev en Flora Japonica (1794—1802). Det er dog først ved Hollænderen v. Siebold, at vi have faaet et mere omfattende Kjendskab til Japans Flora. Han opholdt sig der fra 1823 til 1830, navnlig for at udbrede Vaccinationen, anlagde en botanisk Have i Dezima og benyttede japanesiske Botanikere, Itōo Keiske, Mizutani Sugerok o. fl. til at samle Planter i det Indre af Landet. Siebold udgav «Nipon», Archiv zur Beschreibung von Japan (1832—33), og foretog endnu en anden Reise til Japan. Den af ham i Forbindelse med Zuccarini begyndte, med mange pragtfulde Afbildninger udstyrede Flora Japonica er efter Siebolds Død bleven fuldendt af Miquel (1870). De ved den nordamerikanske Expedition under Perry af Wright o. fl. paa Japan indsamlede Planter ere af Asa Gray blyvne benyttede til en floristisk Oversigt (Memoirs of the American Academy of arts and sciences, Vol. VI, New series 1859. On the Botany of Japan and its Relations to that of North America). I Hodgsons Værk over Japan findes en af Sir William Hooker forfattet Liste paa 1700 Arter Blomsterplanter herfra. De nyeste og fuldstændigste botaniske Arbejder over Japan skyldes Miquel og ere: Proflusio Floræ Japonicæ i Annales Mus. bot. Lugdunobatav. 1867 og sur les affinités de la Flore du Japon et sur le caractère et l'origine de la Flore du Japon i Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles, Tome second, 1867, p. 136 og p. 289. — Englænderen Fortune har siden 1843 foretaget fire Reiser til Kina og Japan og udgivet Reisebeskrivelser, som indeholde mange Oplysninger, navnlig om disse Landes Kultur- og Prydplanter (Two visits to the Tea countries of China. — A Residence among the Chinese. 1857. Yedo and Peking, a narrative of a journey to the

Det japanesiske Rige er et Led af den Kjæde af vulkanske Øer (Sumatra, Java, smaa Sundaøer, Molukkerne og Filippinerne), som i en Bue omslutter det asiatiske Fastlands Sydost- og Østside. Det bestaaer navnlig af 5, omtrent mellem 30° og 50° n. Br. beliggende, større Øer, blandt hvilke Hovedøen, Nipon, i Størrelse svarer til Storbritannien (4000 □ Mile), medens den hele Øgruppe udgjøre 8000 □ Mile.

Japan er i det Hele bjergig, men Bjergene have en meget forskjellig Karakter paa Vestsiden, hvor de ældre Dannelser ere herskende, og paa Østsiden, der er af nyere vulkansk Oprindelse. Omegnen af Nangasaki har saaledes stor Lighed med de tilstødende Dele af Kina; Bjergene bestaa her af Granit og Lerskifer og ere i deres øverste Del nøgne. Ved Jedo derimod er der et af løse Jordmasser dannet fladt eller svagt bølget Land, hvorfra de regelmæssige kegleformede Vulkaner hæve sig brat i Veiret — saaledes Fusi-jama, der ifølge Traditionen i én Nat skød frem til sin nærværende Høide (12—14,000'), og Horner Peak, der viser sig som et Miniaturbillede af dette Bjerg. Landet er her hævet op over Havfladen samtidig med at Vulkanerne dannedes, hvilket for en stor Del er skeet endnu i en meget ny Tid. Under den sortebrune Muldjord findes her nemlig et 2—3 Fod tykt Lag, dannet af Østers og andre endnu levende Havdyrs Skaller*). Japan har væsentlig samme Klima som Kina, men paa Grund af det omgivende Hav er det mindre excessivt, her er hverken saa varm en Sommer eller saa kold en Vinter. I Kanagava paa 35—36° n. Br. er den høieste Varme i Juli og August 33—34° C. og den laveste 17° C., men i Januar og Februar varierer Temperaturen mellem 6—15° C. Paa Jesso derimod er Jorden dækket med Sne fra den 15de November til April. Nordlig og østlig Vind hersker fra September til April, sydlig og vestlig i den øvrige Del af Aaret. Den største Regnmængde falder i Mai og Juni (16—18" i hver Maaned), paa den Tid da Monsunen skifter fra Nord til Syd, og Fugtigheden af den fra Syd blæsende Havvind fortættes over det ved flere Maaneders Nordenvind atkjølede Land. Denne Foraarsregntid er den væsentligste Aarsag til Kinas og Japans store Frugtbarhed. Orkaner (*Tyfoner*) ere her meget hyppige og voldsomme, og Jordskælv ere saa almindelige, at der neppe hengaaer nogen Maaned uden at der indtræffer ét eller flere**).

Japan tæller i det Hele 2000 Arter af Blomsterplanter, henhørende til 827 Slægter og 142 Familier. Slægternes Antal er saaledes meget stort i Forhold til Arternes. Her kommer i Gjennemsnit kun 2,4 Art paa hver Slægt, medens de fleste Floraer have 4,5 Art.

capitals of Japan and China, 1863). — Welch reiste 1861—62 i Japan for at gjøre Indsamlinger af levende Planter og Frø. I Breve fra ham (The Gardener's Chronicle 1861—62) findes nogle Bemærkninger om Plantevæxtens almindelige Karakter.

*) R. Fortune: Yedo and Peking, p. 25, 39, 61.

**) I Jedo er der et berømt Tempel, opført til Minde om et Jordskælv, ved hvilket der for 150 Aar siden paa én Nat omkom 180,000 Mennesker.

De artrigeste Familier ere *Compositæ* (130 A.), *Gramineæ* (126 A.) og *Cyperaceæ* (101 A.), *Rosaceæ* (81 A.), *Leguminosæ* (66 A.), hvorefter følge *Ranunculaceæ*, *Labiataæ*, *Ericaceæ*, *Orchideæ*, *Liliaceæ*, *Scrophularinææ*, *Umbellifereæ* og *Saxifrageæ*, som hver tæller noget over eller under 50 Arter. *Cupuliferæ* tælle, som ovenfor vist, kun 39 Arter, men de spille i Forhold til de andre Familier en langt større Rolle end i andre Lande; de udgjøre nemlig $\frac{1}{60}$ — $\frac{1}{67}$ af samtlige Blomsterplanter, medens de f. Ex. i Danmark kun udgjøre $\frac{1}{443}$. Endnu mere overveiende ere *Coniferæ*, som her ligeledes udgjøre $\frac{1}{60}$ — $\frac{1}{67}$, men i Danmark kun $\frac{1}{665}$ *). Her findes enkelte Repræsentanter for mange Slægter og Familier**), som

*) Miquel angiver, at der findes 67 Coniferer paa Japan (Archiv. Néerland., Tom. II, p. 241). Det er vanskeligt at forstaa, hvorledes han er kommen til dette Tal, da han i Prolusio Flor. Japan. (l. c. V. III, p. 165) kun giver en Fortegnelse paa 30 Arter, og det samme Antal har Parlatores i sin Bearbejdelse af denne Familie i De Candolles Prodrômus, V. 16. Da Conifererne havé en ganske ualmindelig Interesse netop med Hensyn til denne Flora, skal jeg her give en Fortegnelse over alle de Arter, som hidtil ere kjendte fra Japan og Kina.

Japan.	Kina.
<i>Pinus (Pinaster) densiflora.</i>	<i>P. (Pinaster) Massoniana</i> Lamb. = <i>sinensis</i> .
— (—) <i>Thunbergii</i> Parl. = <i>P. Massoniana</i> .	
— (Cembra) <i>parviflora.</i>	
— (—) <i>Koraiensis</i>	
<i>Larix leptolepis.</i>	<i>Pseudolarix Kempteri</i>
<i>Picea polita.</i>	
— <i>Alcoquiana.</i>	
— <i>jezoensis.</i>	
<i>Abies brachyphylla.</i>	<i>Abies Fortunei.</i>
— <i>Veitchii.</i>	
— <i>firma.</i>	
<i>Tsuga Araragi (Pinus Araragi)</i> Sieb.).	
<i>Sciadopitys verticillata.</i>	<i>Cunninghamia sinensis.</i>
<i>Cryptomenia Japonica.</i>	<i>Glyptostrobus heterophyllus</i>
<i>Thuopsis dolabrata.</i>	
<i>Biota orientalis.</i>	<i>Biota orientalis</i>
<i>Chamaecyparis pisifera.</i>	
— <i>obtusa.</i>	
— <i>squarrosa</i>	
<i>Juniperus rigida.</i>	<i>Juniperus taxifolia.</i>
— <i>conferta.</i>	
<i>Cephalotaxus pedunculata.</i>	<i>Cephalotaxus Fortunei.</i>
— <i>drupacea.</i>	
<i>Torreya nucifera.</i>	<i>Torreya grandis.</i>
<i>Salisburia adiantifolia.</i>	<i>Salisburia adiantifolia</i>
<i>Podocarpus Nageia.</i>	<i>Podocarpus sinensis.</i>
— <i>cuspidata.</i>	
— <i>ovata.</i>	
— <i>macrophylla.</i>	

**) Saadanne Familier ere: *Bixaceæ*, *Capparidææ*, *Pittosporææ*, *Sterculiaceæ*, *Aurantiaceæ*, *Anacardiaceæ*, *Melastomaceæ*, *Loganiaceæ*, *Piperaceæ*, *Zingiberaceæ*, *Palme* o. fl.

ellers mest tilhøre den tropiske Zone, blandt hvilke især fortjene at udhæves Bambusarterne, som gaa til 46° n. Br. — Henvend Halvdelen af alle Arter ere endemiske, og her findes omtrent 50 for Japan egne Slægter, blandt hvilke flere ere saa afvigende i deres Bygning, at det er vanskeligt at indordne dem under nogen af de almindelig anerkjendte naturlige Familier, som *Cercidiphyllum*, *Trochodendron*, *Pentacodium*, *Tripetaleia*. Særdeles karakteristisk for den japanesiske Flora er det, at over $\frac{1}{3}$ af alle Arter, nemlig 700, ere træagtige. Tages alene Hensyn til de endemiske Arter, er over Halvdelen træagtige. En Tilnærmelse hertil viser den nordamerikanske Flora, men man maa gaa tilbage til den tertiære Tids Flora for at finde noget ganske tilsvarende. De endemiske Arter, som ikke ere træagtige, ere næsten alle perennerende. — Den japanesiske Flora viser, som man maatte vente, størst Slægtskab med Plantevæksten i de tilstødende Dele af det asiatiske Fastland. Japan har saaledes 328 Blomsterplanter eller $\frac{1}{6}$ af alle Arter fælles med den nordlige Del af Asien, men af disse forekomme de allerfleste, nemlig 278 Arter, ogsaa i Europa og 150 Arter i Danmark*). Af de Arter, som Japan har fælles med den nordlige Del af Asien og Europa, er der 146, som tilhøre den arctiske Flora. Omtrent $\frac{1}{3}$ af Japans Blomsterplanter voxe tillige i den mellemste eller sydligere Dele af Asien; der er endog et ikke ringe Antal træagtige Planter, som Japan har fælles med Himálaja**). — Mærkeligt er det, at Japan har saa mange Arter fælles med Nord-Amerika, nemlig 103, og naar herfra trækkes de arctiske Arter, 77 eller $\frac{1}{25}$ af alle Japans Blomsterplanter. Blandt disse skulle her udhæves: *Vitis Labrusca*, *Rhus Toxicodendron*, *Rubus spectabilis*, *Pyrus americana*, *Amelanchier canadensis*, *Spiraea betulifolia*, *Ribes laziflorum*, *Aralia racemosa*, *Viburnum lantanoides*, *Alnus maritima*, *Betula lenta*, *Photinia arbutifolia*. Et endnu mere fremmed Element i den japanesiske Flora er en Del nyhollandske Arter: *Brasenia peltata*, *Gnaphalium japonicum*, *Chapelliera glomerata*, *Polygala japonica*, *Ehretia serrata*, *Nertera depressa*, *Dichondra repens* og nogle flere.

*) Blandt de paa Japan forekommende danske Arter skulle her udhæves: *Caltha palustris*, *Actea spicata*, *Berberis vulgaris*, *Chelidonium majus*, *Corydalis solida*, *Barbarea vulgaris*, *Turritis glabra*, *Nasturtium officinale*, *Malva sylvestris*, *Rubus Chamemorus*, *Rosa pimpinellifolia*, *Chryso-splenion alternifolium*, *Parnassia palustris*, *Drosera rotundifolia*, *Epilobium angustifolium*, *tetragonum*, *Cicuta virosa*, *Hedera Helix*, *Adoxa moschatelina*, *Campanula Trachelium*, *Inula Helenium*, *Britannica*, *Taraxacum officinale*, *Valeriana officinalis*, *Sambucus racemosa*, *Viburnum Opulus*, *Vaccinium Oxy-coccus*, *Vitis-idea*, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Pyrola rotundifolia*, *media*, *Empetrum nigrum*, *Nepenthes trifoliata*, *Ulmus campestris*, *Populus tremula*, *Alnus incana*, *glutinosa*, *Betula alba*, *Orchis latifolia*, *Listera cordata*, *Polygonatum multiflorum*, *Concellaria majalis*. (Miquel l. c. p. 309).

***) Saadanne ere: *Schizandra japonica*, *Ilex crenata*, *integra*, *Euconymus Hamiltonianus*, *Vitis flexuosa*, *Cesalpinia sepiaria*, *Prunus Puddum*, *Pyrus lanata*, *Spiraea callosa*, *Myrsine capitellata*, *Gaultheria pyrolaoides*, *Vaccinium bracteatum*, *Donianum*, *Andromeda ovalifolia*, *Symplocos cratagoides*, *Lonicera acuminata*, *Leschenaultii*, *Ehretia serrata*, *Helwingia rusciflora*, *Eleagnus umbellata*, *Tetranthera polyantha*, *Wickstroemia canescens*, *Ficus pumila*, *Sesquium sebiferum*, *Daphniphyllum Roxburghii*, *Quercus serrata*, *Betula Rhoipalutra*.

Blandt de mange Plantefamilier, som ere repræsenterede paa Japan, er der nogle faa, som spille en fremragende Rolle derved, at de ikke alene optræde i mange eiendommelige Former, men ogsaa næsten overalt danne en væsentlig Del af Plantevæksten, og saaledes udgjøre Japans egentlige Karakterplanter. Disse Familier ere, foruden *Cupuliferæ*, *Coniferæ*, *Acerinæ* og *Hydrangæ*, en Afdeling af Saxifragernes store Familie. — Af Naaletræernes Familie findes der i Japan og Kina ikke færre end 9 egne Slægter, nemlig: *Sciadopitys*, *Cunninghamia*, *Cryptomeria*, *Glyptostrobus*, *Thuopsis*, *Biota*, *Cephalotaxus*, *Salisburia*, *Pseudolarix*. De 4 førstnævnte Slægter høre til den Gruppe af Naaletræer, som jeg har foreslaaet at betegne som *Abietinæ cupressinæ**), en Gruppe, som næsten udelukkende tilhører de omkring Sydhavet liggende Lande, og som udmærker sig ved en nøie Forening af Dækbladene og Frugtbladene og ved tilvoxne Blade, saa at den danner Overgang til Cypressgruppen. Blandt disse er *Sciadopitys* især mærkelig. De lange Grene bære nemlig kun skæglagte Blade, og alene i Toppen af Aarskuddene fremkommer der i Hjørnet af disse Skæl bladagtige Dværggrene, dannede af to sammenvoxne Blade paa en næsten forsvindende Axe**). Ligeledes optræder Taxgruppen med meget eiendommelige Slægtformer, medens de egentlige Abietinæer med Undtagelse af *Pseudolarix*, der dog maaske rigtigst betragtes som en Underslægt af *Larix*, kun repræsenteres ved Former, som i det Hele slutte sig nær til asiatiske eller nordamerikanske Arter. Slægtskabet mellem den japanesiske og nordamerikanske Flora viser sig især ved Slægterne *Chamaecyparis* og *Torreya*, som ere fælles for begge, ja *Torreya nucifera* er maaske neppe som Art forskjellig fra *T. californica*, ligesom *Picea jezoensis* af nogle Botanikere betragtes som identisk med *P. Menziesii* fra Nordamerikas Vestkyst (Oregon). — Ahornfamilien er stærkere repræsenteret paa Japan end noget andet Sted paa Jorden; af de henved 60 Arter, som ere kjendte, voxer nemlig 23 her. Næst efter Japan er Himálaja og Nordamerika rigest paa Arter. Japan har 3 Arter af Slægten *Acer* fælles med Asien, nemlig *A. tataricum*, *A. circumlobatum* (i Mandschouriet) og *A. pictum*, der ikke alene forekommer i det nordlige Kina og Himálaja (= *A. cultratum* Wall.), men ogsaa paa Kaukasus, hvorfra den er beskrevet under Navn af *A. latum*. Flere af de paa Himálaja voxende Arter slutte sig nøie til de japanesiske, saaledes svarer *A. Sikkinmense* til *A. distylum*, *A. Hookeri* til *A. carpinifolium* og *A. Thomsoni* til *A. capillipes* og *A. tegmentosum*. Et ligesaa nøie Slægtskab vise de japanesiske Arter af denne Familie, navnlig af Slægten *Negundo*, med de nordamerikanske. Af denne Slægts 7 Arter, som alle tilhøre Japan og Nordamerika, er der 1, som er fælles for disse fra hinanden saa fjerntliggende Lande, nemlig *N. aceroides*, den fra vore Haver velbekjendte ved sine lysegrønne Grene ioinefaldende Art, der er identisk med Siebolds *N. cissifolium*, medens *N.*

*) Frilandstrækvæksten p. 28.

**) Bot. Zeit. 1871, p. 1.

nikoense slutter sig noie til Nuttals *N. tripartitum* og *N. Maximowiczianum* til *N. californicum* og *N. mexicanum*. *Acer spicatum*, en ligeledes fra vore Haver bekjendt nordamerikansk Art, er i den senere Tid bleven funden i de høiere Bjergegne paa Nipon, medens *Acer japonicum* slutter sig noie til *A. circinnatum*, *A. pictum* til *A. saccharinum*, *A. argutum* til *A. Doug asii*, *A. rufinerne* til *A. pensylvanicum* o. s. v.*).

Gruppen *Hydrangeæ* af Saxifragernes Familie har ligeledes sit Maximum paa Japan. Den optræder her i et større Antal Arter og med flere eiendommelige Slægtformer end noget andet Sted paa Jorden. Her voxer saaledes næsten Halvdelen af Slægten *Hydrangea*'s 33 Arter, og her findes 3 for Japan egne Slægter: *Schizophragma*, *Platyterater* og *Cardiandra*.

Planternes Udbredning i de forskjellige Høider er endnu kun lidt kjendt. Lavlandet er her, hvor baade Ager- og Havedyrkning staae paa et saa høit Trin**), næsten overalt opdyrket. Landskabet har hele Aaret en smilende Karakter; Markerne staa nemlig grønne om Vinteren***), og Skoven bestaaer væsentlig af Naaletræer og andre stedsegrønne Træer. I Nærheden af Jedo findes en yppig Skov, rig paa kæmpestore Træer. Den bestaaer af *Pinus Thunbergii*, det mest udbredte og mest anvendte af alle Træer paa Japan, *P. densiflora*, *Abies firma*, *Chamaecyparis pisifera* og *obtusa*, *Cryptomeria japonica* med Stammer, der have 12—15' i Omkreds, *Thuopsis dolabrata*, *Seiadopitus verticillata*, mange stedsegrønne Ege, Kastanie-Ege og Kastanier, udmærkede baade ved deres auselige

*) Miquel: Sur les érables du Japon (Arch. Néerland. Tom. II, p. 467).

**) Theplantiinger indtage betydelige Strækninger, navnlig omkring Miaco og Osaca, ligeledes Plantninger af Morbær til Opelskning af Silkeorme. The og Silke ere Japans vigtigste Udforselsgenstande. Havevæsenet staaer især høit med Hensyn til Dyrkningen af en uendelig Mængde Varieteter af *Chrysanthemum*, Japanesernes Yndlingsblomst, med Hensyn til stedsegrønne Planter, der som i de gamle Haver i fransk Stil beklippes til alle mulige Figurer, og i Opelskningen af Dverplanter, i hvilken bizarre Retning Gartnerne ved Pødning, ved at indskrænke Rodens Plads og ved Vridning af Grenene have drevet det til en utrolig Fuldkommenhed. Som Exempel herpaa anfører Fortune en Urtepotte i Tomme i Tværmaal og 3 Tommer hoi, hvori der fandtes en Bambusplante, et Grantræ og et Blommetræ med Blomster. Men denne Potte blev ogsaa vurderet til henved 1000 Rd. (Fortune: Yedo and Peking, p. 111, 127, 129).

***) De Planter, som udgjøre Gjenstand for Agerbrug i Japan, henhøre til to Klasser: de, som dyrkes om Vinteren, og de, som dyrkes om Sommeren. Om Vinteren dyrkes Hvede, Byg og den kinesiske Rapsplante (*Brassica sinensis*) og desuden Boghvede (*Polygonum tataricum*), Ærter, Bonner, Kartofler, Kaal, Log o. l. Hvede og Byg saaes i October eller i Begyndelsen af November, og den første høstes i Slutningen, den sidste i Begyndelsen af Juni. Af de Planter, som dyrkes om Sommeren, er der nogle, som fordrer en tør Bund og derfor dyrkes i de høiere liggende Egne og paa Bakkeskraaninger, saadanne ere Bomuld, Olieplanten (*Sesamum orientale*), Gobbo'en (*Arctium Gobbo*), Meloner, Ingefær, Jams, søde Kartofler (*Datatas edulis*), medens andre fordrer Overrisling og derfor dyrkes i Dalene. Blandt dem indtage Risen, der paa Japan skal opnaa større Fuldkommenhed end noget andet Sted, den første Plads. Udplantningen af de unge Risplanter finder Sted i Slutningen af Juni og Hosten i November. Paa lignende Lokaliteter som Risen dyrkes ogsaa *Arum esculentum*, *Cyperus tuberosus* og *Juncus effusus*; denne sidste til Fletværk.

Størrelse og skønne Væxt, Ahorn-Arter, Ælm (*Ulmus Keaki*), et af de fortrinligste Gavntræer og *Diospyrus Kaki* med spiselige Frugter. Blandt Buskene, som danne Underskoven, høre de fra vore Haver velbekendte Weigelier (*W. japonica, grandiflora*), den prægtige *Osmanthus aquifolius* med vellugtende hvide Blomster og *Aucuba japonica*. Gingko'en (*Salisburia adiantifolia*) plantes især ved Templerne, og her forekommer ofte gamle Exemplarer med Stammer, som have 15—20' i Omkreds. Her sees ogsaa *Vistaria sinensis*, og Fortune maalte et Exemplar, hvis Stamme 3' over Jorden havde 7' i Omkreds. Paa Bakkeskraaninger voxer det japanesiske Voxtræ (*Rhus succedanea*) ligesom det kinesiske Voxtræ (*Stillingea sebifera*) i Kina, og begge gjøre om Efteraaret ved Bladenes røde Farve den samme Virkning. I 1861 foretog Weitch en Bestigning af Japans høieste Bjerg, Fusi Yama, der som en regelmæssig Kegle hæver sig til en Høide af 14,000'. Han fandt, at Skoven endnu paa en Høide af 4000' (ved Muriyama) bestaaer af en Blanding af Løvtræer og Naaletræer: Eg, Bog, El, Ahorn, Ædelgran (*Abies firma*), *Tsuga Araragi*, *Podocarpus*. I en Høide af 5—6000' blive Naaletræerne mere og mere herskende, og det øverste Skovbælte, der naaer til 9—9000', bestaaer alene af egne, tidligere ukjendte Arter af Rodgran (*Picea Alcoquiana*) og Ædelgran (*Abies Weitchii*), der især ere udbredte mellem 6—7000', og oven over disse af Lærketræer (*Larix leptolepis*), som paa Skovgrænsen kun have en Høide af 2—3'. Om det alpine Bælte angives med, at her voxer nogle faa urteagtige Planter. Toppen er i de 8 Maaneder dækket med Sne. I Nærheden af Kraterets Rand er der opført et Tempel, hvortil hvert Aar mange tusinde Japanesere foretage Bods- og Andagtsreiser*). — I de sydligere Dele af Japan, paa Øerne Kiusiu og Sikok, er en større Indblanding af tropiske Planterformer — her voxe saaledes *Chamærops excelsa* og *Cycas revoluta* — medens i den nordlige Del (Yesso) Naaletræerne ere endnu mere overveiende end paa Nipon.

De savtakbladede Eges Gebet.

(Underslægten *Cerris*).

Dette Gebet indbefatter Lilleasien og alle de øvrige Middelhavslande, Grækenland, Italien, Spanien og Portugal og Afrikas nordlige Kystrand.

Den aarlige Middelværme er i Italiens Lavland efter den mere nordlige eller sydlige Beliggenhed 12—18° C. Vintervarmen ligger mellem 5—12° C. og Sommervarmen mellem 20—24° C. Varmen aftager mod Øst, dog fornemmelig Vintervarmen; thi Sommerens Middelværme er i Neapel 21° C., i Konstantinopel 22° C., men Vinterens Middelværme er i Neapel 10° C., i Konstantinopel derimod kun 5°,2 C. Regnen

*) Diary kept by Weitch during his trip to mont Fusi Yama. September 1860. (Gardn. Cron. 1861, p. 49).

er næsten indskrænket til Vintermaanederne, hvorfor Plantevæksten om Sommeren i det Hele frembyder et tort Udseende. Den aarlige Regnmængde er størst ved Foden af Alperne, nemlig 50—60", og aftager gradvis mod Syd; ved Palermo er den 21"; den er noget større paa Vestsiden end paa Østsiden af Apenninerne. De ved Arternes Antal herskende Familier ere: *Leguminosæ* med 700, *Labiata* med 500, *Cruciferæ* med 500, *Caryophyllaceæ* med 300, *Borraginæ* med 200, *Cynarocephalæ* og *Cichoriaceæ* hver med 300 Arter. Til de mest eiendommelige Træk i Middelhavslanternes Plantevæxt horer det stedsegrønne Skovbælte, som forekommer i Lavlandet eller fra Havets Niveau til 1200'. Skoven vedligeholder hele Aaret væsentlig samme Karakter og bestaar af mange Arter af forskellige Familier, saaledes navnlig: Laurbærtræet, Sten-Egen, Kork-Egen, Mastixtræet, Pistacien, Jordbærtræet, Lyngtræet, Oliventræet, den haleppiske Fyr og Pinien, og paa nogle Steder bidrage Dværgpalmen og Daddelpalmen til at give Plantevæksten et mere tropisk Præg. — Blandt Middelhavslanternes Karakterplanter udhæver Link Lavendelen og Salvien som særlig eiendommelige for den nordlige Del, medens Myrten hersker i den mellemste Del og Rosmarinen og Oleanderen i den sydlige. Blandt de i Lavlandet herskende Træer nævnes *Pinus Pinaster* som karakteristisk for den vestlige Del, *P. Halepensis* for den midterste og *P. maritima* for den østligste Del*).

Af Cupuliferer forekomme her følgende:

Af Slægten <i>Quercus</i> af Underlægten <i>Cerris</i>	25	Arter.
— — — — — <i>Lepidobalanus (Eulepidobalanus)</i>	10	—
— — — — — (<i>Ilex</i>)	1	—
— — — — — (<i>Prinus § serroides</i>)	1	—
— <i>Castanea</i>	1	—
— <i>Fagus</i>	1	—

I det Hele . . . 39 Arter.

Af Underslægten *Cerris* tilhøre alle Arter dette Gebet med Undtagelse af 4, som voxe i Kastanie-Egenes Gebet, og det er navnlig Lilleasien, hvor denne Underslægt har sit egentlige Hjem; her voxer ikke færre end 20 Arter**), medens der i den vestlige og midterste Del af Gebetet kun forekomme nogle faa Arter, hvoraf de fleste i deres Habitus ere meget afvigende fra de typiske Former (*Eurcerris*) og tilhøre mindre Afdelinger af Underslægten, som danne Overgang til *Lepidobalanerne*; det er navnlig Kork-Egene (*Q. Suber* og *occidentalis*) og Kermes-Egene (*Q. coccifera*), som have deres egentlige Hjem paa den

*) Viegmanns Archiv für Naturgeschichte 1836, 1 Band, p. 328.

**) Disse ere: *Cerris*, *Pyrami*, *Fallonea*, *Itahavrensis*, *almifolia*, *Brantii*, *Elhrenbergii*, *Trojana*, *Loos*, *oophora*, *persica*, *vesca*, *Tchihatcheffii*, *regia*, *Libani*, *castaneefolia*, *calliprinos*, *coccifera*, *Fenzlei*, *Aucheri*.

pyrenæiske Halvø og i den tilstødende Del af Nordafrika og sidstnævnte ogsaa i Italien. Af Underslægten *Lepidobalanus* danne de for dette Gebet mest karakteristiske Arter ved deres Blades Form Overgang til Underslægten *Cerris*, nemlig Sten-Egen (*Q. Ilex*), Galæble-Egen (*Q. infectoria*) og den spanske Eg (*Q. lusitanica*). Kun i de østligste Dele af Gebetet forekommer en Art (*Q. pontica* C. Koch*) af en Afdeling af Lepidobalanerne, som ellers tilhører Kastanie-Egenes Gebet. — Kastanieslægten sender fra sit østlige Hjem langt imod Vest en Art, som er saa afvigende fra de asiatiske Arter, at den maa henføres til en egen Underslægt, og som her har en meget stor Udbredning. *Castanea vulgaris* hører til de Arter, der ere udbredte som skovdannende Træer over hele Gebetet med Undtagelse af Africa; *Quercus Cerris* har samme store Udbredning (dog er den sjelden i Spanien), og det samme gjælder om Sten-Egen og Kermes-Egen med den Forskjel, at de ere almindeligst i den vestlige og midterste Del af Gebetet, men kun sjeldne i den østlige Del af samme.

Cupulifererne optræde i Middelhavslændene ikke alene med stor Formrigdom, men de udgjøre en væsentlig Bestanddel af de i de forskellige Bælter herskende Skove; i det stedsgrønne Bælte (0—1200') saaledes navnlig Sten-Egen, Kork-Egen og Kermes-Egen, i det næste Bælte (1200—3000') Kastanien, den tyrkiske Eg og de nordiske Ege eller andre med dem nærbeslægtede Arter, som *Q. pubescens* og *Farnetto*, og endnu hoiere (3000—6000') Bogen, som her danner næsten rene Bevoxninger eller voxer sammen med Ædelgran, corsicansk Fyr, Tax eller Hassel. Saaledes er Forholdet ifølge Schouw's Undersøgelser i Italien. Som særegent for Cupulifererne i dette Gebet maa fremdeles udhæves, at de have en meget mere alsidig Anvendelse end vore nordiske Arter. Til den bekendte Brug af Vedet og Frugterne kommer nemlig her, at flere Arter have spiselige Frugter, som Kastanien og flere Ege-Arter, navnlig *Q. Ilex* v. *Ballota*; Kork-Egen leverer Kork, hvoraf store Skibsladninger udføres fra Spanien, Portugal og Algier**); Galæbler af *Q. infectoria* — i 1856 udførtes disse fra Smyrna til en Værdi af 4—500,000 Rd.; Skaalen af *Q. Vallonia* udføres navnlig fra de høiere liggende Egne af Karamanien i Lilleasien — undertiden 40 Skibsladninger om Aaret — for at benyttes som det fineste Garvestof og til sort Farve; og endelig er der Kermes-Egen, hvorpaa Kermesskjoldlusen (*Coccus Ilícis*) lever, der benyttes som rødt Farvemateriale.

Der staaer tilbage at give en lidt mere i det enkelte gaaende Fremstilling af Cupuliferernes Udbredning i de forskellige Dele af Gebetet og i de forskellige Bælter.

*) Efter Blade at dømme, som jeg har seet af denne Art i det kongl. Herbarium i Berlin, er den kun lidt forskjellig fra *Q. Griffithii*, om den ikke falder sammen med denne.

**) Kork, der som bekendt kan aftages hvert 7de—10de Aar af samme Træ, udførtes alene fra Algier i 1858 til en Værdi af 140,000 Francs.

Paa den pyrenæiske Halvø frembyde Cupulifererne saavel som den hele Plantevæxt flere fra de øvrige Middelhavslande afvigende Forhold*). Der gjør sig her større klimatiske Modsætninger gjældende end i de fleste andre Lande. Den østlige Halvdel af Spanien har saaledes et tørt Klima, medens dette i den vestlige Del er fugtigt, og paa nogle Steder er denne Modsætning mellem den vestlige og østlige Kyst saa stor, at her forekommer Maximum og Minimum af den i hele Europa herskende Regnmængde. Den fra Sahara kommende sydøstlige Vind (Harmattan eller Samum) bevirker saaledes, at der i Saltsteppen ved Murcia undertiden hengaaer flere Aar uden vedholdende Regn, og i Juli afsvies Træernes Blade, medens paa den anden Side den i Portugal herskende fugtige Vestenvind bevirker, at den aarlige Regnmængde i Coimbra er 211 Tommer, altsaa betydelig større end noget andet Sted i Europa. Paa den store Hoislette, som indtager den allerstørste Del af Halvøen, der mod Nord begrænses af de cantabriske Bjerge, mod Øst af Sierra Cuenca, mod Syd af Sierra Morena, mod Vest af det portugisiske Bjergland og har en Middelhøide af 2000 Fod, som udmærker sig ved et stærkt udpræget Fastlandsklima, ved sin kolde Vinter og varme Sommer, og hvor Regnmængden kun udgjør 11 Tommer om Aaret — kun i denne Del af Landet er det, at Plantevæksten udfolder sin typiske spanske Karakter. Skovene ere her indskrænkede til Bjergene, medens her ellers hersker en fuldstændig Træløshed, og de over mange Hundrede Kvadratmile udbredte »Cistus-Heder« meddele Landskabet den største Ensformighed. Foruden de selskabelige Arter (*Cistus ladaniferus*, *laurifolius* o. fl.), der danne Hovedmassen af »Heden«, forekommer herimellem en Mængde Arter i spredte Exemplarer. I den sydlige, sydvestlige og østlige Del af Hoisletten erstattes *Cistus*-Arterne af selskabeligt voxende Halvbuske, navnlig af Labiaternes Familie (*Rosmarinus officinalis*, *Lavandula spica*, *Thymus vulgaris* o. fl.), medens der i den nordlige Del, navnlig i Duero-Dalen, forekommer egentlige Heder, dannede af Lyngarter (*Erica cinerea*, *scoparia*). Her finder det særegne Forhold Sted, at Plantevæksten har en dobbelt Hvileperiode. I den lange hede Sommer frembyder Plantevæksten en orkenagtig Torhed, og af mange Planter bortvisner hele den overjordiske Del. Om Efteraaret, naar der er faldet nogen Regn, vækkes Planterne, især Løgvæxter (Amaryllideer, Liliaceer, Colchiaceer), til nyt Liv. Vinterkulden frembringer derpaa en Hviletilstand. De til Bjergene indskrænkede Skove bestaa for en væsentlig Del af Ege. Paa Sierra Guadarama, som deler Hoisletten i to Dele, den nycastilianske Slette mod Syd og den gammelcastilianske Slette mod Nord, bestaa Skovene mellem 2500 og 3800 Fod af *Pinus sylvestris* og *Juniperus Sabina*, og de større Høider (til 7500') indtages af Fjeldvæxter. Paa Sierra Cuenca ere Naaletræerne herskende, *Pinus Laricio*, *P. Pinaster*, og Underskoven bestaaer især af Enearter (*Juniperus Oxycedrus*, *rufescens*,

*) Moritz Willkomm: Die Halbinsel der Pyrenæen, eine geographisch-statistische Monographie 1855.

phoenicia). I Estramadura findes udstrakte Skove af Ege (*Q. Suber* og *Ilex*), hvorimellem er indblandet Fyr (*Pinus Laricio* og *Pinaster*).

I de Hoisletten omgivende Dele af den pyrenæiske Halvø frembyder Plantevæxten en forskjellig Karakter i den nordlige, østlige, sydlige og vestlige Del, og denne Forskjellighed betinges ved en Tilnærmelse til de nærmestliggende Landes Klima og Plantevæxt*).

I den nordlige Del, Pyrenæerne og de cantabriske Bjerger, har Plantevæxten væsenlig samme Karakter, som paa de mellemeuropæiske Bjerger, og her forekommer endnu Enge. Fra 1000 til 3000 Fod dannes Skovene af *Fagus sylvatica*, *Quercus pedunculata*, *Q. pubescens*, *Q. Toza*, *Fraxinus*, *Populus tremula*, *Ulmus*, *Acer platanoides*, *Sorbus Aucuparia*, *Cratagus Oxyacantha*. Mellem 3000 og 5000 Fod ere Naaletræerne herskende: *Abies pectinata*, *Pinus pyrenaica*, *P. uncinata*, sjældnere *P. sylvestris*. Her forekommer ogsaa *Buxus* som op imod den øvre Grændse af det subalpine Bælte fortrænger de andre Buske og paa mange Steder naaer op til det alpine Bælte, der her ligger mellem 7000 og 9000 Fod.

Den vestlige Del af den pyrenæiske Halvø staaer ved sit fugtige Klima i en skarp Modsætning til Centralspanien. Plantevæxten danner her Overgang til den paa de azoriske og cauariske Øer. Paa Sandbund ved Kysten og paa Sandhøie i det Indre findes mange Steder Skove af *Pinus Pinea*, *Pinaster* og *Halepensis* og i den sydlige Del af Portugal (Alem—Tejo) af *Quercus Suber* og *Q. Ilex*. I den nordligere Del af Portugal ere Bjergskraaningerne overvoxede med en eiendommelig Blanding af mellem-, vest- og sydeuropæiske Træer og Buske: *Quercus pedunculata*, *Q. occidentalis*, der her og i den sydvestlige Del af Frankrig erstatter Kork-Egen, *Fagus sylvatica*, *Acer campestre*, *Ilex Aquifolium*, *Prunus Lusitanica*, *Arbutus Unedo*, *Erica arborea* o. a. Olietræet og Oranger dyrkes lige til Cap Finisterre, og i den sydligere Del af Portugal, indtil Lissabon, bidrage mange amerikanske, indiske og afrikanske Planter, som ere blevne acclimatiserede, til at give Plante-

*) En egen plantegeografisk Afdeling udgjøre de fem store Saltstepper, som alle tilhøre Halvøens østlige Halvdel: 1) den aragoniske Steppe, en Del af Ebro-Flodens Bassin, 400 Fod over Havet, hvor Bunden navnlig i Omegnen af Plazencia er saa saltholdig, at Drikkevand mangler, hvorfor man milevidt ikke seer Spor af Menneskers Nærværelse; 2) den castiliske Steppe, i Gennemsnit 2000 Fod over Havet; 3) Steppen ved Murcia, Kyst- eller Middelhavssteppen, gennemstrømmet af Floden Segura, hvor Bunden paa mange Steder er saa saltholdig, at den kun tilsteder Dyrkning af Sodaplanten (*Halogeton sativus*); 4) Steppen ved Granada eller Høi-Andalusien, hvis Middelhøide er 3000 Fod og 5) den nedreandalusiske Steppe, der udbreder sig paa begge Sider af Floden Xenil. De her herskende Salturter: (*Salsola papillosa*), Malturter (*Artemisia valentina*, *Aragonensis*), *Helianthemum squamatum*, *Gypsophila Hispanica*, *Zollikoferia resedifolia*, Græsarter o. l. ere alle lave fleraarige Urter eller Halvbuske, som ved deres begroenede (duggede, melede) ofte kjødede Blade og sædvanlig uanselige Blomster udøve en monoton og trist Virkning. Kun hvor Bunden er mere fugtig danne Græsser, Halvgræsser, Stativeer og Salturter et mere sammenhængende Dække; ellers voxer Steppplanterne i Tuer, der danne mørkere Pletter paa den lyse Bund, eller de staa saa spredte, at man paa store Strækninger kun seer den nøgne Bund (Willkomm: Die Strand- und Steppengebiete der iberischen Halbinsel. Leipzig 1852).

væksten et sydligt Præg, saasom *Phoenix dactylifera*, *Chamærops humilis*, *Agave americana*, *Opuntia vulgaris*, *Cupressus glauca* (den saakaldte portugisiske Cypres, fra Indien), *Cerantonia Siliqua*, *Myrica Faya* o. a.

Den sydlige Del af Spanien, Andalusien og Granada, viser i sin Plantevæxt stor Tilnærmelse til Afrika. I Lavlandet bestaaer Trævæksten nogle Steder, saaledes navnlig i Sletten ved Sevilla, af *Quercus Lusitanica* var. *Baetica*, det vilde Olietræ (*Olea Europæa* var. *Oleaster*) og især af *Pinus Pinea*, som ved Cadix-Bugten danner store Skove. Dværgpalmen har her overalt en stor Udbredning og danner mellem Sevilla og Eciga store rene Bevoxninger; mange Steder forekommer den i Forening med *Pistacia Lentiscus*, *Tamarix gallica* og *Nerium Oleander*. I Granada er Lavlandet skovløst, men mellem 500 og 2500 — 3000 Fod ere de stedsegrønne Ege, *Quercus Suber*, *Ilex, coccifera*, herskende. Det gjælder om denne Del af Spanien endnu mere end om den sidstnævnte, at mange Træer og Buske fra sydligere Lande dels dyrkes, dels ere forvildede i saadan Mængde, at Plantevæksten herved paatrykkes et næsten tropisk Præg. Blandt disse skulle udhæves, foruden de ovenfor nævnte: Sukkerrøret, Bomuldsplanten, Kaffe træet, *Musa paradisiaca*, *Anona squamosa*, *Yucca gloriosa*, *Bambusa arundinacea* o. m. a. — I de hoiere Bjergegne, fra 3000 til 5000 Fod, bestaa Skovene af en Blanding af Ege og Naaletræer: *Abies Pinsapo*, *Pinus Pinaster*; *Quercus Lusitanica* var. *Valentina* (*Q. alpestris* Boiss.) og *Q. Toza*. Mellem 6000 og 11000 Fod ligge Fjeldbuskenes og Fjeldurternes Bælte.

I den vestlige Del af Spanien har Plantevæksten stor Lighed med den paa de Baleariske Øer, paa Corsica, Sardinien og i de sydligere Dele af Italien.

Paa den pyrenæiske Halv forekommer i det Hele 12—13 Arter af Cupuliferer, nemlig 9 Ege, 1 Kåstanie og 1 Bøg. Af Egene høre 7 Arter til Underlægten *Lepidobalanus*. Af disse er der, foruden de to nordiske Arter, *Q. pedunculata* og *sessiliflora*, og den ogsaa i Mellemeuropa forekommende *Q. pubescens*, tre Arter, der ere egne for denne Del af Gebetet, nemlig: *Q. Toza*, *Q. Lusitanica* med sine to Varieteter (*Valentina* og *Baetica*) og *Q. humilis*. *Q. Ilex* er fælles med alle Middelhavslændene*). Af Underlægten *Cerris* forekommer her kun 4 Arter: *Q. occidentalis*, *Suber*, *coccifera* og *Cerris*.

I Algier forekomme Egene fra Kysten og til en Høide af 5000 Fod, og de danne paa mange Steder næsten rene Bevoxninger i de Levninger, som ere tilbage af de tidligere saa udstrakte Skove**). I Lavlandet og til 3000 Fod er det Kørk-Egen, Sten-Egen

*) Hvorvidt den af Lange opstillede *Q. gracilis* er en egen Art eller en ved meget smalle Blade og Frugter udmærket Varietet af *Q. Ilex*, maa vel indtil videre ansees for tvivlsomt.

***) De fordums store Ege- og Fyrre-Skove i Algier ere dels blevne odelagte ved Skovbrande, der ofte opstode ved Afsvindning af Græsset i Slutningen af Sommeren, dels ved hensynslos Indsamling af Terpentinen og Bark — Barken af *Pinus Halepensis* er en vigtig Handelsartikel i Sahara, hvor den benyttes til Garvning — og endelig ved de Ødelæggelser, som det i Skoven græssende Kvæg forarsagede paa den unge Opvæxt. Nu ere alle Skovene i Algier under Opsyn af Forstbetjente (Cosson: Rapport sur un voyage botanique en Algerie. Ann. scienc. natur. 4 Ser. Tom. 4—5).

og Kermes-Egen, som i Forbindelse med Myrten, Jordbærtræet, Olietræet, *Fraxinus australis*, *Pistacia Lentiscus*, *P. atlantica*, *Juniperus Oxycedrus*, *J. phoenicea*, *Phillyrea latifolia* og *Salix pedicellata* danne Skovene. Disse Træer afløses efterhaanden i en Høide af 3000—5000 Fod af *Quercus Ilex* v. *Ballota*, hvis Stamme ofte bliver 30 Fod høj, inden den deler sig i Grene, af en egen Varietæt af den spanske Eg (*Q. Lusitanica* v. *Bætica* = *Q. Mirbeckii* Du Rieu), *Pinus Halepensis*, *Fraxinus dimorpha*, *Acer Monspessulanum*, *A. Neapolitanum*, *Ulmus campestris* og *Ilex Agrifolium*. Paa en Høide af 4—5000 Fod begynder Cederen (*Cedrus Libani* var. *Atlantica*), og den bliver imellem 5000—7000 det herskende Skovtræ, saaledes navnlig i Provindsen Constantine. I denne Høide voxer ogsaa *Taxus baccata* og *Ilex Aquifolium*.

Bælterne i Italien ere ovenfor omtalte. Hertil skal endnu føies lidt om Bælterne paa Sicilien. Skraaningerne af Ætna ere dyrkede til en Høide af 3300 Fod. Her dyrkes Sukkerroret og Bomuld til 1000 Fod, de forskjellige Citrus-Arter og Oliven til henved 2000 Fod, Figen, Daddelpalmen, Farve-Sumak (*Rhus coriaria*), *Arundo Donax* o. l. I Haverne sees mange af Tropezonens Planter: Bananer, *Agave*, *Opuntia*, *Erythrina Corallodendron*, *Datura arborea* o. m. fl. Derpaa følger et Skovbælte mellem 3300 Fod og 6200 Fod, hvor Eg og Bøg ere herskende. *Quercus pubescens* udgjør her ligesom i den sydlige Del af Apenninerne den væsentligste Bestanddel af Skoven. *Quercus Cerris* er almindelig i Val del Leone til 4600 Fod. *Q. Ilex* gaar i Val del Bue til 3800 Fod. Her voxer de ved deres Tykkelse berømte Kastanier, Castagno di centi cavalli, Castagno di Sta Agata og Castagno della nave, med Stammer henholdsvis 180, 70 og 64 Fod i Omkreds nær Jorden. Bøgen forekommer mellem 3000 og 6000 Fod, Birken mellem 4700 og 6100 Fod og *Pinus Laricio* i 120—130 Fod høie Exemplarer paa Østsiden af Ætna mellem 4000 og 6200 Fod. — Det subalpine Bælte ligger paa Ætna mellem 6200 og 8950 Fod og udmærker sig ved sin Fattigdom paa Arter (kun c. 50 Arter ere kjendte herfra), der rimeligvis grunder sig dels paa det tørre Klima — Toppen sees kun sjelden indhyllet i Skyer — dels paa Bundens vulkanske Beskaffenhed og de hyppige Udbrud af Lava og vulkansk Aske. De fleste af dette Bæltes Planter synes at være vandrede herop fra Siciliens lavere Regioner; saaledes *Juniperus hemispherica* og *Berberis vulgaris*. *Astragalus Siculus*, der voxer i store 2—2½ Fod høie Tuer, er den herskende Plante og erstatter Alperoserne. *Genista Aetnensis* er eiendommelig for Ætna. Med *Senecio chrysanthemifolius* forsvinder paa 8850 Fod al Plantevæxt med Undtagelse af Lavarter, der ogsaa forekomme sparsomt.

I Tyrkiet danner Balkankjæden Nordgrænsen for Middelhavsländenes Flora. Albanians Vestside stemmer i Plantevæxt overens med Dalmatien og bærer om Sommeren det samme tørre Præg. *Phlomis fruticosa* er paa store Strækninger dominerende, og istedetfor den træder paa fugtigere Localiteter *Myrtus communis*. I Nordalbanien hæver *Bertiscus* sig

til 8000 Fod, men Syd for Floden Drin have de helleniske Bjerge kun en Høide af 2—3000 Fod. Det stedsegrønne Skovbælte med *Quercus Suber* og *Q. pubescens* strækker sig til 1200 Fod og er skarpt adskilt fra det følgende Bælte, som dannes af Ege (*Q. pedunculata* var. *Brutia*, *Q. Cerris*, *Q. (Cerris) Macedonica*) og *Acer Tataricum*; kun paa enkelte høiere Toppe kommer endnu et Bælte, hvor *Pinus Brutia* og *Rhamnus alpina* ere herskende. Paa Bjergene, som danne Grændsen mellem Albanien og Macedonien, voxe (paa 42°) fra Foden (700—900 Fod) og til 2800 Fod flere Varieteter af *Quercus sessiliflora* (*Apennina*, *Esculus* Griseb.), *Corylus Avellana* og *Ostrya*; fra 2800 til 4500 Fod *Quercus pedunculata* og *Fagus sylvatica*. Dette Bælte støder, da Naaetræerne her mangle, umiddelbart op til det alpine Bælte, der næsten alene dannes af urteagtige Planter: *Dryas octopetala*, mange Saxifrager o. l., og paa nogle Steder naaer op til 7900 Fod. Paa Bjerget Nidgé i den sydøstlige Del af Macedonien fandt Grisebach følgende Bælter. Fra 1240—2650 Fod dannes Skoven af *Quercus Cerris*; derpaa følger (fra 2650—3000 Fod) et smalt meget planterigt Bælte af Buske, blandt hvilke *Juniperus Oxycedrus* og *Daphne glandulosa* især ere herskende. Fra 3000—4400 Fod danner Bøgen et Bælte, i hvilket ogsaa *Pinus uncinata* forekommer. — Kystslätten ved Vardar Flodens Munding har næsten Steppe-Karakter. Store Strækninger ere bedækkede med *Tamarix gallica* eller med énaarige Græsser. Samme Steppekarakter gjentager sig i en stor Del af det Marmorhavet omgivende Kystland. Konstantinopel er saaledes omsluttet af en Steppe, dækket med *Poterium spinosum*. *Quercus coccifera* og *Cistus Monspelienensis* ere herskende i det stedsegrønne Bælte i denne Del af Tyrkiet indtil 1200 Fod. Fra denne Høide begynde Skove af Ege (*Q. pedunculata*) og Bøg. Bjerget Athos, som indtager den østligste af de tre fra den Kalcidiske Halvo fremspringende Arme, har en rig og yppig Plantevæxt. Indtil 1200 Fod er det dækket af stedsegrønne Buske og lave Træer: *Arbutus Unedo*, *Quercus Ilex*, *Cistus salviaefolius*, *C. villosus*, *Erica arborea*, *Spartium junceum* og paa nogle Steder *Euphorbia spinosa* og *E. Characias*. Det næste Bælte (1200—2000 Fod) bestaaer af en blandet Skov af Kastanie, Ædelgran, Stilk-Eg, Sten-Eg, Kermes-Eg og Kristtorn med Buskads af *Ruscus aculeatus* og *Hypoglossum* og med Slyngplanter (*Tamus Cretica*, *Smilax nigra*). I det følgende Bælte (3000—3500 Fod) hersker alene Stilk-Egen, hvorpaa der følger et dobbelt Bælte af Naaetræer, dannet af *Pinus Laricio* (3500—4500 Fod) og Ædelgran (4500—5250 Fod), der her optræder paany som eneherkende til Skovgrændsen efter at have manglet mellem 3000—4500 Fod. I det alpine Bælte, som naaer til Toppen (6438 Fod), ere Saxifrager, Cruciferer, Euphorbier, *Prunus prostrata* og en Rose herskende. — I den østlige Del af Thracien mangle de fleste af de for Middelhavslændenes Flora karakteristiske Former, og Plantevæxten har et mere nordligt Præg. Ege med affaldende Blade, *Ostrya*, *Acer campestre*, *Cornus mascula*, *Populus nigra*, *Pyrus salviaefolia*, *Fraxinus Ornus*; kun Slyngplanterne, som her omvinde Træerne (*Smilax aspera*, *Tamus communis* og *Vitis vinifera*), robe et sydligere Hjem. Den bethy-

niske Flora danner ved sin yppige stedsegrønne Plantevæxt (*Erica arborea*, *Arbutus*, *Laurus*, *Quercus coccifera* og *infectoria*) en skarp Modsætning hertil*).

I Lilleasien er der den mærkelige plantegeografiske Eiendommelighed, at medens de med de store asiatiske Plateauer i Forbindelse staaende Hoisletter ere træløse, findes der Skovbælter baade oven over og under samme. I den Del af Lilleasien, som gjenstriges af den 10,000 Fod høie Bjergkjæde Taurus, ere Bælterne efter Forbes's**) Under søgelser følgende:

Det stedsegrønne Skovbælte indbefatter Lavlandet fra Kysten til 1500 Fod. Sten-Egen, Galæble-Egen ere her tillige med den haleppiske Fyr og Kyst-Fyrren (*Pinus maritima* Lamb.) de herskende Træer. Desuden forekommer her *Ceratonia*, *Olea*, *Ficus*, Platanen med Underskov af *Cistus*, *Pistacia Lentiscus*, *Myrtus*, *Styrax*, *Arbutus Unedo*, *Vitex*, *Euphorbia dendroides* o. fl. I denne Region dyrkes Mais, Bomuld, *Citrus*-Arterne, *Hibiscus esculentus* og Cucurbitaceer.

Det andet Bælte, det lavere Skovbælte, ligger mellem 1500 og 3000 Fod. Skoven bestaaer ogsaa her væsentlig af Ege, men andre Arter. Foruden de ægte Sav-Ege (*Q. Valonea*, *Ehrenbergii*, *Pyrami*) forekommer her især mange Former af den falske Kermes-Eg (*Q. Calliprinos* Webb. = *pseudococcifera* Labill.), som her erstatte den i den vestligere Del af Gebetet udbredte ægte Kermes-Eg, og som af nogle Botanikere ere blevne opfattede som egne Arter (*Q. inops*, *echinata*, *dispar*, *rigida*), og af Galæble-Egen (*Q. Phæffingeri*, *tauricola*). Den haleppiske Fyr gaaer ogsaa herop; ligeledes voxer her *Platanus orientalis*, og paa nogle Steder bestaaer Skoven fornemmelig af det orientalske Ambratræ (*Liquidambar orientale*). Her dyrkes Vin, Tobak og Valnød. Mellem 3000 og 6000 Fod ligge de skovløse Hoisletter. Floderne have her i Regelen ikke noget Aflob til Havet, men føre deres Vand til Hoislettens Indsøer. Beboerne fra Lavlandet tage herop om Sommeren for at benytte de frugtbareste Egne til Kornavl, og disse Kultur-Oaser kaldes i Anatolien og Armenien Yailahs. Det er perennerende urteagtige Planter af Compositeernes, Cruciferernes, Borragineernes og Caryophyllaceernes Familie, som her dække Bunden. Bjergskraaningerne ere bevoxede med Buskads dannet af *Quercus infectoria* (*Phæffingeri*), *Berberis* og *Jasminum fruticans*.

Det øvre Skovbælte ligger mellem 6000 og 8000 Fod og dannes af Naaletræer: *Cedrus Libani*, *Sabina excelsa*, *Arceuthos drupacea* og *Abies Cilicica*. Høiden mellem 8000 og 10000 Fod indtages af den alpine Region. Paa Bjergene i Kurdistan bestaa Skovene i

*) Ovenstaaende Bemærkninger om Tyrkiets Flora skyldes Grisebach (Wiegmanns Archiv, 8 Jahrg., 2 Band, 1842 p. 433).

**) Travels in Lycia, Milyas and the Cibyratis. London 1847. Botany: Vol. 2, p. 129—163. — Wiegmanns Archiv 1848, p. 280.

en Høide af 2500 til 4500 Fod af Ege, som næsten alle høre til den Gruppe af Underslægten *Cerris*, hvis Blade ere braaddet-tandede, nemlig *Q. Brantii*, *oophora*, *vesca*, *regia* og *Persica*.

I den sydvestlige Del af Persien, Nordvest for Schiras, fandt Kotschy paa den 11000 Fod høie Kuh-Daëna *Q. Persica* herskende mellem 4000 og 6000 Fod. Over Egebæltet fandtes en Busk-Region bestaaende af *Lonicera Persica*, *Tragacanth*-Buske og Umbelliferer (*Dorema*, *Ferula*) (Wiegmanns Archiv 1846, p. 436).

Palæstina danner Sydgrænsen for dette Gebét mod den arabiske Ørken. Sydpalæstina hæver sig terrasseformig i Veiret til en Høide af 3000 Fod. Det er et fuldstændigt Bjergland, skovklædt paa sin vestlige Hældning og forsynet med en i September indtrædende Regntid, saa at det staaer i skarp Modsætning til den tilstødende Tange ved Suez, som er flad og har en orkenagtig Karakter. Skovene bestaa her af *Pistacia Palæstina*, *Celtis orientalis*, *Quercus Calliprinos* var. *Palæstina*, *Eleagnus angustifolia*, *Morus nigra* og *alba*, *Olea Europæa*, *Zizyphus Spina Christi* og i Floddalene af *Populus Euphratica*, *Salix Babylonica* og *Fraxinus Syrica*. Paa Toppen (c. 3000 Fod) af Bjergene, som omgive Byen Hebron, der ligger i en Høide af 2650 Fod — ifølge Kotschy en af de yndigste Egne i Orienten — findes Fyrreskove (*Pinus Brutia*). I Nærheden af Byen Hebron er der et Exemplar af den nysnævnte Egeart, der er bleven berømt ved sin Størrelse og betegnes som Abrahams- eller Mamre-Egen. Stammen har 22 Fod i Omfang og bærer en kolossal Krone, som til den ene Side breder sig 83 Fod og til den anden 49 Fod fra Stammen. I den nordlige Del af Palæstina, paa Bjergene Tabor, voxer en anden for Palæstina eiendommelig Egeart (*Q. Ithaburensis*)*.

De lappetbladede Eges og Bøgens Gebét.

(*Quercus*, *Lepidobalanus*, *Eulepidobalanus*, *§ lobatæ*).

Dette Gebét indbefatter den største Del af Europa Nord for Pyrenæerne, Alperne og Balkan og indtager i Sydeuropa og Lilleasien et Bælte paa Bjergene, som gradvis hæver sig til større Høider og sydligst ligger mellem 4000 og 6000 Fod. Som bekjendt falder den Nord for de høie Bjergkjæder liggende Del af Europa i tre store naturlige Hovedpartier: det nordeuropæiske Høiland (den skandinaviske Halvø og Finland), hvortil slutte sig Skotland og den vestlige Del af England samt Irland og Bretagne, de mellemeuropæiske Bjerge og et mellem disse to Partier liggende Lavlandsbælte. Det er dette Lavlandsbælte, som her især kommer i Betragtning; thi det er her, at dette Gebéts Arter af Egefamilien have deres egentlige Hjem.

* Kotschy: Umriss von Südpalästina im Kleide der Frühlingsflora (Verhandl. der K. K. zool.-botan. Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1861).

Som Fortsættelse af det asiatiske Lavland breder den østeuropæiske Slette sig, indtagende et Areal af 100,000 □ Mile mellem Ishavet og Sortehavet og fortsætter sig mod Vest som et meget smallere Bælte (det mellemeuropæiske Lavland) gennem Polen, Nordtyskland, Danmark, Holland, en Del af Belgien, herfra videre gennem Normandiet, der atter staaer i Forbindelse med det vesteuropæiske Lavland, indtagende den største Del af Vestfrankrig. Dette store Lavlandsbælte bestaaer for det meste af Tertiærtidens Sand- og Lerlag, og paa mange Steder træde de underliggende Kalk- og Kridtdannelser op til Overfladen. Den østeuropæiske Slette har kun to lave Høidedrag, et nordligt og et sydligt, der omtrent i lige Afstand fra Moskau strække sig tværs gennem Landet. Det nordligste (Valdaibjergene) af disse fortsætter sig langs med Østersøens sydlige Rand (det preussisk-meklenburske Søplateau, udmærket ved sin Rigdom paa Smaasoer) og herfra langs Østsiden af den jyske Halvø. Som en Følge af de i dette Gebét herskende voldsomme vestlige Vinde indtages den mod Vest og Nordvest vendende Del af Lavlandsbæltets Kystrand af en Klitbræmme (de saakaldte Nehrungen ved det kurische og frische Haff, den langs Vestkysten af Jylland og herfra langs Fastlandet til Calais sig strækkende Klitbræmme og en lignende langs Frankrigs Vestkyst) og indenfor dette strækker sig et ofte flere Mile bredt Bælte, først af Marskland og derpaa af Hedeland, eller af dette alene (den jyske Heide, »Lüneburgerhaide« i Hannover, »Campinen« i Belgien, »les Landes«, adskilte fra Klitbræmmen ved en næsten sammenhængende Række Brakvandssoer). Dette Gebéts Klima udmærker sig ved en paafaldende Forskiel mellem den østlige Halvdels udprægede Fastlandsklima og det i den nordvestlige Del af Europa herskende Øklima. Dette Forhold sees især tydeligt ved den mærkelige Bøining af Varmelinien, der betegner 0° som Middelttemperaturen af Januar. Denne Linie løber nemlig fra Donauens Munding først mod Vest til Strassburg, men boier herfra pludselig mod Nord og beholder denne Retning lige til Hammerfest. Aarsvarmelinien for 0°, der paa Norges Vestkyst stiger til 70° Br., synker i Asien til 51° Br., og Aarsvarmelinien for 8° R., der i Irland ligger paa 53° Br., syner gradvis mod Øst, saa at den i Asien ligger paa 40° Br. Den store Forskiel i Varmens Fordeling, som betinges ved Afstanden fra Havet, sees af nedenstaaende Temperaturangivelser:

	Brede.	Januar.	Juli.	Vinter.	Fornar.	Sommer.	Efteraar.	Hele Aaret.	Forskiel mellem varmeste og koldeste Maaned.
Edinburgh	55° 58'	2,4	11,9	2,9	5,8	11,2	7	6,7	9,5
Kjøbenhavn	55° 41'	− 1,1	14,6	− 0,4	5,2	13,8	7,6	6,6	14,9
Berlin	52° 30'	− 1,9	15	− 0,2	6,9	14,5	7,6	7,2	16,9
Moskau	55° 45'	− 8,1	15,3	− 7,5	3,9	14,2	3,5	3,6	23,5

Den milde Vinter i den nordvestlige Del af Europa, som fremkaldes ved Golfstrømmens Retning og ved de herskende vestlige Vinde, og som bevirker at Korn- og Skovgrænsen i Norge rykkes op til den 70de Bredegrad og at Havnene der ere aabne hele Aaret, udover overhovedet en gennemgribende Indflydelse paa Kulturforholdene i de herhenhørende Lande og navnlig paa Plantevæksten*). Som et paaafaldende Exempel herpaa kan anføres Kristtornens Udbredning. Dette smukke stedsegrønne Træ er nemlig saa karakteristisk for Vestkysten af Norge indtil 62° Br., at man efter det har kaldt et eget Plantebælte »Kristtornbæltet»; det er fremdeles almindeligt i Landene omkring Nordsøen, saaledes i Danmark paa Halvoen; men længere mod Øst forsvinder det, saa at dets Østgrænse i denne Del af Europa noiaftig falder sammen med den Linie, som betegner Grænsen for det mere udprægede Øklima; først i Alpekjæden gaaer det længere mod Øst og naaer til Kaukasus. — Da den vestlige Vind er den herskende i dette Gebét og tillige den regnbringende, er det naturligt, at Regndagenes Antal og Regnmængden aftage mod Øst. Dublin har saaledes 208, London 178 og Kjøbenhavn 134 Regndage. Bergen har 80 Tommer Regn, Irlands Vestkyst 55, Danmark 21, St. Petersburg 17 og Astrakan 6 Tommer.

Der er kun tre Arter af Egefamilien, som ere karakteristiske for dette Gebét, men som her ogsaa forekomme næsten overalt, nemlig Bøgen, Sommer-Egen og Vinter-Egen. Kun i den sydlige Del af Gebetet er der et smalt Bælte, hvor disse Arter ere blandede

*) Efter Temperaturfordelingen henfører Dove den nordlige Halvkugles Laude til 5 forskellige Systemer:

- 1) I Europa er Vinteren meget mild, og Sommeren er ligeledes varmere end den skulde være efter Bredegraden;
- 2) i Nordasien er Vinteren overordentlig kold og Sommeren varm, saa at Asien er den Del af Jorden, hvor der gjør sig det mest udprægede Fastlandsklima gjældende;
- 3) i den smalle Del af Nordamerika, som ligger Vest for de høie Bjergkjæder, er Sommeren kold, men Vinteren mild, altsaa et Kystklima;
- 4) de nordamerikanske Polarlande og Gebetet mellem Hudsonsbugten og de store Søer have baade en kold Vinter og en kold Sommer, medens det indre af Nordamerika indtil Klippebjergene mere nærmer sig til Fastlandsklimaet, men kun i en fra den mexikanske Bugt af fra SO til NV gik strækkende Stribe, som mod Nord efterhaanden bliver smalle og hvis Østgrænse temmelig nøie betegnes ved den til den store Bjørnesø løbende Kjæde af Søer;
- 5) Grønland og Island have en kold Sommer og relativ mild Vinter og vise altsaa en Tilnærmelse til et Øklima, som er tydeligst udtalt paa Island.

Temperaturforholdene i Grønland og Island danne saaledes et System for sig, som adskiller sig baade fra det nordamerikanske og europæiske. Den laveste aarlige Middeltemperatur, som overhovedet er paavist ved directe Iagttagelser, findes ved Parry-Øerne, nemlig $\pm 12-13^{\circ}$ R. Den lave Temperatur langs Vestsiden af Baffinsbugten finder sin Forklaring derved, at det amerikanske Polarhav har sit Aflob i en Strom, som løber fra Lancastersundet mod Syd langs Vestkysten af Baffinsbugten, medens der, som Irmingerer først har paavist, løber en Strom fra Cap Farewell langs med Grønlands Kyst. (Dove: Ueber das Klima von Nordamerika i Zeitschrift für allgemeine Erdkunde. Neue Folge. 1ster Bd., p. 18).

med Arter, som have deres egentlige Hjem i Middelhavsløndene, nemlig *Quercus Cerris*, *Q. occidentalis*, *Q. pubescens* og *Castanea vulgaris*, og denne sidste naaer i Frankrig op til Paris's Bredegrad, og den skal ogsaa vøre vild i Belgien. I den Del af Gebetet, som indtager et Bælte paa Bjergene i Middelhavsløndene, komme flere Arter til af de lappedbladede Eges Gruppe, saaledes *Q. Farnetto* i Calabrien og *Q. Cedrorum*, *Haas*, *rulcanica*, *macranthera* og *Sypirensis* i Lilleasien.

Det synes at vøre almindelig erkjendt, at Bøgen i Danmark og navnlig paa de danske Øer med deres humusrige, kalkholdige og sandblandede Lerbund, med deres milde Vinter og jævnt fordelte Fugtighed finder de gunstigste Betingelser for sin Udvikling og her har sit egentlige Hjem. Herfra er Bøgen udbredt mod Nord over den sydlige Del af Sverrig, gaaer paa den vestlige Side af Landet til 59° og paa Østsiden til 57°, hvorimod den savnes baade paa Øland og Gotland. I Norge har Bøgen kun en ringe Udbredning og danner kun paa tre Steder Skove, nemlig ved Laurvig, Arendal og ved Hosanger, Nord for Bergen (60° 37'). Den opnaaer dog endnu i Norge en anselig Størrelse (Høide af 80 Fod og Stammen 8—9 Fod i Tværmaal) og gaaer op paa Bjergene til 800 Fod. Mod Øst sænker Bøgens Nordgrændse sig meget betydeligt, og den falder her sammen med Varmelinien ÷ 3° R. for Januar eller en Linie, som fra den preussiske Kyst omtrent midt imellem Danzig og Königsberg, drages gennem Polen, Vølhynien, Podolien til Sortehavets Kyst midt imellem Dniester og Bug og herfra gaaer midt gennem Krim og følger den 45de Bredegrad til det kaspiske Hav. Den har altsaa en nordostlig Polargrændse. I England er Bøgen ikke saa almindelig som Egen, gaaer kun op til 55—56° og er ikke vildtvøxende i Skotland, ja efter et Sted hos Cæsar («Materia cujusque generis, ut in Gallia, est præter fagum et abietem» etc.) at dømme, synes Bøgen ogsaa i England at høre til de indvandrede Træer. Kun i Omegnen af London og i nogle vestlige Distrikter findes større Bevoxninger (Henfrey). I Nordtydskland, Belgien og Frankrig er Bøgen et herskende Skovtræ paa Sletterne og de lavere Bakkeskraaninger. Paa Harzen gaaer Bøgen op til 1800—2000 Fod (Bot. Zeit. S. 849), og paa Sudeterne danner den udstrakte rene Bevoxninger mellem 1500 og 2000 Fod. Paa Thüringerwald gaaer Bøgen til 2300 Fod og som Busk til 2600 Fod (Bot. Zeit. 9. 63); paa Riesengebirge til 3600 Fod. Paa de bayriske Alper gaaer Bøgen til 4370 Fod, altsaa 2000 Fod høiere end Egen (Sendtner). I Jurakjæden er Bøgen især udbredt paa den østlige Hældning og indtager her et Bælte mellem 3500 og 4500 Fod, i den øverste Del dog kun som Busk. Paa Frankrigs Centralplateau dannes Skovene fornemmelig af Ædelgran, og Bøgen forekommer kun hist og her indblandet. Paa Bjergtet Ventoux i Provence indtager Bøgen et bredt Bælte fra 2760 til 4130 Fod paa Nordsiden, medens den paa Sydsiden, hvor den paa Grund af det tørre Klima kun har en ringe Udbredning, naaer op til henved 5000 Fod. Paa Pyrenæerne danner Bøgen paa flere Steder udstrakte Skove og stiger op til 3500—4000 Fod (ifølge Spruce

endog til over 5000 Fod). Hvad Bøgens Udbredning i østlig Retning paa de tilsvarende Bredegrader angaaer, da danner den i Forbindelse med Avnbog, Ædelgran og Birk Skove indtil en Høide af 2500 Fod paa Bjergene omkring Wiener-Bækkenet (Regensb. Flora 1852. 456). Paa Pilis-Vértes Bjergene i Ungarn er Bøgen udbredt fra 600 Fod (paa Nordsiden og fra 900 Fod (paa Sydsiden) indtil Toppen (2000 Fod), og den er her imod Sædvane almindeligere paa Trachyt- end paa Kalkbjergene. I Bosnien danner Bøgen Skove i Forbindelse med *Pinus Laricio* og *P. sylvestris* mellem 3000 og 4000 Fod. I Galizien har Bøgen en meget almindelig Udbredning, dels i rene Bevoxninger, dels blandet med Ædelgran og Rodgran, navnlig paa den nordlige Skraaning af Karpatherne danner Bøgen udstrakte Skove og stiger paa Tatra op til 3800 Fod. Paa de til Vallakiet grændsende Dele af Karpatherne gaaer Bøgen op til 4150 Fod. I Skovene paa Sydsiden af Krim spiller Bøgen en underordnet Rolle. Paa Kaukasus derimod hører Bøgen til de herskende Træer i Skovene mellem 1800—4200 Fod og paa Elbrus mellem 2400—6000 Fod. Bøgen danner i den nordlige Del af Schweiz, der bestaaer af Molasse, Kalk og Skifer, Hovedbestanddelen af Løvskovene, men forsvinder næsten ganske paa de af krystallinske Bjergarter dannede Centralalper, mangler i Oberbünden, paa St. Gothard og i Oberwallis, medens den igjen optræder i større Bevoxninger i Unterwallis. Paa Alpernes sydlige Affald findes den navnlig i Kanton Tessin. I den nordlige Del af Schweiz gaaer den sædvanlig op til 4250 Fod, men dens øvre Grændse er meget afhængig af Bjergskraaningernes Retning mod Solen; paa sydlige Skraaninger gaaer den til 4550 Fod, paa vestlige og østlige til 4270 Fod og paa nordlige til 3900 Fod, saa at der er en Forskjel af 650 Fod mellem de sydlige og nordlige Heldninger. I Kanton Tessin erstattes den i det lavere Bælte af Kastanien og voxer her kun mellem 3850 og 4660 Fod (Heer: Beiträge zur Pflanzengeographie i Mittheil. aus dem gebiete theor. Erdkunde, 1, 3). — Hvad Bøgens Udbredning Syd for Alperne angaaer*), da hører den til Italiens almindeligste Bjergræter, men mangler altid i Lavlandet. Paa Alpernes Sydside forekommer Bøgen mellem 2000 og 5000 Fod (hist og her til 5500 Fod). Paa Apenninerne hæver Bøgens Bælte sig gradvis mod Syd fra 2500—5500 Fod til 3000—6000 Fod og i de sydligste Dele til 3500—6500 Fod. Medens Bøgen paa Alperne ofte voxer i Selskab med Naaletræer, danner den paa Apenninerne sædvanlig rene Bevoxninger eller er i den nedre Del af Bæltet blandet med Kastanien. Omtrent fra 4000 Fod bliver Bøgen lav og nedliggende. Paa Corsica ligger der ifølge Link (Bot. Zeit. 6. 669) oven over Fyrrebæltet (*Pinus Laricio*) et Bælte af Bøg, bestaaende af Træer, der have lige saa anselig Væxt som Bøgen paa Nordtydsklands Sletter. I Spanien forekommer Bøgen i den nordlige Del mellem 1500 og 4500 Fod, men kun hist og her i den centrale Del

*) Schouw: De geografiske og historiske Forhold, som de italienske Træer af Egefamilien frembyde. (Vid. Selsk. Skrift. 5 R. 1 Bd. 19).

(Willkomm). Syd for Balkankjæden har Bøgen en temmelig stor Udbredning mellem 1200 og 2500 Fod; i Grækenland forekommer den kun paa Olympen og Pindus.

Seer man hen til de ydre Betingelser, som bestemme Bøgens Udbredning i horisontal og vertical Retning, da viser det sig, at den er et overmaade fordringsfuldt Træ. De Krav, den stiller til Jordbunden, Varmen, Lyset, Fugtigheden o. s. v., ere temmelig nøie kjendte og skulle her angives. At Bøgen har Forkjærlighed for Kalkbund maa ansees for utvivlsomt. Det bestyrkes ved Erfaringer ikke blot fra Danmark*), men ogsaa fra andre Lande. Hos os opnaaer Bøgen sin største Fuldkommenhed paa sandblandet og kalkholdig Ler, og »det er en Kjendsgjerning, at hvor Kalken eller rettere Kridtlagene komme op til Overfladen og ere skovdækkede, der fremtræder en Bøgeskov, som udmærker sig ved sin frodige Væxt, sine Stammers Skjønhed og sin Renhed for andre Træarter» (Vaupell). Den er imidlertid langt fra at være bunden til Kalk, som saa mange have ment. Naar Bøgen saaledes i det hele er sjelden paa de bøhmisk-mähriske Bjerge, og naar Bøgebæltet er meget svagt udviklet i Centralalperne, der bestaa af Granit, men derimod indtager betydelige Strækninger paa de af Kalk dannede ydre Alpekjæder, har man troet at finde Grunden hertil i de geognostiske Forhold; men ligesom her i Landet Bøgeskov forekommer paa Rullestenssand (Rudeskov, Gribskov, Silkeborgskov), saaledes er det bekjendt, at den paa Schwarzwald har en stor Udbredning paa Granit og Sandsten, og at den i Schweiz voxer paa Urbjerg i Oberhasltdalen, men derimod savnes paa Kalkbund i Kanderdalen (Bot. Zeit. 1843. 430), og det er ovenfor bemærket, at et lignende Forhold gjør sig gjældende paa Pilis-Vértes Bjergene i Ungarn. Væsentlig Indflydelse synes Bundens mekaniske Forhold at udøve paa Bøgen. Den fine bindende Ler, som afgiver de gunstigste Betingelser for Eg, Ask, El og Avnbøg og for Agerbruget, kan Bøgen ikke taale og vistnok væsentlig fordi Vandet her samler sig paa Overfladen; thi Bøgen skyer al fugtig Bund. Dette fremgaaer, saaledes som Vaupell har vist, paa flere Steder her i Landet af Bøgens Forhold til Egen. Medens nemlig Bøgen overalt, hvor der er mere tør Bund, har fortrængt Egen, har denne paa den fugtige Jordbund i Sydsjælland og paa Laaland kunnet hævde sin Overlegenhed (Vaupell l. c. p. 225). Hvad Bøgens Varmebehov angaaer, har De Candolle**) vist, at den maa have en Varmesum, som ikke er mindre end 2550° R. og ikke større end 4500° R., og fremdeles maa Middelttemperaturen af Januar være over ÷ 4°. Medens saaledes Bøgens Nordgrændse i Norge bestemmes ved en Varmesum, som er mindre end 2550°, bliver dens Sydgrændse i Sydfrankrigs Lavland betinget af en Varmesum, som overstiger 4500°; men mod Øst er det Fastlandsklimaets Januarulde, som holder Bøgen borte fra Rusland, og dens Østgrændse falder sammen med Varmelinien ÷ 3° for Januar.

*) Vaupell: De danske Skove.

**) Géographie botanique raisonnée.

Anderledes stiller Forholdet sig imidlertid med Hensyn til Bøgens Begrænsning i vertical Retning, paa Bjergene. Her har det vist sig, at Bøgen kan hjælpe sig med en Varmesum af 1043° — saaledes paa Ætna — og med en Middeltemperatur af $\div 7^{\circ}$ for Januar — saaledes paa Alperne. Dette grunder sig maaske dels paa, at en større Lysmængde i den lettere og klarere Luft paa de større Bjerghøider erstatter Varmen, og dels paa, at Kulde-Extremerne her ikke ere saa høie, medens tillige et tættere Snedække beskytter de unge Planter. — Bøgen horer til de meget skyggetaalende Træer, og det er navnlig denne Side af dens Forhold til Lysen, der, som Heyers og Vaupells Undersøgelser have vist, især er af stor Betydning med Hensyn til dens Udbredning. Bøgeopvæksten trives nemlig intetsteds bedre end under Egene, og Bøgene ere ogsaa, saa længe de holde sig som Underskov, til Gavn for Egene, da deres affaldne Blade forsyne Bunden med en kraftig Næring; men om-sider naar Bøgene blive saa høie, at deres Grøne rage ind imellem Egegrenene, vilde disse, overskyggede af den tidligere udspringende Bøgs tætte Lov, af Mangel paa Lys ikke være istand til at udfolde deres Knopper, og saaledes vil efterhaanden Gren paa Gren dræbes, og hele Træet tilsidst gaa ud. — Bøgen taaler hverken et meget tørt eller et meget fugtigt Klima. Det synes saaledes at være en for stor Fugtighed i Forbindelse med en for ringe Sommervarme, som bestemmer Grænsen for Bøgens Udbredning i Skotland, og paa den Del af Jurakjædens vestlige Skraaning, hvor der hersker et meget fugtigt Klima, mangler Bøgen, og rige Græsgange afvexle med herlige Ædelgranskove, medens den derimod paa den tørrere østlige Hældning danner et bredt Bælte i en Høide af 3900—4500 Fod og lavere nede viser sig overalt paa de mod SO vendende Skraaninger, medens Rødgranen indtager dem, som vende mod NV. Ligeledes synes i Vogeserne en lille, ved Rydning forarsaget, Formindskning i Fugtigheden at være Grunden til, at Bøgen her udbreder sig paa Ædelgranens Bekostning*). — Andre Steder er det Mangel paa fornøden Fugtighed, som har forhindret Bøgens Udbredning, saaledes navnlig i det russiske Steppegebét. Det er dog ikke alene Regnmængden, som her kommer i Betragtning, men ogsaa Aarstiden, naar den falder. Bøgen, hvis Rødder brede sig langs Overfladen, kan nemlig ikke undvære Regn om Sommeren, og De Candolle har vist, at den paa Steder, hvor Sommervarmen er $18-20^{\circ}$ R., maa have 7 Regndage og, hvor den er $22-23^{\circ}$, 8 Regndage.

Sommer-Egen (*Quercus pedunculata*) er et noisomt Træ i Sammenligning med Bøgen. Den vrager ingen Jordbund, naar denne kun har tilberlig Fugtighed, og den er mindre afhængig af de øvre Jordlags Fugtighedstilstand end Bøgen. Gaa vi i vor Betragtning af Egens Udbredning ud fra Danmark, da forekommer den her i rene Bevokninger navnlig i den sydlige Del af Sjælland og paa Laaland. I de derværende naturlige Egeskove er der

*) P. E. Müller: Om Ædelgranens Forekomst i nogle franske Skove (Tidsskrift for popul. Fremst. af Naturv. 1871).

store Afstande mellem Træerne, og Jordbunden er i Regelen dækket af Underskov, især af Hassel og Hvidtjørn« (Vaupell). I den største Del af Landet forekommer Egen indblandet i Bøgeskoven, sædvanlig som Levninger af de store Bevoxninger, der tidligere have dækket Landet, men som Menneskene og Bøgen have kappedes om at fortrænge. Paa hele den jydsk Rullestenssand-Ryg forekommer der smaa Egeskove, og paa de af Hedefladerne omgivne Bakkeøer staa Egekrat («Purkrat»), Levninger af fordums Egeskove (Vaupell l. c.). — I Sverrig er Egen udbredt til Dalelv (61°), men dens Nordgrændse sænker sig, ganske modsat Bøgens, mod Vest og ligger her paa 60° (Andersson: *Aperçu etc.* p. 25). Længere mod Øst forekommer Egen paa Øland, Gotland, i den sydlige Del af Finland (61°) og i Rusland Syd for det Høidedrag, som fra Waldai-Bjergene fortsætter sig mod Øst mellem Wologda og Jaroslaw, og har sin Østgrændse ved Wiätka (58°). Den voxer her indblandet i Skove, som dannes af Birk, Esp, Ælm, Ask, Lind o. fl. Sydgrændsen for Egens Udbredning i Rusland dannes af Steppen; dog forekommer den hist og her i Floddalene i Steppegebetet, men mest som Busk (Trautvetter: *Pflanzengeogr. Verhältn.* des eur. Russlands). I Norge gaaer Egen i de østlige Distrikter til 61°, men i de vestlige til 63° (Thingvold i Romsdalen). I de sydlige Dele af Landet gaaer den op til 1000 Fod paa Bjergene. Den opnaaer vel ikke i Norge saa anselig en Størrelse som i Danmark, men ved Horten (59° 25') forekomme dog Ege, som have 20 Fod i Omfang (Schübeler). I de Levninger, som i England ere tilbage af de store Skove, som i tidligere Tider dækkede Landet, hører Egen til de mest karakteristiske Træer (Henfrey). Den gaaer i Skotland til 58°. — Fra den østeuropæiske Slette er Egen udbredt i Lavlandet over Polen, Nordtydskland, Holland, Belgien og den nordlige Del af Frankrig. Paa Bjergene i Nordtydskland stiger den op til 1500 Fod, og i Sydtydskland gaaer den sjelden over 2000 Fod. I de bayerske Alper gaaer Egen høiere op paa Bjæderne, nemlig til 2900 Fod, end paa Hovedkjæden, hvor den kun naaer op til 2000—2500 Fod (Sendtner). Paa Jurakjæden bestaaer Skovene ved Foden af den vestlige Skraaning af Ege i Forbindelse med Avnbøg og Kastanie. I en Høide af 1800—2000 Fod indtager Egen de mod Nord vendende Skraaninger, men Bøgen de, som vende mod Syd (Müller). Paa Frankrigs Centralplateau begynder *Q. pedunculata* at afløses af *Q. pubescens* (Lecoque). Ved den vestlige Fod af Pyrenæerne optræder Sommer-Egen i en egen fra vore Haver velbekjendt Varietet (*Q. fastigiata* Lam., *Q. pyramidalis* Hort.), udmærket ved sin om Cypressen og den italienske Poppel mindende Krone. I den nordlige Del af Spanien danner Egen hist og her ret anselige Skove (Willkomm). — I Schweiz spiller Egen en meget underordnet Rolle (Heer), og den gaaer ifølge Mohl ligesom i Bayern høiere op paa Bjæderne (til 3380 Fod) end paa Hovedkjæderne (til 2460 Fod). — I Italien optræder Sommer-Egen i mange Former, *Q. Thomasii* Ten. med meget store Frugter, *Q. Apennina* med underneden fildede Blade o. n. fl., der af Forfatterne uden Grund ere blevne opstillede som egne Arter, og den spiller i Forbindelse med nærtstående

Arter (*Q. sessiliflora*, *pubescens*, *Farnetto*) en meget vigtig Rolle som skovdannende Træ fornemmelig paa de afsondrede Bjergsystemer, som ligge Vest for Apenninerne, især hvor de danne plateauagtige Strækninger (Schouw). Paa Alpernes sydlige Affald forekommer Sommer-Egen i Kastaniens og i den nedre Del af Bogens Bælte, til 3000—3500 Fod. I Apenninerne stiger den sjelden til større Høide; kun i de sydligste Egne til 3500—3600 Fod og paa Ætna til 5000 Fod. I Østerrig, navnlig i hele Ungarns Lavland, hører Egen til de herskende Træer, danner mange Steder rene Bevoxninger og opnaaer navnlig paa det tertiære Bakkeland en anselig Størrelse; den gaaer sjelden op over 2000 Fod (Pokorny). Her voxe almindelig i Forbindelse med Sommer-Egen *Q. sessiliflora*, *pubescens* og *Q. conferta* (især almindelig i Serbien), hvis Frugter næsten ere lige saa velsmagende som Kastaniens (Neireich). Desuden angives herfra *Q. filipendula* (Bot. Zeit. 1869, p. 530), *strigosa* Wierzb., *fructipendula* RK., *menesiensis* Kit., *spicata* Kit., *vertesiensis* Kit., *cuneata* Kit., Former, der neppe kunne hævde deres Artberettigelse. I Galizien ere baade Sommer- og Vinter-Egen udbredte over hele Landet, paa Sletten og de lavere Bjergskraaninger, dels indblandede, dels i smaa rene Bevoxninger (Herbich). I Bosnien ere Egeskove almindelige mellem 1800 og 3000 Fod (Sendtner). I Banatet, Serbien og Vallakiet indtage Egene store Strækninger langs med Donauen, men i Regelen kun som Buske. I Tyrkiet voxe Sommer-Egen mellem 1200 og 4000 Fod (Grisebach). I Grækenland spille Egene af denne Gruppe samme Rolle som i Italien; forekomme indblandede eller i smaa Grupper over hele Landet indtil en Høide af 3000 Fod. Kun sjelden danne de større rene Bevoxninger, som i Arkadien, Elis, Akarnanien, i Dele af Phiotis og paa Eubøa (Heldreich). Ogsaa i Lilleasien have de lappetbladede Ege en stor Udbredning og stige hist og her op til 5000—6000 Fod. *Q. pedunculata* optræder her i særegne Former (*Q. Armeniaca* Kotschy, var. *petiolaris*) og her forekommer en meget nærstaaende Art (*Q. Haas*). Ogsaa *Q. sessiliflora* viser sig her i egne Skikkelser (*Q. pseudotscharukensis* Kotschy, *Q. Dshorochenis* C. Koch) og ligeledes *Q. pubescens* (*Q. brevifolia* Kotschy), og her komme egne Arter til (*Q. vulcanica*, *Q. Cedrorum*). Paa Kaukasus voxe *Q. pedunculata*, *pubescens* og *sessiliflora* indtil en Høide af 2400 Fod, og sidstnævnte stiger tilligemed *Q. macranthera* i Provindsen Talusch op til 6000 Fod.

Vinter-Egen (*Q. sessiliflora*) synes at have sit egentlige Hjem i Tydskland*). I Lavlandet forekommer den blandet med Sommer-Egen, men denne er dog her saa overveiende, at den udgjør $\frac{9}{10}$ af Egeskoven (Hartig); men jo høiere man stiger, desto mere vil man finde, at Vinter-Egen træder i Sommer-Egens Sted, og i Nord- og Mellemtydskland gaaer den 4—500 Fod, i Sydtyskland 600—1000 Fod høiere op paa Bjergene end sidst-

*) Den har her ogsaa mange Navne: Deutsche Eiche, Steineiche, Wintereiche, Bergeiche, Späteiche, Weiseiche, Trufeiche.

nævnte. Dette staaer i omvendt Forhold til dens Udbredning mod Nord, da den i Sverrig, hvor den er sjelden, kun gaar til $58\frac{1}{2}^{\circ}$ og i Norge er indskrænket til Omegnen af den sydligste Kyst*). I Danmark forekommer den kun paa Bornholm, hvor den er hyppigere end Sommer-Egen, og i Jylland paa Himmelbjerg og ved Silkeborg. For de andre Egnes Vedkommende er Vinter-Egens Udbredning omtalt i det Foregaaende. Hertil skal endnu kun foies, at den i Spanien omtrent er ligesaa almindelig som *Q. pubescens*, der her optræder under mange Former (*Q. Hispanica* Willk., *Q. Cerrioides* Willk.), og begge forekomme de indblandede i Skoven, navnlig i de samme Egne, hvor Sommer-Egen voxer (Willkomm). Mærkeligt er det, at Vinter-Egen ganske mangler i de bayerske Alper, medens den i Tyrol stiger op til 4300 Fod (Sendtner).

Vi gaa nu over til at tage i Betragtning den Rolle, som Cupulifererne spille i Forhold til andre, navnlig træagtige Planter i de forskellige Dele af dette Gebét.

Den østeuropæiske Slette eller det europæiske Rusland er træløs baade i sin nordligste og sydligste Del. Trægrænsen mod Nord kan ifølge Schrenks Undersøgelser**) betegnes ved en Linie, som drages mellem 67° ved Hvidehavet og til 64° ved Ural. Kun paa Halvoen Kola gaar Trægrænsen næsten lige til Ishavet; den nordostlige Del af Rusland derimod, Samojedernes Land, horer til det arktisk-alpine Rige eller, som det sædvanlig kaldes, Tundrernes Bælte. Blandt de i Tundrerne herskende Planter skulle udhæves: Dværghirk, Pile (*Salix arbuscula*, *Lapponum*, *depressa*), *Eriophorum* og *Polytrichum*. Ligesom paa den ene Side Skovene i Floddalene rykke langt op i Tundrernes Bælte (til $67\frac{1}{2}^{\circ}$), saaledes findes paa den anden Side ofte større Partier af Tundrerne indenfor Skovbæltet eller Grænsen er, som man maatte vente det, ikke skarp mellem Skovens og Tundrernes Bælte***). Det er i Rusland ikke som i Skandinavien Fyr og Birk, der betegne Skovgrænsen, men Gran (*Picea obovata*). — Medens det i Nordrusland er Kulden, er det derimod i Sydrusland Tørken, som betinger Træløsheden. Nordgrænsen for Steppebetetet angives ved en Linie, som fra Sysran ved Wolga (paa 53°) drages mod Nordost til Sergiewsk og mod Sydvest til Petrowsk og herfra til det Sted, hvor Desna falder i Dnieper†). Paa

*) Den kaldes i Norge paa Grund af Vedets Farve Rød-Eg i Modsætning til Sommer-Egen, der hedder Blaa-Eg eller Bly-Eg.

**) Schrenk: Reise nach dem Nordosten des europäischen Russlands 1848. — Blasius: Reise im europäischen Russland. Th. 1—2. 1844. — Ruprecht: Beiträge zur Pflanzenkunde des Russ. Reiches 1850. — Trautwetter: Die pflanzengeogr. Verhältnisse des europäischen Russlands 1850.

***) Schrenk fandt de høieste Punkter af Ural (c. 4000 Fod) paa 68° endnu snefri. Ural danner i sin nordligste Del, høiende mod Vest, et vildt, overalt med Rullesten dækket lavt planteløst Høidedrag, hvis høieste Punkt er henvend 1500 Fod, men ophører ikke her, som man tidligere har troet, ganske.

†) Dog findes der i Ukraine store skovbevødede Strækninger. Skovene bestaa af Eg, Lind, Poppel, Ahorn, især *Acer Tataricum*; og Ask. I disse skyggefulde, fugtige Skove udvikles en overordentlig Rigdom paa Svampe; mange Mennesker leve om Sommeren og Efteraaret fornemmelig af Svampe, og tørrede Svampe forsendes herfra for betydelige Summer (Blasius: Reise, V. 2, p. 212—13).

Krim gaar Steppen til Midten af Oen. Spredte Steppepartier forekomme nordligere, saaledes ved Sarank. Ligesom Skoven fortsætter sig ind i Tundrerne langs med Floderne, saaledes finder det samme Sted i Stepperne, og i fugtige Dalstrøg findes smaa Skovpartier, dannede af Birk, El, Lind og buskformige Ege. Den for Stepperne karakteristiske Plantevæxt taber sig først ganske gradvis ind i Tyrkiet. Saaledes har Plantevæxten i Omegnen af Konstantinopel ifølge Grisebach*) Steppekarakter og ligeledes ved Kysterne af Marmorhavet, ja endnu ved Vardars Delta, hvor store Strækninger ere overvoxede med *Tamarix Gallica* og Græsser. Ligeledes dække buskformige Ege (*Q. pedunculata* og *pubescens*) store Strækninger i Rumelien, Serbien og Banatet, især langs med Donau, og *Phragmites communis*, der, som det synes, optræder i Wolgas og Donaus Delta i større Masse end noget andet Sted paa Jorden, gjør sig paa lignende Maade gjældende ind igjennem Ungarn. Mellem Sydgrænsen for Tundrerne og Nordgrænsen for Stepperne ligger Ruslands store Skovbælte. Dette deles ved det Høidedrag, som fra Waldai-Bjergene fortsætter sig mod Øst mellem Wologda og Jaroslaw og danner Vandskjellet mellem Dwina og Wolga, i et nordligt Parti, hvor Naaletræerne ere herskende, og et sydligt, hvor Eg, Lind, Bævreasp, Avnbøg og andre Løvtræer for en væsentlig Del indtage Naaletræernes Plads eller ganske have fortrængt disse**). Det nordlige Parti af Skovbæltet deles atter i en østlig Del, hvor de sibiriske Naaletræer ere herskende, og en vestlig, der udelukkende indtages af europæiske Arter. Det er nemlig et mærkeligt Forhold i Fordelingen af Planterne her, at Uralkjæden ikke, som man tidligere har ment, danner et Grændseskjæl mellem den sibiriske og europæiske Flora, men Grænsen betegnes for Træernes Vedkommende ved en Linie, som fra Onegaens Munding drages over Søerne Latscha og Kubinskoi mod Syd til Wolga***). — Det er Rødgran (*Picea excelsa*) og Fyr (*Pinus sylvestris*), som danne Hovedbestanddelen af de umaadelige Skove, der fra den botniske og den finske Bugt til Hvidehavet dække den største Del af Landet†), med Indblanding af Birk og El (*Alnus incana*). I Granskoven bestaaer Underskoven af Pil (*Salix arbuscula*, *hastata*), *Alnaster fruticosus*, *Juniperus nana*; her voxe *Empetrum*, *Vaccinium Myrtillus*, *uliginosum*, *Vitis Idæa* og *Rubus arcticus*. I Fyrreskoven derimod er Bunden dækket med tætte Tuer af Laver, (*Cladonia rangiferina*, *cornuoptoides*), *Stereocaulan tomentosum*, og Mosser (*Polytrichum*, *Hypnum*, *Dicranum*), og herimellem sees

*) Wiegmanns Archiv, 8 Jahrg., 2 B., 1842, p. 434 og 438.

**) Ifølge Blasius ligger ogsaa her Grændselinien mellem den blandede finsk-russiske og den helt russiske Befolkning (Reise, T. 1, p. 291).

***) Meyer har dog i sin Wisatka-Flora vist, at der er 40 europæiske Arter, som ved Ural have deres Østgrænse.

†) Tidligere have Skovene indtaget langt betydeligere Strækninger. En Strækning af 60—80 Mile, som paa Pallas's Tid var helt overvoxet med Skov, fandt Blasius næsten træløs (Reise, T. 1, p. 150). Vel oprettede den russiske Regjering paa én Gang et Forstcorps paa 25,000 Mand, men Odelæggelserne bleve derved dog kun ufuldkommet standsede.

Aconitum septentrionale, *Pæonia intermedia* og *Arctostaphylos Uva Ursi*. Kun enkelte Steder danner Birken (den hoinordiske Birk, *Betula glutinosa*) rene Bevoxninger. En saadan Hoiskov af Birk har noget ganske eiendommeligt. De hvide lige Stammer staa saa tæt, at de sete i nogen Afstand ligne en Mur; de ere fra Grunden af glatte og mangle indtil en Høide af 60 Fod enhver Grendannelse; kun den øverste Top bærer en luftig Krone, dannet af tynde, nedhængende Grene. Bunden er dækket med et blødt Tæppe af Mosser og Laver, *Gnaphalium dioecum* o. l. (Blasius, 1, 273). Overalt paa fugtigere Steder blander sig Bævreespen mellem Birken og frembringer en velgjørende Afvexling. Paa nogle Steder, navnlig i Nærheden af Floderne, frembyder Birkeskoven ved indblandede Grupper af Fyr og større Partier af Gran og Bævreesp en malerisk parklignende Karakter. Lave kuppelformede Bakker, adskilte ved ensdannede kjedelformige Fordybninger, ofte opfyldte med Søer, Sumpe eller Moser, karakterisere denne Del af Rusland, som Midden-dorff derfor sammenligner med et pludselig stivnet Hav.

I den østlige Del af Naaletræernes Gebét ere de gennem hele Sibirien udbredte Arter endnu herskende, nemlig *Picea obovata*, *Abies Sibirica*, *Larix Ledebourii* og *Pinus Cembra*. Af disse gaaer den førstnævnte længst mod Vest og skal endog være funden ved Søen Kjolmyaure i Østfinmarken (Botan. Notiser 1857, 175). I hele Naaletræernes Gebét afgiver Jagt, Fiskeri og Kvægavl Beboernes Hovederhverv; Agerbrug finder ikke Sted til Skovgrændsen, men ophører paa 65 $\frac{1}{2}$ °. Frugttrædyrkning mangler næsten ganske.

Grændserne for Egens Bælte ere tilstrækkelig betegnede i det Foregaaende. Paa Syd-grændsen af Guvernementet Jaroslaw begynde Egene — mest Sommer-Egen, sjeldnere Vinter-Egen — at vise sig, dog her fornemmelig som Buske og især i Randen af Skove, som dannes af Birk og Bævreesp. Endnu noget længere mod Syd have Løvtræerne, nemlig foruden Egene, Ælm, Ask, Lind*), El, Birk (*B. verrucosa*) med Underskov af *Cornus sanguinea*, *Euonymus verrucosus*, *Salix viminalis*, *Sambucus nigra*, næsten ganske fortrængt Naaletræerne. Kun faa Steder Syd for Moskau forekomme større Gran- og Fyrreskove saaledes ved Koschek Syd for Kaluga. Desuden er Landet her næsten overalt saa vel dyrket, at Skovene have maattet give Plads for Marker. I den vestlige Del af Egebæltet, Lithauen, Volhynien, Podolien, komme følgende Træer til, som mangle i den østlige: *Carpinus Betulus*, *Populus nigra*, *P. alba*, *Acer campestre*, *A. Pseudoplatanus*, *Pyrus communis*, *Hedera Helix*, *Taxus baccata*, og endnu vestligere, nemlig i den nordvestlige Del af Volhynien, kommer Bøgen til.

Sees hen til den østlige Del af dette Bælte, da viser det sig, som man maatte vente, at de nordlige Træer her gaa langt længere mod Syd. Guvernementerne Wiætka

*) Linden (mest *Tilia parvifolia*) har en stor Udbredning, og af Basten forfærdiges aarlig 14 Millioner Maatter.

og Kasan*), der tildels høre ind under Urals vestlige Heldning, ere saaledes dækkede med umaadelige Skove, som væsentlig bestaa af Naaletræer, nemlig *Pinus sylvestris*, *Abies Sibirica* og sjældnere *Larix Ledebourii*, medens blandt Lovtræerne kun Birken er almindelig, og Egen, Ælmen (*U. campestris* og *effusa*), Bævreasp, Graa-El og Rød-El, Røn, Hægebær kun forekomme indblandede. Fra den sydlige Del af Ural, som i Guvernementet Orenburg strækker sig ned i Steppegebetet, nævner Meinhäuser**) følgende Træer: *Abies Sibirica*, *Picea obovata*, *Larix Ledebourii*, *Pinus sylvestris* (almindelig og danner i den sandede Steppe ved Tobol-Floden en Skov af betydelig Udstrækning), *P. Cembra*, *Betula alba*, *Ulmus pedunculata*, *Salix pentandra*, *amygdalina*, *viminialis*, *cinerea*, *nigricans*, *Populus tremula*, *Tilia parvifolia*, *Cerasus Padus*, *Sorbus Aucuparia*, *Crataegus sanguinea*. — Det har fremdeles vist sig, at Hovedsummen af de i denne østligste Del af Rusland voxende Arter ere de samme, som forekomme i Tydskland. Af henvend 400 omkring Wiætka samlede Planter er der saaledes kun 23, som ikke tilhøre Tydsklands Flora, og af 312 Arter fra Provindsen Tambow kun 15 ikke tyske***). De fleste af disse mellemeuropæiske Arter gaa desuden langt ind i Siberien, for Storstedelen til Daurien. Af de nysnævnte ved Wiætka samlede Arter er der saaledes kun omtrent 20 Arter, og blandt disse Egen, som have deres Østgrændse ved Wiætka og 40 ved Ural†).

*) Meyer: Flora provinciae Wiætka i Beiträgen zur Pflanzenkunde des russischen Reichs. Lief. 5. 1848.

**) Beitrag zur Pflanzengeographie des Süd-Uralgebirges i Linnæa, V. 30 (1860), p. 465.

***) Provindsen Tambows Flora i Meyer u. Ruprecht: Beiträge zur Pflanzenkunde Russlands, 1844.

†) Sydruslands Steppegebet er en umiddelbar Fortsættelse af de store Saltstepper, som indtage den turanske Lavning omkring Aralsøen og det 7000 □ Mile store caspiske Hav, hvis Speil som bekendt ligger 80 Fod under Verdenshavets. I Stepperne omkring det caspiske Hav bestaaer den ensformige flade Bund af Ler, men store Strækninger ere dækkede med Flyvesandshoie, og paa enkelte Steder hæve Gips- og Sandstenslag sig iveiret til en Høide af 20—500 Fod. Paa mange Steder er Leret dækket med Saltefflorescenser eller indtages af Saltsumpe. Her hersker en næsten altid skyfri blaa Himmel, og den aarlige Regnmængde naaer kun op til faa Tommer. De største Extremer i Temperaturen gjør sig her gjældende. Om Sommeren er Varmen næsten altid 20—30° R., medens om Vinteren Thermometret synker lige saa dybt under Frysepunktet. I noie Forbindelse med denne extreme Hede og Kulde samt Tørke staaer den tætte graalige Haarbeklædning, som er saa karakteristisk for Steppeplanterne, og som baade tjener til Beskyttelse mod de brændende Solstraaler og mod Vinterens Kulde og til at optage Luftens Fugtighed, men som ogsaa giver Plantevæksten her et meget trist og ensformigt Præg. Blandt de mest fremherskende Planter i Steppen ere Artemisierne (*A. fragrans*, *scoparia*, *Taurica*, *vulgaris*, *Absinthium*, *Austriaca*); de voxe nemlig overalt i spredte Tuer, hvor der er Lerbund; kun hvor denne tillige er saltholdig fortrænges de af Salturterne (*Halocnemon strobilaceum*, *Salicornia herbacea*, *Salsola arbuscula* o. m. l.). Hvor Underlaget er Gips, viser der sig en større Afvæxling i Plantevæksten. Her sees i April en broget Blomsterrimmel af Tulipaner (*T. sylvestris*, *Gesneriana*), *Adonis parviflora*, *Astragalus Pallasii*, *physodes* o. fl., *Spiræa hypericifolia*, *Phlomis pungens*, *Atraphaxis spinosa*, *Atriplex*, *Rheum Caspium*, *Salsola*, *Salicornia* o. m. fl. Midt i Mai staa de fleste af disse Planter i Frugt, og allerede i Begyndelsen af Juni er næsten ethvert Spor til Plantevæxt forsvunden. Paa nogle Steder dækkes Jorden af Mannaalav (*Lecanora esculenta*). Paa Sandhoiene, paa

Det væsentlig af Gneis-Granit bestaaende nordeuropæiske Høiland har i det hele Karakteren af et Plateau med afrundede Fjeldtoppe («Koller»*), der har sin største Høide mod Vest, hvor det stiger brat op af det dybe Hav og er søndersplittet i en Mængde Fjorde og Øer, men skraaner jævnt ned mod den bothniske Bugt. Det bestaaer af en meget større nordlig Del, som ved det de store Søer omsluttende mellem Svenske Lavland er adskilt fra en meget mindre sydlig Del. Dette Plateau er nordpaa 2—3000 Fod og sydpaa 4000 Fod høit, og de høieste Toppe (Sulitelma og Ymesfjeld) hæve sig til 6—8000 Fod. Finland er et lavt Bjergland opfyldt af orige Søer. De klimatiske Eiendommeligheder, som udmærke det nordeuropæiske Høiland, ere omtalte i det Foregaaende.

Landskabets Karakter i Finland er meget ensformig. Overalt sees Søer omgivne af lave 3—400 Fod høie skovklædte Bjerge. Det er Fyr og Gran og dernæst Birk og Graa-El, som danne Skovene. Enen forekommer overalt som Underskov. Almindelige ere

Bunden af hvilket Fugtigheden holdes tilbage ved det underliggende Ler, findes en frodig Væxt af Græsser (*Elymus*, *Stipa*) og Halvgræsser (Goebel: Reise in die Steppen des südlichen Russlands. 1838). — I den sydlige Del af Sydrusland, som ligger Vest for Wolga, ere Græsstepperne herskende. Den aarlige Regnmængde er her i de fleste Aar kun 6 Tommer og Regndagenes Antal kun 47; i 1832—33 var her i 20 Maaneder fuldstændig Tørke; men Klimaet er meget uregelmæssigt, og der viser sig stor Forskjel i Regnmængden mellem de enkelte Aar. Dertil kommer den almindelig herskende Blæst, der mod Øst og Nordost ofte bliver til Storm, som sætter store Stovskyer i Bevægelse eller hvirvler Stovsoiler iveiret, der i et Kvarter kunne staa ubevægelige og ligne Mastetræer. Denne Blæst, der omtrent den halve Del af Aaret farer hen over Steppen, forøger om Vinteren den bidende Kulde og viser om Sommeren sin odelæggende udtorrende Virkning paa Plantevæxten. — Græsstepperne have i Reglen ikke noget sammenhængende Plantedække, men Planterne voxer i Tuer med større og mindre Mellemrum, dog kunne de, hvor *Stipa pennata* og andre Græsser ere herskende, nogle Steder staa saa tæt som paa en Kornmark. Hele Vegetationstiden varer kun fra Midten af April til Midten af Juli. Om Foraaret komme først Liliaceer (*Fritillaria*, *Tulipa*), *Iris*, *Adonis*, *Corydalis Halleri*, dernæst Cruciferer og Labiater og i Begyndelsen af Juni Leguminoser (især *Astragalus*), Caryophyllaceer, Borrageener o. s. v.; i Begyndelsen af Juli Umbelliferer, især *Peucedanum Alsaticum*, der mange Steder ligesom *Spiræa filipendula* danner et sammenhængende Tæppe; midt i Juli staa de fleste Compositer, især mange Cynareer (*Centaurea Scabiosa*, *Serratula radiata*) i Blomst. — Som karakteristisk for den i Floddalene og fugtige Dalstrøg forekommende Trævæxt maa det udhæves, at vilde Frugttræer her altid udgjøre en væsentlig Bestanddel. — De fleste Steppeegne ere kun skikkede til Kvægavl, og Byer og Landsbyer findes i Floddalene; men der viser sig stor Forskjel i Græssteppernes Godhed; de bedste ere de, hvor *Festuca ovina*, *Triticum cristatum* og *Medicago falcata* ere herskende, mindre gode de, hvor *Stipa* er overveiende. — En mærkelig Undtagelse fra de almindelige Stepper danne de Egne i Lillerusland, hvor Bunden bestaaer af den saakaldte «sorte Jord». Denne Lerjord har en forbausende Giftighed, og her finder en udstrakt Kornavl Sted. Her gjødes aldrig, og Klover, Lucerne og Esparsette naa en Høide af 12 Fod, Hampen 20 Fod (Blasius l. c. 2, 274; Baer und G. v. Helmersen: Beiträgen zur Kenntniss des russischen Reichs, Bd. 2, p. 87—136; Claus: Localflora der Wolgagegenden i Beiträgen zur Pflanzenkunde des russischen Reichs. Lief. 8, 1851).

*) En Undtagelse herfra danne Jötunfjeldene, en Del af Langfjeldene paa Nordgrænsen af Bergens Stift, med deres spidse, ubestigelige Tinder.

fremdeles: *Populus tremula*, *Salix Caprea*, *cinerea*, *pentandra*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Ulmus montana*, *Acer platanoides*, *Tilia parvifolia*, *Sorbus aucuparia* og *Fennica*. Kun i de sydligste Egne voxer Egen (*Q. pedunculata*). Statsskovene anslaaes til 6 Millioner Tdr. Ld., men store Skovstrækninger ødelægges stadig ved Tjærefabrikationen og navnlig ved Skovbrande*).

Sverrig kan efter de herskende Skovtræer inddeles i tre Bælter**).

1) Naaletræernes, Graa-Ellens og Birkenes Bælte indtager Lapland og Norrland til Dalelv. Landet har her et meget ensformigt Præg og bestaaer af vidtstrakte skovklædte Fjeldsletter. Skovbrug og Kvægavl ere Hovednæringsveiene. Agerbruget er kun ringe og væsentlig indskrænket til Bygavl. Naaletræerne, Gran og især Fyr, have deres største Udbredning i Norrland, hvor de danne en næsten sammenhængende Skov, ihvorvel der i de ved Floderne liggende Egne i de sidste 20 Aar har fundet en ødelæggende Træhugst Sted. Granen gaar op til henved 1000 Fod og Fyrren c. 300 Fod høiere; dog er der nogle Steder (f. Ex. Quickjock), hvor det omvendte Forhold finder Sted, hvor Granen gaar høiere op end Fyrren. Graa-Ellen horer til de almindeligste Skovtræer og optræder i høiere liggende Egne i en egen buskformig Varietæt (*Alnus pubescens*). Ligesaa hyppig er Birken (*B. glutinosa*), der paa mange Steder danner et eget Bælte over Naaletræerne. Her voxer ogsaa *Betula alpestris*, der synes at være en Bastard mellem *B. glutinosa* og *nana*. Denne gaar op til en Høide af 2250 Fod, beklæder alle Sumpene i Norrland og gaar helt ned til Halland (57°)**).

2) Egenes Bælte. Dette Bælte har sin Nordgrændse ved Dalelv og indbefatter Mellemsverrig, altsaa hele Svealand (med Undtagelse af en Del af Dalsland) og den nordlige Del af Götaland. Det gaar modsat Bøgens Bælte længere op paa Øst- end paa Vestsiden, og flere af de for dette Bælte karakteristiske Træer, som Ahornen og Ælmen, gaa ikke alene langs med Kysten op til Ångermannelv, men forekomme i spredte Exemplarer til den sydlige Del af Lapland. Det er kun til Nordgrændsen for dette Bælte at Frugttrædyrkning finder Sted og ligeledes at Hvede og Ærter dyrkes. Rugen er den vigtigste Brødplante.

* Die Wälder in Finland von Oberforstraht v. Berg i Jahrbuch des Königl. säch. Academie für Forst- und Landwirth zu Tarand, 13 B.

** Andersson: Apperçu de la vegetation et des plantes cultivées de la Suède, 1867.

***) Desuden ere følgende Træer og Buske karakteristiske for dette Bælte: *Juniperus communis*, der ofte opnaar en Høide af 15—18 Fod, *Myrica Gale*, der paa 64° er saa dominerende, at den udgjør et eget Bælte, som tildels danner Grændsen mellem den sibiriske og europæiske Flora, *Sorbus aucuparia*, som stiger op til 1800 Fod, *Populus tremula*, *Salix pentandra*, *Caprea*, *nigricans*, *hastata*, *vägans*, *ilapnooides*, *triandra*, *cinerea*, *aurita*, *repens*, og over Birkenes Bælte dannes et eget Bælte af *S. phylicifolia*, *glauca*, *Lapponium* og *lanata*, og ovenover disse voxer *S. myrsinites*, *arbuscula*, *ovata*, *polaris*, *herbacea*, *reticulata*.

Tobak dyrkes almindelig. — De herskende Skovtræer ere endnu i Mellem-sverrig Fyr og Gran, men Egene og andre Løvtræer udgjøre ogsaa en væsentlig Bestanddel af Skoven. Sommer-Egen har sin Nordgrændse ved Dalelv (61°), men forekommer dyrket til Sundsvall og Medelpad (62°, 20 Fod), Syd paa sænker dens Nordgrændse sig, saa at den paa Vestsiden af Sverrig kun naaer til 60°. Sommer-Egen voxer ogsaa paa Öland og Gotland. Vinter-Egen er langt sjeldnere og naaer kun til 58½°. Blandt alle Træer er *Sorbus Scandica* det mest karakteristiske for dette Bælte, thi dette Træ er almindeligt i hele Mellem-sverrig, men har udenfor Sverrig kun en spredt og indskrænket Udbredning*). *Sorbus Fennica* forekommer især i Egnene ved Indgangen til den bothniske Bugt (Upland og Södermanland). Tre Arter have her ganske samme Udbredning, nemlig: *Acer platanoides*, *Tilia parvifolia* og *Ulmus campestris (montana)* og gaa til 63½°. *Fraxinus excelsior* gaaer til 61°**).

3) Bøgens og Avnbøgens Bælte indbefatter Skaane, Halland, Bleking og en Del af Småland og Bohuslän; det gaaer mod Vest til 59°, men mod Øst til 57°. Her ligger nemlig Grændsen for Bøgen; Avnbøgen derimod gaaer ikke fuldt saa nordlig, men har sin Nordgrændse ved en Linie, som gaaer tvers igjennem Landet paa 57°. Dette Bælte har Kulturplanter fælles med den mellemeuropæiske Slette. Af andre Træer og Buske, som ere karakteristiske for denne Del af Sverig skulle udhæves: *Sorbus Aria*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Euonymus Europæus*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera Perichyenum*, *Sambucus nigra*, *Hedera Helix*.

Öland og Gotland høre til dette Bælte, men paa den førstnævnte Ø mangler Bøgen og paa sidstnævnte baade denne og Avnbøgen. I den sydlige Del af Öland bestaae de faa derværende Skove af Løvtræer. *Potentilla fruticosa* er her den mest karakteristiske Plante, dernæst *Helianthemum Oelandicum*. I den mellemste Del bestaaer Skovene dels af Løvtræer, blandt hvilke *Ulmus effusa* har en almindelig Udbredning, dels af Fyr og Gran. Her voxe *Adonis vernalis* og *Coronilla Emerus*. I den nordligste Del ere Naaetræerne overveiende***). Mærkeligt er det at Gotland, der i Middelalderen stod i saa udbredt Handelsforbindelse med sydligere Egne, har et forholdsvis stort Antal Plantearter, som først træffes i de sydligere Dele af Mellemeuropa, saasom *Coronilla Emerus*, *Inula ensifolia*, *Helianthemum Fumana*, *Ranunculus ophioglossifolius*, *Arenaria Gothica*, *Euphrasia Salisburgensis*.

*) *S. Scandica* voxer paa Bornholm, paa Ösel, paa Kysten af Lifland, ved Danzig og paa nogle Steder i Frankrig.

**) Her findes desuden: *Alnus glutinosa*, *Taxus baccata*, *Prunus spinosa*, *Crataegus Oxyacantha*, *monogyna*, *Cotoneaster vulgaris*, *Rhamnus catharticus* til 61°, 40°, *Viburnum Opulus* til 64°, 16°, *Lonicera Xylosteum*, *coerulea*, *Berberis vulgaris*, *Corylus Avellana*, *Erica Tetralix*.

****) Zettersted: Botaniska Excursioner paa Öland under Sommaren 1867 (Botan. Tidskr. 1870).

Bornholm hører i naturhistorisk Henseende, baade efter sine geognostiske Forhold og Plantevæksten, til Sverrig. Ved Rø paa Nordsiden af denne Ø har Skoven en hel nordisk Karakter. Her findes en smuk ren Bevoxning af Birk; Bunden er dækket af et blødt Mostæppe, og Underskoven bestaaer næsten udplukkende af høie ranke Ener. Andre Steder dannes Skovene af *Quercus pedunculata*, og især af *Q. sessiliflora*, *Carpinus*, *Populus tremula*, *Acer platanoides*, *Ulmus montana*, *Fraxinus*, *Tilia parvifolia*, men mest karakteristisk for Bornholms Trævæxt er det, at *Sorbus Scandica*, der har sit egentlige Hjem i Sverrig, her er almindelig, medens den ellers ikke findes i Danmark, og at Bogen, der er det herskende Skovtræ paa de danske Øer, mangler her. Bornholm er overhovedet *Sorbus*-Arternes Hjem; thi her voxer ogsaa *S. Aria*, som ligeledes mangler i den øvrige Del af Danmark, og *S. torminalis*, som kun er kjendt fra et Par Lokalteter udenfor Bornholm.

Hvad Norges Plantevæxt angaaer, maa det først udhæves, at der paa Grund af de navnlig paa Vestsiden herskende klimatiske Eiendommeligheder ikke er noget andet Sted paa Jorden, som paa tilsvarende Bredegrader frembyder saa gunstige Betingelser for Plantevæksten. Medens den milde Vinter fremkalder Forhold i det saakaldte Kristtorn-Bælte (*Ilex*-Regionen), som minde om langt sydligere Landes stedsegrønne Plantevæxt, bevirkes ved Sommerens lange Dage en Intensitet af Varme og Lys, der i flere Henseender har en hoist eiendommelig Indflydelse paa Plantevæksten. De enaarige Planter afslutte saaledes i overordentlig kort Tid deres hele Udvikling, hurtigere end under langt sydligere Bredegrader. Bygget modnes paa 70° (ved Alten) i Løbet af 9 Uger, og man vil endog have iagttaget at Frøene af forskellige Kulturplanter (navnlig Ærter og Bønner) blive større, faa en mørkere Farve og at saavel disse som Frugterne faa større Aroma, hvorimod de kvælstof- og sukkerholdige Stoffer udvikles i ringere Mængde. Disse Egenheder maa fornemmelig skyldes Lysets større Intensitet*). I de snevre af store Fjeldvægge indesluttede Dale hersker der om Sommeren en næsten tropisk Varme, saa at disse Dale ligne naturlige Drivhuse. Dette i Forbindelse med den milde Vinter bevirker, at ikke alene de vildtvoksende Træer endnu paa 61—62° opnaa mærkværdige Dimensioner, men at ogsaa Frugtrædyrkingen her kan staa paa et høit Trin. Asken kan her have en Høide af 100 Fod og 14 Fod i Omfang i Brysthøide, Aspen 58 Fod og Stammen 11 Fod i Omfang, Birken 70 Fod og 17 Fod i Omfang noget over Roden. Af Egen er et Exemplar (=Hallands-Egen) bekjendt, som i en Alder af 120 Aar havde en Høide af 81 Fod og Stammen i Brysthøide 11 Fod i Omfang. Sogn er berømt for sine herlige Frugthaver. Fersken, Aprikoser og Vindruer modnes næsten aarlig paa Løvæg; Kjærnefrugterne opnaa her en sjelden Fuldkommenhed, og den vilde Morel (*Cerasus avium*) dækker store Strækninger.

*) Schübeler: Die Culturpflanzen Norwegens. 1862.

Grændsen for Skovvæxt og Kornavl ligger først paa 70°*). Skoven bestaaer i Finmarken af Fyr, Birk (*Betula glutinosa*) og Graa-El. Stammens aarlige Tilvæxt i Tykkelse er imidlertid ringe, og man har her maalt en 550 Aar gammel Fyr, hvis Stamme kun var 9 Tommer i Tværmaal. I Birkeskovene forekommer paa mange Steder en yppig Græsvæxt (især *Calamagrostis*-Arter). Skovgrændsen ligger her paa 1000 Fod ved Tana (70½°), ved Hammerfest paa 700 Fod; men andre Steder omtrent paa samme Brede naaer Skoven kun til 4—500 Fod**). I den øverste Del af Skovbæltet, hvor der i Træernes Sted kun voxe forvredne Buske, indtages Bunden af Vaccinier (*V. Vitis Idæa*, *Myrtillus*), *Empetrum* og *Cornus Svecica*. Ogsaa Pilene (*S. lanata*, *glauca*, *ovata*) ere almindelige her. — De eendommelige Forhold i Plantevæxten, som gjøre sig gjældende paa Norges vestlige Affald med den milde Vinter, men storm- og sludfulde Veir, bestaa for det første deri, at det alpine Bæltes Planter stige lige ned til Kysten, saa at Hovedmassen af de her forekommende Planter ere de samme, som paa Østsiden først fremtræde ovenover Trægrændsen eller i 3—4000 Fods Høide. Til de herskende Planter her høre Blaabær, Tyttebær, Boller, Krækling, Hedelyngen, mange Græs- og Stararter, og herimellem sees *Arctostaphylos alpina*, *Alchemilla alpina* og *Salix herbacea*. Dernæst forekommer her adskillige Planter, som udelukkende tilhøre denne Del af Landet, men mangle andre Steder. Blandt disse maa fornemmelig udhæves to Arter, som ved deres stedsegroen Blade især bidrage til at give Plantevæxten et for saa nordlige Breder mærkeligt Præg, nemlig Kristtornen og Vedbenden. Hertil kommer *Lonicera Periclymenum*, *Digitalis purpurea*, *Bunium flezuosum*, *Primula acaulis*, *Erica Tetralix* og *cinerea* og — maaske den mærkeligste af dem alle — *Hymenophyllum Wilsonii*, i det Hele 50 Arter, som alle ere mere eller mindre udprægede Øklimatplanter og navnlig ere meget udbredte paa de britiske Øer. Endelig er det ikke mindre karakteristisk for Kristtorn-Bæltets Plantevæxt, at de fleste af de Planter, som voxe i Lavlandet paa Østsiden, her næsten ganske mangle eller ere meget sjeldne. Det er saaledes især mærkeligt, at det ellers i Norge saa herskende Skovtræ: Granen, mangler paa hele Vestkysten søndenfor 62°***).

Da de største Bjerghøider paa den skandinaviske Halvo ligger tæt henimod Vestkysten — Sognefjorden trænger saaledes lige ind til Foden af Norges høieste Fjeldmasse, Jøtunfjeldene, saa at de 8000 Fod høie vilde Skagastølstinder ligger nær Fjorden — begynde allerede ved den indre Del af de dybe Fjorde de for Østsiden karakteristiske Forhold

*) Kun Byg dyrkes paa denne Brede, Rug gaaer til 69½° og Havre, der er den Kornsort, som dyrkes mest i Norge — dobbelt saa meget som alle de andre tilsammen — gaaer til 69°.

**) Botaniska Notiser 1846, Nr. 3. — Martens: Voyage botanique lelong de côtes septentrionales de la Norvège depuis Drontheim jusqu'au Cap Nord, 1846.

***) Blytt: Skildringer af Naturen i det vestenfjeldske Norge (Tidsskr. for popul. Fremstill. af Naturvidenskabene, 1871, p. 122).

i Plantevæxten at gjøre sig gjældende, og allerede her spores Virkningen af Fastlands-Klimaet*). Man kan her efter Høiden adskille følgende Bælter.

Fyrrens Bælte fra 0 Fod til 2600 Fod i de østlige Dele, men i de vestligere, nærmere ved Havet liggende kun til 1200 Fod. Foruden Grañ og Fyr voxer her Eg, Ælm, Lind, Ask, Graa-El, kun ud imod Havet Rød-El, Ron (*Sorbus hybrida* og *Aria*). I de varme Dale voxe *Viburnum Opulus*, *Cratægus monogyna*, *Coloneaster vulgaris*, *Rubus idæus*, Roser, aromatiske Labiater (*Calamintha Acinos*, *Origanum*, *Clinopodium*), *Geranium Rober-tianum* o. fl.

Birkens Bælte fra 2600 Fod til 3500 Fod, men i de vestlige Egne kun til 1600 Fod. *Populus tremula*, *Sorbus aucuparia*, *Cerasus Padus* og *Alnus incana* voxe her. Her findes græsrigge Enge, og her ligge de fleste Sætere.

Pilenes Bælte naaer op til 4500 Fod. Foruden Pilene, hvoraf de fleste have Bladene forsynede med en tæt graalig Haarbeklædning (*S. lanata*, *Lapponum*), voxer her Dverg-birk og Ene.

Fjeldplanternes Bælte gaaer til Snegrændsen, som i de andre Dele af Sogn ligger paa heved 5000 Fod. Dovrefjeld, en 9 Mile bred, i en Høide af 4—5000 Fod beliggende Flade paa c. 63° Brede, over hvilken Hovedveien gaaer fra Kristiania til Tronhjem, er berømt ved sin Rigdom paa Fjeldplanter**), og herfra aftage disses Antal baade Nord paa og Syd paa. Heved 500 Arter ere kjendte herfra; blandt disse den skønne *Dryas actopetala*, *Gentiana nivalis*, *Saxifraga aizoides*, *Silene acaulis*.

Hvad Skovtrærnes Udbredning i Norge angaaer, skal herom endnu foies følgende: *Quercus pedunculata*, der her efter Vedets Farve kaldes Blaa-Eg, gaaer paa Vestsiden til 63° (Tingvold i Romsdalen), paa Østsiden til 60°. I den sydlige Del gaaer den op til 1000 Fod. *Q. sessiliflora* («Rød-Eg») forekommer kun mellem Arendal og Flekkefjord. Bogen danner kun paa tre Steder Skove: ved Laurvig og Tønsberg, ved Arendal og Nord for Bergen (Hosanger paa 60^{1,2}°). Fyrren har sin største Udbredning i de østlige Dele af Landet, i den østlige Del af Kristiansand Stift, i Kristiania, Hamar og Tronhjem Stift; til 70° i Finmarken; gaaer i den sydlige Del op til 3000 Fod, ved Tronhjem til 2000 Fod. Granen gaaer som skovdannende Træ til Polarcirkelen, men forekommer endnu paa 67°. Dens Høidegrænse ligger i det Hele 1—300 Fod lavere end Fyrrens. *Betula verrucosa*

*) I Sognefjord bevirker den til Nordsiden stødende umaadelige, 28 □ Mile store, Justedalsbræe, at Kyst-klimaet paa denne Side gjør sig gjældende længere ned i Landet, og de for Kystklimaet eiendomme-lige Planter gaaer meget længere ind paa Nordsiden end paa Sydsiden.

**) Blytt: Plantegeografisk Sammenligning mellem Dovrefjeld og Val d'Ényes i Østpyrenæerne (Skand. Naturforsk. s Møde i Kristiania, 1867).

(«Lavlandsbirken») gaaer til den sydligste Del af Trønhjem Stift. *B. glutinosa* («Høilandsbirken») til 70° ligesom *Alnus incana*. Enen, der her undertiden opnaaer en Høide af 25 Fod, Stammen 6—7 Fod i Omfang, og bliver 6—800 Aar gammel, gaaer til Magero. — Skovenes Netto-Udbytte ansloges i 1865 til 4 Millioner Rdr.

Danmark*) maa betragtes som et nordligt fremspringende Parti af den mellem-europæiske Slette, men som havomsluttet har denne Del en selvstændig Karakter, ligesom Danmark ogsaa paa Grund af denne sin Beliggenhed til alle Tider har bevaret nationalt og politisk Selvstændighed. Danmark staaer i Modsætning til Nordtyskland ved sit Oklima, og denne klimatiske Forskjel har sit Udtryk i Trævæxten, dels derved at Bøgen her fuldstændigere end andetsteds har gjort sig til Herre over Jordbunden paa de andre Træers Bekostning, dels ved den almindelige Udbredning (i den vestlige Del af Landet) af en saa udpræget Øklimatplante som Kristtornen, medens de skovdannende Naaletræer, Fyr og Gran, fuldstændig ere blevne fortrængte i den historiske Tid som vildtvoxende.

Danmark tæller 1330 Blomsterplanter, og af disse er der ikke en eneste, uden at den jo ogsaa voxer i andre Lande. Plantevæxten er i det Hele saa ensformig, at et Areal paa faa Kvadratmile i den større Del af Landet vil indeholde Hovedsummen af samtlige Arter. Rostrup har saaledes vist (l. c., p. 461), at man ved at sammenligne hele Landet med Laaland-Falster, med Laaland og med et Areal paa denne Ø af 176 Tønder Land vil finde, at medens Arealerne af disse forholde sig som 50,000:1444:1250:1, ville Arternes Antal forholde sig som $2\frac{3}{4}$:2:1 $\frac{7}{8}$:1. Denne Ensformighed gjør sig dog kun gjældende paa Storstedelen af Øerne, og i sin Helhed betragtet viser Danmark tilstrækkelige Forskjelligheder til at det derefter kan inddeles i flere naturlige plantegeografiske Afdelinger. Disse Vegetationsforskjelligheder bestemmes navnlig ved Jordbundsforholdene og ved de Forskjelligheder i Klimaet, som ere afhængige af den mere østlige eller vestlige Beliggenhed, medens den paa Bredegraden beroende Varmeforskjel spiller en mere underordnet Rolle.

Da Danmark med Undtagelse af de faa Punkter, hvor den underliggende Kridtdannelse træder op til Overfladen (Møen og Stevns Klint, Bolbjerg i det nordlige Jylland o. fl. St.) bestaaer af Rullestensdannelsens løse Sand- og Lermasser, har det Vestsiden be-

*) Hornemann: Bemærkninger angaaende Forskjelligheden af Vegetationen i Danmark. — J. Lange: Om nogle danske Planters Fordeling og formodede Grændser for deres Udbredning (Vid. Medd. nat. For., 1849). — Schjötz: Bidrag til Bornholms Flora (s. S., 1850). — M. Lange: Den sydfyenske Ogaards Vegetation (s. S., 1857). — Schjötz: Beretning om en bot. Reise i Slesvig (s. S., 1860). — Koch: Om Falsters Vegetation (s. S., 1862). — Rostrup: Lollands Vegetationsforhold (s. S., 1864). — Mortensen: Nordsjællands Flora (Bot. Tidsskr., 1871). — Vaupell: De danske Skove, 1863.

grændsende aabne stærkt bevægede Hav og de herskende voldsomme nordvestlige Vinde i den historiske Tid fremkaldt store Forandringer og Omvæltninger, som have haft en gjennemgribende Indflydelse paa Plantevæxtens Karakter. Vestenvinden, der har ført umaadelige Masser af Flyvesand; paa flere Steder milevidt, ind i Landet, begravnende Ruinerne af forladte Byer og taarnende sig op til 50—100 Fod høie Bakker, skyldes den Klitbræmme, som strækker sig langs Jyllands Vestkyst. Havet skyldes det Marskland, som navnlig i Slesvig og Holsten indtager et bredt Bælte indenfor Klitterne, og som er opstaaet ved den i Slutningen af hver Flodtid afsatte fine Blaalerdynd (Slik, Klæg). Desuden har der i den Del af Landet, som ligger Nord for en Linie mellem Nissumfjord og Nyborg fundet en gradvis Hævning Sted, og herved og ved Tilskylninger — Forandringer der endnu stadig fortsættes — er Landets Areal bleven forøget. Saaledes har den Nord for Limfjorden liggende Del af Jylland endnu i den historiske Tid bestaaet af flere adskilte Øer, Moen har været 3 Øer, som ved Tilskylning er blevene forenede til én; Borreby, nu en uanselig Landsby midt inde i Landet, var i Middelalderen en Sø- og Kjøbstad med sit eget Byvaaben*) — og lignende Forandringer ere foregaaede andre Steder. De metereologiske Iagttagelser, som ved Landhusholdningsselskabets Foranstaltning siden 1859 ere blevene foretagne paa forskellige Steder her i Landet, have allerede ledet til Resultater, som ere af Betydning med Hensyn til den rette Forstaaelse af de plantegeografiske Forhold**). Hosstaaende Tabel viser Middelvarmen i C° fra 10 forskellige Punkter***).

Da de jyske Stationer i Gjennemsnit ligge 17 Mile nordligere, end de paa Sjælland og Falster, synes Varmens Aftagen mod Nord at være $\frac{1}{10}^{\circ}$ for 5 Mil. Skaarupgaards lave Aarsvarme antages at bero paa denne Stations høie Beliggenhed (200 Fod over Havet), og den lave Aarsvarme paa Næsgaard hidrører udelukkende fra de to Foraarsmaaneder, April og Mai, »og der kan neppe være Tvivl om, at Grunden hertil maa søges i, at Østersøen langsomt opvarmes om Foraaret paa Grund af den stærke Tilstrømning af Snevand gennem Ruslands og Sverrigs Floder«. Medens Aarsvarmen synes at være ens i Jylland og Sjælland under samme Bredegrad (Stationerne: Landbohøiskolen, Silkeborg, Tarm), viser der sig derimod i de forskellige Aarstider og i de enkelte Maaneder udprægede Forskeligheder. Sjælland—Falster har saaledes 1° højere Sommervarme end Jylland (paa samme Bredegrad); men Jylland har derimod en noget mildere Vinter. Sammenlignes de tre ovennævnte Stationer, viser det sig, at April til Juli har Silkeborg lidt koldere ($\frac{3}{10}^{\circ}$) end Tarm,

*) Fogh: Geografiske Skizzer fra Moen.

**) Aarsberetning fra det kongl. Landhusholdningsselskabs metereologiske Comite og navnlig Femaarsberetningen, udgiven 1867.

***) Af de nedenfor nævnte Stationer ligger Hindholm to Mile Syd for Sorø, Næsgaard paa Østkysten af Falster, Smidstrup $1\frac{1}{4}$ Mil Syd for Hjørring, Tarm 4 Mile Nord for Varde, Skaarupgaard $1\frac{1}{4}$ Mil Nord for Aarhus, Maibolgaard i den sydlige Del af Als.

Middelvarme i C°.

	Kjøbenhavn efter Gjennemsnit af 82 Aar.	Aarene 1861—65.								
		Landbohoi- skolen.	Hindholm.	Næsgaard	Smidstrup.	Viborg.	Tarm.	Silkeborg.	Skaarup- gaard.	Mølbøl- gaard.
Januar	-1,2	-1,0	-1,3	-0,9	-0,7	-0,8	-1,1	-0,8	-1,0	-0,3
Februar	-0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,6	0,4
Vinter 3: Decbr.—Febr.	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	-0,2	0,6
Marts	1,0	0,9	1,3	1,2	0,3	0,9	1,2	1,1	0,5	1,9
April	5,6	5,3	5,8	5,2	5,2	6,2	5,6	5,8	5,0	5,9
Mai	10,9	10,3	10,6	9,8	9,6	10,5	9,8	10,1	9,4	10,1
Foraar	5,8	5,5	5,9	5,4	5,0	5,9	5,5	5,7	5,0	6,0
Juni	15,5	14,5	14,2	13,7	13,3	14,0	13,3	13,6	13,2	13,8
Juli	17,3	16,0	16,0	15,9	14,9	15,3	14,7	15,0	14,7	15,3
August	16,8	15,1	15,3	15,3	14,3	14,5	14,5	14,3	13,9	15,1
Sommer	16,5	15,2	15,2	14,9	14,2	14,6	14,2	14,3	13,9	14,8
September	13,4	12,5	12,7	12,8	12,1	12,0	12,3	12,1	11,7	12,8
Oktober	8,8	8,7	8,8	9,2	8,0	8,2	8,2	8,2	8,0	9,1
November	3,8	4,2	4,1	4,3	4,1	4,1	4,3	4,1	4,0	4,6
Efteraar	8,7	8,5	8,5	8,8	8,1	8,1	8,2	8,1	7,9	8,9
December	1,0	1,8	1,8	2,0	2,5	2,2	2,5	2,3	2,0	2,5
Aaret 3: Jan.—Decbr.	7,7	7,3	7,4	7,3	6,9	7,2	7,1	7,1	6,7	7,6

de næste Maaneder derimod lidt varmere. «Forskjellen er ikke stor og er maaske tilfældig, men viser forøvrigt hen paa Vesterhavets udjævnende Indflydelse, der trykker Varmen i Tarm i den Aarstid, da Temperaturen er i hurtig Stigning, men atter holder den lidt oppe naar Temperaturen falder. Vesterhavets Indflydelse træder dog anderledes skarpt frem ved disse Stationers Sammenligning med Landbohoiskolen; her er Sommeren betydeligt varmere end i Silkeborg—Tarm, medens Vinteren og Begyndelsen af Foraaret er noget strængere». Ligeledes viser der sig en paafaldende Overensstemmelse mellem Stationerne Skaarupgaard paa Østkysten af Jylland og Smidstrup paa Nordvestkysten, »saa at den Antagelse, at det mod Vest i Jylland skulde være kjendeligt koldere end mod Øst, enten i det Hele eller

navnlig om Sommeren, ikke finder Bekræftelse, naar man bruger Dagens Middelvarme til Sammenligning«. «Næsgaard har fra August og Aaret ud en lidt høiere Temperatur end Hindholm og en endnu betydeligere Overvægt over Landbohøiskolen, saa at Østersøens Virkning paa Falsters Varmeforhold i Sammenligning med Sjællands netop bliver den samme som Vesterhavets for Tarm og Silkeborg«. — «En Sammenligning mellem Middelvarmen af de Klokkeslet, ved hvilke der aflæses (Kl. 8, 2 og 10), viser betydelige Afvigelser i Varmens Svingninger i Løbet af Døgnet paa de forskellige Stationer«. «Næsgaard har om Foraaret og Sommeren en langt koldere Middag, men til Gjengjæld en varmere Aften end Hindholm, og Grunden til det kolde Foraar paa Næsgaard er udelukkende en lav Varme Kl. 2; thi selv i April, Mai og Juni har Næsgaard det varmt Kl. 10, skjøndt det ved Middagstid er to Grader koldere end paa Hindholm. Næsgaard har i Varmens daglige Gang Kystklima, Hindholm Fastlandsklima; altsaa, medens Østersøens Indflydelse paa den ene Side i det Hele og Store maa bøie sig for Vesterhavets, saa at Sjælland—Falster gennem Aaret har Fastlandsklima i Sammenligning med Jylland, saa fremtræder dens Nærhed paa den anden Side ved de daglige Variationer og det i en saakjendelig Grad, at det utvivlsomt maa kunne spores paa Agerdyrkningsforholdene« og paa Plantevæksten i Almindelighed. Viborg har fra April og gennem Sommeren Kl. 2 indtil tre Grader høiere Varme end Smidstrup, men desuagtet bliver Aftenen koldest i Viborg, som her optræder i det Smaa med Ørkenens Klima; men der er heller intet paafaldende i, at den mørke Hede, der til alle Sider omgiver Viborg, kan medvirke til denne stærke Svingning, medens Soluften virker udjævnende ved Smidstrup. Den længst fra Havet liggende Station, Silkeborg, har det varmest Kl. 2, selv den koldeste, Skaarupgaard, har det i et Par Sommermaaneder lidt varmere end Tarm. Man kan efter disse Sammenligninger med temmelig stor Sikkerhed paastaa, at Sommervarmen i Jylland midt paa Dagen tager til, eftersom man fjerner sig fra Havet, hvorhos der i Forskjellighederne mellem Skaarupgaard paa den ene, Tarm og Smidstrup paa den anden Side, er en svag Antydning af, at Vesterhavets Indflydelse ogsaa paa den daglige Svingning er den overveiede, saa at Vestjylland navnlig i de frugtbare Egne har en lavere Dagsvarme end Østjylland, naar Afstanden fra Havet er ens. — Regnmængden er ens for Sjælland, Falster og Østjylland, nemlig c. 21 Tommer, men noget større for Vestjylland, nemlig 23 Tommer, og denne Overvægt skyldes alene Efteraarsmaanederne.

Naar man lægger Trævæksten*) til Grund for en plantegeografisk Inddeling af Dan-

*) Danmark er et af de skovfattigste Lande i Europa og staaer i denne Henseende tilbage baade for Holland og Storbritannien. Hele Europas Skovareal anslaaes til 51,000 □ Mile, hvoraaf alene paa Rusland falder 34,000 □ Mile. Skovarealet udgjør i Rusland af Totalarealet 37 pCt., i Norge 38 pCt., i Sverige 34 pCt., i de fleste andre Lande i Europa mellem 15—20 pCt., i Holland og Storbritannien c. 7 pCt., i Danmark 5 pCt. Skovarealet er fordelt paa følgende Maade mellem de forskjellige Besiddere:

mark, bliver der følgende fem Bælter, som dog ere langt fra at være skarpt adskilte, men tvertimod gaa gradvis over i hinanden.

1) Det sydlige Bælte indbefatter den sydlige Del af Sjælland og Fyen, Møen, Falster, Laaland, Langeland, Taasinge, Ærø og en Del mindre Oer. Rullestensleret er her herskende. Laaland og Falster høre til de laveste og fladeste Egne i Landet, og Bakkerne hæve sig kun et Par Steder til 130—140 Fod. Møen derimod naaer i sit høieste Punkt, Aborrehjerg, 450 Fod, og langs med Sydvestkysten af Fyen løber et ved sine skønne Udsigter bekjendt Høidedrag, »de fynske Alper«, hvor Træbjerg hæver sig til 403 Fod. — De Egenheder i Plantevæksten, som udmærker dette Bælte, ere følgende: 1) Egen har her bedre end noget andet Sted i Landet kunnet holde Bøgen Stangen, navnlig paa de fede og fugtige Lerjorder i den sydlige Del af Sjælland og paa Laaland, og her findes endnu store rene Bevoxninger af dette Træ; 2) flere Træer forekomme enten alene her (*Tilia grandifolia*, *Sorbus torminalis*) eller have en meget større Udbredning end i de andre Bælter (*Acer Pseudoplatanus*, *A. campestre*, *Carpinus*, *Fraginus*, *Tilia parvifolia*); 3) flere Planter have her deres Nordgrænse (*Leonurus Marubiastrum*, *Linaria spuria*, *Brassica oleracea*), og mange gaa kun lidt længere mod Nord, saa at de mangle i Sverrig og Norge*) (*Potentilla Fragiastrum*, *Sorbus torminalis*, *Rubus vestitus*, *Papaver Rhoeas*, *Atropa*, *Physalis*, *Inula dysenterica*, *Crepis virens*, *Trincia*, *Dipsacus sylvestris*, *Iris spuria*, *Gagea arvensis*, *Vulpia bromoides*). Hertil kan endnu føies, at egentlige Heder ganske mangle, og Lyng, Blaabær og andre Hedeplanter forekomme kun sparsomt i Moser; desuden giver det mildere Klima sig tilkjende dels derved, at mange fra sydligere Lande indvandrede Ukrudsplanter (*Ranunculus arvensis*, *Philonotis*, *Neslia paniculata*, *Holosteum umbellatum*, *Valerianella dentata*, *Scandix Pecten*, *Linaria minor* o. fl.) her have fundet et nyt Hjem, medens de mangle eller ere sjældnere i de nordligere Egne, dels ved en frodigere Væxt af de i Haverne

Statsskovene indtage et Areal af	75,404 Tdr. Ld
De offentlige Stiftelsers Skove	20,892 —
Grevskabernes	38,225 —
Baroniernes	17,329 —
Stamhusenes	25,822 —
Andre mindre Eiendomme	132,543 —
Fideicommissgodserne	8,857 —

Hele Landets Skovareal udgjør . . . 319,102 Tdr. Ld.

Frederiksborg Amt er den skovrigeste Del af Landet; det har over 36,000 Tdr. Ld. Skov, dernæst følger Præsto, Maribo og Aarhus Amter, hvert med 32—33 Tdr. Ld. Skov. Her findes endnu i Landet 145 □ Mile, som hverken ere optagne til Skov eller Ager, men selv om dette Areal beplanledes med Skov, vilde Danmark dog have langt mindre Skovland end de fleste andre Lande (Lütken: Statistisk Beskrivelse af de danske Statsskove, 1870).

*) Røstrup l. c. p. 74.

dyrkede sydligere Træarter*). Af særegne Arter har Moen 3 (*Erysimum hieracifolium*, *Galeopsis angustifolia*, *Epipactis atrorubens*) og Laaland 4 (*Lathyrus heterophyllus*, *Chaiturus Marubiastrum*, *Linaria spuria*, *Brassica oleracea*). Af de Punkter i dette Bælte, hvor Plantevæksten og navnlig Trævæksten frembyder særlig Interesse, skulle her udhæves de vigtigste. Moens Klint udmærker sig ved sin Rigdom paa kalkyndende eller kalkbundne Planter. Bogen fremtræder her i sin største Skjønhed, og det staaer i god Samklang med dette Træs Forkjærlighed for Kalk, at her allerede 1697 stod en fuldkommen ren Bøgebevoxing, to Mile i Omkreds, uden Indblanding af en eneste Eg, paa en Tid, da Egen ellers var dominerende i Landets fleste Skove**). Orchideerne spille naturligvis her en vigtig Rolle, og alle de danske Arter ere repræsenterede i Klinteskovene. Af andre Planter skulle udhæves *Ribes alpinum*, *Hippophae*, *Juniperus* og *Equisetum maximum*, som alle ere almindelige paa Klinten. Dernæst er ogsaa Ulfshale mærkelig baade ved sin Oprindelse og sin Plantevæxt. Dette nordvestlige Hjørne af Moen bestaaer nemlig udelukkende af en Række 3—11 Fod høje Havstokke, adskilte fra hinanden ved Torvemosedrag. Her stod i Middeldalderen en stor Skov af Bøg og Eg; nu er der kun Levninger af denne tilbage, bestaaende af Eg og Avnbøg, her har Kristornen en af sine længst mod Ost og *Sorbus torminalis* en af sine længst mod Nord fremskudte Forposter, og her voxer *Tilia parvifolia*, *Cornus sveica*, *Dianthus superbus*, *Scirpus rufus*, *Agropyrum junceum*, *Phleum arenarium*. — Paa Falster frembyder navnlig den østlige Side Interesse. Langs den nordlige Del af denne strækker sig den to Mile lange Korselitse Skov, der, hvor Bunden er mere tør og bestaaer af sandblandet Ler, er ren Bøgeskov, medens den, hvor Bunden er dannet af fugtig bindende Ler, har en betydelig Indblanding af Ege. De steile Lerskrænter langs Kysten ere bevoxede med Krat af Bøg, Slaaen og paa flere Steder af *Hippophae*. Paa den sydlige Del af Østkanten fremtræde Klitdannelser i større Maalestok og her findes mellem Østersøen og den saakaldte Ulslov Sø et fladt Vand, som ved Høivande staaer i Forbindelse med Botø-Nor, en for Botanikerne meget interessant Localitet. Den 5—600 Alen brede Strækning mellem Havet og Søen indtages helt af Klitter. Disse ere tildels bevoxede med lavt Krat, dannet af Hvidtorn, Slaaen, *Rhamnus Frangula* og *Ribes alpinum*. Paa andre Steder bestaaer Krattet af *Hippophae*. En mærkelig Trævæxt forekommer paa Øen Flato i Guldborgsund***). Hele denne lille og ganske flade Ø er overvoxet med et tæt Krat dannet af *Tilia parvifolia*,

*) Marienborg Have paa Moen, Corselitse Have paa Falster og Aalholm storartede Anlæg paa Laaland afgive især Beviser herpaa. Af de her dyrkede Træer og Buske skulle udhæves: *Catalpa syringæfolia*, rigtblomstrende, 37 Fod høj, *Magnolia acuminata* (55 Fod), *Gymnocladus* (38 Fod), *Virgilia* (24 Fod), *Taxodium* (26 Fod), prægtige Grupper af *Rhododendron maximum* (10 Fod) og af *Asalia pontica* (6 Fod). *Paulownia* har blomstret paa Gauno (og paa Als).

**) Vaupell l. c. p. 268. Bøgen har ogsaa andre Steder, hvor Kalk kommer til Overfladen, meget tidligt fortrængt Egen, saaledes i »Store Bøgeskov« ved Sorø.

***) Koch l. c. p. 91.

hvori er indblandet Eg, Naur, Ælm, Hyld, Benved, Vrietorn, Kornel, Hunderose, Slaaen og Hvidtorn, og her er det ogsaa, at de eneste vildtvoxende Exemplarer af *Tilia grandifolia* forekomme. — Laaland har langs med sin sydvestlige Kyst en lang sandet Havstok, som strækker sig fra Albuen til Kramnitse og fortsættes paa Bredfjed med temmelig høie Klitter. Paa denne Havstok, som tidligere har været adskilt fra Kysten, idet Rodby- og Nakskov-Fjorde have staaet i Forbindelse med hinanden, voxe adskillige sjeldnere Planter (*Brassica oleracea*, *Libanotis montana*, *Eryngium maritimum*, *Crambe maritima*, *Silene nutans* o. fl.). Den laalandske Plantevæxts eiendommelige Karakter viser sig mest udpræget i den sydvestlige Del, som begrændses ved en Linie fra Ohnse Vig paa Nordsiden til Sydsiden midt mellem Rodby og Nysted. Paa de lave side Lerjorder har Egen sin frodigste Væxt, Hveden giver flere Fold end andre Steder her i Landet, og flere karakteristiske Planter optræde her i Mængde (*Leonurus Marubiastrum*, *Betonica officinalis*, *Dipsacus sylvestris*). Nordost for den ovennævnte Linie strækker sig fra Birket Sogn til Nysted, fra Nordvest til Sydost, et mere bakket og navnlig mod begge Endepunkterne mere sandblandet Bælte, indsluttende alle Søer og Hedemoser paa Laaland*), og som derfor ogsaa især karakteriseres ved Hedemoseplanter. — Laaland udmærker sig ved sine store og smukke Egeskove, og Vaupell har vist (l. c. p. 151), at de laalandske Eges aarlige Tilvæxt i Tykkelse er forbausende stor — medens den normale Tilvæxt er $\frac{1}{5}$ Tomme, er den her i Alderen fra 10de til 70de Aar $\frac{1}{2}$ Tomme, og medens 150aarige Eges Stammer pleie at være $2\frac{1}{2}$ Fod i Gjennemsnit, ere de her 5 Fod. I Guldborglands Skove opnaa Egene en Hoide af 90 Fod, og i Christianssædes Skove findes to Ege, hvis Stammer have 32—33 Fod i Omfang. I de laalandske Egeskove er Linden (*Tilia parvifolia*) ofte indblandet, og paa flere Steder talrige Pæretræer, som her synes at være vildtvoxende. Desuden forekommer her Ælm og Ask og som Underskov Bævreesp, Naur, Venved, Kornel, Slaaen, Hvidtorn og navnlig Hasselen, der paa mange Steder danner uigjennemtrængelig Krat. »Største Delen af Skovene paa Laaland ere dog Blandingsskove, i hvilke Bøgen er i stadig Tiltagen paa Egens Bekostning; i nogle Skove, navnlig i den østlige Del, spiller Avnbøgen en betydelig Rolle, dels som Underskov, dels selv dannende hele Skove; saaledes findes en Avnbøgskov (Roden) paa 800 Tdr. Land ved Nysted« (Rostrup l. c. p. 56). Paa Øen Skjæl næs i Mariboso findes en gammel Birkeskov (*Betula pubescens*) med Underskov af Hægebær, og ved Soen tætved sees mægtige Fyrrestød, Levninger af de Fyrreskove, som i Urindvaanernes Tid dækkede Landet. I den vestlige Del af dette Bælte spiller Egen en mere underordnet Rolle, ligeledes Avnbøgen og Linden. Derimod udgjør *Acer pseudoplatanus* en væsentlig Bestanddel af næsten alle Skove og er utvivlsomt vildtvoxende her (M. Lange), ligeledes ere Ask og Ælm hyppige og *Cercasus Avium*, især paa Langeland, hvor den ved Hjørholm naaer en betydelig Størrelse

*) Rostrup l. c. p. 38 og 50.

og rager hoit op over Bøgen (M. Lange). Nogle af de mindre Øer, som Ærø, Dreie, Avernakø og Lyø, ere nu ganske skovløse, men have tidligere været skovbevoxede.

2) Det østlige Skovbælte eller Kristtornens Bælte indtager den østlige Del af Halvøen, nemlig den jyske Høiryg og dennes Affald indtil Havet, og desuden Fyens vestlige og nordvestlige Kystrand. Ligeledes slutter sig hertil Øerne Als, Samsø og Læsø. Høiryggen danner Vandskjællet, sænker sig temmelig brat mod Vest, hæver sig i sit høieste Punkt (Himmelbjerget) til 550 Fod og omslutter paa et imod Vest udskyende Plateau det store Bassin, hvori Skanderborgsø, Morso, Vangesø, Fulstrupsø og Brabrand sø ligge. Den bestaaer af Rullestenssand, der mod Øst er temmelig lerblandet og gradvis gaaer over i Rullestensleret. Denne Dannelse indtager nemlig et Bælte af 3—6 Miles Brede langs Østkysten, der dog paa mange Steder er afbrudt af de fra Høiryggen udgaaende Grene af Rullestenssand, som følgende Vanddragene omslutte de for Østsiden saa karakteristiske dybe Fjorde*). Ogsaa dette Bælte er frugtbar og skovrigt; mange Egne ere hoist maleriske og frembyde den skønneste Vexel af Agerland og Bøgeskov. De Forhold i Plantevæksten, som udmærke denne Del af Landet, ere følgende: Bøg og Eg ere ogsaa her de herskende Skovtræer, men foruden disse 1) forekommer her en Del Træer, som ganske mangle i det foregaaende Bælte eller ere yderst sjeldne der, nemlig *Quercus sessiliflora*, *Ilex Aquifolium*, *Taxus baccata* og *Juniperus communis*, medens 2) paa den anden Side flere af Sydbæltets Træer enten slet ikke forekomme her eller ere sjeldne, som *Acer Pseudoplatanus*, *A. campestre*, *Tilia grandifolia*, *T. parvifolia* og *Carpinus Betulus*, hvortil endnu kan foies at Birk og El her spille en vigtigere Rolle; 3) medens egentlige Heder ganske mangle i Sydbæltet, er der her en egen Form af Heder, de saakaldte Bakkeheder, som paa mange Steder indtage betydelige Arealer; 4) endelig er der et Antal urteagtige Planter, som ere karakteristiske for dette Bælte**). — Bøgen forekommer i rene Bevokninger helt op til de nordligste Egne i Jylland, altsaa under Bredegrader, hvor den i andre Lande begynder at forsvinde. Den er saaledes fremherskende i Vensyssels Skove, i Eskjær Skov tæt Syd for Skagen, i Sæbygaards Skov o. fl. St. Bøgen har ogsaa i denne Del af Jylland, paa saadanne Steder, hvor Bunden ikke er for fugtig, fortrængt Egen. I det største Skovdistrikt i det Indre af Jylland, Skovene om Silkeborg, som for 200 Aar siden indtog to Kvadratmile, udgjorde

*) Nord for en Linie, som drages fra Vest mod Øst mellem Lemvig og Kalo, træder Kridtet paa mange Steder op til Overfladen. Høiryggen fortsætter sig her i den jyske Aas, og nær ved Kysten ligge tre store mærkelige Moser (Lyngmoser), som tilsammen udgjøre c. 4 □ Mile, nemlig Sorigs og Raaborg Mose, store og lille Vildmose. Disse Moser ere Vige af Havet, som ved Klitdannelser ere bleve adskilte fra dette, og paa Bunden af dem findes talrige Muslingskaller.

**) Saadanne ere: *Luzula maxima*, *Covallaria verticillata*, *Arum maculatum*, *Frimula acaulis*, *Ranunculus lanuginosus*, *Sonchus palustris*, *Centaurea phrygia*, *Petasites albus*, *Cirsium heterophyllum*, *Phyteuma*, *Melampyrum sylvaticum*, *Thymus Chamædrys*, *Potentilla procumbens* (Lange l. c.).

Egen tidligere en væsentlig Bestanddel, men er nu næsten forsvunden, hvilket naturligvis her, ligesom andre Steder i Danmark, for en væsentlig Del skyldes Menneskets Indgriben. Medens Østkystens Skove ere fattigere paa Eg end Øernes, har denne Træart hævdet sit Herredomme paa mange Steder i det Indre af Landet. Den Del af Hald Skov ved Viborg, der benævnes Langskoven, er saaledes ren Egeskov. Men en saadan jydsk Egeskov har rigtignok en ganske anden Karakter end de laalandske Skove med deres 70 Fod høie, ranke Stammer. Vestenvinden viser allerede her sin kuende Magt. De krogede Stammer naa kun 10—18 Tommer i Tværmaal, og Kronerne ere svagt udviklede mod Vest. Træerne staa langt fra hverandre, sædvanlig i 20 Fods Afstand, og Underskoven bestaaer næsten udelukkende af Enebær, som ofte danne et saa tæt Dække, at Egeopvæksten kvæles (Vaupell l. c. p. 33). Mærkelig er Vinter-Egens Udbredning. Den forekommer hist og her i de jydsk Skove, mangler ganske paa alle Øerne, men optræder paany i Mængde paa Bornholm. I sin for dette Bælte mest karakteristiske Skikkelse viser Plantevæksten sig omkring Fjordene. I Skovene paa Sydsiden af den ved sine maleriske Omgivelser berømte Veilefjord bestaaer Underskoven af *Ilex Aquifolium*, *Juniperus communis* og *Taxus baccata*, og flere af de smukkeste og ellers i Danmark sjeldneste Bregner voxer her: *Lastræa Oreopteris*, udmærket ved sin Lugt, der minder om *Rosa rubiginosa*, *Struthiopteris* og *Blechnum Spicant* (Botan. Tidsskr., 2 Bd., p. 20). Kristtornen er utvivlsomt den mest karakteristiske Plante for dette Bælte. Medens den ganske mangler paa Sjælland og er yderst sjelden ellers i Landet, er den her saa almindelig udbredt i Strandskovene, at den paa nogle Steder (f. Ex. i Gylling-næs Skov) er et ligesaa besværligt Skovkrud som i Slesvig. Den holder sig sædvanlig som Busk, men bliver undertiden (ved Palsgaard) et 20 Fod høit Træ. Endnu i Tofte Skov i den sydlige Vildmose er den meget udbredt, og Nord for Limfjorden forekommer den i Hals og Melholt Skove og ligeledes paa Læsø. I et Par Miles Afstand fra Kysten bliver Kristtornen sjelden, men den er igjen hyppigere midt paa Halvøen og i de faa Skove, som staa tæt ved Vestkysten (Vaupell l. c. p. 57). — Taxen antoges at være ganske udryddet i Danmark, indtil den for faa Aar siden (1865) blev opdaget ved Veilefjord, hvor den mærkeligt nok saa længe havde unddraget sig Botanikernes Opmærksomhed. Den forekommer her under Forhold, som gjør det utvivlsomt, at den er vildtvoksende. Desuden er det bleven oplyst (Botan. Tidsskr., 2 Bd., p. 25), at den endnu i Mands Minde har været i Meilgaard Strandskove paa Nordsiden af den Halvø, som Jylland sender ud mod Øst (Djursland). — I en Del af dette Bælte, nemlig fra Mariagerfjord og noget Nord for Limfjorden, hvor Bunden er meget lav og fugtig, danner Ellen (*Alnus glutinosa*) og Birken (*Betula verrucosa*) Hovedbestandelen af Skovene*). — Den vestlige Lillebæltet begrænsende Del af Fyen stemmer i Plantevæksten overens med Jyllands Østkyst og henhører til de mest

*) Dette nordlige Parti maa ifølge alle sine Naturforhold betragtes som en egen Afdeling af Østbæltet.

malerisk skjøne Egne i Landet. Bæltet har Karakteren af en stor Indsø, overalt sees Øer eller de høie fra Fyens Kyst fremspringende skovklædte Odder. Bøgen viser sig her især paa Fæno og Fons Odde i en eiendommelig kjøn Skikkelse: med høie, ranke soileformede Stammer, og Kristtornen er i Strandskovene Syd for Middelfart ligesaa almindelig som i de slesvigske Skove (Vaupell). Blandt andre her forekommende for Jylland karakteristiske Planter skulle udhæves: *Ranunculus lanuginosus*, *Arum maculatum*, *Hypericum hirsutum*, *Schedonorus asper*, *Campanula latifolia*, *Veronica montana*, *Anthericum*, *Genista anglica* og *tinctoria*, *Ornithopus*, *Arnica*, *Phyteuma spicatum*, *Luzula maxima*, *Melampyrum silvaticum* (Botan. Tidsskr., 2 Bd., p. 10). — Paa Als, som har et Skovareal paa 3000 Tdr. Land, er Bogen meget overveiende, men for 100—200 Aar siden var Egen her det herskende Træ. Asken og Nauren er her hyppigere end de fleste andre Steder i Landet. — En karakteristisk Del af Plantevæksten paa Høiryggen udgjøre »Bakkehederne«. Bunden er her ofte noget lerholdig, og disse Bakker have tidligere været bevoxede med Skov — derom vidne de mange Levninger af Eg og Fyr, som findes i Moserne — men nu er Lyngen herskende her, hvor den opnaar en anelig Høide og er blandet med Enebær og Gyvel.

3) Det vestlige eller skovløse Bælte indbefatter hele den Del af Halvøen, som ligger Vest for Høiryggen, og henhører til to geologiske Formationer, den østlige Del til Rullestenssandet og den vestlige til Brunkulformationen. Dette Bælte er i sin største Del flad Slette, og Overgangen hertil fra Høiryggen er næsten overalt pludselig. Slettens Overflade dannes af Sand, i den østlige Del indtil en Dybde af 30—40 Fod, medens man i den vestlige Del allerede i en Dybde af 2—10 Fod træffer de for Agerdyrkingen saa uundværlige Mergellag. Sletten eller den egentlige Hede er imidlertid paa flere Steder afbrudt af lave oformede Bakkepartier, og i den Del af Heden, som ligger mellem Limfjorden og Kongeaaen, er der saaledes 3 store Bakkeøer: Skovbjerg Bakkeo, Audum-Varde Bakkeo og Herning Bakkeo, der tilsammen udgjøre c. 60 Kvadratmile, medens de mellemiggende Flader anslaaes til 50 Kvadratmile. Langs hele Vestkysten løber en Klitbræmme, der fortsætter sig ned over den vestlige Ørække, og indenfor denne ligger den frugtbare Marsk, dannet af Brunkulformationens *) omslemmede, af Havets Organismer gjennemtrængte

*) Brunkulformationen, hvis Lag tyde paa en meget rolig Udvikling, bestaaer af Glimmerler og gult, jernrigt Sand (Limonitsand) eller Sandsten og Conglomerat. Paa Øen Sylt vise denne Formations Lag sig uforstyrrede, uafbrudt paa en Strækning af over 1/2 Mil, og de fleste Bakkeøer i Fladerne vise under Rullestensformationens Sand- og Lerlag Brunkulformationens ved deres hvide Glimmerblade let kjendelige Lag og Brunkul, der ved Sandfuglegaarde i Skjernaadalen have en Mægtighed af 12 Fod. Men en meget stor Del af Brunkulformationen er ved senere Omvæltninger bleven forstyrret, og dens sandede Ler synes at have bidraget væsentlig til Dannelsen af Halvøens store Sandletter. Et meget mærkeligt Led af Brunkulformationen er Moleret paa Øerne Four, Mors, paa Limfjordkysten i Thy og paa Hannæs, en af de største Diatomekiseiddannelser, man kjender, og efter Diatomeernes Natur at dømme rimeligvis en Dybvands- og Havdannelse. — Paa den østlige Side af

Ler. — Dette Bælte er væsentlig skovløst og karakteriseres derved, 1) at her kun pletvis forekommer Levninger af fordums Skove som Krat, der i det Hele ere indskrænkede til de nysnævnte Bakkeøer, og derved, 2) at den øvrige Plantevæxt i Overensstemmelse med Jordbundsforskjellighederne falder i tre mindre fra Nord til Syd løbende Bælter: Hede-væxt-, Marskvæxt- og Klitvæxtbæltet. — Skovløsheden i denne Del af Jylland er ikke oprindelig, men skyldes dels Mennesket, dels Vestenvinden. At der endnu i den historiske Tid har været Skov lige ud til Vesterhavet og i de sletteste nu for al Trævæxt blottede Heder, derom vidne de mange Levninger af Træer i Tørvemoserne, de rodfæstede af Klitsand dækkede Træer i Kystranden og de mange Bynavne, i hvilke »Skov« eller »Lund« danne enten For- eller som sædvanlig Endestavelsen. Det er derfor ogsaa urigtigt, som man tidligere antog, at den sandstensagtige Masse, der paa mange Steder breder sig under Overfladen i Hedesletten, og som er bekjendt under Navn af Ahl, skulde være den egentlige Grund til Skovløsheden. Tvertimod, Ahldannelsen er en Følge af Skovløsheden, og den foregaaer endnu den Dag i Dag, hvor det af Lyngen beklædte Sandlag er jernholdigt. — I denne Del af Jylland er der i den historiske Tid skeet store Omvæltninger og Forandringer: Havet har bortskyllet mange Kvadratmile Land, Flyvesandet har bredt sig over store Kyststrækninger og dannet 50—100 Fod høje Bakkedrag, hvor der før var flad Mark, Skoven er forsvundet, og Lyngen har indtaget dens Plads. Men ikke mindre ere de Forandringer, som tilhøre den nyere Tid, som skyldes Menneskets Indvirkning, og som gaa ud paa at tilbagevinde det tabte: Marskdannelsen fremmes ved Diger, Vige af Havet og Soer udtørres, Sandflugten er dæmpet, og Heden omdannes til Mark og Skov. De ophøiede Partier i Sandfladerne, der ovenfor ere betegnede som Bakkeøer, og af hvilke der, foruden en Del mindre, navnlig findes tre meget store, »vise sig i den havlignende Lyngørken, sete i Frastand, som en omvendt Terrain«. De ere mere eller mindre, hvor de ikke ere dyrkede, bevoxede med Egekrat, og Egebuskene have her en Høide af 4—8 Fod. De karakteristiske Planter ere her: *Melampyrum pratense*, *Aira flexuosa*, *Anthoxantum odoratum*, *Arnica montana*, *Hieracium umbellatum*, *Solidago*, *Jasione*, *Trientalis*, *Potentilla Tormentilla*, *Rubus plicatus*, *Pteris aquilina*, *Genista*, *Lycopodium clavatum*, *Campanula rotundifolia*, *Achillea millefolium*, *Pimpinella Saxifraga* (Vaupell l. c. p. 295). — Paa Sandfladerne, de egentlige Heder, er der navnlig tre Planter, som mange Steder temmelig ligelig dele Herredømmet over Bunden mellem sig: Hedelyngen, Revlingen og Rensdyrlaven, og da snart den ene, snart den anden pletvis er mere fremherskende, har dette Plantedække et eiendommeligt broget, rødligt, grønt eller hvidt Udseende. Men desuden er der en Mængde, ofte nydelige Smaaplanser, som udbrede en eiendommelig Yde over Heden; disse ere: *Erica Tetralix*,

Halvoen, i den nordlige Del af Fyen og den nordvestlige Del af Sjælland optræder et yngre Led af Brunkulformatjonen som glimmerfrit, plastisk og skifrigt Ler (Førchhammer: Oversigt over Danmarks geognostiske Sammensætning, et Foredrag ved Naturforskermodet i Stockholm 1863).

Andromeda polifolia, *Vaccinium Vitis Idæa*, *Arctostaphylos ura ursi*, *Genista Anglica*, *Germanica*, *tinctoria*, *pilosa*, *Lycopodium clavatum*, *Chamæcyparissus*, *complanatum*, *Thymus Serpyllum*, *Gentiana campestris*, *Arnica montana*, *Orchis macutata* o. fl. I de kjeragtige Lavninger voxe: *Myrica Gale*, *Vaccinium uliginosum*, *Oxycoccus*, *Scirpus cæspitosus*, *Lycopodium inundatum*, *Selago* o. l. Klitbæltet indtager et Areal af omtrent 10 □ Mile, og Klitterne have paa mange Steder med deres Længdedale og Tværdale og deres 70—100 Fod høie Toppe, hvorfra man har en vid Udsigt over Hav og Land, Bjerglandskabets Karakter. Siden Slutningen af forrige Aarhundrede har der fundet en systematisk Bepantning af Klitterne med Klittag Sted, og Sandflugten er nu overalt dæmpet. I de sidste 20 Aar er der paa fire Steder bleven anlagt Plantninger af Naaletræer (*Pinus montana*, *P. Austriaca* og *Picea alba*), og disse ere lykkedes saa vel, at der er al Grund til at vente, at et bredt Skovbælte i Tidernes Løb vil komme til at bræmme den jyske Kyst. Det Plantedække, som er udbredt over de dæmpede Klitter, giver dem en eiendommelig graagrøn Farve og er dannet af *Psammia arenaria*, *Elymus arenarius*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Phleum arenarium*, *Carex arenaria*, *Iuncus Balticus*, *Salix repens*, *Jasione*, *Galium verum*, *Eryngium*, *Hieracium pilocella*, *Thymus Serpyllum*, *Campanula rotundifolia*, paa nogle Steder voxe *Hippophæe* og *Rosa spinosissima*, og Bunden er dækket af Rensdyrslavens og Korallavens tætte Tuer. I de fugtige Lavninger mellem Klitterne voxe de samme Planter som i Hedemoserne. — Marskdannelsen er foregaaet og fortsættes endnu stadig indenfor den Ørække, der fra Hjerting løber mod Syd som en Formur for Kysten, og den berører altsaa kun den sydlige Del af Jylland. Her har ligesom i den øvrige Nordsoen mod Syd begrænsende Kyststrækning fundet en meget gradvis Sænkning Sted, som blandt andet sees af de mellem Ørækken og Fastlandet i en Dybde af 10 Fod under Vandspeilet rodfæstede Stød af Fyrretræer*). Grænsen for Marskdannelsen betegnes mod Øst ved en indre Klitkjæde, der angiver den ældre Strand for Marskdannelsen og i Slesvig ligger langt fra det nuværende Hav. Da Forskjellen mellem Ebbe og Flod stiger indtil 8 Fod, tjener den flade Strand mellem Kysten og Ørækken (Vaderne) afvejlende til Færsel snart for Skibe, snart for Vogne og Heste. Medens Havet stadig bortskærer Partier af Øernes Vestrand — over en Mil Vesten for Øen Romo sees Ruiner paa Havbunden — afsættes igjen Dele heraf, nemlig det fine glimmerrige Brunkulsler, i det rolige Vand indenfor Øerne, saaledes at der i Slutningen af hver Flodtid bundfældes et tyndt Lag Slik, og denne Slikafsætning søge Beboerne at fremme ved Værker af Risflætning (Sliksamlere) eller ved aabne Jordværker (Lahninger). Ved denne daglige Tilvæxt forhoies Bunden stadig, om end meget langsomt (1 Fod nogle Steder i 6—8, andre Steder i 50 Aar), og ved de forskjellige Vegetationer, som derpaa afløse hin-

*) Forchhammer: Strandens Dannelse paa Vestsiden af den jyske Halvo (Dansk Folkeblad, Sde Aarg., 1842, Nr. 1—3).

anden, bliver efterhaanden Bunden af »Forlandet« skippet til at kunne inddiges. — Den første Plante, som indfinder sig paa den afsatte Slik, er *Microcoleus chthonoplastes*, der ved at gennemvæve de nytilkomne tynde Sliklag med sine fine Traade ikke bidrager lidet til at forhøje Bunden. Efterhaanden begynder *Salicornia herbacea* at udbrede sig, og denne afløses atter af *Lepigonum marinum*, *Sagina maritima*, *Chenopodium maritimum*, *Kochia hirsuta* og *Sasola Kali*, der forberede Bunden for den sidste Vegetation, som bestaaer af *Statice Limonium*, *Armeria maritima*, *Aster Tripolium*, *Plantago maritima*, *Triglochin maritimum*, *Artemisia maritima*, flere Arter *Atriplex* og *Scirpus*, *Juncus Gerardi* og endelig *Poa distans* og *marina**). Marsken bliver saaledes ved disse paa hinanden følgende Vegetationer omdannet til de naturlige Græsgange, der ere blevene saa berømte ved deres uudtømmelige Frugtbarhed, idet de Aar ud og Aar ind, uden at gjødes, kunne afgive Næring til store Kvægflokke.

4) Det nordsjællandske Bælte indbefatter Frederiksborg Amt og Odsherred af Holbek Amt og svarer saaledes omtrent til den Del af Sjælland, der bestaaer af Rullestenssand, og her findes ogsaa det for denne Dannelse karakteristiske bakkede Terræn. Her er en stor Rigdom paa Soer — blandt disse Arresø, den største i Danmark og tidligere en Vig af Havet — og Moser. Det er Danmarks mest skovbevødede Egn, og her findes den største sammenhængende Skov i Landet (Gribskov). Plantevæksten viser en Tilnærmelse til den i det østjydske Skovbælte. *Juniperus communis* har saaledes her en stor Udbredning, medens den saa godt som mangler i den øvrige Del af Sjælland, og Bakkehederne med *Vaccinium Myrtillus*, *V. Vitis idæa* og andre for dem karakteristiske Planter indtage navnlig i Skovene Øst for Esromsø store Strækninger**). Ligeledes er *Betula verrucosa* her ret almindelig og danner smaa Bevøxninger, saaledes omkring Gurrelø og i Hornsved, og *Alnus incana*, der i Slutningen af forrige Aarhundrede blev indplantet, forekommer nu mange Steder ganske som vildtvøxende. Det sydlige Bæltets Træer derimod ere i denne Del af Sjælland sjældne, saaledes Avnbøgen, Valbirk-Lønnen, Nauren, Linden og Asken. Rød-Ellen indtager de sumpige Lavninger i Bogeskoven. Blandt andre for denne Del af Sjælland karakteristiske Planter skulle udhæves: *Thymus Serpyllum*, *Trialialis Europæa*, *Arnica montana*, *Astragalus Danicus*, *Thesium ebracteatum*, *Sarothamnus*, *Lobelia Dortmanna*, *Rubus Chamæmoris*, *Viola mirabilis*, *Primula farinosa*, *Bidens platycephala*, *Carex cyperoides*. Bøgen er i de fleste Skove næsten eneherkende, og hvor der endnu er Ege tilbage, seer man overalt, naar Mennesket ikke lægger sig imellem, Bøgen i Begreb med at undertrykke dem; men tidligere har Egen været meget udbredt, og der findes adskillige Kæmpe-Ege som Levninger af fordums Egeskove. I den nordlige Del af Grib-

*) Note i Reventlows Skrift om Marskdannelsen paa Vestkysten af Hertugdømmet Slesvig. 1863.

***) Alle fire for Vestbæltet saa karakteristiske *Genista*-Arter mangle her.

skov (Krogedalsvang) og i nogle Nord for denne liggende Skove (Valby- og Haragerhegn) er der endnu en temmelig stor Rigdom paa Ege og herimellem flere af en anelig Størrelse; størst er Egenes Antal i Jægersborg Dyrehave, Charlottenlund, Ordrupskrat og Ermelund. Enkelte Ege have her Stammer med 18—23 Fod i Omfang i Brysthøide. De største Ege i Nordsjælland findes dog ved Jægerspris, hvor Kongeegens, Storkegens og Snøegens Stammer have henholdsvis 42, 36 og 26 Fod i Omfang. Medens den østlige Halvdel af Frederiksborg Amt er saa rig paa Skove, kan den vestlige Halvdel næsten betegnes som skovløs.

5) Det midterste Bælte indtager den midterste Del af Sjælland samt Østsiden og Midten af Fyen. Jordbunden frembyder stor Ensformighed — Rullestensleret er herskende — og de smaa klimatiske Forskjelligheder, som gjøre sig gjældende i andre Dele af Landet, spores ikke her. Det er derfor ogsaa den Del af Landet, som har den mindst særegne Plantevæxt. Her findes ikke de Planter, som ere mest betegnende for Havets Nærhed (som Kristtornen), og ligeledes mangle de Planter eller ere sjeldne, som tyde enten paa et mere sydligt Klima (som *Tilia grandifolia*, *Carpinus*, *Acer Pseudoplatanus*) eller et mere nordligt (som *Betula verrucosa*, *Juniperus*); fremdeles ere de mange Hedevæxter udelukkede herfra, og Marsk- og Klitvæxterne indtage kun meget smaa Strækninger. Dog maa her bemærkes, at paa de enkelte Punkter, hvor Kridtformationen træder op i Overfladen, gjør den sin Indflydelse gjældende ved Tilstedeværelsen af kalkyndende Planter i større eller mindre Mængde; saaledes i Fredskoven ved Alindelille (*Orchis ustulata*, *Anacamptis pyramidalis*, *Ophrys Myodes*, *Cephalanthera grandiflora* og *ensifolia*) og i Terkelskov ved Farum, hvor Saltholmskalken kommer tilsynne (*Botrychium Lunaria*). — Bøgen er her aldeles overveiende i Skovene. Linden og Asken forekomme her langt almindeligere end i Nordsjælland.

De ydre Belingelser, som bestemme Væxtforskjellighederne i de ovennævnte fem Bælter, kunne i Korthed sammenfattes paa følgende Maade: i det vestlige skovløse Bælte ere de Jordbundsforskjelligheder, hvortil Klit-, Marsk- og Hedevæxten ere knyttede, fremkaldte ved Havets og Vindens Indvirkning; i det vestlige Skovbælte bero Plantevæxtens Egenheder paa det bakkede Terræn med Hældning mod Øst. Vesterhavet kommer herved til i Forbindelse med Kattegattet at indvirke paa en ganske anden Maade paa Plantevæxten; det gjør nemlig her kun sin Temperatur udjævnende Indflydelse gjældende, hvilket viser sig i Kristtornens, Taxens og flere Bregners Forekomst. I det nordsjællandske Bælte er det Bunden (Rullestenssand) i Forbindelse med et lidt kjøligere Klima og i det sydlige Bælte ligeledes Bunden (det fede, fugtige Ler) i Forbindelse med en lidt høiere Temperatur, som giver Plantevæxten sin særegne Karakter. Midtbæltets Mangel paa Eiendommelighed grunder sig især paa dets centrale Beliggenhed og paa Jordbundens Ensformighed.

England, hvis større østlige Halvdel er et bakket Lavland, henhørende til yngre Dannelser, medens den vestlige Del, der bestaaer af ældre Dannelser, er bjergig, stemmer i sin Plantevæxt væsentlig overens med Mellemeuropa, men har dog, ligesom ogsaa Irland, en større Rigdom, end de andre Lande paa samme Bredegrad, paa saadanne Arter, som førdre et Kystklima. Der er saaledes navnlig et ikke ringe Antal Arter, som de til Kanalen stødende Dele af England og Irland have fælles med Kanaløerne og med Nordfrankrig, men som ikke gaa synderlig længere mod Øst og som altsaa ere bundne til Kystklimaet*). Andre Arter nærme sig til denne Kategori, men gaa dog længere mod Øst paa Fastlandet**). — I den sydvestlige og vestlige Del af Irlands Bjergegne forekommer der foruden Jordbærtræet, *Arbutus Unedo*, adskillige andre Arter***), som have hjemme paa den pyrenæiske Halvo og navnlig i Asturien. — Endnu et andet fremmed Element i den britiske Flora er et ikke ringe Antal norske Fjeldvæxter, som navnlig forekomme i Skotlands og tidtels i Cumberlands og Wales's Bjergegne†). — Forbes har vist, at man kun ved at se hen til tidligere geologiske Tilstande kan give en fyldestgjørende Forklaring af den britiske Floras Sammensætning, og at man da kommer til det Udslag, at de forskjellige floristiske Elementer have meget forskjellig Alder††). Naar Englands Flora er forskjellig fra andre Øfloraer derved, at den mangler endemiske Arter, maa det have sin Grund i, at Planterne ere indvandrede allerede dengang England stod i Forbindelse med Fastlandet, inden Kanalen endnu var dannet. Geologiske Undersøgelser have nemlig vist, at England i den post-pliocene Tid paa den ene Side stod i Forbindelse med Frankrig og paa den anden med Irland, og at Adskillelsen mellem disse Lande først har fundet Sted i den ældste historiske Tid. Det er saaledes heraf forklarligt, at England i Hovedsummen af sine Arter stemmer overens med den centrale Del af Europa, hvorfra de ere udvandrede. Nogle af disse Arter ere paa

*) Saadanne ere: *Mathiola sinuata*, *Senebiera didyma* (ogsaa paa Gotland), *Rubia peregrina*, *Erica vagans*, *Sibthorpia Europaea*, *Lobelia urens*.

***) Saadanne ere: *Corydalis claviculata*, *Fumaria capreolata*, *Hypericum Elodes*, *Malva moschata*, *Genista Anglica*, *Erica Tetralix*, *Ulex Europæus*, *Narthecium ossifragum*, *Brassica oleracea* (paa Laaland), *Cochlearia Anglica* (i Danmark), *Viburnum Lantana*, *Specularia hybrida*, *Calystegia Soldanella*, *Linaria Cymbalaria*, *Mentha rotundifolia*.

****) Disse ere: *Saxifraga umbrosa*, *elegans*, *hirsuta*, *Geum affinis*, *hirta*; *Erica Mackayana*, *mediterranea*, *Daboecia polifolia*, *Pinguicula grandiflora*, *Arabis ciliata*.

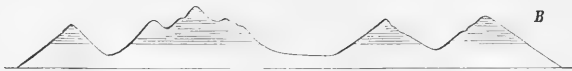
†) Saadanne ere: *Arenaria Norvegica*, *Primula Scotica*, *Draba rupestris*, *Lychnis alpina*, *Arenaria rubella*, *Astragalus alpinus*, *Sibbaldia procumbens*, *Saxifraga cernua*, *ricularis*, *Arctostaphylos alpina*, *Phyllocladus coerules*, *Azalea procumbens*, *Gentiana nivalis*, *Myosotis svaveolens*, *Veronica alpina*, *saxatilis*, *Betula nana*.

††) On the Connexion between the distribution of the existing Fauna and Flora of the british isles and the geological changes which have affected their area (Memoirs of the geological survey of Great Britain, V. 1, 1846, p. 336).

deres Vandring standsede i Østengland*), og andre ere ikke naaede saa vestlig som til Irland**). Bøgen synes her ligesom i Danmark at være sent indvandret (se i det Foregaaende p. 409). De ovennævnte Fjeldvæxter antages at hidrore fra Istiden. De lavere Dele af de britiske Øer vare dengang dækkede af Havet, og kun Bjergene i Skotland, i den vestlige Del af England og i en Del af Irland dannede Øer (hosstaaende Træsnit A), der



for største Delen vare dækkede af Gletschere; kun Kysterne nærede en Plantevæxt, der svarede til den, som nu findes i Grønland. Efter Istiden fandt en Hævning Sted, og herved bleve Øerne til Bjerge og Havbunden til et disse omgivende Lavland (hosstaaende Træsnit B). Klimaet blev nu gradvis varmere; en ny Plantevæxt tog Lavlandet i Besiddelse,



og kun paa de høiere og kølige Bjergtoppe blev Istidsoernes Flora bevaret. — Den mærkelige Forekomst af spanske Planter i den sydvestlige Del af Irland forklarer Forbes ved geologiske Forandringer, som ligge endnu længere tilbage i Tiden. Den Overensstemmelse, som finder Sted mellem de siluriske Lag i den sydlige Del af Irland og England paa den ene Side og i den nordvestlige Del af Frankrig (Bretagne) og den nordlige Del af Spanien og Portugal paa den anden Side, gjør det sandsynligt, at disse Kyster tidligere have udgjort Dele af en sammenhængende Landmasse, der antages at have været tilstede endnu i den tertiære Tid. O. Heer har bestyrket Rigtigheden af denne Antagelse og anført Grunde***), som tale for at dette Land («Atlantis», der dog ikke har noget med det Platoniske af samme Navn at gjøre) har strakt sig meget længere mod Sydvest og omfattet de canariske og azoriske Øer. Herved forklares det, at disse Øers Flora stemmer saa meget overens med Middelhavslanden†), men derimod er ganske forskjellig fra den nærmere liggende afrikanske.

*) Saaledes: *Anemone Pulsatilla*, *Myosurus minimus*, *Turritis glabra*, *Frankenia laevis*, *Holosteum umbellatum*, *Schleranthus perennis*, *Artemisia campestris*, *Melampyrum cristatum*, *Veronica verna*, *V. triphyllus*, *Stratiotes aloides*, *Sturmia Loeselii*.

**) Saaledes: *Thalictrum majus*, *Ranunculus hirsutus*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Thlaspi alpestre*, *Lychnis viscosus*, *Stellaria nemorum*, *Genista anglica*, *Astragalus hypoglottis*, *Spiraea filipendula*, *Potentilla verna*, *Ligusticum Scoticum*, *Valeriana dioeca*, *Scabiosa Columbariu*, *Campanula glomerata*, *Gagea lutea*, *Acorus Calamus*.

***) Flora tertiaria Helvetiæ, Vol. III, p. 343—44.

†) De europæiske Arter udgjøre paa de Azoriske Øer 78 pCt. og paa de Canariske 64 pCt.

De herskende og oprindelige Skovtræer paa de britiske Øer ere: Fyrren i Skotland, Sommer- og Vinter-Egen i England og Irland. Taxen*) og Kristtornen**) forekomme overalt indblandede, og der er neppe noget andet Sted, hvor disse to Træer have — og især tidligere havde — en saa stor Udbredning som her, hvorfor de ogsaa maa udhæves som særlig karakteristiske Øklimatplanter. I Skotland forekommer desuden almindeligt: *Juniperus communis*, *Betula glutinosa*, *Alnus glutinosa*, *Quercus pedunculata*, *Salix phylicifolia*, *lanata*, *Lapponum*, *Populus tremula*, *Sorbus aucurparia*, *Cerasus Padus*, *Ribes alpina*. I England er Sommer-Egen udbredt over hele Landet, men den er dog sjældnere i den vestlige, mere bjergrige, og nordlige Del; her er derimod Vinter-Egen overveiende og danner rene Bevoxninger, men i Lavlandet forekommer den kun spredt mellem Sommer-Egen. Ifølge Bentham skal den under forstnævnte Forhold fremtræde i mange Former, medens den ellers i England viser mere constante Karakterer. *Ulmus campestris* er meget almindelig i den sydlige og østlige, men mangler i den vestlige og nordlige Del. *Populus alba* forekommer nu som vild i den sydlige og østlige Del, men er ifølge Ewelyn indført i det 17de Aarhundrede fra Holland***). *Carpinus Betulus* er maaske vild i den østlige Del. *Sorbus Aria* er almindelig og ligeledes *S. torminalis*, dog kun i den sydlige og midterste Del. *Fraxinus*, *Alnus*, *Betula*, *Salix fragilis*, *alba*, *pentandra*, *purpurea*, *viminalis*, *Caprea* og *aurita* ere almindelig udbredte. England stemmer overens med Danmark deri, at Fyr og Gran mangle som skovdannende Træer, og naar man seer hen til at Granen enten mangler eller er sjelden i den vestlige Del af Norge til den 62°, kommer man til det Udslag, at dette Træ skyer Øklimaet. Ædelgranen har tidligere voxet i England og *Pinus montana* i Irland, saaledes som Torvemoserne vise†).

Ihvorvel Plantevæksten i Mellemeuropa i det hele viser stor Overensstemmelse, ere Forskjellighederne dog store nok til derpaa at begrunde en Adskillelse i tre naturlige Flo-raer: en vestlig, hvis Østgrændse temmelig noie betegnes ved Rhinen, en mellemste indbefattende Tydskland, Schweiz, Polen og Galizien, og en østlig, hvortil Ungarn hører, og som gradvis gaaer over i den russiske Steppeflora og mod Syd begrændses af Balkankjæden. Vegetationsforskjellighederne betinges navnlig ved den fra Nordvest mod Sydost stadig til-

*) Taxtræet spillede i Middelalderen her en overordentlig vigtig Rolle ved dets Anvendelse til Buer. Udforsælen heraf var derfor forbudt. Taxbuerne gjorde Udslaget ved Irlands Erobring 1172 og senere i Seirene ved Crécy, Poitiers og Azincourt. Taxbuerne bragte flere engelske Konger deres Bane: Harold ved Hastings, William Rufus i New Forest og Richard Løvehjerte ved Limoges i Frankrig.

**) Kristtornen mangler i den nordøstlige Del af Skotland.

***) Indført under Navn af Abeel, og dette Træs engelske Navn er «Abeel» (det franske «abel»; latinske «albellus»), og mærkeligt nok har denne Poppel i Jylland samme Navn.

†) Antallet af den britiske Floras Blomsterplanter er ifølge Babington's Manual 1708, men Bentham har i sin Handbook of the british Flora (1858) reduceret Arternes Antal til 1285 ved at lægge et videre Artsbegreb til Grund for sin Opfattelse. Watson har i sin Cybele Britannica (1847—49) givet en meget udførlig Redegjørelse for Arternes Udbredning.

tagende Forskjel mellem Sommer- og Vintertemperaturen og ved den forskjellige Indblanding af sydeuropæiske Elementer.

Den vestlige eller franske Flora karakteriseres for Cupuliferernes Vedkommende navnlig derved, at Kastanien, der har sit egentlige Hjem i Middelhavslændenes lavere Bjergbælte, her er udbredt over Lavlandet, og derved, at her i det Hele er indblandet et betydeligt sydeuropæisk Element. Frankrig har i sin vestlige Del adskillige eiendommelige Arter, som ere bundne til Kystklimaet (*Astragalus Bayonnensis*, *Galium arenarium*, *Linaria arenaria*, *Libanotis Bayonnensis*, *Laserpitium daucoides* o. fl.) og flere af disse gaa længere mod Nord (*Erica cinerea* til Norge). Den store Klitbrømme er siden Slutningen af forrige Aarhundrede bleven beplantet med *Pinus Pinaster*, og indenfor disse udstrakte Kystskove dækkes Landet af Heder (les Landes). Centralplateauet, hvortil hører Cantals og Mont Dore's 6000 Fod høie Hævningskratere og Auvergnens talrige udbrændte Vulkaner, men som væsentlig bestaaer af bølgeformige Gneisbjerge, danner med sin sydlige Forlængelse (Cevennerne) Grænsen for Middelhavslændenes Flora. I de Syd herfor liggende Departementer bestemmes Landskabets Karakter ved Oliventræets graa Farve og de herskende Træer og Buske ere: *Quercus Ilex*, *Arbutus Unedo*, *Juniperus Oxycedrus*, *Pistacia Terebinthus*, *Acer Monsperulanum*, *Quercus pubescens*, *Erica arborea*. Figenen voxer vild, og *Lavandula Spica* og *Stoechas* og flere *Cistus*-Arter ere almindelige. Fra en Høide af 1800 til 4500 Fod dannes Skovene af *Abies pectinata* og tildels af Bogen. *Viburnum Lantana*, *Sorbus aucuparia* og *Aria* og flere *Salix*-Arter danne Underskoven. *Pinus sylvestris* forekommer kun i en Høide af 2400 og 3000 Fod. De udstrakte Bjergflader og Toppe, som rage op over 4500 Fod, ere dækkede af Enge, hvori Fjeldvæxterne udgjøre en Bestanddel. Blandt Græsserne er især *Nardus stricta* herskende og blandt Fjeldvæxterne: *Anemone montana*, *alpina*, *Geum montanum*, *Soldanella alpina*, *Andromeda carnea*, *Gentiana nivalis*, *Saxifraga cæspitosa*, men Rhododendrer forekomme ikke her*). Jurabjergene, der, som v. Buch har vist, oprindelig dannede Korallrev langs det gamle Fastlands Kyst, hæver sig gradvis gennem tre Terrasser paa den franske Side, men sænker sig brat mod Schweiz. De høieste Toppe ere 5000—5500 Fod. Vinhaven omslutte hele Bjerget som en Ø til en Høide af 15—1600 Fod. I Saonedalen ved Bjergets vestlige Fod (6—900 Fod) er Sommer-Egen, Bogen og Avnbøgen herskende i Skovene. Indtil en Høide af 1800—2000 Fod indtager Bøgen de mod Syd og Egen de mod Nord vendende Skraaninger. Den første Terrasse er »en flad Høislette med Lyngmarker, et fattigt Agerbrug hist og her og enkelte daarlige Skove af Eg og Bøg«. Med den anden Terrasse begynder et meget fugtigt Klima, »idet de regnsvangre Vestenvinde her standses af en Mur af kjølige Ædelgranskove«, og rige Græsgange, der nære store Kvægflokke — herfra den berømte »fromage de Gruyère« —

*) H. Lecoq: Catalogue raisonné des plantes vasculaires du plateau central de la France. 1847.

vexle med herlige Ædelgranskove. I en Høide af 2500 Fod begynder Rodgranen at vise sig, bliver efterhaanden det herskende Træ i Skovene, og naaer op til 4200 Fod*). Toppen er bedækket med forkrøblede Bøge, hvorimellem sees Rod og Valbirk-Lon. Den østlige Side er bevoxet med Bøg paa de mod SO, men med Rodgran paa de mod NV vendende Skraaninger; kun paa de af Grus og Sand dannede Moræner voxer Fyrren. Rodgran og Ædelgran forekomme lige til Trægrænsen, men de danne kun mellem 2200 og 3400 Fod sluttede Bevoxninger. Her viser sig, da Jordbunden overalt er den samme, nemlig Kalk, maaske tydeligere end noget andet Sted den Indflydelse, som de til Bjergskraaningernes Retning knyttede klimatiske Betingelser udøve paa Trærnes Fordeling. Bøgen gjør sig saaledes gjældende her i meget forskellige Hoider, hvor den paa en mod SO vendende Skraaning er udsat for den tørrere Vinds Virkning, medens Ædelgranen fordrer den fugtige Vestenvind, og Rodgranen trives bedst paa de mod NV vendende Skraaninger**). En lignende Afhængighed af Bjergets Retning viser ogsaa *Buxus sempervirens* her. Paa de vestlige Skraaninger er denne Busk saa almindelig, at den bestemmer Landskabets Karakter, og den udbreder, navnlig over Ain-Dalen, en eiendommelig Ensformighed, men i de østlige Dele af Bjergtet er den sjelden***). — Vogeserne stemme i Skovenes Karakter væsentlig overens med Jurakjæden, uagtet det her ere ganske andre Bjergarter, som ere herskende (Granit, Gneis og Sandsten). Det er navnlig Ædelgran og Bøg, som i et næsten sammenhængende Skovbælte beklæde denne Bjergkjæde. Ædelgranen gaaer ned til Lavlandet, og det viser sig her ligesom paa Jurabjergene, at Bøgen tager Bunden i Besiddelse overalt, hvor Østenvinden har Adgang (P. E. Müller l. c.).

Den mellemeuropæiske eller Tydscklands Flora karakteriseres for Cupuliferernes Vedkommende derved, at Bøgen og Sommer- og Vinter-Egen her have deres største Udbredning, medens Kastanien og den tyrkiske Eg mangle. Fremdeles er Ædelgranens Optræden meget betegnende. Den synes her at have sit egentlige Hjem; den danner udstrakte Skove i Lavlandet (Polen) og sydligere i et eget Bælte paa Bjergene, hvor den (paa Bohmerwald) optræder som Urskov. Den har modsat Bøgen en nordostlig Polargrænse, da den fordrer en større Sommervarme. Hvad Plantevæksten i det hele angaar, findes her en stor Rigdom paa Arter, der dog aftager betydeligt mod Nord, men ingen eiendommelige, og Hovedsummen af Arterne ere de samme, som voxer i Rusland og tildels i Siberien. Disse Forhold grunde sig paa Tydscklands centrale Stilling, og de ringe Vanskeligheder, som de fysisk-geografiske Forhold her stille i Veien for Indvandring fra forskjellige Ud-

*) *Rhamnus alpina*, *Lonicera alpigena*, *Spiræa Aruncus*, *Gentiana lutea*, *Crocus vernus* høre til de karakteristiske Planter i Naaletrærnes Bælte.

**) P. E. Müller: Om Ædelgranens Forekomst i nogle franske Skove l. c.

***) J. Thurmann: Essai de phytostatistique appliqué à la chaîne du Jura et aux contrées voisines, T. 1—2, 1849.

bredningscentra, da det er bekjendt, at de endemiske Arters Antal er størst, hvor Vandrigen er vanskeligst. Fremdeles maa udhæves, at saadanne Arter mangle her eller ere indskrænkede til den vestligste Del, som fordre et Kystklima, hvilket især tydeligt viser sig i Kristtornens Udbredning.

Den Del af den nordtydske Slette, som staaer i umiddelbar Forbindelse med den cimbriske Halvo, hæver sig meget gradvis til en Høide af 300 Fod. Indenfor Marsken kommer et Bælte («Gesten») med en mager sandig Bund. Det er navnlig denne Bunds Mangel paa Kalk, som har en væsentlig Indflydelse paa Plantevæxtens Karakter, og det er dels Heder, dels Fyrreskove, som her høve Bunden i Besiddelse. Derpaa følger et smalt, noget høiere liggende Bælte med en af kalkholdig Ler dannet Jordbund, der strækker sig, fra Vest mod Øst tiltagende i Brede, fra Osnabrück over Hannover, Brunsvig, Magdeburg og videre mod Øst langs med Foden af de ældre Dannelser, og som af Grisebach ansees for at være Diluvialtidens Marskdannelse. Dette Bælte har oprindelig været helt overvoxet med Skove af Eg og Bøg, men er nu for største Delen indtaget til Agerbrug. Blandt de tilbageblevne Skove fortjene især at udhæves de prægtige Egevoxxinger langs med Elben mellem Magdeburg og Dessau og herfra til Lausitz*).

I den østlige Del af den nordtydske Slette, Provindsen Preussen, gjør Fastlandsklimaet sig gjældende. I Königsberg er den aarlige Middelværme næsten 5° R. og den høieste Vinterkulde er ÷ 25—28° R. Regnmængden er 17—18 Tommer. Det S. 407 omtalte Hoidedrag har her en stor Brede og hæver sig i sine høieste Toppe til 7—800 Fod (kun i Thurmsberg til 1066 Fod), og Plantevæxten i denne Del af Tydskland frembyder især Interesse derved, at adskillige Planter her have deres Vest- eller Nordvestgrændse. Dette gjælder saaledes om følgende russiske Arter: *Agrimonia pilosa*, *Euonymus verrucosus*, *Cenolophum Fischeri*, *Achillea cartilaginea*, *Corispermum intermedium*, *Trifolium Lupinaster*, *Cimicifuga foetida*, *Lathyrus pisiformis*, *Chærophyllyllum aromaticum*, *Artemisia scoparia*, *Rumex Ueranicus*, *Silene Tatarica*, *Adenophora liliifolia*, *Linaria odora*, *Carex cyperoides*. — Blandt de Planter, som her have deres Østgrændse, fortjener især at udhæves Bøgen. Den danner endnu i den vestlige Del af Provindsen Preussen smukke Skove ved Gutstadt. Det østligste Punkt, hvor Bøgen her forekommer som Skovtræ er ved Landsbyen Porschken, 3½ Mile Sydvest for Königsberg. Adskillige Planter have i denne Del af Tydskland deres absolute Sydgrændse, saaledes: *Betula humilis*, *Hierochloe borealis*, *Sorbus Scandica*, *Salix depressa*, *Lobelia Dortmanna*, *Litorella lacustris*, *Juncus Balticus*, *Bulliarda aquatica*, *Carex loliacea*. Andre have som Lavlandsplanter her deres Sydgrændse, men forekomme atter sydligere paa Bjergene, saaledes: *Rubus Chamæmoris*, *Cotoneaster vulgaris*, *Polygo-*

*) Grisebach: Die Vegetationslinien des nordwestlichen Deutschlands (aus den Göttinger Studien, 1847).

num viviparum, *Hippophae rhamnoides*, *Empetrum nigrum*, *Betula nana*, *Juncus filiformis*, *Eriophorum alpinum*, *Laserpitium latifolium*, *Salix myrtilloides*, *Alnus incana*, *Sveertia perennis* *).

I den nordvestlige Del af Tydskland har Grisebach vist, at der er mange Arter, som have den nordvestlige Grændse for deres Udbredning ved en Linie, som drages fra Neuholdensleben over Halberstadt, Nordhausen, Einsenach til Rhinen. Der er saaledes 100 Arter, som forekomme i Elbgebetet, men savnes i Wesergebetet, medens dette kun har 20 Arter, som savnes i hint. Denne Grændselinie bestemmes ikke ved nogen Forskjel i Jordbunden, men derved, at der i det nordvestlige Tydskland er mange Arter, som fordre en større Sommervarme end den, der findes i Wesergebetet, men kun faa, som paa Grund af den større Vinterkulde her have deres Østgrændse. Den klimatiske Indflydelse, som bestemme denne Plantegrændse, gjør sig navnlig tydelig gjældende i Göttingerdalen. Mange af de Planter, som i Thüringen nyde godt af en høiere Sommervarme, savnes nemlig her, fordi de varme østlige Luftstrømninger afkøles ved at passere Eichsfeld og Harzen, inden de naa Göttingen **).

For at belyse den Rolle, som Cupulifererne spille i denne Flora i Forhold til de andre Træer, meddeles nogle Bemærkninger om Plantebælterne paa det centraltydske eller harcyniske Bjergsystem: Böhmerwald, der fortsætter sig mod Øst i Erzgebirge og Sudeterne og ved Thüningerwald staaer i Forbindelse med Harzen. Det dannede i den palæozoiske og Stenkulformationens Tid en ringformig, væsentlig af Granit og Gneis bestaaende Ø, som omsluttede den nærværende bohemske Slette, der dengang var en Havbugt. Det var først, da Havbunden hævedes i Veiret mellem denne større og flere mindre Øer (nærværende Harzen, Schwarzwald, Vogeserne) i de paafølgende Perioder og navnlig i Triastiden, da den brogede Sandsten, Muslingkalken og Keuperen traadte frem som udstrakte Landmasser, at Centraleuropa viste sig som en større Ø, medens den mellemeuropæiske Slette endnu var dækket af Kridthavet. Ligesom Böhmerwalds Granit- og Gneismasser allerede udgjorde den største Del af hin Urtids Ø, saaledes er ogsaa nu dette Bjerg det egentlige Centrum for det harcyniske Bjergsystem, som ogsaa sees deraf, at det tildels danner Vandskjellet mellem Nordseen og Sortehavet. Det vil derfor være rigtigt, at gaa ud fra Betragtningen af Plantebælternes Forhold paa Böhmerwald. Denne Bjergkjæde danner med en Længde af 30 og Brede af 5 Mile Grændsen mellem Böhmen og Bayern — kaldes paa denne Side Bayerwald — og har sit høieste Parti, hvor Moldauens Kilder udspringe. Her rager Arber i Veiret med sin hornagtig fremtrædende Gneistoppe, og herfra har man en storartet Udsigt

*) Caspary: Ueber die Flora von Preussen (Abdruck aus der Festgabe für die XXIV Versamml. deutsch. Land- u. Forstwirthe zu Königsberg, 1863).

**) Grisebach l. c.

over den bohmiske og paa den anden Side over den bayerske Slette, hvor Horizonten begrænses af Alpernes takkede Kalkbjerge. Her findes tre ingenlunde skarpt, men dog temmelig tydeligt adskilte Plantebælter. Det laveste Bælte naaer fra Dalbunden (c. 1000 Fod) til 1800—2000 Fod. Her har Egeskoven næsten overalt maattet vige Pladsen for Kornmarker, Frugt- og Humlehaver. Det næste Bælte ligger mellem 2000 og 3000 Fod. Her er kun en lille Del af Jorden opdyrket; den aller største Del indtages af Skove, der bestaa af Bøg og Ædelgran, og som her og ligeledes i det følgende Bælte frembyde den særegne Interesse, at de endnu befinde sig i deres oprindelige Tilstand, staa saa godt som uberørte af Mennesket og ere virkelige Urskove*). Træerne have her ikke alene en ganske ualmindelig Størrelse, men ere ofte paa store Strækninger ensstore og staa meget tæt. Bøgene, hvis Stammer danne 60—80 Fod høie, 3—4 Fod tykke, glatte graalige Soiler, rage op til en Høide af 120—130 Fod; men endnu colossalere ere Ædelgranerne, der blive 150—200 Fod høie, og hvis Stammer have 20—30 Fod i Omfang. I Frastand sees derfor ogsaa Bøgens kuppelformede Lovhvælvy overrager af Ædelgranens pyramideformede Kroner. Benraadnende Stammer, der i 2—3 Lag dække Jorden, ere tæt besatte med Opvæksten af Ædelgraner i forskjellige Aldere — undertiden 30—40 Exemplarer i én Række paa en 60—70 Fod lang Stamme, hvorved der opstaaer en tilsyneladende kunstig Radplantning — kun dæmpet Lys kan trænge gennem det tætte Lovhvælvy, og Stilheden afbrydes ikke af Fuglesang; men Vindens Susen savnes sjelden i Trætoppene. En meget underordnet Bestanddel af disse Skove dannes af *Acer Pseudoplatanus* og *Ulmus campestris*, men Linden mangler ganske. — Imellem 3000 og 3500 Fod begynder Rodgranen at blive mere og mere almindelig, og mellem 3500 og 4500 Fod danner den udelukkende Skoven. Den opnaaer ikke en saa colossal Størrelse som Ædelgranen — dog ere 120—150 Fod høie Stammer med 12—16 Fod i Omfang meget almindelige — men den bliver ældre (7—800 Aar), og Urskovskarakteren gjør sig allertydeligst gjældende i den laveste Del af Rødgranbæltet (til 3600 Fod). Lagene af hensuldrende Stammer ere mægtigere, og her viser sig flere Forhold i Væksten, som minde om Tropezonens Urskove. Rodgranens Stamme sees ofte loftet i Veiret paa 8—10 Fod høie pandanagtige Rodgrene, og det er ikke ualmindeligt, at de nedliggende horizontale Grene slaa Rodder paa de Steder, hvor de berører Jorden, og herfra skyde da nye Stammer i Veiret i nogen Afstand fra Modertræet. Paa en Høide af 3600 Fod begynde Rodgranerne at aftage i Størrelse, Aarringene blive her kun meget smalle, og Grenene brede sig langt ud til Siden, men det sygelige Udseende, som ellers er saa almindeligt hos de med Laver tæt besatte Træer paa Grændsen af deres Udbredning, sees ikke her. Ligesom Bjergene her i det hele savne

*) Göppert: Skizzen zur Kenntniss der Urwälder Schlesiens und Böhmerwald (*Nova acta naturæ curiosorum*, Tom. XXXIV).

den sædvanlige alpine Karakter: steile Skrænter, dybt indskaarne Dale, mægtige Fjeldvægge, nøgne Kamme og fremragende Toppe, saaledes er ogsaa Fjeldvæxternes Bælte kun svagt antydet*), og noget Bjergfyrbælte findes her ikke. Derimod spiller Bjergfyren en vigtig Rolle i den øvre Del af Moldaudalen. Denne er nemlig tilligemed en Del af de heri udmundende Sidedale indtagen af en 7 Mile lang og $\frac{1}{2}$ Mil bred Tørvemose. Bjergfyren (begge dens Hovedformer) voxer her som Urskov over hele Mosen, og Tørvemassen er næsten alene dannet af den. Den opnaar undertiden en Alder af 400 Aar, og i Mosens overste Lag kunne tydelig adskilles 3—4 Generationer af Stammer, som repræsenterer et Tidsrum af idetmindste 1000 Aar**). — Böhmerwald er saaledes et af de faa Steder i Europa, hvor Skovene have vedligeholdt den oprindelige Karakter, som de maa antages at have haft i alle denne Verdensdels Lande***), da disse endnu kun nærede en sparsom Befolkning. De klimatiske Betingelser ere imidlertid her særlig gunstige for denne overvældende Fyde i Trævæxtens Udvikling. Regnmængden udgjør nemlig her i Skovbæltet 60—80 Tommer, medens den i Prag kun er 14—15 Tommer. Ikke desto mindre vilde Urskoven her dog gaa sin Undergang imøde, hvis der ikke af Eieren var truffen særlig Foranstaltning for at holde den vedliget). Men paa den anden Side kan man allerede nu indse, at den netop ved at overlades til sig selv i Tidernes Løb i en vis Henseende vil undergaa en Forandring; Forstmændene have nemlig iagttaget, at Rødgranen er stærkt i Begreb med at udbrede sig paa Ædelgranens og Bøgens Bekostning.

Vende vi os fra Böhmerwald til de andre Dele af det hærnyske Bjergsystem, da ere de fleste af disse lavere; kun Riesengebirge hæver sig til en lidt større Høide (5000 Fod), men naaer dog ikke op over Snegrænsen, ihvorvel Sneen bliver liggende paa de høieste Toppe den største Del af Sommeren, hvortil ogsaa Navnet Schneekoppe hentyder. Hvad Plantebælterne angaaer, stemme Fichtelgebirge, Erzgebirge og tildels Thüringerwald i det hele væsentlig overens med Böhmerwald, naar man undtager, at Urskovskarakteren der mangler, hvorimod Bælterne paa Harzen ere rykkede meget lavere ned, og Riesengebirge og Sudeterne vise i flere Henseender en Tilnærmelse til Karpaterne. — Erzgebirge bestaar væsentlig af Granit, Gneis og Glimmerskifer, har en bølgeformig Overflade og sit steileste Affald mod Böhmen, og den høieste Top er 3800 Fod. Skovene dannes i det laveste Bælte af Fyr og Bøg, i det høieste af Ædelgran og Rødgran. Paa Toppen voxer

*) *Soldanella montana*, *Gentiana Pannonica*, *Senecio subalpina*, *Poa alpina*, *Doronicum Austriacum* voxer her.

**) Da Tørvemassen har en Mægtighed af 18—24 Fod, har man et Middel til at beregne Mosens Ælde.

***) Kun i Schlesien, og nogle Steder i de østerrigske Stater, navnlig i Slavonien og Kroatien, have Skovene endnu tildels vedligeholdt Urskovskarakteren.

†) Urskovene paa Böhmerwald høre til Fyrst Adolph v. Schwarzenbergs Godser Krummaw, Winterberg etc., og Eieren har taget den Bestemmelse, at en meget betydelig Strækning heraf ikke skal underkastes nogen forstmæssig Behandling.

Pinus montana, og her forekommer *Arnica montana* i stor Mængde*). — Paa Thüringerwald, hvis høieste Toppe hæve sig til 3000 Fod, ere de herskende Skovtræer mellem 1500 og 2000 Fod Bøg og navnlig Rødgran. Bøgen er mest indskrænket til de beskyttede Dalskraaninger, medens Granen ogsaa er udbredt over de fritliggende Toppe; Bøgen forekommer dog ogsaa her, men som Busk (til 2600 Fod). Ædelgranen danner kun paa enkelte Steder smaa rene Bevoxninger, men forekommer næsten overalt indblandet i enkelte Exemplarer. Af og til optræde: *Acer Pseudoplatanus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Populus tremula*, *Sorbus aucuparia* og *Betula alba***). — Harzen hæver sig som et isoleret Bjerg op over Lavlandet, faldende jævnt af mod Syd, men temmelig brat mod Nord, og bestaaer i sin største Del af Graavakke, der slutter sig om Foden af to Granitkupler, af hvilke Brochen er den høieste (3508 Fod). Bøgens Bælte gaar op til 2000 Fod. Her forekommer ogsaa Eg, Ahorn, Ælm, Lind og Frugttræer. Fra 2000 til 3200 Fod dannes Skovene af Rødgran. Paa Brochen er der et lille Bælte af Fjeldvæxter (*Anemone alpina*, *Hieracium alpinum*, *Aster alpinum* o. l.) mellem 3200 og 3500 Fod. Grisebach søger vistnok med Rette Grunden til den lave Trægændse i den Formindskning af Sommervarmen, som bevirkes ved den nærmere Beliggenhed ved Havet og den herskende nordvestlige Vind***). — Sudeterne hæve sig i deres høieste Top, Altvater, til 4500 Fod. I det schlesiske Lavland, som strækker sig langs med Nordostsiden af denne Bjergkjæde eller i Oderdalen, i Midten af hvilken Breslau ligger (paa 360 Fod), bestaaer Skoven dels af Lovtræer, navnlig SommerEgen, hvor Bunden er Ler — her voxer ogsaa Avnbøg, Ælm, Lind, Bævre- og Sort-Poppel — men af Fyr, hvor Bunden er sandig. Egen gaar op til 1500 Fod. Bøgen er det herskende Træ i det lavere Skovbælte og danner udstrakte rene Bevoxninger til en Høide af 1500—2000 Fod, forekommer dog endnu som Træ til 2700 Fod, men over denne Høide kun som Busk. Som indblandede i Bøgeskoven optræde: *Fraxinus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Tilia parvifolia*, *Acer Pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *incana*, *Betula alba*, og de 4 sidstnævnte danne hist og her mindre rene Bevoxninger. Mellem 2000 og 3000 Fod gjøre Naaletræerne, Rødgran og Ædelgran sig mere og mere gjældende, indtil omsider Rødgranen er eneherskende i det øverste Skovbælte. *Pinus sylvestris* spiller en underordnet Rolle; i en Høide af 1600 Fod danner den paa nogle Steder smaa Bevoxninger, gaar sjelden i større Partier til 2200 Fod, forekommer ellers i denne Høide kun indblandet og mangler ganske i det øverste Skovbælte. Naar man nærmer sig de høieste Toppe, viser der sig en paafaldende Forskjel mellem de mod Syd og de mod Nordvest vendende Skraaninger; paa disse sidste vedligeholde Træerne endnu en ret kraftig Væxt, og Bregnerne

*) Göppert l. c.

**) Hise: Forstbotanische Wanderung in Thüringerwald (Verhandl. des botan. Vereins für die Provinz Brandenburg, 1864).

***) Die Vegetationslinien des nordwestlichen Deutschlands, p. 88

optræde her med en næsten tropisk Yppighed. *Aspidium Filix mas* og *Pteris aquilina* dække i mandshoie Exemplarer store Strækninger, og her findes ogsaa en større Rigdom paa sjældne Arter (*Aspidium lobatum*, *Braunii*). Paa Toppene forekomme endnu forkrøblede Rødgraner, men *Sorbus aucuparia* og *Vaccinium Myrtillus* have her næsten fortrængt al anden Plantevæxt, og især breder sidstnævnte sit ensformige 2 Fod høie Dække over alle Toppe. Mærkeligt er det, at *Pinus montana*, som forekommer paa Bjergene baade Vest og Øst for Sudeterne, ganske mangler i denne Bjergkjæde. Rug dyrkes her endnu i en Høide af 2500 Fod, men modnes først i September, Havre til 2800 Fod, men den høstes i Regelen saa sent, at den første Sne er falden*). Fjeldvæxternes Bælte er her stærkere udviklet (mellem 3600 og 4500 Fod), end paa de hidtil omtalte mellemtydske Bjerge. Her forekommer c. 100 Arter, som mangle paa Böhmerwald, og blandt dem to høinordiske (*Pedicularis Sudetica* og *Saxifraga rivalis*). *Juniperus nana* erstatter her *Pinus montana***). — Sudeterne staa mod Nordvest i nøieste Forbindelse med Riesengebirge, mod Sydost nærme de sig ved de Teschniske Bjerge og Babia Gora til Karpaterne, og mod Sydvest ere de forenede med de böhmisk-mähriske Hoiflader, der paa denne Side lukke for det böhmiske Bækken. — Riesengebirge (Schneekoppe 5000 Fod) adskiller sig fra alle de mellemtydske Bjerge ved sin vilde Alpenatur, sin nøgne Bjergkam, fremragende Toppe og steile indtil 1000 Fod dybe Afgrunde. I Plantebælterne stemmer det overens med Sudeterne, men er dog forskjellig derved, at *Pinus montana* optræder i det øverste Bælte. — Babia Gora, der ligger i Galizien, er adskilt fra de ungarske Karpater ved en næsten 8 Mile bred Dal. *Pinus montana* og *Juniperus nana* voxer her fra 4240 Fod og næsten til Toppen (5080 Fod). — De böhmisk-mähriske Hoiflader (1500—2000 Fod) have en bølgeformig Karakter og sænke sig gradvis ned mod Floden March. Skovene bestaa her af Rødgran, Ædelgran, Fyr og Bog, men denne udgjør kun en underordnet Bestanddel (c. $\frac{1}{16}$)***). — Fra de mellemtydske Bjerge til Alperne strækker sig den sydtyske Høislette, indtagende den største Del af Bayern. Den er ved Raube Alp og Fränkische Alp sondret i en nordlig og sydlig Del. Vi skulle her lidt nærmere betragte denne sidste. Den begrænses mod Nord af Donauen, har her sit laveste Parti (8—900 Fod) og hæver sig gradvis gennem tre Terrasser†) til Foden af de bayerske Alper, en af Tyroler-Alpernes ydre af Kalk dannede Kjæder, hvis høieste Punkt, Zugspitz, hæver sig til 9024 Fod. Denne Høislette, der udgjør

*) Flora 1840, p. 17. — Verhandlungen des botanischen Vereins für die Provinz Brandenburg, 6ter Jahrg. (1864), p. 138.

**) Wimmer: Neue Beiträge zur Flora von Schlesien, zur Geschichte und Geographie derselben, 1845. — Göppert l. c.

***) Pokorny i Verhandl. des zool.-botan. Vereins, 1867, p. 59.

†) Donauer-, Münchener- og Preisenberger-Terrassen. Ovenstaaende Bemærkninger om den sydbayerske Høislettes Vegetationsforhold ere navnlig hentede fra Otto Sendtners: Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns, 1854.

den ovre Del af Donauens Flodsystem, hvor den fra Syd modtager Tiløb af sine tre store Bifloder: Lech, Isar og Inn, var endnu i den tertiære Tid den vestligste Del af en fra Sortehavet udgaaende lang smal Havbugt, blev senere til en stor Indsø og er derpaa gradvis bleven omdannet til Land. Med denne Dannelsesmaade staaer det i Forbindelse, at her findes saa betydelige Arealer, der indtages dels af Torvmøser, dels af Heder. Torvmøserne dække saaledes over 20 □ Mile, og Erdingermoor paa venstre Isarbred mellem München og Freising alene 4,6 □ Mile. Hederne indtage store fuldkomment flade Strækninger, navnlig paa de Steder, hvor Iller, Lech (Lechfeld) og Isar udmunde i Donauen. Bunden er kalkblandet Sand og Grus, ofte dækket af et Lerlag. Hvad Plantevæksten angaaer, have disse Heder kun det fælles med den nordiske Lynghede, at de ere træløse; thi hverken Lyngen eller nogen anden enkelt Planteart er her overveiende. Her findes et broget Tæppe af urteagtige Planter, Halvbuske og Buske henhørende til mange forskellige Familier*). Store Hedestrækninger, som nu ere for ufrugtbare til at dyrkes, have for halvandet tusind Aar siden været benyttede til Agerbrug, saaledes som de her fundne Oldsager vise, eller været skovklædte. Romerne fandt Landet her overvoxet med Skove, fugtigere og frugtbare end nu; først efter Skovens Rydning have Hederne taget Bunden i Besiddelse. — Bayern har dog et betydeligt Skovareal, og Rodgranen er det almindeligste Skovtræ fra Donauen og til en Høide af 5340 Fod. Ædelgranen er hyppigst i de laveste Dele af Hoisletten især paa dyb Lerbund; paa Bjergegnene, hvor den stiger til 4600 Fod, forekommer den mest i Selskab med Rodgranen. Lærken mangler i den vestlige Del af de bayerske Alper, men i den østlige Del danner den tilligemed Zirbelfyrren paa 6000 Fod den øverste Trævæxt. Sidstnævnte Fyrreart voxer navnlig mellem 4700 og 5750 Fod, men den er nu paa mange Steder næsten udryddet, da dens fine, vellugtende Ved er meget søgt til Træskærerarbejde. *Pinus sylvestris* gaaer til 4900 Fod, men forekommer i Reglen kun i smaa Grupper eller i spredte Exemplarer. *Pinus montana* er især udbredt mellem 4300 og 6250 Fod. Taxen voxer mellem 1150 og 4300 Fod. Sommer-Egen gaaer mange Steder kun til 2000—2500 Fod og stiger aldrig over 2800—2900 Fod. Vinter-Egen er sjelden Syd for Donauen og mangler ganske i de bayerske Alper, hvilket staaer i en mærkelig Modsætning til dens Udbredning andre Steder, hvor den i Regelen gaaer høiere op paa Bjergene end Sommer-Egen. Bøgen har i det hele, dog navnlig paa frie Skraaninger, sin Høidegrænse paa 4370 Fod, men forekommer i enkelte Exemplarer paa 4600—4700 Fod; i Dale og paa Dalskraaninger ligger Grænsen for dens Udbredning 300—900 Fod lavere. Begge Ellearter forekomme langs med Floderne; men ikke paa samme Steder eller mellem hinanden;

*) Sendtner fandt i Bayerns to største Heder (Lechfeld og Garchingehaide) 222 Arter. Af disse ere 54 Arter særlig karakteristiske for Heden, saasom: *Linum flavum*, *Linomyris vulgaris*, *Aster Amellus*, *Carduus defloratus*, *Hypochaeris maculata*, *Potentilla rupestris*, *Dorychnium suffruticosum*, *Arctostaphylos officinalis*.

Graa-Ellen voxer nemlig kun paa de Flodbredder, som have en kalkholdig Bund, medens Rod-Ellen foretrækker de Sumpstrækninger, som mangle Kalk. *Betula verrucosa* er almindelig paa Høislettens magre Sandbund. I Udkanten af Bøgeskoven forekomme Ælmen, Asken (til 4200 Fod) og Linden (*Tilia grandifolia*, til 3000 Fod), *Tilia parvifolia* og *Acer platanoides* ere sjældne, og sidstnævnte gaaer kun op til 3300 Fod, medens *Acer Pseudoplatanus* først har sin øvre Grændse ved 5100—5200 Fod, hvilket staaer i en mærkelig Mødsætning til disse to Arters Nordgrændse, der for denne ligger paa 56°, men for hin paa 62°. Rønnen er det Løvtræ, som gaaer høiest op paa Bjergene (til 5530 Fod). — Temperaturforholdene paa den bayerske Høislette ere væsentlig de samme som i Danmark, og Plantevæksten har i det hele en meget nordligere Karakter, end man skulde vente efter Bredegraden. Af Sydbayerns 1611 Blomsterplanter forekomme 1068 ogsaa i Skandinavien.

Den tredje mellemeuropæiske Flora indbefatter det ungarske Lavland og de samme omsluttende Bjerger*). Fastlandsklimaet gjør sig her mere gjældende end i Tydskland**), hvorfor alle saadanne Planter ere udelukkede herfra, som fordre en mild Vinter. Her findes en Del eiendommelige Arter, blandt hvilke skulde udhæves *Kütabelia vitifolia*, *Syringa Josikæa*, *Cirsium furiens*, *C. brachyphyllum*, *Ferula Sadleriana*, *Orobis ochroleucus*, og her finder en større Indblanding Sted af sydeuropæiske Former end i den tyske Flora, navnlig af saadanne, som voxe paa Bjergene i Grækenland og Tyrkiet eller i østligere Egne; blandt Træerne saaledes: *Quercus Cerris*, *Corylus Colurna*, *Tilia tomentosa*, *Acer Tataricum*. Wiener-Bækkenet danner Vestgrænsen for mange — Neilreich nævner 132 — østlige Arters Udbredning; blandt disse skulle her udhæves: *Arum orientale*, *Sal-sola Soda*, *Plantago maxima*, *Inula Oculus Christi*, *Doronicum Caucasicum*, *Vinca herbacea*, *Delphinium orientale*, *Tilia tomentosa*, *Acer Tataricum*, *Amygdalus nana*, *Cratægus pentagyna*, *C. nigra*. — 167 Arter fra den sydlige og sydøstlige Del af Europa overskride ikke Karpaterne, saaledes: *Ruscus Hypoglossus*, *aculeatus*, *Carpinus orientalis*, *Quercus Cerris conferta*, *pubescens*, *Daphne Laureola*, *Acanthus longifolius*, *Acer obtusatum*, *Païurus aculeatus*, *Rhus Cotinus*, *Cytisus Laburnum*, *Clycyrhiza glabra*, *echinata*. — Hvad Cupulifererne angaaer, maa det især udhæves, at *Quercus Cerris* har en stor Udbredning her, medens Kastanien mangler. Ligeledes er *Quercus pubescens* almindelig og optræder her i mange Former, af hvilke nogle danne Overgang til *Q. sessiliflora* (*Q. Streimii* Heuff. og *Q. pallida* Heuff.), og andre ved deres stilkede Frugter til *Q. pedunculata* (*Q. Budayana* Haberle og *Q. ambigua* Kit.). En for Ungarn eiendommelig Art er *Q. conferta*, udmærket ved sit store dyblappede Blad, maaske den smukkeste af Lepidobalanernes Gruppe. Sex andre af

*) Neilreich: Aufzählung der in Ungarn und Slavonien bisher beobachteten Gefässpflanzen, 1866.

**) I Midten af Lavlandet er Middeltemperaturen for hele Aaret 10° C., for Januar ÷ 1,2°, for Juli 22°. Den høieste Varme er 35°, den høieste Kulde ÷ 25—30°.

ungarske Botanikere opførte Arter (Neilreich l. c., p. 78) ere endnu kun meget ufuldstændig kjendte.

Den største og mest karakteristiske Del af Ungarn er den 1700 □ Mile store til alle Sider af Bjerge omsluttede Slette, Ungarernes Alföld. Den var i den tertiære Tid en Del af den lange smalle Havbugt, som dengang indtog hele Donauens Flodgebét, senere en umaadelig Indso, og den er nu Donauens af diluviale Sand- og Lerlag dannede høist eendommelige Flodgebét fra det Sted, hvor denne Flod træder ind gennem den saakaldte ungarske Port, en smal Dal mellem Leythabjergene og Karpaterne, til hvor den gennem Jernporten (Porta ferrea), en 18 Mile lang Fjeldrevne, løber ind i Vallakiet. Det er en uoverskuelig træ- og stenløs Slette, »et afrevet Stykke af den russiske Steppe«; kun Donauens Bredder og de smaa Sandhøie langs med Randen af de omsluttende Bjerge ere skovklædte. Hvorvel Stepperne her, de saakaldte Pustaer, som begynde Øst for Donauens store Boining og navnlig indtage hele Theisflodens Gebét, i det hele ligne de russiske og ligesom disse have en kort, væsentlig til Foraaret indskrænket Vegetationstid, udmærke de sig fordelagtigt ved ikke ganske at mangle Regn om Sommeren og ere saaledes meget bedre end de russiske Stepper skikkede til Agerbrug*). Uagtet det egentlige Steppereal saaledes er blevet betydelig formindset ved at indtages til Dyrkning, er der dog endnu meget betydelige Strækninger, som henligge i deres oprindelige Tilstand. Alfölden, der i sin største Del har en Middelhøide af 250—300 Fod, har enten en tør Bund, som i Sand- og Saltstepperne, eller en fugtig Bund, som i de store hvert Aar oversvømmede Eng- og Mosestrækninger langs med Donau og Theis. Udstrakte Sandstepper forekomme mellem Pest og Kecskemét, ved Debreczin og i den vestlige Banater Militærgrændse og ligeledes mellem Romerskandserne og Karas, hvor der ogsaa findes Flyvesandshøie. Græsserne ere her overveiende**), dels de samme som voxer i de russiske Stepper, som *Stipa pennata* og *capillata*, dels andre, blandt hvilke især *Andropogon* (*Pollenia*) *Gryllus* er almindelig. Mange andre Planter danne her, men kun i det kortvarige Foraar, et broget Blomstertæppe***). — Den saltholdige Bund fremtræder mest i smaa o- eller baandformede Pletter i Græssteppen, Levninger af Fortidens Havbund, der dog ved den østlige Bred af Neusiedler

*) Kerner: Das Pflanzenleben der Donauländer, 1863. — Grisebach in Göttinger gelert. Anzeigen, 1863, p. 1688.

**) Græsstepperne eller Pustaerne indtage efter Skovene og Agerlandet de største Strækninger (15 pCt.) i Ungarn.

***) Karakteristiske Planter for Græsstepperne ere: *Alopecurus agrestis*, *Phleum Boeheimeri*, *Hierochloa borealis*, *Corynephorus canescens*, *Avena pratensis*, *Koeleria cristata*, *Festuca ovina*, *Bromus mollis*, *B. tectorum*, *Carex hirta*, *Colechicum arenarium*, *Juniperus communis*, *Ephedra vulgaris*, *Achillea Millefolium*, *Inula Oculus Christi*, *Artemisia scoparia*, *Centaurea paniculata*, *Thymus Serpyllum*, *Alkanna tinctoria*, *Melanpyrum cristatum*, *Amygdalus nana*, *Ononis spinosa*, *Cytisus Austriacus*, *Anthyllis vulneraria* o. m. fl.

Soen o. a. St. indtage større Strækninger. Af de her forekommende Saltvæxter (*Salsola Soda*) ere de fleste de samme, som voxe ved vore Kyster, som: *Triglochin maritimum*, *Salicornia herbacea*, *Atriplex littoralis*, *Plantago maritima*, *Aster Tripolium*, *Artemisia maritima*, *Glaux maritima* o. fl. De Partier af Alfolden, som have sumpig Bund, ligge i Flodernes umiddelbare Nærhed. Donauen, der paa flere Steder udvider sig til en Bredde af 4000—6000 Fod og har en Dybde af 20—60 Fod, omslutter utallige større og mindre Øer. Disse og Flodbredderne indtages dels af Skove, dels af umaadelige Mose- og Engstrækninger af forskjellig Karakter. Skovene dannes af *Populus alba*, *canescens*, *nigra*, *Salix alba*, *Alnus incana*, *glutinosa*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Acer campestre* med Underskov af *Viburnum Lantana*, *Sambucus nigra*, *Cornus mascula*, *sanguinea* o. fl. De stadig af Vandet dækkede Strækninger ere overvoxede med Tagrør, som saaledes her optræde i større Masser end nogen anden Plante*). Ved Tagrørets Væxt og ved Tilskylning bliver Bunden omsider torrere, bedækkes derpaa med *Carex stricta*, og herved opstaa de saakaldte Zsombék-Moser, der tilsidst gaa over til at blive til egentlige Enge**). Af de meget store Mosestrækninger er der kun faa, som indeholde brugbar Torv***). Den 6 □ Mile store Hansågmose ved den sydøstlige Bred af Neusiedler-Søen er saaledes den eneste, hvor Torv skæres i det Store. Det 30 □ Mile store Sumpgebet ved Füzés-Gyarmat paa Grændsen af Gross-Kumanien er nu tildels ved Kunst udtørret.

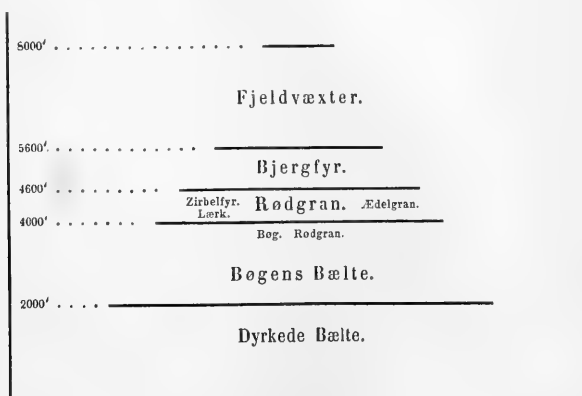
De omsluttende Bjerge staa ved deres Rigdom paa Skove i stor Modsætning til det næsten trælose Lavland, saa at Ungarn i det hele har henvend 23 pCt. skovbevoxt Land. — Karpaterne begynde ved Presburg Nord for Donauen og omslutte med en Længde

*) Tagrøret, *Phragmites communis*, er af alle Planter i det ungarske Lavland den, som spiller den vigtigste Rolle i Naturens og Menneskets Husholdning. Den største Masse af Tagrør voxer paa Steder, som stadig staa under Vand. Efter Bundens Beskaffenhed optræder den paa to forskjellige Maader. Hvor Bunden er løst Dynd, danner dens lange Udlobere og Rødder i Forbindelse med andre herpaa fæstede Planter et sammenhængende tæt Dække, som ved høiere Vandstand loftes i Veiret og udgjør da den saakaldte svingende Bund eller svømmende Øer (Ungarernes «Láp»), der dog ikke, som Nogle have angivet, forandre deres Plads i horizontal Retning, men kun hæve og sænke sig. Saadanne «Láp» danne Grundlaget for alle større Torvemoser i det ungarske Lavland. Hvor Bunden er fast Sand eller Ler danner Tagrøret fra først af isolerede Tuer eller oformede skarpt begrændsede Partier, der stadig voxe i Hoide, idet Rodstokkene ved Roddernes tætte Væv forenes til en fast Masse, men ikke sende Udlobere til Siden. Paa nogle Steder hæver disse Rødder sig 5 Fod murformigt i Veiret, kun adskilte fra hverandre ved smalle Kanaler. Tagrøret har desuden en stor Udbredning i sum-pige Lavninger, som ikke altid staa under Vand, og udfylder disse efterhaanden med en tørveagtig Masse. En ganske eiendommelig Form af Tagrør voxer paa den tørre saltholdige Bund. Den er kun faa Tommer eller 1—2 Fod høj, blaagrøn og har et sammentrykt Straa. (Pokorný i Verhandl. der zool.-botan. Gesellsch. in Wien 1860, p. 287).

***) Verhandlungen der zool.-botan. Gesellsch. in Wien 1858, p. 315 og 1859, p. 87.

****) Mosserne tage her kun ringe Del i Tørvedannelsen; thi det ungarske Lavland har, som Pokorný har vist, en mærkelig Fattigdom paa Mosser (Verhandl. der zool.-botan. Gesellsch. in Wien 1860, p. 286).

af 160 geogr. Mile og dannende Vandskjeldet mellem den nordeuropæiske Slette og Syd-europa i en stor Bue den nordlige Halvdel af Ungarn. Vestkarpaterne ere ved Jablunka-dalen adskilte fra Sudeterne. Central-Karpaterne danne en bred Landryg, hvorpaa Tatra, som en 8 Mile lang, til alle Sider isoleret, af Granit og Gneis bestaaende Bjergvold, hæver sine høie vilde Toppe til 8000 Fod, og sænke sig i to Terrasser, Fatra eller de ungarske Malmbjerge og Matra, som næsten naaer ned til Donauknæet og paa den anden Side af dette fortsætter sig i Pilis Vértes Bjergene. Østkarpaterne, hvor Fjeldvæxternes Bælte er stærkest udviklet, gaa over i det brede metal- og skovrige transylvanske Høiland. Plantebælternes Fordeling er følgende*):



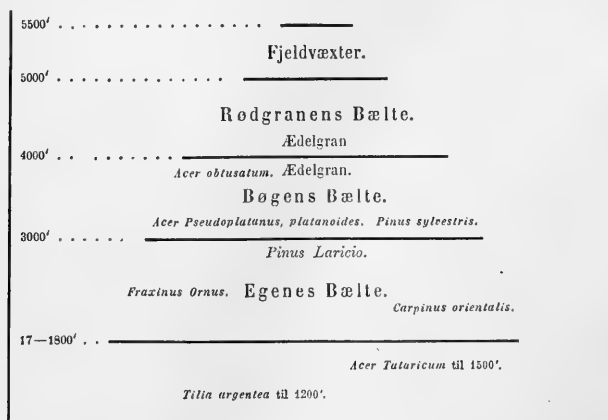
Karpaterne adskille sig fra de mellemtyske Bjerge derved, at Plantebælterne paa Grund af den høie Sommervarme og den her om Efteraaret og Vinteren herskende sydlige Vind hæve sig til større Høide — dog gjør Bøgens Bælte herfra en Undtagelse — ved Tilstedeværelsen af Zirbelfyr og Lærk i Naaletræernes Bælte og ved en stærk Udvikling af Bjergfyrrens og Fjeldvæxternes Bælte. Her findes ingen Sneregion, og endog de høieste Toppe (Gerlsdorfer Spitze 8374 Fod) ere snefrie om Sommeren; kun i enkelte Dale, saaledes navnlig ved Eisthalerspitze, bliver Sneen liggende i større Masse. Her forekommer et stort Antal, vistnok i det mindste 30, eiendommelige Arter, blandt hvilke skulle udhæves: *Ranunculus Carpaticus*, *Saxifraga Carpatica*, *Rocheliana*, *luteoviridis*, *Campanula Carpatica*, *Festuca Carpatica*. Der gjør sig en ikke ringe Forskjel gjældende mellem Vest- og Central-

*) Wahlenberg: Flora Carpatorum principalium, 1814. — Fritze und Dr. Ilse: Karpaten-Reise (Verhandl. der zool.-botan. Gesellsch. in Wien, 1870). — Koristka: Die hohe Tatra in den Central-Karpaten (Petermanns geogr. Mittheil. Ergänzungsheft. 12. 1864).

Karpaterne paa den ene Side, som vise en stor Tilnærmelse til Sudeterne — *Salix Silesiaca* kan saaledes nævnes som en for begge fælles karakteristisk Art — og paa den anden Side Øst-Karpaterne, hvis Plantevæxt slutter sig til de østlige og sydlige Egne. Neilreich (l. c. p. 72) giver en Fortegnelse paa 115 Arter (blandt disse: *Betula nana*, *Ostrya carpinifolia*, *Salix hastata*, *myrtilloides*, *Ledum palustre*, *Aronia rotundifolia*, *Chamaemysilus*), som forekomme i Vest-, men ikke i Øst-Karpaterne, og 211 Arter (blandt disse: *Pinus Laricio*, *Alnus viridis*, *Corylus Colurna*, *Celtis australis*, *Lonicera coerulea*, *Syringa vulgaris*, *Acer Monspesulanum*, *Rhamnus rupestris*, *Genista triangularis*, *Cytisus leiocarpus*, *C. radiatus*), med hvilke det omvendte finder Sted. — Karpaterne sænke sig jævnt mod Nord og Nordøst i Galiziens Lavland, der hører til de skovrigeste Egne i Europa. Skovene bestaa langs med Foden af Karpaterne og i hele den midterste Del af Lavlandet, Dniesterens Flodgebét, af Løvtræer, især af Bøg, Birk, Eg og Lind, enten i rene Bevoxninger eller i Blandingsskov, i hvilken ogsaa Avnbøg, Ælm, alle tre Ahornarter, Sølvpopelen, Hvid- og Skjør-Pilen udgjøre en Bestanddel. I den nordlige Del af Galizien derimod, paa Grænsen af Polen, Volhynien og Podolien, bestaaer Skoven udelukkende af Naaletræer, Rødgran, Ædelgran og Fyr, hvilken sidste danner store rene Bevoxninger. I Nord-Galizien er der en 50 Mile lang Slette, som dels bestaaer af Flyvesandsflader, dels af sumpig Tørve- og Moseland og dels er skovklædt. Den podoliske Høislette i Øst-Galizien har tildels Steppekarakter.

Særlig Omtale fortjener Trævæxten paa Pilis-Vértes Bjergtet, der ligger Syd for det Knæ, som Donauen danner omtrent midt i den ungarske Slette ved Gran. Dette Bjerg, der hæver sig til en Høide af noget over 2000 Fod og bestaaer af Trachyt og Kalk, danner et Bindeled mellem Alperne og Karpaterne, men synes dog ifølge sine geologiske Forhold snarere at høre til sidstnævnte Bjergsystem. Skovene bestaa i de lavere Dele af Bjergtet, som vende mod Syd, af Ege, nemlig: *Q. pedunculata*, *sessiliflora*, *pubescens* og *Cerris*. Sidstnævnte danner især smukke Bevoxninger og synes at have været et fremherskende Træ i de herværende Urskove; den forekommer fra Foden indtil det højeste Punkt (2400 Fod) som et anseligt Træ. De fleste Steder mangler her enhver Underskov, dog forekommer af og til *Juniperus communis*, som tæt Buskværk. Paa de nordlige Skraaninger dannes Skoven af Bøg, dog fornemmelig paa Trachytbund, medens den er sjælden paa Kalkbund. Bøgens nedre Grændse ligger omtrent paa 600 Fod, men hvor den forekommer paa sydlige Heldninger, paa 900 Fod. I dens Sygge voxer: *Arum maculatum*, *Lathræa squamaria*, *Paris quadrifolia*, *Ranunculus Ficaria*, *Actæa spicata*, *Corydalis cava*, *Anemone ranunculoides*, *nemorosa*, *Oxalis Acetocella* o. fl. Meget almindelige ere ogsaa her Blandingsskove, der bestaa af en Mængde Arter, nemlig foruden de nævnte Ege og Bøgen, som overalt ere fremherskende, af: *Carpinus*, *Tilia parvifolia*, *grandifolia*, *Ulmus*, *Cerasus avium*, *Populus tremula*, *Salix Caprea*, *Pyrus communis*, *Malus*, *Sorbus torminalis*, *Acer*

Pseudoplatanus, *platanoides*, *Fraxinus excelsior* og *Ornus Europæa*, der især voxer paa sydlige og sydøstlige Hældninger og her er temmelig nær sin Nordgrændse, men dog forekommer indtil en Høide af over 2000 Fod. Underskoven bestaar af *Staphylea pinnata*, *Cerasus Mahaleb*, *Corylus*, *Cratægus*, *Viburnum Lantana*, *Rhus Cotinus*, *Sorbus domestica*, *Aria*, *Cornus*, *Lonicera*, *Euonymus* o. fl. — Store naturlige Engstrækninger afvexle her med Skovene, og Kalkbjergenes lavere Udlobere ere ofte dækkede med Egekrat, Levninger af fordums Skove, der her som andre Steder ere odelagte*) af Mangel paa Fredning. — Ganske den samme Trævæxt som paa Pilis-Vértes Bjergtet forefindes paa Serbiens Serpentinbjerge**). — Mod Syd begrændses det ungarske Lavland af de slavoniske Bjerge, de østlige Udlobere af de karniske Alper. Den skovklædte Hovedkjæde danner Vandskjellet mellem Drava og Sava, og dens høieste Punkt er Papuk (3018 Fod). Slavonien stemmer i Plantevæxtens Karakter overens med Bosnien, og det er dette meget høiere Bjergland, som her danner et meget skarpt Grændseskjel mellem den sydeuropæiske og mellemeuropæiske Plantevæxt. Medens Sydsiden af de dinariske Alper have alle Middelhavslandenes karakteristiske Forhold i Klima og Plantevæxt, synker Thermometret allerede ved Sava i Januar til -18° (R.?) eller Fastlandsklimaet gjør sig allerede her gjældende. Bosniens Plantevæxt stemmer derfor væsentlig overens med den paa Ungarns Bjerge, og begge Steder ere de samme faa sydlige Former (som *Acanthus mollis*, *Ruscus aculeatus*) indblandede. Ifølge Sendtners Undersøgelse***) kunne Plantebælterne i Bosnien angives paa hosstaaende Maade.



*) Kerner: Das Pilis-Vértes Gebirge, eine pflanzengeographische Skizze (Verhandl. des zool.-botan. Vereins in Wien. Bd. 7, 1857, p. 257).

) Verhandl. des zool.-botan. Vereins, Bd. 9, 1859, p. 139. *) Ausland f. 1849, p. 643.

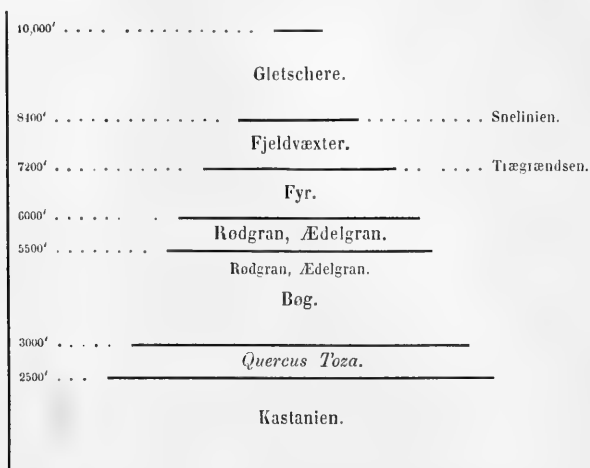
I Moldau bestaaer Skoven i Lavlandet af: *Quercus pedunculata*, *sessiliflora*, *Cerris*, *Fagus sylvatica*; *Carpinus Betulus*, *Alnus glutinosa*, *Populus alba*, *nigra*, *tremula*, *Frazinus excelsior*, *Tilia parvifolia*, *grandifolia*, *tomentosa* med Underskov af *Cornus mascula*, *sanguinea*, *Euonymus Europæus*, *verrucosus*, *Staphylea pinnata*, *Philadelphus coronarius*, *Cratægus Oxycantha*, *monogyne*, *Corylus Avellana*. Store Strækninger ere overvoxede med *Rhus Cotinus* og *Amygdalus nana*, og ved Flodbredder voxer *Tamarix gallica*. I de høiere Bjergegne dannes Skoven af Naaletræer: *Pinus sylvestris*, *montana*, *Cembra*, *Larix*, *Picea*, *Abies*. *Taxus baccata* og *Juniperus communis* voxe ogsaa her*).

Der staaer endnu tilbage at omtale Plantebælterne paa de høie Bjergkjæder, som danne et i det hele skarpt Grændseskjel mellem Syd- og Mellemeuropas Plantevæxt.

Pyrenæerkjædens Bjergsystem hæver sig umiddelbart op af Sydfrankrigs Lavland, uden at staa i nogen Forbindelse med Sevennerne og Alperne, og bestaaer i sin midterste Del af to Kjæder, forenede i Bjergknuden Tuc de Mauberne, af hvilke den østlige, tiltagende i Høide mod Øst, udbreder sig i det catalonisk-aragoniske Terrasseland, medens den vestlige, aftagende i Høide mod Vest, fortsætter sig i de gallicisk-cantabriske Bjerge. Ostpyrenæerne bestaa af Granit og have afrundede Konturer, medens den midterste Del, i hvilken Kalk- og Lerskifer spille Hovedrollen, er takket og søndersplittet og overalt frembyder steile, vilde og utilgængelige Fjeldmasser; Vestpyrenæerne hæve sig jævnt i Veiret og have kun enkelte pyramideformede Toppe. Pyrenæerne adskille sig fra Alperne ved deres høit beliggende Passer, ved snævrere Dale og stejlere Fjeldskrænter og ved større Rigidom paa varme Kilder. — Pyrenæerne danne ikke saa skarp en Adskillelse mellem Frankrigs og Spaniens Plantevæxt, som man skulde tro. Plantevæxten er væsentlig den samme i Gascogne og Nordspaniens Kystland, og ligeledes er paa Østsiden Middelhavslanternes Flora ensformig udbredt paa begge Sider af Kjæden. — De herskende Skovtræers Udbredning sees af den paa næste Side meddelte Oversigt over Bælterne, men da Skovene dels ere udryddede og dels savnes paa Grund af Bjergskraaningernes Steilhed, findes her kun faa store sammenhængende Skovstrækninger. Denne Oversigt gjælder nærmest Centralkjæden, men ogsaa her finde mange stedlige Afvigelser Sted. I Ostpyrenæerne naaer Rødgranen op til Trægrænsen.

*) Edel: Bemerkungen über die Vegetation des Moldau i Verhandl. der zool.-botan. Vereins in Wien. Bd. 3, 1853, p. 27.

Plantebælterne paa Pyrenæerne.



I den øvre Del af Skovbæltet og i den nedre Del af Fjeldbuskenes Bælte er *Buxus sempervirens* meget almindelig udbredt i hele Pyrenæerkjæden*).

Alpernes mægtige Bjergsystem hører ved den Indflydelse, som det udøver paa de omkringliggende Landes klimatiske Forhold, og ved det store Antal Arter, som her have deres oprindelige Hjem og herfra ere udvandrede i forskjellige Retninger, til de i fysisk-geografisk Henseende mærkeligste Punkter paa Jorden**). Dette Bjerglands Hovedkjæde har sit høieste Parti i Vest — de penninske Alper (Mont Blanc, 14,800 Fod) — og bestaaer af Gneis-Granit og palæozoiske Skifere og Sandsten. Den centrale Del af Alpelandet udmærker sig ved sin mere masseagtige, plateauformig Hævning, der udover en stor Indflydelse paa Klima og Plantevæxt. De nordlige og sydlige Alpekjæder hore fornemmelig til Secundærtidens Kalkannelser. — Dove har vist, at de æquatoriale Luftstrømme (Sirokkoen, Föhnén), idet de møde Alpelandet høie Mur, virke paa forskjellig Maade efter Aars-tiden. Om Vinteren fortættes den nedsynkende øvre Passats Vanddampe, som egentlig vare bestemte for høiere Bredegrader, og danne de umaadelige Sne- og Ismasser, som

*) Dr. Mortz Wilkomm: Die Halbinsel der Pyrenæen.

**) Mohl: Einige Bemerkungen über die Baum-Vegetation der Alpen (Bot. Zeit. 1843). — Schlagintweit: Untersuchungen über die Grenzen d. Vegetation in d. Alpen (Wiegmanns Archiv f. Naturgeschichte, 17ter Jahrg., 1 Bd.).

dække navnlig den høie sydvestlige Del af Alpelandet. Desuden kastes Æquatorialstrømmen tilbage af Alpemuren og udøver som en regnfuld Nord- og Nordostvind en betydelig afkølede Virkning paa den lombardiske Slette, saa at Vintertemperaturen her bliver langt lavere, end man skulde vente ifølge Bredegraden. Om Sommeren derimod er den sydlige Luftstrom saa høi, at den gaar over den sydlige Alpemur, og den giver sig da tilkjende i den østlige Del af Schweiz og i Tyrol som den snesmeltende Föhn (Alpeboernes »Schneefresser«)*) — den kan undertiden paa én Dag smelte 3 Fod mægtige Snelag. Heraf kommer det, at Salzburg overgaaer Schweiz i Rigdom paa Vandfald, men mangler Gletschere. Om Sommeren virke Alpernes sydlige Affald som Lævæg, forhøiende Insolationen, og som beskyttende Mur mod Nordvestvinden, hvorfor der ogsaa ved de italienske Søer og den dalmatiske Kyst kan voxe Planter, som fordre Neapels Sommervarme**). Alperne frembyde en saa stor Rigdom af skarpt fra hverandre sondrede Bjerggrupper med forskjellig geognostisk Bygning, forskjellig Retning o. s. v., at man heraf kan forklare sig det store Antal Arter, som dette Bjergland nærer, og den rige Afvexling og Mangfoldighed, som Plantevæksten her frembyder; men det bliver derved ogsaa umuligt, at give nogen for samtlige Alpekjæder gjældende Karakteristik af Plantebælterne. Kun saa meget kan siges i Almindelighed, at de Træer, som danne Skovene i saa store rene Bevoxninger, at de bestemme Bælternes Karakter fornemmelig ere Bøg og Rødgran og paa nogle Steder Ædelgran, Lærk og Zirbelfyr. Eg Birk og Fyr danne aldrig større Skove, men forekomme kun i smaa Grupper eller i spredte Exemplarer; de to sidstnævnte voxe i meget forskjellig Høide (2000—6000 Fod). Her skal først angives, hvorledes Bælterne vise sig paa Centralkjæden, og dernæst skulle de Afvigelser herfra omtales, som gjøre sig gjældende paa de mere nordlige eller mere sydlige Kjæder.

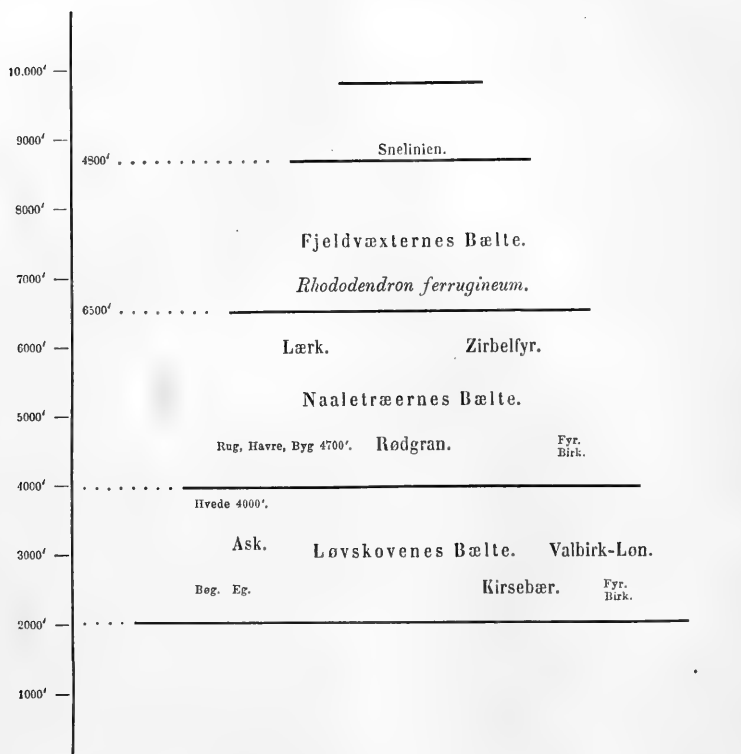
Bøgens Bælte er kun meget svagt udviklet paa Centralkjæden***); flere Steder mangler den ganske, og den gaar sjelden over 3000 Fod. De almindeligste Løvtræer indtil en Høide af 3000—4000 Fod ere Valbirk-Løn, Ask og *Cerasus avium*. Bøgens ringe Udbredning forklares ved den Tilnærmelse til Fastlandsklimaet, som her finder Sted paa Grund af den plateauagtige Hævning; men desuden er Bunden meget ugunstig for Bøgen. Det er ogsaa i Overensstemmelse med disse Forhold, at Lærken og Zirbelfyrren, som begge

*) Heraf det Mundheld: »Der liebi Gott und die liebi Sunn chönnent's nit, wenn der Föhn nit hilft«.

***) Dove: Ueber den Einfluss der Alpen auf die klimatischen Verhältnisse (Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, von Koner. Neue Folge. 15ter Bd. 1863).

****) I Kanton Glarus er Bøgen dog det almindeligste Løvtræ og udgjør den væsentligste Bestanddel af Skoven. *Populus tremula*, *Betula alba*, *Ulmus effusa*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia Europæa*, *Sorbus Aria*, *S. aucuparia*, *Acer campestre*, *A. platanoides* forekomme kun enkelte eller i smaa Grupper i Bøgeskoven. *Acer Pseudoplatanus* derimod danner rene Bevoxninger. (Heer: Die Vegetationsverhältnisse der Canton Glarus i Fröbels und Heers Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde).

Plantebælterne paa Alperne.



ynde Fastlandsklimaet, her, navnlig i Kantonerne Wallis og Graubünden, danne et stærkt udviklet Bælte til en Høide af 6500 Fod, ja enkelte Steder til 7000 Fod. Det er ligeledes paa Grund af den stærkere Insolation og hoiere Sommervarme, at Korngrænsen her rykker saa høit op (Hvede til 4000 Fod, Rug, Havre og Byg til 4700 Fod, enkelte Steder til 5—6000 Fod). Det er kun sjelden, at der findes Boliger, som benyttes hele Aaret, i en Høide af 6000 Fod, og her kan endnu dyrkes Kartofler, Roer og Kaal. Fjeldvæxternes Bælte ligger mellem 6500 og 8400 Fod. Blandt Fjeldbuskene mangler her i Regelen Bjergfyrren. *Rhododendron ferrugineum* er især almindelig, og den stiger nogle Steder ned til

3000 Fod. Snelinien, der i Gjennemsnit ligger paa 8400 Fod, falder ikke sammen med Isothermen for 0°, men med den for \div 4°.

Den nordlige Alpekjæde adskiller sig fra Centralkjæden deri, at Lovtræernes Bælte er stærkere udviklet. Bøgen, som her er det herskende Træ, gaaer op til 4400 Fod, altsaa meget høiere end paa Centralkjæden. Naaetræernes Bælte derimod, som væsentlig er dannet af Rødgran, medens Lærk og Zirbelfyr kun forekomme spredte, ligger betydeligt lavere og har sin øvre Grændse paa 5500—5700 Fod. Ædelgranen udgjør en væsentlig Bestanddel af Skovene i den øverste Del af Bøgens og i den nederste Del af Naaetræernes Bælte. Bjergfyren har en temmelig stor Udbredning i den nedre Del af Fjeldvæxternes Bælte tilligemed *Rhododendron hirsutum*. Kornavl finder kun Sted til en Høide af 2700 Fod.

De mere sydlige og sydvestlige Alpekjæder, de graiske og penninske Alper, have en i og for sig høiere Trægrændse end Centralalperne, men Trægrændsen naaer dog ikke op til saa lave Isothermer, som paa disse (Schlagintweit l. c. p. 237). Rødgranen, der ganske mangler Syd for Alperne, spiller allerede her en underordnet Rolle og viger tilbage for Ædelgranen, som her imod Sædvane stiger lige saa høit eller endog høiere end Rødgranen, nemlig til 5000—6000 Fod, og for Lærken og Zirbelfyren, hvis øvre Grændse paa nogle Steder er 7700 Fod. Bøgen gaaer til 4500 Fod. Snelinien ligger i de penninske Alper paa 9300 Fod. — Det høieste Punkt, hvor man har truffet Blomsterplanter, ligger paa 11352 Fod (paa Monte Rosa *).

I Tyrols Alpeland hæver Centralkjæden, de egentlige Tyroler Alper, sig til 12,000 Fod, medens en fra denne ved Inndalen adskilt nordlig Kjæde, Ahlgauer Alpernes Kalkbjerge, der gradvis sænker sig mod den bayerske Høislette, men falder steilt af mod Syd, har 8—9000 Fod høie Toppe. Paa den sydlige Side af Centralkjæden og adskilt fra denne ved Etsch-Dalen, danner Tridentiner Alpernes Kalkbjerge i mange enkelte Strøg og Grupper Tyrols Affald mod den lombardiske Slette. Her sees i Botzens »Porfyrrkjedel«, hvis Bund ligger paa 800 Fod, de sidste Spor til Middelhavslanternens stedsegrønne Bælte. Kastaniens Bælte naaer her op til 2000 Fod. Karakteristisk for dette Bælte ere Cypressen, Vedbenden, der her bliver et høit Træ med en tyk Stamme, Parykræet (*Rhus Cotinus*), hvis Blade om Efteraaret antage den reneste røde Farve. Efter en varm Efteraarsregn skyder den allerede af Romerne saa yndede Keisersvamp (*Amanita cæsarea*) frem i Kastanieskovene, medens Troffelhunden under Egene opsøger sin Lækerbidsken. — Fyren indtager, navnlig paa de mod Syd vendende tørre Affald, et Bælte mellem 2000 og 3000 Fod blandet med Hvid-El og Birk. — Bøgen danner paa Kalk- og Sandstensbjergene et skarpt begrændset Bælte mellem

*) Her fandtes: *Androsace glacialis*, *A. Helvetica*, *Chrysanthemum alpinum*, *Gentiana Bavarica*, *Ranunculus glacialis*, *Saxifraga oppositifolia*, *S. bryoides*, *Silene acaulis* o. fl. Mellem 12000 og 14780 Fod fandtes: *Lecidea geographica*, *L. confluens*, *Umbilicaria proboscidea* o. l.

3000 og 4000 Fod eller noget høiere, medens den næsten mangler paa Urbjerg. — Ædelgranen, der i Tyrol er sjelden, forekommer som underordnet Bestanddel i dette Bælte i en Hoide af 4000—4200 Fod. Henimod 4000 Fod forsvinde efterhaanden Kornmarkerne, Frugthaverne og Vinterboligerne og ligeledes Lovtræerne. — Det øverste Skovbælte dannes af Lærken, som i Nordtyrol gaar til 4500 Fod, men i Sydtyrol til 5500 Fod, og af Rødgranen, som i Nordtyrol stiger op til 5000 Fod eller noget høiere. Zirbel-Fyrren, udmærket ved sin skønne tætte Pyramideform, danner paa nogle Steder smaa Skove og stiger kun lidt høiere op end Rødgranen. Taxen og Sevenbommen forekomme sjeldnere. I dette fugtige og tempererede Klima finde Mosserne deres rette Hjem. I Nærheden af Trægrænsen blive Granerne mindre, staa mere spredte og ere helt indhyllede i et Dække af Skæggelav; her begynde Alperoserne at vise sig. De danne i Forbindelse med Bjergfyren, El og Pile et Bælte til 6000—6500 Fod. Herfra og til 8000 Fod udfolde Alpeplanterne deres prægtigfarvede mest gule, men ogsaa blaa, hvide og røde Blomster. (Die Ursachen des Pflanzenreichthums in Tirol, ein Vortrag von Ludwig Ritter von Heufler. Innsbruck 1842).

I den centrale Del af de østerrigske Alper rykke Plantegrænserne paa Grund af den større Massehævning betydelig iveiret. Ved Vetzthal ligger Dalbunden i en Udstrækning af 30 □ Mile 4000 Fod over Havet og paa nogle Steder 6000 Fod. Trægrænsen ligger her i den centrale Del af Alpekjæden 4—500 Fod og Korngrænsen 12—1600 Fod høiere end i de mod Nord og Syd begrænsende Kjæder. I Vetzthal naaer *Pinus Cembra* til 6400 Fod og enkelte Træer endog til 6850 Fod, Birken forekommer paa 6300 Fod, Granen paa 6850 Fod, *Pinus montana* og *Juniperus Sabina* til 7200 Fod. (Simony: Fragmente zur Pflanzengeographie des österreichischen Alpengebiete i Verhandl. des zool.-botan. Vereins in Wien, 3 Bd., 1853, p. 313). I Matschthal i Vesttyrol ligger Korn- og Trægrænsen endnu lidt høiere. *Pinus Cembra* gaar i enkelte Exemplarer til 7300 Fod (l. c. Bd. 20, 1870, p. 399).

Paa den Del af Alperne, som omgiver det allerede fra Romernes Tid ved sine Bade berømte Wildbad-Gastein (c. 3000 Fod), dannes Skovene fornemmelig af Rødgran, tildels af Ædelgran. Lærken er sjelden, og Bogen mangler ganske. Sluttede, kun ved smalle Engstrækninger afbrudte, Bevoxninger begynde paa 3500 Fod, og Skovgrænsen ligger paa 5100—5200 Fod; derpaa følge enkeltstaaende halvvisne Lærketræer til 5400 Fod og efter disse et smalt Bælte af *Pinus montana*, af hvilken enkelte Exemplarer naa til 6200 Fod. De sidste Repræsentanter for Trævæxten ere *Salix reticulata*, *retusa* og *Myrsinites*, som pletvis endnu bedække Jorden paa 7500 Fod. Underskoven dannes af *Berberis vulgaris*, *Sorbus Aria*, *Alnus viridis*, *Corylus*, *Juniperus*, *Rosa alpina* og *canina*, *Lonicera coerulea*. — Paa de til Gletscherne grændsende Dalpartier ligger Trægrænsen betydelig lavere. Nogle Steder mangler Trævæxten endog i en Hoide af 3500—4500 Fod. (Verhandl. des zool. bot. Vereins in Wien, Bd. 6, 1856, p. 3).

Ved Hochkar i Salzburger-Alperne, der i den senere Tid er bleven berømt ved den storartede Udsigt, man herfra har mod Nord, hvor Horisonten begrændses af Bøherwald og mod Ost af Wienerwald, ligger Trægrændsen, som Kerner først har vist, ligeledes langt høiere, end man skulde have ventet*). Dette Bjerg bestaaer af en kjedelformig Hoidal, hvis Bund ligger paa 4670 Fod, og som til alle Sider er omgivet af omtrent 5600 Fod høie Toppe**). Skovene paa Skraaningerne af de Dalen omgivende Bjerge bestaa af Bøg, Rødgran, Ædelgran, Lærk og tildels af Ahorn og Birk. Bøgens øvre Grændse ligger mellem 4180 Fod og 4360 Fod. Fra denne Høide dannes Skoven af Rødgran og Lærk. Paa 4600 Fod hører den tætsluttede hoistammede Naaetræskov op; Gran og Lærk optræde kun gruppevis og vige mere og mere Pladsen for Bjergfyrrer. Granen gaaer paa denne Maade op til 5500—5600 Fod og Lærken endog lidt høiere. Da Bjergtoppen, der bestaaer af Lias-Kalksten, paa mange Steder danner Terrasser, fremtræder Bjergfyrrer her paa en ganske egen Maade. Den danner nemlig tætte uigjennemtrængelige Bevøxninger paa Terrassens Flader, og viser sig saaledes i Frastand som mørke Striber, afvexlende med Terrassernes lodrette hvide nøgne Vægge.

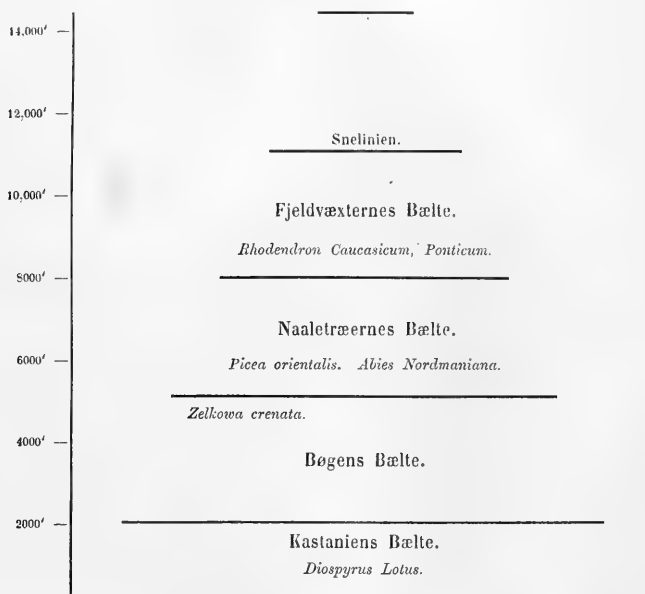
Endnu høiere ligger Trægrændsen paa Kreuzkoff ved Lienz i Tyrol***). Dette Bjerg hæver sig til 8660 Fod og bestaaer i sine lavere Dele paa den sydlige Hældning af Glimmerskifer og Sandsten, medens de høiere Toppe ere dannede af Kalksten hørende til Lias- og Triasperioden. Mellem 3500 og 5100 Fod findes tertiære Afleiringer. Skoven indtager navnlig paa Nordsiden, hvor der næsten ikke er noget dyrket Land, et betydeligt Bælte, der f. Ex. ved Lienz har en Brede af 4000 Fod. Høiskovens øvre Grændse er paa Nordsiden 6300 Fod, paa Sydsiden 6500 Fod, men paa denne Side er Skoven næsten overalt ryddet til c. 6000 Fod. Enkelte ret anseelige Lærketræer findes endnu paa 7000 Fod. Rødgran og Lærk, denne overveiende i Bæltets øvre Del, danne Hovedbestandelen af Skovene. Paa Nordsiden er Bøgen ligesaa almindelig som Rødgranen og gaaer her til 4700 Fod, ja paa beskyttede Steder til 5000 Fod. *Pinus sylvestris* kun paa Sand i Dalene. *Abies*, *Taxus*, *Acer Pseudoplatanus* forekomme indblandede og ligeledes *Betula*, især i Bøgeskoven. *Sorbus aucuparia*, *Cerasus Avium*, *Fraxinus*, *Ulmus* og *Tilia parvifolia* vise sig kun i enkelte Exemplarer. Fjeldbuskenes Bælte naaer til 7500 Fod og gaaer flere Steder paa Nordsidens steile Skraaninger langt ned mod Dalbunden. Det dannes af *Pinus montana*, *Rhododendron hirsutum*, *Chamaecistus*, *Salix arbuscula*, *Lapponum*, *Myrsinites* og paa de største Høider af *Salix reticulata*, *retusa* og *herbacea*.

*) Das Hochkar, eine pflanzengeographische Skizze von Kerner (Verhandl. des zool.-botan. Vereins in Wien, Bd. 7, 1857, p. 517).

**) Det er denne Kjedelform, hvoraf Bjergtet har sit Navn. Alpeboerne benytte nemlig Ordet Kar i samme Betydning som paa Dansk.

***) Verhandl. des zool.-botan. Vereins in Wien, 9 Bd., 1869, p. 151.

Den tredie de lappetbladede Eges Gebet mod Syd begrænsende Bjergkjæde er Kaukasus, der har en Længde af 150 Mile og falder langt steilere af mod Nord end mod Syd. Her danner den mægtige Elbrus Kjæde med sine gletscherklædte, 17000 Fod høie Toppe et skarpt Grændeskjel i klimatisk og plantegeografisk Henseende og beskytter som en Mur mod Nord det colchiske og mingreliske Lavland, saa at Plantevæksten her kan opræde med en næsten tropisk Yppighed, som staaer i en paafaldende Modsætning til den Nord for Kaukasus herskende tørre Steppevegetation*). Paa den sydvestlige Skraaning ere Plantebælterne fordelte paa nedenstaaende Maade:



I Dalene ved Bjergets Fod bestaa de yppige Skove af *Diospyrus Lotus* og af Ege**), og Slyngplanterne (*Clematis, Vitis, Hedera, Smilax*) findes i saadan Mængde, at de mange Steder næsten danne et uigjennemtrængeligt Væv. *Zelkova crenata* har især stor Udbred-

*) Dr. Gustav Radde: Birichte über die biolog.-geograph. Untersuchungen in den Kaukasusländer. 1866.

**) Hvilke Arter angives ikke af Radde, men fra andre Dele af Kaukasus kjendes *Quercus pedunculata, sessiliflora, pubescens* og *castaneæfolia*.

ning i det colchiske Lavland. Noget høiere er Kastanien det herskende Skovtræ, og Under-skoven dannes af Kriststornen og *Cerasus Lauro-Cerasus*, der begge vidne om en mild Vinter og et fugtigt Klima. I en Hoide af 2000—3000 Fod afløses Kastanien af kæmpestore Bøge, der udgjøre den overveiende Del af Skoven, medens Ahorn (*Acer platanoides*), Ælm, Rød- og Graa-El og Avnbøg forekomme indblandede. Mellem 5000—6000 Fod og 8000 Fod bestaaer Skoven af Naaetræer: *Picea orientalis* og *Abies Nordmanniana*, og her voxer ogsaa *Betula alba* og *Populus tremula*. I den nedre Del af Fjeldvæxternes Bælte har *Rhododendron Caucasicum* en stor Udbredning, ligeledes *R. Ponticum* og *Azalea Pontica*. *Buxus* voxer paa Kalksten. — I den østlige Del af Kaukasus har Skoven langtfra en saa yppig Karakter; de stedegrønne Buske og Slyngplanterne mangle, og mange Steder ere overvoxede med tort Buskads. — Plantebælternes Grændser ere meget vexlende i de forskjellige Egne; paa store Strækninger ere Fjeldvæggene saa steile, eller Klimatet saa tort, at al Trævæxt mangler; ligeledes ligger Sælinien i meget forskjellig Hoide (mellem 8900 og 11,700 Fod). — Kaukasus danner med Hensyn til Plantevæxten et Bindeled mellem Europa og Asien; dette sees navnlig tydelig af de der forekommende Træer. Den asiatiske Valnød er her endnu vild, men de fleste Træer ere de samme, som voxer i Nordeuropa*). Med Middelhavslandene har Kaukasus fælles: *Castanea*, *Quercus pubescens*, *Alnus cordifolia*, *Platanus*, *Acer Lobelii*, *Tilia rubra*, *Diospyrus*. Eiendommelige Arter ere: *Picea orientalis*, *Quercus macranthera*, *Q. castaneæfolia*, *Zelkova crenata*, *Pterocarya Caucasicæ*.

Den høie Albruskjæde, som løber langs med Sydsiden af det kaspiske Hav, danner ifølge Bunges Undersøgelser et meget skarpt Grændseskjel mellem Plantevæxten Nord og Syd for samme**). I Lavlandet mellem det kaspiske Hav og Bjergkjæden hersker et meget fugtigt Klima, og de yppige Skove bestaa af *Parrotia Persica*, *Pterocarya Caucasicæ*, *Zelkova crenata*, *Celtis australis*, *Quercus castaneæfolia* og *macranthera*, *Acer Hyrcanum*, *Alnus obcordata*, *Fagus sylvatica*, *Carpinus orientalis*. Valnød, Figen og Morbær ere maaske kun forvildede. Vinranker og Vedbende stige til Toppen af de høieste Træer. Her dyrkes Ris og Bomuld. Naar man fra Lavlandet stiger op paa den nordlige Skraaning, forsvinder efterhaanden *Parrotia*, *Pterocarya*, *Celtis*, *Diospyrus* og endog Bøgen i en Hoide af 3000 Fod, men Løvsikoven naaer op til 8000 Fod og bestaaer her især af *Carpinus orientalis*; *Taxus baccata* og *Ilex Aquifolium* forekomme indblandede. Foruden Taxen findes her ingen andre af Naaetræernes Familie end *Juniperus Sabina* og *communis*. Paa Sydsiden af Albruskjæden forandrer Plantevæxten pludselig sin Karakter. Det meget tørre Klima fremkalder en næsten ørkenagtig Goldhed, og Plantevæxten bestaaer hovedsagelig af meget

*) Foruden de ovenfor nævnte voxer her ogsaa *Pinus sylvestris* og *Taxus*.

***) Die russische Expedition nach Chorassan in den Jahren 1858 und 1859 (Petermanns geogr. Mittheil., 1860, p. 205).

torne Buske (*Acanthophyllum*, *Acantholimon*), mange Astragaleer af Gruppen *Tragacantha* og mange Skjermpلانter, især af Afdelingen *Peucedaneæ*.

Til de lappetbladede Eges Gebét maa endnu henføres Amurlandet. Her optræder nemlig denne Egegruppe efterat have manglet gennem hele Siberien i en eiendommelig Art, Amur-Egen (*Quercus Mongolica*), der er saa almindelig udbredt, at den maa betragtes som Karakterplante. Chinganbjergene danne Grændseskjellet mellem Mongoliets Steppelflora og Amurfloraen*). I de vestlige nærmest disse Bjerge liggende Dele af Amurlandet ere de lyse Skove dannede af *Larix Dahurica*, *Betula alba*, *Populus tremula*, *Cerasus Padus*, *Sorbus aucuparia*, og her voxe *Rosa cinnamomea*, *acicularis*, *Cornus alba*, *Vaccinium Vitis Idæa*, *uliginosum*, *Rhododendron Dahuricum*, *Rubus Idæus*. Derpaa følger indtil Dsega's Udmunding i Amur en tør Boislette, i hvis spredte Skove foruden ovennævnte Træer ogsaa Amur-Egen og *Ulmus montana* begynde at gjøre sig gjældende, men store Strækninger ere skovløse og overvoxede med Græsser og andre urteagtige Planter. Jo mere man nærmer sig Burejabbjergene, desto hyppigere bliver Amur-Egen med Underskov af *Lespedeza bicolor* og *Corylus heterophylla*, og lyse og lave Skove dannes her af *Populus balsamifera v. scavoleans* i Forbindelse med den paa Slægtskab med den nordamerikanske Flora tydende *Cladrastis (Maackia) Amurensis*. Forst ved Chochyier-Bjerget begynde Skovene at antage den Karakter, som er eiendommelig for den østlige Del af Amurlandet. En yppig skyggefuld Løvskov bestaaende af Træer, henhørende til forskjellige, men mest eiendommelige Arter, ofte med tykke, lige, ikke sjelden 70 Fod høie Stammer. Disse Amurlandets mest karakteristiske Skovtræer ere: *Tilia Mandshurica*, *Acer Mono*, *A. tegmentosum*, *Fraxinus Mandshurica*. Her voxer ogsaa *Ulmus campestris*, og Underskoven bestaaer af *Ribes rubrum*, *Syringa Amurensis*, *Sambucus racemosa*, *Salix Caprea*. Paa Bjergene dannes Skovene af Naaletræer (*Picea Ajanensis*, *Abies Sibirica*, *Larix Dahurica*, *Pinus Cembra*) tilligemed *Betula Ermani* og *Corylus Mandshurica*. Langs med Kysten findes et Skovbælte, som væsentlig har samme Karakter og fornemmelig er dannet af *Abies Sibirica* og *Picea Ajanensis*.

De fligetbladede Rødegæs Gebét.

(*Quercus: Eurythrobalanus et Eulepidobalanus § Lyrate*).

Dette Gebét indbefatter den østlige Del af Nordamerika fra de store Søer til den mexikanske Bugt — med Undtagelse af Florida — og fra det atlantiske Hav til Mississippi. Denne Del af Nordamerika udmærker sig ved sit excessive Klima. Thermometret synker

*) Ifølge Maximowicz's Undersøgelser tæller Amurfloraen 900 Arter, af hvilke 143 antages at være egne for denne. Af de andre Arter voxe over 500 ogsaa i Transbaikalien og 276 i det nordlige China (Maximowicz: *Primitia Floræ Amurensis*. 1859).

paa 52° n. Br. undertiden til ÷ 23° R., stiger ofte om Sommeren til + 30° R. og kan i Løbet af én Dag falde 17°. Hertil komme kolde Nætter, voldsomme Regnbyger og en overordentlig Tørhed af Luften. Det lange og stadige Efteraar er den behageligste Tid. Skoven udfolder da en eiendommelig Farvepragt, idet Bladene hos de herskende Træer vise forskellige Nuancer af Rødt, saaledes hos Egene (især hos *Quercus coccinea* og *rubra*), hos Ahornarterne, Ambratræet, den vilde Vin o. fl. De fligetbladede Rød-Eges Udbrednings-Område betegner et naturligt Floragebét, som har en særegen Interesse derved, at Plantevæksten stemmer væsentlig overens med den, som fandtes i Europa i den miocene Tid. Her findes saaledes ligesom i hin fjerne Tid et forholdsvis stort Antal træagtige Planter — to til tre Gange saa mange som i den tilsvarende Del af Europa — og det er nu ligesom dengang foruden Naaletræerne Valnødder, Ege, Ahornarter, Plataner, Ambratræer, Tulipantræer, Bælletræer o. l., som ere de herskende Træer i Skoven. Skoven her ligner den tropiske Urskov ved de mange henraadnende Stammer og ved de talrige Slyngeplanter, og Cicaderne opføre her ligesom i Tropen en oreskærende Concert. Landskabets Physiognomi bestemmes for en væsentlig Del ved en af mange til forskellige Slægter og Familier hørende Arter dannet Skov, og det er sjældnere, at en enkelt Art ved sin selskabelige Væxt er overveieende. Medens saaledes *Pinus Strobus* og paa andre Steder (paa koldt Sumpland) *Thuia occidentalis* i den nordlige Del af Gebetet danne rene Bevoxninger, forekomme paa lignende Maade *Pinus inops*, *Tæda* og *rigida* paa de flade Sletter Øst for Aleghany-Bjergene og *Taxodium distichum* i Missisippiflodens Deltagebét (=Cypres-Svamp*). De Familier, som optræde med det største Antal Arter ere: *Compositæ*, *Cyperaceæ* (især *Carex*), *Gramineæ*, *Leguminosæ*, *Rosaceæ* og *Ericaceæ*, medens de for Europa karakteristiske Familier: *Cruciferaæ*, *Umbelliferaæ*, *Caryophyllaceæ* og *Labiataæ*, her ere svagt repræsenterede*).

Af Cupuliferernes Familie forekomme i dette Gebét 25 Arter, af hvilke de fleste (22) ere Ege, og af disse høre atter Størstedelen (13) til Rodegene, og navnlig til den Afdeling af samme, som udmærker sig ved fligede Blade, og som udelukkende har hjemme i Nordamerika. De øvrige 9 Egearter høre til Underslægten *Lepidobalanus*, og af disse igjen 4 til en for dette Gebét egen lille Gruppe (*Lyratæ*) med store dybtindskaarne lyredannede Blade, medens de 3 høre til en Afdeling (*Prinus*), som ellers har hjemme i Mexico. Desuden findes her af Bøgeslægten 1 og af Kastanieslægten 2 Arter. Egene danne næsten overalt og paa de forskellige Lokalteter et fremragende Træk i Plantevæksten: de udgjøre som anselige Træer en væsentlig Bestanddel af den yppige Høiskov (*Q. tinctoria*, *coccinea*, *rubra*, *falcata*), de indtage Sumppe langs med Flodbredderne (*Q. aquatica*, *Phellos*, *palustris*), og de optræde som forkroblede Træer eller som Buske paa de sandede golde Sletter (*Q. ilicifolia*,

*) Asa Gray: Statistics of the flora of the northern states (American Journal of sciences and arts. Vol. 12).

prinoides, Catesbæi). Paa de mere høitliggende Steder hører Bøgen, *Fagus ferruginea*, til de mest udbredte Træer i de østlige Stater, hvor den ikke sjelden danner udstrakte rene Bevoxninger. Medens nogle Cupuliferer ere udbredte næsten over hele Gebetet, som *Quercus rubra, coccinea, tinctoria, macrocarpa* og *Fagus ferruginea*, er der andre Arter, som ere indskrænkede til visse Dele af samme, saaledes som det vil sees ved at kaste et Blik paa Vegetationens Karakter i Gebetets forskjellige Egne.

Ved Niagara, som ligger paa Gebetets Nordgrændse, dannes Skoven af *Thuia occidentalis, Juniperus virginiana, Acer saccharinum, Tilia glabra, Fagus ferruginea, Carpinus Americana, Populus tremuloides* og *grandidentata, Betula lenta, Quercus coccinea* og *rubra, Liriodendron tulipifera*. Af Buske findes her *Cornus stolonifera, alba* og *circinnata, Shepherdia Canadensis, Rhus typhina* og *Toxicodendron* og af Slyngplanter *Ampelopsis quinquefolia* og *Celastrus scandens**). Ved Hoboken, en Landsby i Nærheden af New-York (40°, 42'), bestaaer Skoven af *Juglans cinerea, Carya alba, glabra* og *amara, Platanus occidentalis, Liquidambar styraciflora* («Sweetgum»), som her har sin Nordgrændse, *Juniperus Virginiana, Castanea vulgaris var. Americana, Quercus alba, obtusifolia, coccinea, rubra* og *tinctoria, Celtis occidentalis* («Sugar-berry»), *Ostrya Virginica* («Iron-wood»), *Cornus florida, Acer rubrum, saccharinum* og *nigrum*. Underskoven dannes af *Sassafras officinale, Viburnum prunifolium, Staphylea trifoliata, Rhus glabra* og *radicans, Ligustrum vulgare*, og af Slyngplanter findes her *Ampelopsis quinquefolia, Smilax rotundifolia, Vitis Labrusca, Lonicera sempervirens* og *Celastrus scandens***). — Ved West-Chester, lidt Vest for Philadelphia, ere de herskende Skovtræer: *Quercus tinctoria, alba, rubra, coccinea, obtusiloba, Prinus* og *discolor, Castanea vulgaris v. Americana, Nyssa multiflora*, udmærket ved sit overordentlig seige Ved, *Acer rubrum, Liriodendron tulipifera* og *Diospyrus Virginiana*. Underskoven bestaaer af *Alnus serrulata, Sassafras officinale, Benzoin odoriferum, Viburnum dentatum* og *acerifolium, Rhus glabra* og *venenata****) («Poison Ash»), *Cornus florida*.

Paa den nordvestlige Grændse af Gebetet, ved Winnebago, Vest for Michigan-Søen, bestaaer Skoven af *Acer saccharinum, Fraxinus alba* og *sambucifolia, Juglans cinerea, Carpinus Americana, Carya alba, Ostrya Virginica, Quercus alba, obtusiloba, imbricaria, macrocarpa*, og paa sumpige Steder dannes den udelukkende af *Thuia occidentalis* og *Larix Americana*†). I sin største Yppighed og i den for dette Gebet mest karakteristiske Skikkelse

*) Bromfield: Om Vegetationen i Nordamerika (Hookers Journal, V. 7, p. 138).

**) Bromfield l. c.

***) Nordamerikas •Upastræ• har især paa visse Individuer en meget giftig Virkning, saa at de ikke kunne taale at komme i dets Nærhed. Berøring forårsager Inflammation af Armen, som ogsaa gaaer over i Kroppen, og paa nogle Individuer virker Uddunstningen alene uden Berøring saa giftigt, at den forårsager megen Smerte og en rosenagtig Inflammation, som kan vare i længere Tid. *Rhus Toxicodendron* har omtrent samme Egenskaber.

†) Bonplandia 1856, p. 246.

optræder Skoven i den Del, som ligger mellem Aleghany-Bjergene og Mississippi-Floden, i de vandrige Egne, som gennemstrømmes af Mississippi, Wabash og Ohio med alle deres mindre Tilløb, i Staterne Illinois, Indiana, Kentucky, Ohio og Pensylvanien, der, hvor de umaadelig mægtige og udbredte Kullag («Illinois Coalfield», «Appalachian Coalfield», «Pittsburg seams») vidne om, at allerede i de ældste Jordperioder en yppig Plantevæxt har dækket de samme Egne*). Her have de mange Valnødder (*Juglans nigra*, *Carya olivæformis*, *amara*, *porcina*, *tomentosa* o. fl.) og Ahornarter (*Acer eriocarpum*, *saccharinum*, *nigrum*, *striatum*) deres egentlige Hjem, og her udgjøre paa mange Steder ikke mindre end 10 Egearter (*Q. tinctoria*, *rubra*, *coccinea*, *palustris*, *Phellos*, *Prinus*, *macrocarpa*, *obtusiloba*, *lyrata*, *alba*) en væsentlig Bestanddel af Skoven. Herimellem rage kæmpestore Plataner (*Platanus occidentalis*) frem med deres hvide Grene og colossale Stammer, som ikke sjelden have 10—12 Fod i Tværmaal, eller de danne rene Bevoxninger. Tulipantræer ere her almindelige med mastelignende høie Stammer, beklædte med en dybtfuret Bark. Kun i Toppen udfoldes de store blaalige Blomster. Blandt de mange andre Træer skulle udhæves: *Robinia Pseudacacia* («Locust»), udmærket ved sit fortrinlige haarde Ved, *Gymnocladus Canadensis*, hvis store Bønner anvendes som Kaffe-Surrogat («Kentucky-Cofftree»), *Nyssa sylvatica*, *Ulmus Americana*, *Tilia Americana* og *Liquidambar styraciflua*. Slyngplanter, *Vitis Labrusca*, *cordifolia*, *vulpina*, *Ampelopsis*, *Celastrus scandens*, *Smilax*, *Amphicarpæa* o. fl., udbrede deres Væv fra Træ til Træ. Paa mange Steder sees Træer, hvis yderste Grenpartier nedhænge visnede. Dette forårsages ved *Cicada septemdecem*, som kun indfinder sig hvert 17de Aar og da i saadan Mængde, at den næsten er en Landeplage, idet den lægger sine Æg i Grenene. Ligesaa rig en Afvexling frembyder Underskoven. Her voxe Papaw-Træet (*Asimina triloba*) med en lille agurklignende, ildelugtende, men velsmagende Frugt, *Benzoin odoriferum* med en aromatisk Bark og talrige smaa gule Blomster, som allerede i Marts meddele Underskoven en gulgrøn Farve, Sassafratræet, *Amorpha fruticosa*, *Euonymus verrucosus*, *Corylus Americana*, *Hamamelis Virginica*, *Staphylea trifoliata*, *Ceanothus Americana* o. fl. Den bambuslignende *Miegia macrosperma* og *Equisetum*-Arter danne et lysegrønt Bælte langs med Flodbredderne. De mange smaa Øer, som opstaa i Floderne ved sammenhobede Træstammer og det sig herimellem samlende Dynd, ere over-

*) Maximilian Prinz zu Wied: Reise in das innere Nordamerika in den Jahren 1832—34. — Lyell: Travels in Northamerica (1841—42) og Second visit to the United states.

**) Paa saadanne Steder, hvor Sukkerhornen forekommer i større Mængde, opføres en lille Bygning med Kjelder til Saftens Inddampning. I Marts aftappes Saften, og paa denne Tid sees overalt i disse «Sugar-camps» Rør indstukne i den nederste Del af Sukker-Ahornens Stamme, hvorigjennem Saften flyder i smaa Truge. Saften flyder rigeligst paa de varme Dage, som følge efter kolde Nætter. En Sugar-camp leverer 500—1000 Pund Sukker om Aaret (Maximilian Prinz zu Wied l. c. V. 1, p. 215).

voxede med høje Popler (*Populus angulata*) og omkrandsede af Pilekrat. Paa de Steder, hvor Kalksten danner Bunden, er *Juniperus Virginiana* herskende.

I den Del af Gebetet, som ligger mellem Aleghany-Bjergene og Havet, har Vegetationen en ganske anden Karakter. Den østlige Fod af Aleghany-Bjergene bestaaer af bölget Land med frugtbare Dale og skovklædte Bakker. Det er Ege, som danne Skoven, men især Hickory-Valnødden (*Carya alba*) — hvorfor ogsaa disse Strøg betegnes som Hickory-Land. Herfra og til Havet strækker sig en stor Slette (den »atlantiske Slette«), henhørende til tertiære Dannelser, hævet i Veiret i tre Terrasser og indesluttende i sine Jordlag talrige Levninger af tre Arter Heste og store Tykhuder (*Megatherium*, *Megalonyx*). Det er i det hele et tørt, goldt og ensformigt Land. Hvor Bunden bestaaer af Sand findes de saakaldte »Pine-barrens«: her ere forkroblede Fyrre- og Ege-Arter herskende; hvor den derimod bestaaer af Ler, er den mere sumpig, dækket med Rør og Siv (»swamp, cane-brake«), og her findes ofte Torvemoser, blandt hvilke en er den største i Verden (Great Dismal*). I den nordlige Del af den atlantiske Slette er der foruden *Pinus inops* to Egearter, som ere herskende. Bjørne-Egen (*Q. ilicifolia*) danner et lavt, kun 3—4 Fod høit Krat, der dækker Jorden saa tæt, at man i Frastand troer at see et Græstæppe. Ganske paa samme Maade optræder Chinquapin- eller Dværg-Kastanie-Egen (*Q. prinoides*). Hos begge disse Arter ligge Grenene, overfyldte med Frugter, hen ad Jorden, og her have vilde Svin og Bjørne deres Tilhold. Fra 40° n. Br. og sydligere forekommer ogsaa her meget almindelig Sort-Egen (Black-Jack, *Q. nigra*), et lavt Træ med meget mørkegrønne, underneden sortbrune Blade. Kvæget og de hyppige Markbrande bidrage paa mange Steder til at holde den i en forkroblet Tilstand. I de sydlige Dele af den atlantiske Slette, i Carolina og Georgien, træder *Pinus australis* istedetfor *P. inops*, og de nysnævnte Ege erstattes af *Quercus Catesbæi*, et lavt Træ, hvis Stamme 2—3 Fod over Jorden deler sig i lange bugtede Grene. Den tager af alle Ege tiltakke med den magreste Bund. Her forekommer ogsaa i smaa Grupper *Q. cinerea* med en tynd Stamme og smalle helrandede Blade. I fugtig Bund voxer Pil-Egen (*Q. Phellos*) med Blade som Purpur-Pilen og langs med Floderne *Q. aquatica*.

De blandede Cupuliferers eller Kristtorn-Egens Gebét.

(*Quercus*, *Erythrobalanus*, *Stenocarpæa* et pl. al.).

Dette Gebét indbefatter Øvre-Californien og Oregon en Landstrækning, der er lige afvigende fra de tilstødende Dele af Amerika i Klima, som i Plantevæxt**). Her

*) Lyell: Trawels etc.

**) Medens Columbia-Floden danner Nordgrænsen for dette Gebét, ligger Sydgrænsen ved San Diego paa 33°.

hersker hele Aaret en meget ensformig, men i Forhold til Bredegraden lav Temperatur. I San Francisco er Middelvarmen af hele Aaret kun $10,1^{\circ}$ R af den koldeste Maaned (Januar) 8° R., og af den varmeste Maaned — der her, mærkeligt nok, er September, fordi det tilgrændsende Hav er noget koldere om Sommeren end om Vinteren — $11,6^{\circ}$ R. Californien er fremdeles den eneste Del af Nordamerika, som har en »subtropisk Vinterregntid« ligesom de canariske Øer og Middelhavslandene, eller hvor Regnen indtræffer om Vinteren, men Regnmængden aftager meget betydelig fra den nordlige til den sydlige Del af Gebetet. Medens der nemlig i den nordlige Del falder 68 Tommer om Aaret, er den aarlige Regnmængde i den midterste Del kun 23 Tommer, og den sydlige har et saa tørt Klima, at Dyrkning kun finder Sted, hvor Overrisling anvendes. Da Temperaturen er saa ensformig hele Aaret, er det Fugtighedens Fordeling, som bestemmer Plantevæxtens Hviletid, og denne er her, ligesom i de tropiske Lande, Sommeren eller Tørtiden.

Californien afgiver et mærkeligt Exempel paa, at en hoi Bjergkjæde (Sierra Nevada) kan danne et ligesaa skarpt plantegeografisk Grændseskjel som et mellemliggende Hav; thi Plantevæxten er her ligesaa eiendommelig, som om Californien var en fra Fastlandet langt fjernet Ø. Her findes nemlig ikke alene gjennemgaaende andre Arter, end de som voxe i de østlige nordamerikanske Stater, men en stor Mængde egne Slægter, og desuden mangle her ganske de i Øststaterne mest dominerende Planteformer. Paa den anden Side slutter den californiske Flora sig nøie til den japanesiske, hvilket sees af de mange hinanden repræsenterede Arter i de tre Plantegebeter, af hvilke her skulle udhæves nogle, navnlig blandt de træagtige Planter:

Japan.	Californien.	Nordam.'s østl. Stater.
<i>Cladrastis Amurensis</i> *) (<i>Maackia</i>),	—	<i>lutea</i> .
<i>Frangula crenata</i> ,	<i>Californica</i> ,	<i>Caroliniana</i> .
<i>Euonymus Hamiltonianus</i> ,	<i>occidentalis</i> ,	<i>atropurpureus</i> .
<i>Æsculus turbinata</i> ,	<i>Californica</i> ,	<i>glabra</i> .
<i>Acer Japonicum</i> ,	<i>circinatum</i> ,	—
— <i>pictum</i>	—	<i>saccharinum</i> .
<i>Negundo aceroides</i> ,	<i>aceroides</i> ,	<i>aceroides</i> .
<i>Philadelphus coronarius</i> ,	<i>Lewisii</i> ,	<i>inodorus</i> .
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Californica</i> ,	<i>sericea</i> .
<i>Azalea Japonica</i> ,	<i>occidentalis</i> ,	<i>calendulacea</i> .
<i>Styrax Japonica</i> ,	<i>Californica</i> ,	<i>platanifolia</i> .
<i>Betula Bhoypaltra</i> ,	<i>occidentalis</i> ,	<i>papyracea</i> .

*) Kun kjendt fra Amurlandet.

Japan.	Californien.	Nordam.'s østl. Stater.
<i>Myrica rubra</i> ,	<i>Californica</i> ,	<i>cerifera</i> .
<i>Thuia orientalis</i> ,	<i>gigantea</i> ,	<i>occidentalis</i> .
<i>Juniperus Chinensis</i> ,	<i>occidentalis</i> .	<i>Virginiana</i> .
<i>Taxus cuspidata</i> ,	<i>brevifolia</i> ,	<i>baccata</i> v. <i>Canadensis</i> .
<i>Torreya nucifera</i> ,	<i>Californica</i> ,	<i>taxifolia</i> .
<i>Larix leptolepis</i> ,	<i>occidentalis</i> ,	<i>pendula</i> (<i>Americana</i>).
<i>Pinus</i> (<i>Pinaster</i>) <i>densiflora</i> ,	<i>contorta</i> ,	<i>resinosa</i> .
— (<i>Tæda</i>) <i>Bungeana</i> ,	<i>ponderosa</i> ,	<i>rigida</i> .

Blandt de mange Slægter, som ere eiendommelige for Californien eller særlig karakteristiske, skulle her nævnes de vigtigste.

Ranunculaceæ: *Crossosoma* (Pl. Bigel. T. 1), danner ved sine perigyne Støvdragere Overgang mellem denne Familie og *Rosaceæ*, mellem *Pæoniaceæ* og *Spiræaceæ*.

Delphinium optræder her i mange og udmærkede Arter (*cardinale*, *coccineum*, *azureum*).

Capparidææ: *Oxystylis*, danner Overgang til *Cruciferaæ*.

Papaveraceæ: *Arctomecon*, *Dendromecon*, *Eschscholtzia*; af den for Californien egne *Tribus Platystemonææ* med adskilte Ar: *Platystemon*, *Platystigma*, *Romneya*.

Sterculiaceæ: *Fremontia* (Pl. Frem. T. 2), nærmest *Chirostemon*.

Anacardiaceæ: *Styphonia*, nærmest *Rhus*.

Leguminosæ: *Hosackia* med 25 Arter, nærmest *Lotus*.

Rosaceæ (*Potentillææ*), *Coleogyne*, *Chamaebatia*, *Cercocarpus*, *Cowania*.

Oenotherææ: *Gayophytum Nuttallii*; en anden Art fra Chili.

Ppiladelphicææ: *Whipplea* (Pl. Bigel. t. 7), *Carpenteria* (Pl. Frem t. 7).

Compositæ: De fleste Arter henhøre til egne Slægter af Helenieernes Gruppe: *Actinolepis*, *Bahia*, *Chænactis*, *Burrielia*, *Bahia*, *Callichroa*, *Lasthenia*; navnlig er hele Underafdelingen *Madiææ* med Slægterne *Madaria*, *Hemigonia*, *Tallatia*, *Hartmannia*, *Madaroglossa*, *Calycadenia* indskrænket til Californien med Undtagelse af den chilenske *Madia sativa*.

Campanulaceææ: *Heterocodon*, *Desmicodon*, *Githopsis*.

Monotropæææ: *Sarcodes*.

Borraginæææ: *Amsinckia*, den eneste Slægt af denne Familie med delte Kimblade; foruden 5 californiske Arter 1 i Mexico og 1 i Chili.

Labiataææ: *Monardella*.

Personatæææ. *Orthocarpus*, 1 Art i Chili. *Diplacus* og *Mimulus* ere herskende, men findes ogsaa andre Steder.

Hydrophyllæææ: *Nemophila*, *Whitlavia*, *Miltigia*, *Emmenanthe*; men foruden disse til Ca-

lifornien indskrænkede Slægter forekomme ogsaa de fleste Arter af *Eutoca*, *Nemophila* o. a. her, saa at af Familiens c. 50 Arter $\frac{3}{4}$ ere californiske.

Polemoniaceæ: *Collomia*, *Navarretia* og navnlig den artrige Slægt *Gilia* tilhøre næsten udelukkende Californien, medens *Phlox* væsentlig er indskrænket til Øst-Staterne.

Polygonæ: *Nemacaulis*, *Mucronea*, *Centrostegia*, *Pterostegia*, *Eriogonum* o: alle Slægterne af Underfamilien *Eriogoneæ*, udmærket ved et Blomsterne omsluttende sambladet Svøb, tilhøre dette Gebét; kun nogle af *Eriogonum*-Slægtens 80 Arter forekomme udenfor samme.

Coniferæ: *Sequoia* (*sempervirens*, *gigantea*), *Callitropsis* (*Nutkaensis*), af Slægten *Abies* en egen Underslægt *Pseudabies* Ørst. (*Douglasii*) og af *Pinus* Sect. *Tæda* en egen lille Gruppe Arter med skæve Kogler (*insignis*, *muricata*, *radiata*, *tuberculata*, *Benthamiana*).

Ikke mindre eiendommeligt for den californiske Flora er det, at her ganske mangler de Planter, som især giver de østlige Staters Plantevæxt dens særegne Karakter; saaledes navnlig alle Valnødarterne, alle Magnoliaceer, de store Træer af Bælleplanternes Familie (*Robinia*, *Gleditschia*), *Tilia*, *Ulmus*, *Fagus*, *Hydrangea* og næsten ganske de i Øststaterne fremherskende Slægter *Aster* og *Solidago*. Cupulifererne spille her en fremherskende Rolle fra Lavlandet indtil en Høide af 4—5000 Fod. Her forekommer i det Hele 16 Arter, som ere fordelte paa følgende Maade mellem Slægterne og Underslægterne*):

<i>Quercus</i> (<i>Lepidobalanus</i> , <i>Eulepidobalanus</i> § <i>Lobata</i>)	<i>Garryana</i> Hook.
— — — —	<i>Douglasii</i> Hook.
— — — —	<i>Gambellii</i> Nutt.
— — — —	<i>Neæi</i> Liebm.
— — — —	<i>Jabobi</i> R. Brown Campst.
— — — —	<i>Østediana</i> R. Brown Campst.
— — — —	<i>lobata</i> Nee.
<i>Quercus</i> (<i>Lepidobalanus</i> , <i>Prinus</i> § <i>versiformes</i>)	<i>oblongifolia</i> Torr.
— (— — § <i>serroides</i>)	<i>Sadleriana</i> R. Brown Campst.
<i>Quercus</i> (<i>Lepidobalanus</i> , <i>Ilex</i>)	<i>chrysolepis</i> Liebm.
— (— —)	<i>pungens</i> Liebm.
— (— —)	<i>berberidifolia</i> Liebm.
<i>Quercus</i> (<i>Erythrobalanus</i> , <i>Euerythrobalanus</i>)	<i>Sonomensis</i> Benth.

*) Der knytter sig endnu mange Tvivl til den rette Begrændning af de californiske Cupuliferer, navnlig Egene. *Q. Jacobi* og *Østediana* ere endnu meget tvivlsomme Arter og *Kelloggii* Newb. (Rep. Explor. and Surveys. Vol. VI, Part. III, p. 28) er neppe forskjellig fra *Q. Sonomensis*.

Quercus (*Erythrobalanus*, *Stenocarpæa*) *agrifolia* Nee.

Castanea (*Castanopsis*) *chrysophylla* Hook.

Pasania (*Eupasania*) *densiflora* (Hook. et Arn.).

Det mest eiendommelige ved Cupuliferernes Optræden her bestaaer deri, at kun faa Arter høre til de ellers i Amerika herskende Slægter, Underslægter eller Afdelinger af disse, medens de fleste have deres nærmest beslægtede i den gamle Verden, navnlig Asien. Her findes saaledes kun to Arter af Underslægten *Erythrobalanus*, og af disse hører den ene til en for Californien egen Afdeling (*Stenocarpæa*), som har habituel Lighed med Arterne af *Ilex*-Gruppen, der har sit Maximum i det tilstødende nymexikanske Gebét, og hvoraf ogsaa her forekommer tre Arter. Alle de andre Arter slutte sig navnlig dels til rent asiatiske, og især ostasiatiske, Typer som *Pasania* og *Castanopsis*, dels til de i den tempererede Del af den gamle Verden herskende Arter af Underslægten *Eulepidobalanus*. Den i den seneste Tid af R. Brown Campst. beskrevne *Q. Sadleriana* har ogsaa herved en særegen Interesse, at den ganske savner beslægtede Arter i Amerika, men slutter sig noie til *Q. Griffithii* og andre Arter, som danne en for Himáalaja og Østasien eiendommelig lille Gruppe af Lepidobalaner med savtakkede Blade.

Der staaer endnu tilbage at betragte Cupuliferernes Udbredning i de forskjellige Dele af Gebetet og i de forskjellige Regioner, samt deres Forhold til den øvrige Plantevæxt.

Den Del af Californien, som her kommer i Betragtning, bestaaer som bekjendt af en lavere, 2—3000 Fod høi Kystkjæde, den høie Nevada-Kjæde, hvor enkelte Toppe hæve sig til 15—1600 Fod og de to store mellem disse Bjergkjæder indesluttede Dale eller Høisletter, Sacramento- og Joachim-Dalen. Kystkjæden er næsten i hele Strækningen fra San Francisco til Munden af Columbia bedækket med en sammenhængende Skov. Umiddelbart Nord for San Francisco bestaaer Skoven næsten udelukkende af »Rødved« (*Sequoia sempervirens*), navnlig i de Dele, som aabne sig ud mod Kysten. Længere mod Nord bliver dette Træ endnu hyppigere, og ved Crescent City danner Rødved i Forbindelse med Sukker-Fyr (*Pinus Lambertiana*) og Gul-Fyr (*P. ponderosa*) en af de mest imponerende Skove, man kan tænke sig, med 2—300 Fod høie Træer, hvis Stammer ofte ere 12—15 Fod i Tværmaal og med Underskov af *Ceanothus thyrsiflorus*, *C. rigidus*, og den buskformige *Lupinus macrocarpus*. Henimod 42° har *Sequoia* sin Nordgrændse, og den afløses af *Thuia gigantea*, *Abies Douglasii* og *Picea Menziesii*, alle gigantiske Træer, som danne tætte Skove med Underskov af *Rhododendron maximum*, *Ceanothus velutinus*, *Rubus spectabilis*, *Gaultheria shallon*, *Berberis pinnata* paa Kystbjergene fra Port Oxford til Columbia. Den eneste Eg som angives fra Kystkjæden er *Q. Garryana*, der voxer i Grupper eller spredte Træer i Dalene langs med de smaa Floder, som løbe ud i Havet.

I Sacramento-Dalen har Plantevæksten en ganske anden Karakter som Følge af det tørre Klima. Her falder nemlig fra Mai til November næsten ikke en Draabe Regn, og da visne alle urteagtige Planter. Skoven er indskrænket til et Bælte langs med Sacramento-Floden og bestaaer fornemmelig af *Quercus lobata*, som her opnaaer sin største Skjønhed, *Q. Garryana*, *Q. agrifolia*, *Oreodaphne Californica*, *Frazinus latifolia* og *Oregona*, *Platanus racemosa*, *Vitis Californica*, *Salix Hindsiana* og den buskformede *Æsculus Californica*. Baade i Sacramento- og Joaquin-Dalen samt paa de Dele af Kystbjergene, som ikke ere skovklædte, er den vilde Havre (*Avena fatua*, Flyve-Havre), der ogsaa i Danmark forekommer som Ukrud i Vaarsæden, og som antages oprindelig at være indført i Californien, saa almindelig udbredt, at den mange Steder væsentlig bidrager til at bestemme Landskabets Karakter*). Den indtager nemlig udelukkende Bunden og voxer saa tæt, som om den var saæt. Hoiene og Bakkerne om San Francisco og San Pabobugten ere for en væsentlig Del dækkede med denne Græsart, og kun i Dalene findes Trævæxt, fornemmelig bestaaende af *Quercus agrifolia*, der i sin Habitus minder om Æbletræer. Disse Lunde give saaledes i Forbindelse med Markerne af vild Havre Landet her Udseende af at være dyrket. — Paa begge Sider af Sacramento-Dalen danner et bølget Land Overgang til de indesluttende Bjergkjæder. Klimaet er her ikke saa tort som i Dalen, og Plantevæksten har en eiendommelig parklignende Karakter, hvis Skjønhed prises af californiske Reisende. Trægrupperne, som her vexle med de med vild Havre overvoxede Partier, bestaa fornemmelig af *Quercus lobata*, der i Væxt minder om vor Eg, og som uden Tvivl er Californiens smukkeste, almindeligste og nyttigste Egeart, og af *Pinus Sabiniana* (= nut pine), der i Væxt er forskjellig fra de fleste Fyrrearter, da Stammen hurtig deler sig i vidtudbrede Grene, og som har hovedstore Kogler med krogformede Kogleskæl. Begge disse Træer have her en særegen Betydning ved deres spiselige Frø, som udgjøre en væsentlig Del af Indianernes Vinterforraad. I denne Høide er det ogsaa, at *Pasania densiflora* især forekommer, men den synes at have sin største Udbredning Syd for San Francisco.

Den vestlige Skraaning af Nevada-Kjæden og dennes Fortsættelse i Oregon som Cascade-Bjergene, hvis hoieste Toppe rage langt op i den evige Snees Region, modtager i rigelig Mængde den fra Sydhavet hidførte Fugtighed og er derfor ogsaa næsten overalt dækket med tætte Skove, hvor Naaletræerne ere aldeles overveiende, medens Egene ere indskrænkede til den laveste Region. Skovene bestaa indtil henved 3000 Fod fornemmelig af *Quercus lobata*, *Garryana*, *agrifolia*, *chrysolepsis* og *Pasania densiflora*, men store Strækninger ere bedækkede med Krat dannede af *Ceanothus*, *Purshia*, *Spiræa*, *Amelanchier*, *Fremontia*, *Prunus subcordata* og *Arctostaphylos glauca* (= Manzanita), en stedsegrøn 6—8 Fod

*) Flyve-Havren er i visse Egne af Norge bleven et hoist besværligt Ukrud (Schübeler: Die Culturpflanze Nordwegens, p. 46).

høi Busk. Allerede i en Høide af 3—4000 Fod bestaaer Skoven mange Steder væsentlig af Naaletræer med enkelte indblandede Ege (*Q. Kelloggii*). De Naaletræer, som næsten overalt paa Nevada-Kjødens vestlige Skraaning danne tætte Skove, der paa nogle Steder næsten naa op til den evige Sne, ere navnlig *Pinus (Tæda) ponderosa*, *P. (Strobus) Lambertiana*, *Picea grandis* og *Libocedrus decurrens*, alle mægtige Træer, hvis Stammer ofte have 6—10 Fod i Tværmaal. Det er især *P. ponderosa* og *Abies grandis*, som ere overveiende og ofte danne rene Bevoxninger, medens *P. Lambertiana* kun forekommer i spredte Exemplarer, der som umaadelige Kæmper rage frem — undertiden til en Høide af 300 Fod — over de andre Træer. I disse Skove sees overalt *Rubus Nutkanus*, *Symphoricarpus* og *Ceanothus prostratus**).

Stenegenes Gebét.

(*Quercus*, *Lepidobalanus*, *Ilex*).

Dette Gebét indbefatter den nordlige Del af Mexico og Florida. Dets nordostlige og nordlige Grændse betegnes ved det Høidedrag i Texas, som danner Vandskjellet mellem Floderne Brazos og Colorado, og ved en Linie, som drages fra Santa Fé til Mundingen af Floden Gila, og Vendekredsen angiver Sydgrændsen. — Denne Del af Mexico udmærker sig i sine fysisk-geografiske Forhold derved, at Andeskjæden her er afbrudt, saa at her findes et 6000 Fod høit til begge Sider jævnt affaldende Høiland, et Forhold, som først blev opdaget, da Oberst Cooker under Nordamerikas Krig med Mexico førte en Troppeafdeling fra Rio grande Dalen til Sonora, og som har stor Indflydelse paa Planternes Fordeling. Her mangler nemlig den Forskjel i Planternes Karakter, som ellers i Amerika gjør sig gjældende mellem den ved en høi Bjergkjæde adskilte østlige og vestlige Skraaning; Klimaet er overordentlig tørt; Himlen er saa godt som hele Aaret klar og skyfri, og kun fra Juli til Oktober falde enkelte Regnbyger; i Yuma er den aarlige Regnmængde kun 3,2, i Filmore 9,2 og ved El Paso 11,2 Tommer.

* Vi have ikke endnu nogen fuldstændig Fortegnelse over Californiens Planter. De første Planter herfra skyldes Botanikere, som ledsagede Verdensomseilere; saaledes Louis Née og Hinds (The Botany of the Voyage af H. M. S. Sulphur, 1844). Douglas var den første, som opholdt sig her i længere Tid og sendte en stor Mængde Planter og Fro til Europa. Det første Kjendskab til Californiens fysisk-geografiske Forhold skyldes Fremont (Report of the exploring expedition to the Rocky Mounthains, 1845. Geographical Memoir upon Upper California, 1848). I den senere Tid er Californien bleven botanisk undersøgt af Lobb, Murray, Bigelov, Newberry, R. Brown. (Torrey: Plantæ Fremontianæ; samme Plantæ Bigelovianæ. Explorations and surveys for a railroad route from Mississippi river to the pacific Ocean, Vol. VI. Heri: Geographical botany and description of the forest trees of Northern California and Oregon by Newberry).

En klimatisk Eiendommelighed for dette Hoiland er det ogsaa, at Varmen paa Grund af den stærke Insolation er større i en Høide af 4000 Fod end ved Kysten. I Filmore paa 32° og i en Høide af 4000 Fod er Middeltemperaturen saaledes af Juli 23° R. og af hele Aaret 14° R., men i San Diego paa samme Brede ved Kysten af det stille Hav 18° af Juli og 13 af hele Aaret*). Paa Grund af det tørre og varme Klima kan her næsten ingen Dyrkning finde Sted uden i Nærheden af Floderne, hvor der kan foretages kunstig Vanding.

Disse særegne klimatiske Forhold have paatrykt hele Plantevæksten et høist eiendommeligt ensformigt Præg, der fremkaldes ved en Hæmning af Vegetationsorganerne, saa at der i Grenenes og Bladenes Sted ofte træde Torne. Stivhed, Rigdom paa Torne, Bladløshed og en graa eller graagrøn Farve ere gjennemgaaende Træk hos de herskende Planter. Det er Cactusplanternes egentlige Hjem. De danne enten som høie Træer skyggeløse Skove — *Cereus giganteus* opnaar en Høide af 60—80 Fod — eller de dække Jorden som lave Buske og danne de uigjennemtrængelige »Cardonales».

Andre Steder er det de stive Lilietræer af Slægterne *Yucca*, *Agave* og *Foucroya*, som ere herskende eller de cactuslignende Fouquierer**). Af alle Planter er det dog især det tornede Mezquitetræ, *Algarobia glandulosa*, som spiller den vigtigste Rolle i dette Gebét, og det har paa mange Steder — saaledes i Texas og i Giladalen — udelukkende taget Bunden i Besiddelse og danner udstrakte Mezquitekrat***). Mezquitens saftige Bælle, der i Smag har Lighed med Æbler, afgive et vigtigt Næringsmiddel baade for Mennesker og Kreaturer, og Vedet er disse Egnes eneste Brændsel.

Den store Rigdom paa Ege, som udmærker baade Nordamerikas Skove og Mexikos Bjergregioner, er der her ikke Spor af, og de faa Arter, som findes her, svare i deres Habitus til den øvrige Plantevæxt. Det er smaa forkrøblede Træer eller Buske med smaa tornede eller stive læderagtige graa Blade, henhørende til Sect. *Ilex*, Underslægten *Lepidobalanus* (*berberidifolia*, *pungens*, *hastata*, *grisea*) †).

*) Dowe. Klimatologische Beiträge, p. 42.

**) Wislizenus: Memoir, p. 98. Emory: Notes, t. 8.

***) Paa nogle Steder erstattes Mezquiten af Zygophylleen *Larrea mexicana*, der udbreder en hæslig Kreosotlugt og derfor betegnes som Kreosotbusken (»Jodeodondo»). Atter paa andre Steder forekommer et Krat (»Charparral»), der bestaaer af tornede Buske, henhørende til forskellige Familier: Rhamneer, Celastrineer, *Koeberlinia*, Euphorbiaceer, Mimoser, Zygophylleen, *Greggia* o. fl.

†) *Plantæ Thurberianæ* (Mem. of the Amer. Acad. N. S. V. 5, 1854). — *Plantæ Wrightianæ* (Smithson. Contribut. V. 3, 1852). — Emory: Notes of a military Reconnaissance etc., 1848). — Engelmann: On the character of the vegetation of South Western Texas (Proceed. of Amer. Assos., 1851). — *Plantæ Fendlerianæ*, *Novi-Mexicanæ* (Mem. of the Amer. Acad., 1848). — Wislizenus: Memoir of a tour to Northern Mexico, with a botanical appendix by Engelmann, 1848. — Lindheimer: Pflanzengeogr. Uebersicht von Texas (Wiegmanns Archiv, 1846).

Paa Florida, der bestaaer af et fladt, kun lidt over Havet hævet Lavland, henhørende til en nyere Kalkdannelse, rig paa underjordiske Huler («Sink-holes»), danner paa mange Steder ved Kysten *Yucca gloriosa* tætte Hegn, medens i den største Del af Landet *Pinus australis* og *Quercus virens* udgjøre den væsentligste Bestanddel af Plantevæksten*). Denne Egeart udmærker sig blandt Stenegene ved sin anselige Væxt og leverer et fortrinligt Gavntommer. Den erstattes i den tropiske Del af Mexicos østlige Skraaning af *Q. oleoides*, der ifølge Liebmann forekommer i Savanner nær Østkysten i smaa Grupper, bedækkede med Orchideer, Tillandsier og andre Halvsnyltere, og i Centralamerika af *Q. retusa*.

De storfrugtede Eges Gebét.

(*Quercus* subg.: *Macrobalanus*, *Eurythobalanus* et *Lepidobalani* Sect. *Prinus*).

Dette Gebét indbefatter Mexico og Centralamerika. I Mexico optræde Egene med større Formrigdom end noget andet Sted paa Jorden, dog kun i en vis Høide over Havet, nemlig fra 3—8000 Fod. Allerede i Centralamerika aftager Arternes Antal betydeligt. I Ny-Granada forekomme kun 4 Arter, og mellem 4^o og 2^o n. Br. høre Egene ganske op. Cupulifererne ere i dette Gebét indskrænkede til visse Afdelinger af Egelægten, medens Kastanie- og Bøgegruppen ikke have en eneste Repræsentant, og ligeledes mangle her af Egene foruden den asiatiske Slægt *Cyclobalanopsis* alle Arter af Underlægten *Cerris* og af *Lepidobalanus* Sect. *Eulepidobolanus*. De herfra bekendte Arters Fordeling blandt Underlægter og Sectioner er følgende:

<i>Quercus</i> , <i>Macrobalanus</i>	10 Arter
— , <i>Eurythobalanus</i>	50 —
— , <i>Lepidobalanus</i> Sect. <i>Prinus</i>	20 —
— , — — — <i>Ilex</i>	2 —

Det hele Antal Ege i dette Gebét udgjør saaledes 82, men naar man seer hen til, at der ved hver Expedition opdages nye Arter, kan det Antal, som her findes, neppe anslaaes til mindre end 100. De fleste høre til Underlægten *Eurythobalanus*, som her har sit Maximum. Underlægten *Macrobalanus*, udmærket ved sine store Blade og Frugter og sine ulige store Kimblade, er eiendommelig for dette Gebét.

Mexico bestaaer som bekendt af et indre Hoiland, af en østlig og vestlig Skraaning og af de over Hoilandet fremragende Bjergkjæder eller mere isolerede Bjergtoppe. Hoilandet bestaaer af mange ved omsluttende Bjergkjæder fra hinanden adskilte Sletter, som

*) Berghaus's Annalen, V. 12, p. 336. — Bartram: Travels in the interior part of North-America, 1791.

ligge i en Høide af 4—7000 Fod, og af hvilke de fleste, som deres horizontale Bund viser, tidligere have været indtagne af Søer. Her hersker et meget tørt Klima, og her have Cactusplanterne og Agaverne deres egentlige Hjem, medens de omgivende Bjerge ere bevoxede med Ege og Naaletræer. Paa de to Skraaninger hersker der indtil en Høide af 3—4000 Fod et tropisk Klima, men Plantevæksten har dog en meget forskjellig Karakter. Paa den vestlige Skraaning falder der nemlig den halve Del af Aaret (om Vinteren) ikke en Draabe Regn, og Skovens Træer staa for en stor Del bladløse; her hersker Catinga-Skovene. Paa den østlige Skraaning derimod falder der en større Regnmængde, og denne er mere ligelig fordelt over den største Del af Aaret. Her staaer den tropiske Urskov grøn hele Aaret og udfolder sin eiendommelige Yppighed og Mangfoldighed, sin Rigdom paa Slyngplanter og Halvsnyltere. Hvor Bjergene hæve sig til en betydelig Høide og saaledes navnlig paa Orizaba, der henhører til de bedst undersøgte Bjerge i Mexico, forekommer der følgende Plantebælter. I en Høide af 3—4000 Fod begynde de tropiske Planteformer Palmer, Scitamineer, Aroideer o. l. at blive sjældnere, og Egene, af hvilke nogle (som *Q. polymorpha* og *tomentosa*) allerede vise sig paa 2000 Fod og en enkelt Art (*Q. oleoides*) endog nær Kysten, tage til i Antal og Størrelse, og de vedblive nu at høre til de herskende Træer indtil 6—7000 Fod, hvor de afløses af Naaletræerne, der forsvinde ved 11,000 Fod. Fjeldvæxternes Bælte, hvor buskagtige Kurvblomster (*Stevia*), Spiræer, Alchemiller, Græsser og Lavarter høre til de almindeligste Planter, naaer op til 14000 Fod.

Vort Kjendskab til Egenes Udbredning i de forskjellige Hoider af Orizaba skyldes navnlig Liebmanns Undersøgelser*). Egene danne allerede paa 3000 Fod tætte Skove, saa at denne Høide maa betragtes som Egeregionens nedre Grændse. Her hersker et varmt — den aarlige Middeltemperatur er 17° C. — og fugtigt Klima, og Skoven udfolder endnu en tropisk Yppighed ved en Sværm af Halvsnyltere, der smukke Træernes Grene: Klatrende Aroideer (*Philodendrum*), store Tuer af prægtigblomstrende Orchideer (*Lælia*, *Stanhopea*, *Epidendrum* o. m. fl.), brogede Bromeliaceer, Bregner og smaa Peberarter (*Peperomia*), og i Egenes Skygge voxe endnu Rørpalmer (*Chamædorea*). Mange træagtige Slyngplanter (*Banisteria*, *Paulinia*, *Serjania*, vilde Vinranker) forbinde Træstammerne og zirlige Bambusarter (*Arundinaria*) pryde med deres lette Buer Egeskovens Rande. De herskende Egearter her ere: Jalapa-Egen (*Q. Jalapensis*), en af Mexicos anseligste Egearter med glatte tandede Blade, Poppel-Egen (*Q. calophylla*), et colossalt Træ med store paa Undersiden hvidlaadne Blade, Ghiesbrechts-Eg (*Q. Ghiesbrechtii*), et meget smukt Træ med glatte helrandede Blade, den uanselige *Q. polymorpha* og en Form af *Q. Castanea* med helrandede Blade. Paa en Høide af 4—5000 Fod, hvor Byen Jalapa, siden Humboldts Reise bekjendt for sit herlige Klima og sin skønne Plantevæxt, ligger, findes de gunstigste Be-

*) Schouw: Dansk Tidsskrift, 5te Bind, p. 224.

tingelser for Egens Udvikling, »her opnaar denne Slægt sit Maximum i Mexico«. Foruden de fleste af de i den lavere Region forekommende Egearter fremtræde her en Del Arter, udmærkede ved deres Frugters og Blades Størrelse (af Underslægten *Macrobalanus*), som Storfugt-Egen (*Q. insignis*), hvis Blade ligne Kastaniens, og hvis Skaal bliver 8 Tommer i Omkreds og Nødden 2 Tommer i Tværmaal, *Q. Galeottii* og *Q. strombocarpa*, og desuden den laurbærbladede Eg (*Q. nectandraefolia*), den helrandede Form af Glands-Egen (*Q. nitens v. ocotæfolia*) og Sartorius's Eg (*Q. Sartorii*)*. — Ihvorvel Skoven i dette Bælte hele Aaret væsentlig bevarer samme Karakter, er her dog en ganske kort Vinter- og Foraarstid. Naar heftige Nordenvinde have blæst i December til Februar, staa Egene en 14 Dages Tid saa godt som bladløse; dernæst følger Blomstringen, under hvilken Egeskoven antager et guldgult Skjær af utallige Rakler, og 8 Dage senere komme de nye Blade frem. Mellem 6—7000 Fod begynde Egene at afløses af Naaletræerne; her voxer *Q. lanceolata*, *flavida* og *Serra*, og endnu hoiere (mellem 8—10,000 Fod) forekomme *Q. spicata*, *reticulata*, *chrysophylla*, *floccosa* og *Orizabæ*.

Af Egene, som voxe i det indre Hoiland, paa de Hoisletterne adskillende Bjergkjæder, har Liebmann givet os følgende Skildring (l. c. p. 230): »Egene ere her næsten alle lave og forvoxede, ofte ikkun buskagtige. De danne ikke tætte Skove, men staa i Grupper paa de steile Bjergsider. Mange af Arterne have store læderagtige, ofte rynkede, laadne Blade og smaa Frugter. De fremherske i Hoider fra 6000 til 8500 Fod. De gjøre langtfra ikke det behagelige Indtryk, som den østlige Cordilleres Ege, thi deres svage krogede Stammer, faa uregelmæssige udsparrede Grene, stive blygraa Blade give dem et sørgeligt Udseende, hvilket endnu forhøies ved de Masser af den nedhængende askegraa *Tillandsia usneoides*, der ofte næsten ganske indhulle Egene«. De fleste her forekommende Arter hore til to Afdelinger, den ene af Underslægten *Lepidobalanus*, nemlig *Prinus* § *genuinæ*, den anden af Underslægten *Erythrobalanus*, nemlig *Prinoides*, som væsentlig stemme overens i Bladene, der ere læderagtige, filtede, graalige og i Regelen brede, saasom *Q. leta*, *tomentosa*, *Hartwegii*, *macrophylla*, *reticulata*, *spicata*, *glaucoides* (7—9000 Fod paa Cerro S. Felipe), *glabrescens*, *microphylla* og ligeledes *crassifolia*, hvis Blade Indianerne i de Egne, hvor Cochenilleavlen undtagelsesvis finder Sted i større Bjerghoier (8—9000 Fod), hæfte som beskyttende Tag over hver enkelt lille Cochenillecoloni paa Opuntiernes Grene; desuden *scotyphylla*, *Castanea*, *lanigera* (7—9000 Fod). Af de mere glatbladede Erythrobalaner forekomme her: *acutifolia*, *lanceolata*, *lingræfolia* og *depressa*. Flere af disse Arter gaa paa de hoiere Bjergtoppe (Sempoaltepec, Pelado, Cumbre de Ocote) op til 10—11,000 Fod, men her blive de kun lave forkroblede Buske, saaledes især *Q. depressa*. — Den

*) Opkaldt af Liebmann efter C. Sartorius, paa hvis i denne Region beliggende Landeiendom Liebmann nød meget Gjæstevenskab. Sartorius har 1855 udgivet »Landschaftsbilder und Skizzen aus dem Volksleben in Mexiko« med prægtige Staalstik efter Tegninger af Rugendas.

vestlige Skraaning af Mexico sænker sig mere terrasseformigt end den østlige, og her er navnlig tre Hovedterrasser, som ere adskilte fra hinanden ved høie Bjergkjæder. Plantevæksten savner her paa Grund af det tørre Klima den Yppighed, som udmærker Østsiden. Tornede Acacier, Terebinthaceer (Copaltræer) og nogle Palmer ere de herskende Planteformer i de lyse Skove og Krat, og mange Steder kan Dyrkning kun finde Sted ved kunstig Vanding. Paa Reisen fra det Indre til Kysten kommer man ofte i Løbet af samme Dag flere Gange fra Sletternes og Dalenes Palmer og Banener op over de med Ege og Naaletræer bevoxede Bjerge. Men her savnes ogsaa paa Bjergene den fornødne Fugtighed, for at Egene kunne optræde i større Formrigdom og Yppighed. Det er derfor kun faa Arter, man kjender herfra — lad være, at dette tildels hidrører fra, at denne Del af Landet er mindre godt undersøgt — og de fleste af dem ere uanselige Træer med stive graalige Blade. Liebmann nævner følgende Arter fra den vestlige Cordillere: *Q. læta*, *polymorpha*, *laza*, *glaucescens*, *macrophylla*, *candicans*, *fulva*, *cuneifolia*, *nudinervis*, *nitida*, *salicifolia*, *aristata*.

Undersøges Arternes Udbredning, idet man gaaer fra Nord imod Syd, viser det sig, at medens nogle forekomme almindeligt gennem en stor Del af Gebetet, saaledes fra Nordgrænsen indtil ned igjennem den nordlige Del af Centralamerika, som *Q. acutifolia*, *crassifolia*, *Castanea*, *elliptica*, *tomentosa*, vil dog for hver 3die—4de Bredegrad, man kommer længere mod Syd, Hovedsummen af Arterne være forskjellige, og fremdeles vil det vise sig, at Arternes Antal tiltager betydeligt indtil mellem den 20de og 15° n. Br., hvor de have deres Maximum, medens de alter længere mod Syd ere hurtigt aftagende, saa at denne Slægt, som i Mexico spiller en saa fremragende Rolle, i Centralamerika fra den 14de til 13de Bredegrad er indskrænket til faa Arter, der alene forekomme i de høiere Bjergregioner. — Til Kundskab om Plantevæksten i den nordlige Del af Gebetet har Seemann givet et Bidrag; han har nemlig undersøgt Vest-Mexico mellem Mazatlan og Durango og mellem denne By og Tepic*). I Lavlandet hører *Hæmatoxylon Campechianum* til de herskende Træer. I en Høide af 4000 Fod er den for Vestsiden karakteristiske Tørhed i Klima og Ensformighed i Plantevæxt forsvunden, og her forekommer en Blanding af den tropiske og den tempererede Zones Planteformer. Acacier voxer sammen med Ege og Fyr og herunder Alstroemerier og Lobelier. I en Høide af 6000 Fod paa Cordilleren, som her kaldes Sierra del Madre, udgjøre Ege og Naaletræer den største Del af Plantevæksten, og først paa 8000 Fod forsvinde Egene ganske, og Fyrren danner rene Bevoxninger. Seemann samlede her 13 Egearter, af hvilke de 9**) hidtil kun ere fundne i denne Del af Landet, medens de 4***) ere Arter, som

*) Reise um die Welt, Th. 2, p. 171.

**) Disse ere: *Q. læta*, *polymorpha*, *laza*, *macrophylla*, *fulva*, *omissa*, *aristata*; *nudinervis*, *cuneifolia*.

***) Disse ere: *acutifolia*, *Castanea v. Mexicana*, *crassifolia*, *elliptica*.

naa ned gennem Guatemala. — Egenes Udbredning i den Del af Mexico, hvor de optræde i storst Mængde, er allerede omtalt ovenfor. I Chinantlas fugtige Bjergegne traf Liebmann mange Ege; foruden flere af dem, som voxe nordligere, blandt hvilke især udhæves *Q. glabrescens*, ogsaa nogle, som første Gang bleve sete her, som *Q. flavida*, *Chinantlensis*, *Jürgensii*.

I den nordlige Del af Centralamerika, i Guatemala, vide vi af de der af Hartweg og navnlig af Warszewicz indsamlede Planter, at Egene endnu ere tilstede i mange Arter, blandt hvilke flere udmærke sig ved deres skønne Væxt og store Blade og Frugter, men man savner desværre næsten ganske Oplysninger om den Høide, hvori de voxe. Det synes især at være mellem 7—9000 Fod. De fleste Arter ere forskjellige fra de mexicanske, saaledes: *Q. (Macrobalanus) corrugata*, *Warszewiczii*, *ocarpa*; *Q. (Erythrobalanus) Skinneri*, der overgaaer alle andre Arter af denne Underslægt i Frugternes Størrelse, *grandis*, *Guatemalensis*, *eugeniaefolia*, *sapotæfolia*. — Egenes Forhold i Nicaragua og Costa Rica kjender jeg fra min egen Reise. I Nicaraguas nordligste Provinds Segovia forekommer *Q. Segoviensis*, der dog neppe er andet end en af de mange til *Q. obtusata* hørende Former, sammen med *Pinus oocarpa* i en Høide af 4—5000 Fod, men i den øvrige, lavere Del af Landet synes Egen ganske at mangle. — Egene optræde paany i Costa Ricas Høiland, navnlig paa den høie Vulkankjæde, som her gaaer næsten tværs gennem Landet, og fornemmelig paa den høieste af Vulkanerne, Irazu, og paa den nærliggende Reventado. Her danne Egene næsten rene Bevoxninger mellem 7—8000 og 10,000 Fod i et, navnlig foroven, skarpt begrænset Bælte. Den herskende Art er *Q. Costaricensis*; sjeldnere ere *Q. citrifolia*, *granulata* og *retusa*. Det er yppige Skove med en Underskov rig paa skjøntblomstrede Planter. I den nedre Del af Regionen henhører disse endnu til tropiske Former, Peberarter (*Piper Irazuanum* DC.) og Melastomaceer; men det er især Lobeliaceer (*Siphocampylus Guttierrezii*) og Ericaceer (*Proclesia Veraguensis*), som tiltrække sig Opmærksomheden ved deres skønne Blomster. Ved den øvre Grændse ere Egene overvoxede med Usneer.

Fra Veragua kjendes kun tre Arter: *Q. Seemanni*, som ogsaa er funden af H. Wendland ved Azari i Costa Rica, *Warszewiczii* og *bumelioides*. — Af de Arter, som betegne denne Slægts Sydgrændse 2—3 Grader Nord for Ækvator i Columbien, synes *Q. Humboldtii* at være den almindeligste og anseligste. Den voxer paa Popoyan mellem 6—8500 Fod og opnaaer en Høide af 60—100 Fod. Desuden forekommer her *Q. Tolimensis* (9000 Fod), *Lindeni* og *Q. (Lepidobalanus) Almagerensis*.

Det stedsegrønne Bøges Gebét.

(*Nothofagus*).

Dette Gebét indtager den vestlige Heldning af Cordilleren i Sydamerika og den vestlige Halvdel af Ildlandet*), fra 35—56° s. Br. Cordilleren danner her, som næsten i hele sin øvrige umaadelige Udstrækning, et skarpt Grændseskjel for Klima og Plantevæxt. Dens Hovedkjæde bestaaer i den nordlige Del af Porfyr, Trachyt og nyere vulkanske Bjergarter og har en Middelhoide af 8—9000 Fod, men sænker sig efterhaanden mod Syd ti 3—4000 Fod. De høieste Toppe (9—16,000 Fod) ere næsten alle virksomme eller udbrændte Vulkaner**). Fra det Sted, hvor Vulkanerne ophøre (c. 43° s. Br.), bestaaer Cordilleren fornemmelig af Granit og Grønsten, og her er Kysten dybt indskaaren og søndersplittet i en utallig Mængde større og mindre Øer, medens Kysten Nord for Æn Chiloe ganske savner Fjorde og foranliggende Øer. Denne mærkelige Forskjellighed i Kystens Beskaffenhed Nord og Syd for denne Ø har Darwin vist***) grunder sig paa en Sænkning, som har funden Sted Syd for samme, hvor man ogsaa overalt modtager Indtrykket af et sunket Land, idet Øerne fremtræde som Toppene af en Kystkjæde, hvoraf den øvrige Del er skjult af Havet, medens Kysten Nord for Chiloe endnu stadig hæves i Veiret, og man let gjenkjender en fordums Havbund i de fuldkommen horizontale Sletter, som i Centralchili adskille de lave parallelle Bjergkjæder.

Klimaet udmærker sig gennem hele dette Gebét ved en ringe Forskjel i Middelttemperaturen af Sommeren og Vinteren, ved en i Forhold til Bredegraden ringe aarlig Middeltvarme og ved en meget stor Regnmængde; men medens i den nordlige Del Regnen næsten er indskrænket til Vinteren, bliver den, jo længere man gaaer imod Syd, desto mere ligelig fordelt over alle Aarets Maaneder. Ved Conception begynder Regntiden i Mai; nordlige Storme, ledsagede af Regnskyl, blive bestandig hyppigere, saa at i Juni og Juli Regnen ofte nedstyrtet uafbrudt 5—6 Dage efter hverandre. Al Samfærdsel ophører paa Landet, og Uvirksomhed hersker i Byerne, hvor man seer Beboerne for at beskytte sig mod Plaskregnen lukke Skaaderne, som i de fleste Huse træde istedetfor Vinduer; og Temperaturen er saa lav, at man opvarmer Værelserne ved Kobberbækkener, der, fyldte med brændende Trækul, erstatte Mangelen af Kaminer eller Ovne. I September begynde de sydlige Vinde at drive Skyerne bort; skyløse Dage følge nu paa den mørke Regntid; men Varmen er endnu i Aftagende, saa at man endog om Morgenen bemærker en let Rimefrost, og undertiden bringer Østenvinden en saadan Kulde fra de snebedækkede Ander, at Thermo-

*) Den østlige Halvdel af Ildlandet har samme Naturforhold som den patagoniske Slette.

**) Ifølge Philipp er det navnlig Antuco, Villarico og Asorno, som ere virksomme (Bot. Zeit. 1869, p. 306).

***) Darwin: On the geology of South-America.

metret, der ved Middagstid viser 15° C., i kort Tid synker 8°. Nu begynde Planterne, der uden at afkaste Bladene dog have været i en Slags Hviletilstand, atter at vise Tegn til fornyet Livsvirksomhed. I October staa de europæiske Frugttræer dækkede med Blomster som hos os i Mai, og i November begynder den egentlige Sommertid; men først i December udfolde Planterne den største Rigdom paa Blomster, der omsværmes af Kolibrier, medens Papagoierne kaste sig over de halvmodne Maismarker. I Februar indtræder Høsten og i den følgende Maaned bringe svage Regnbyger de første Forvarslers om Vinteren*). — Alle-rede paa Øen Chiloe og den tilstødende Del af Fastlandet, der ligger 5—6° Syd for Concepcion, viser der sig en saa betydelig Forskjel i Klimaet, at der ikke er megen Overdrivelse i den Maade, hvorpaa Chiloten skildrer dette, naar han siger, at der hele Aaret igjennem de 6 Dage af Ugen falder Regn og den 7de Dag er overtrukket Himmel**). Thermometret viser her i Sommermaanederne i Almindelighed 11—13° C. og om Vinteren 7—10° C. og falder sjelden under 3° C. Sommervarmen er saaledes her paa en Bredegrad, som svarer til det sydlige Spanien og Italien, saa ringe, at Hveden og Ferskenen neppe modnes, og Kartoffer udgjøre Befolkningens Hovednæringsmiddel. I hele den Syd for Chiloe liggende Del og navnlig i Omegnen af Magalhaensstrædet ere kolde vestlige Storme, ledsagede af stadige Regnskyl, i den Grad fremherskende hele Aaret rundt, at der neppe er noget andet Sted paa Jorden under samme Bredegrad, som frembyder et saa ubehageligt Klima, hvorfor ogsaa denne Kyststrækning vistnok endnu i mange Aar vil vedblive at være udelukkende i en Folkestammes Besiddelse, som staaer paa det laveste Trin af Civilisation. Man har herfra aldeles ingen meteorologiske Iagttagelser; thi de, som skyldes King***) og Schythe†), ere foretagne paa den Del af Kysten i Magalhaensstrædet, som vender mod Øst, og som i klimatisk Henseende staaer paa Overgangen mellem Vest- og Øst-Patagonien. Dog viser der sig ogsaa her ganske andre Varmeforhold end i den tilsvarende Del af den nordlige Hemisphære, hvilket sees ved følgende Sammenligning:

*) Poeppigs Reise, 1 Bd., p. 318.

**) Paa Østsiden af Chiloe falder meget mindre Regn end paa Vestsiden, og baade paa denne Ø og paa Fastlandet skal Regnmængden være i Aftagende, efterhaanden som Skovene ryddes (Fitzroy: Voyage p. 386). — Ved Puerto Montt er den aarlige Regnmængde 96 Tommer (Petermanns Mittheil. f. 1866, p. 464).

***) Voyage of the Adventure and Beagle, p. 585.

†) Zeitschr. für allg. Erdk. Neue Folge. 3 Bd., p. 347.

	Bredegraden.	Tempera- turen af Sommeren.	Tempera- turen af Vinteren.	Forskjel.	Middeltem- peraturen af hele Aaret.
Port Famine	53° 38' S.	10° C.	0,6° C.	9,4°	5,3° C.
Punta Arenas	53° 10' S.	11,6°	2,6°	8,6°	7,2°
Kjøbenhavn	55° 40' N.	16,6°	÷ 0,3°	16,9°	7,6°

Denne Del af Amerika har altsaa en forholdsmæssig kold Sommer og en mild Vinter eller et mere ensformigt Klima, men ogsaa en ringere aarlig Middelvearme. Uagtet der saaledes findes et endnu meget mere udpræget Øklima end i Danmark, saa skal det dog ved Punta Arenas ingenlunde være sjelden, at der om Sommeren med klart Veir indfinder sig Nattefrost, og at Vandet dækkes med et 2—3 Linier tykt Islag, saa at det maa anses for meget tvivlsomt, om det her vil kunne lykkes at dyrke de europæiske Kornsorter. — Denne ensformige og lave Temperatur og navnlig den ringe Sommervarme bevirke, at Snelinien og Gletscherne ligge meget nærmere Havfladen, end man skulde vente paa denne Brede. Snelinien ligger paa Ildlandet, navnlig paa Bjerget Sarmiento (54° 25'), i en Høide af 3500 Fod og hæver sig paa Osorno (40° 30') til 4500 Fod, men i Norge ligger den endnu paa 60—60° i en Høide af 3800 Fod, og Gletscherne gaee ikke blot paa Ildlandet, men endnu langt nordligere, nemlig ved Kelly Harbour paa 46—47°, ned til Havfladen, hvilket i Norge først finder Sted paa den 67de Grad, altsaa 20 Grader længere fra Æquator. Dette ensformige Klima med den milde Vinter bevirker ikke alene, at Snegrændsen rykkes langt ned, men ogsaa at Skovgrændsen naaer høit op, saa at Fjeldvæxterne kun indtage et smalt Bælte.

Til et Øklima, som det ovenfor skildrede, knytte sig altid egne Forhold i Plantevæxten, men der er kun faa Steder paa Jorden, hvor dette viser sig saa tydeligt som her; thi medens vore almindelige Kornsorter neppe kunne modnes, og medens Klimaet er saa ublidt og ufordrageligt, at den allerstørste Del af Landet ikke let vil blive beboet af Mennesker, som gjøre Fordring paa Civilisationens Goder, saa træffer man i den nordlige Del (Provindsen Valdivia) en saa yppig Plantevæxt, at man troer sig hensat i Brasiliens Urskove, og i Omegnen af Magalhaensstrædet seer man sig midt om Vinteren omgivet af en Skov, som i Frodighed næsten overgaaer den ved Middelhavets Kyster. Ligesom Klimaet i det Væsentlige vedligeholder samme ensartede Karakter lige fra 36° til Sydspidsen af Amerika, saaledes er ogsaa i hele denne Strækning ikke alene Plantevæxtens almindelige Præg det samme, men man finder endog tildels de samme Arter af skovdannende Træer lige fra Valdivia til Magalhaensstrædet. Der er saaledes navnlig 4 Træer, som have denne mærkelige store Udbredning, nemlig den antarktiske Bøg (*Fagus antarctica*), Wintersbark-

træet (*Drimys Winteri*), Alercen (*Fitz-Roya Patagonica*) og Proteaceen *Embothrium coccineum*, og derfor ogsaa kunne betragtes som Karakterplanter for dette Rige; men medens disse Træer næsten ere de eneste, som danne Skoven paa Ildlandet, saa kommer der bestandig flere Arter til, jo længere man gaar imod Nord, og Skoven faaer desuden her ved Indblanding af flere Slyngplanter og halvparasitiske Planter og ved de høie Bambrør (*Chusquea Chila*, *C. Valdiviensis*) et subtropisk eller næsten tropisk Præg*).

Vi ville betragte Skoven saaledes, som den viser sig i sin mest karakteristiske Skikkelse ved Puerto Montt ($41\frac{1}{2}^{\circ}$) og paa den Slette, som herfra strækker sig ind til Cordillerens Fod. Bøgene høre her, som overalt i dette Gebét, til de herskende Skovtræer; saaledes *Fagus Dombeyi*, et kæmpestort Træ med smaa myrteagtige Blade, *F. proceræ* og *F. obliqua*. Desuden forekommer Laurbærtræer (*Laurelia serrata* og *Persea Lingve*), Myrter (*Myrtus Luma*), Proteaceer (*Lomatia obliqua* og *Guevinia Avellana*, det chilenske Nødde-træ), *Eucryphia cordifolia* af Thefamilien, henved 100 Fod høi og med store snehvide Blomster, og Arter af Familier, der ellers sædvanlig kun optræde som Urter eller smaa Buske, saaledes *Flotowia diacanthoides*, en næsten 100 Fod høi Kurvblomst, *Weinmannia trichosperma* og *Caldcluvia paniculata* af Stenbræk-, samt *Ægotoxicum punctatum*, et anseligt Træ med enfrøede Stenfrugter af Vortemælk-Familien. Heller ikke Naaletræerne mangle; foruden *Libocedrus tetragona* og *Podocarpus Chilena* er der især en Art, der her spiller den vigtigste Rolle som Gavntræ. Det er Alercen (*Fitz-Roya Patagonica*), der opnaaer en Høide af 90—100 Fod, og hvis Stamme undertiden har 50 Fod i Omfang. Til denne Formrigdom i Høiskoven kommer en tilsvarende Mangfoldighed blandt de Buske, som danne den tætte Underskov, blandt hvilke her skulle fremhæves: *Desfontainea ilicifolia*, *Berberis Darwinii* og *buzifolia*, *Azara lanceolata*, *Myrtus Ugni***), *Citharexylan cyanocarpum*, *Philesia buzifolia* o. fl. Blandt de talrige Slyngplanter skulle nævnes: *Lapageria rosea* med sine røde lillieagtige Klokker og *Luzuraga scandens*, begge af Convalfamilien, *Cornidea integerrima*, *Cissus striata*, *Aralea Valdiviensis*, *Lardizabala trifoliata* og *Berberidopsis corallina*, som danner et mærkeligt Overgangsled mellem Lardizabaleerne og Berberideerne. Af de halvparasitiske Planter er der flere, som høre til Familier og Slægter, som ellers kun have hjemme i den tropiske Zone, saaledes: Gesneraceerne *Mitraria coccinea*, *Sarmienta repens* og *Peperomia australis* af Peberfamilien. Skoven vedligeholder væsentlig samme Karakter indtil 2—3000 Fods Høide***). Dog afløses den her paa flere

*) A. S. Ørsted: De stedsegroene Bøges Rige (Tidsskrift for popul. Fremst. af Naturvidensk. 1861).

**) *Ugni Molina* Turcz; den har af alle Chilils vildtvoksende Planter de mest velsmagende Frugter (Bot. Zeit. 1860, p. 305).

***) Alercen og de andre Naaletræer ere især almindelige paa Kystbjergene. Længere inde i Landet bestaaer Skoven især af *Fagus Dombeyi* og *obliqua* og *Laurelia aromatica*, hvorimod *Maitenus boaria*

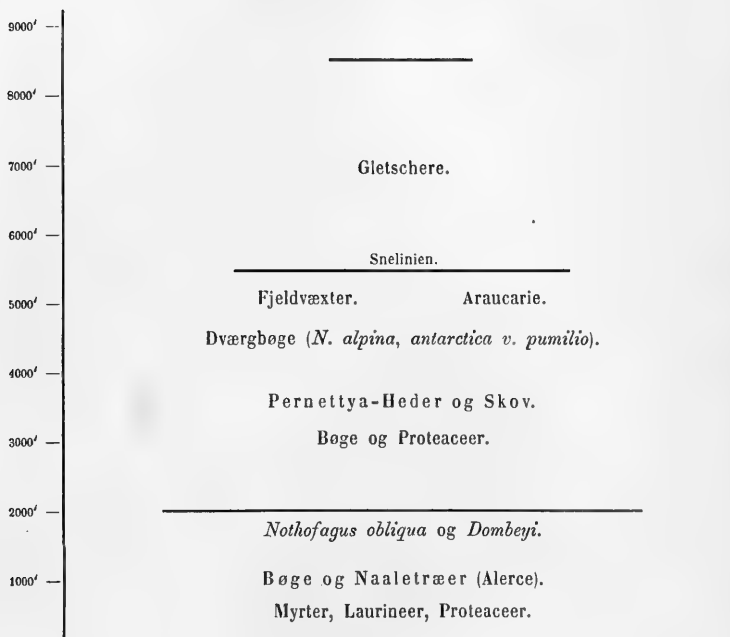
Steder af en bedeagtig Plantevæxt, hvor lave lyngagtige Planter (*Pernettya*) overklæde Bunden. Ikke langt fra Snegrænsen danner den 100 Fod høie *Araucaria imbricata*, hvis Frø afgive et vigtigt Næringsmiddel for Indianerne mellem 37° og 39°, et eget Bælte paa begge Sider af Cordilleren. Ogsaa Bøgen naaer i Dværgformer (*Nothofagus antarctica* var. *pumilio* og *N. alpina*) næsten op til Snegrænsen, saa at Fjeldvæxterne i Regelen ikke danne noget særligt Bælte af stor Udstrækning, men ikke desto mindre optræde de her i en stor Rigdom paa hoist eiendommelige Former. Foruden en Hærskare af Kurvblomster, især af Nassauvieernes Gruppe (*Nassauvia nivalis*, *Perezia nivalis*) og snehvide Senecioner med gule Blomster, er det dværgagtige Escallonier, tornede Colletier, Cassier med store gule Blomster, Calceolarier, Alstroemerier, Loaser, Tropæoler o. m. fl., som her danne et broget Blomstertæppe. Plantebælterne i denne Del af Landet ere angivne paa den næste Side.

Paa Øen Chiloe har Skoven i det hele samme Karakter som paa det lige overfor liggende Fastland, men Proteaceerne og blandt disse den ved sine smukke røde Blomster udmærkede *Embothrium coccineum*, ere her endnu mere fremherskende, og paa nogle Steder danner en Art af den nyhollandske Myrteslæggt *Metrosideros* (*M. stipularis*) tætte Krat. Her voxer ogsaa den mærkelige »Panke« (*Gunnera scabra*), der ved sine kæmpestore Blade minder om Rhabarberplanten. Paa Syd- og navnlig Vestsiden af Øen er Regnmængden saa stor, at Landet næsten er ubeboeligt, og Skoven er her lige saa opfyldt med døde og hensuldrene Træstammer, som i Brasiliens Urskove. — I den Del af Chili, som ligger Syd for Chiloe, bliver Skovens Sammensætning efterhaanden mere ensformig. Bøgene have her fortrængt de fleste andre Træer*), og de store træagtige Græsser vise sig ikke mere; derimod ere Bregnernes, Mossernes og Halvmossernes store Skarer endnu blevene betydelig foregede, saa at de danne et meget fremragende Træk i disse af Regnen altid dryppende Skove. Her viser sig desuden i en anden Henseende en væsentlig Forandring; Tørvemoser begynde nemlig her paa enkelte Steder at afbryde Skoven og tiltage nu, jo længere man gaaer mod Syd, saa at de paa Ildlandet indtage betydelige Strækninger. Tørvedannelsen kan, som bekjendt, ikke finde Sted i de varme Lande; de klimatiske Betingelser, som begunstige denne eiendommelige Opløsningsproces, begynde saaledes i Sydamerika paa 43—44° s. B., men det er ganske andre Planter, som her voxer paa Moserne og danne Tørven,

og *Persea Lingue*, som ere saa almindelige paa Kystbjergene, ganske mangle her, og *Eucryphia cordifolia*, *Weinmannia trichosperma* og *Myrtus Luma* ere sjeldne. Underskoven er ogsaa mindre tæt og Slyngeplanterne sjeldnere; *Cornidia* og *Aralia* ere de almindeligste. Paa nogle Steder er *Aegotozium punctatum* det herskende Skovtræ. Ved Ranco-Søen, der er betydelig større end Como-Søen, og som ligger ved Foden af Cordilleren, bestaaer Skoven af *Eugenia apiculata*, *Edwardsia Macnabiana*, *Caldecluvia paniculata* og *Lomatia ferruginea* (Philippi: Excursion nach dem Ranco-See in der Provinz Valdivia, Bot. Zeit. 1860, p. 305).

*) Denne Forskjel i Plantevæxten er allerede paafaldende ved Tres Montes. Af de mange Myrtaceer, mindst 14 Arter, som ere almindelige i den nordlige Del af dette Gebét, synes ingen at gaa meget sydligere end til denne Halvø (Hooker: The botany of the antarctic voyage p. 277).

Plantebælter i Valdivia.

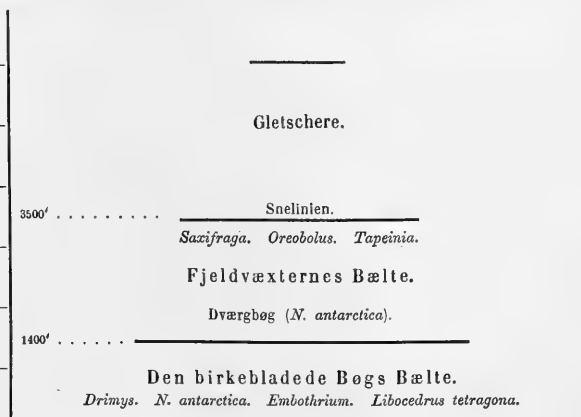


end dem, vi kjende fra vore nordiske Moser. Der er navnlig to Planter, som her spille den vigtigste Rolle, nemlig *Astelia pumila* og *Donatia Magellanica*; hertil kommer desuden en lille Myrte (*Myrtus nummularia*), der minder om vor almindelige Tranebær (*Oxycoccus palustris*), en Art Krækling (*Empetrum rubrum*) og en Art Siv (*Rostkovia grandiflora*); men det er dog fornemmelig den ovennævnte *Astelia*, der danner den største Del af Tørven, og medens den stadig foroven frembringer nye Blade, kan man nedad forfølge disse i alle mulige Opløsningsgrader, indtil de gaa over i den egentlige Tørvemasse*).

Paa Chonos-Øerne og de sydligere Øer og paa den vestlige Side af Ildlandet nære de af evige Storme og af Sne- og Regnbyger forpidskede Bjerge kun et lavt Krat af for-

* *Astelia* hører til en egen lille Familie, som kun adskiller sig fra Sivene ved at Frugten er et Bær; *Donatia* er en anomal Slægt blandt Saxifragerne. *Empetrum rubrum* adskiller sig neppe fra den i hele Norden saa almindelige Krækling uden ved at Bærrene ere røde.

krøblede Buske, hvor Bøgen sjelden hæver sig til en Høide af mere end 2—3 Fod. Derimod har Skoven ved de indre beskyttede Dele af Magalhaensstrædet en for disse Bredegrader mærkelig yppig Karakter. Høiskoven bestaaer her næsten udelukkende af den birkebladede Bøg (*Nothofagus betuloides*), et anseligt Træ, hvis Stamme undertiden har 20 Fod i Omfang, med smaa ovale stedsegrønne Blade, der have saa megen Lighed med dem hos visse alpine Birkearter, at dette Træ blev anseet for en Birk, saa længe Frugten var ukjendt (*Betula antarctica* Forster); sjeldnere ere *Noth. antarctica*, *Drimys Winteri* og *Embothrium coccineum*. Underskoven dannes af *Berberis ilicifolia*, *Fuchsia coccinea*, *Ribes Magalhanicum*, *Veronica elliptica*, hvis Stamme har 6—7 Tommer i Gjennemsnit, *Desfontainea spinosa*, *Escallonia serrata*, *Pernettya mucronata*, *Gaultheria microphylla*, *Maytenus Magalhanicus*, *Cornidia integerrima* o. fl. Paa Bøgene sees meget almindeligt Snylteplanter af den mærkelige Slægt *Myzodendron* af Fuglelimplanternes Familie. Da de fleste Træer og Buske have stedsegrønne Blade, har Skoven her væsentlig samme Præg om Vinteren som ved Middelhavslandene, og her sees undertiden Papegøier og Kolibrier, Forhold, som ere meget mærkelige, naar man seer hen til Bredegraden (54—56°), men som forklares ved den milde Vinter. — Den birkebladede Bøg danner et temmelig skarpt begrændset Bælte, som ved Magalhaensstrædet naaer op til 1400 Fod og ved Cap Horn til 800 Fod. Over denne Høide forekommer *Nothofagus antarctica* som en lav Busk, og den viger omsider Pladsen for urteagtige Fjeldvæxter: *Saxifraga exarata*, *S. bicuspidata*, *Pernettya pumila*, *Triodia antarctica* og flere Arter, som ved Bladenes toradede Stilling faa et eiendommeligt Præg, saasom: *Tapeinia Magalhanica*, *Oreobolus pectinatus*, *Gaimardia pallida* og *Tetroncium Magalhanicum*. Bælterne paa Ildlandet og navnlig ved Magalhaensstrædet ere altsaa følgende:



De stedsegrønne Bøge spille saaledes i denne Del af Sydamerika en vigtig Rolle som skovdannende Træer fra den 35° til den 56° og fra Havets Niveau næsten til Snegrændsen. De findes her i et større Antal Arter, nemlig 6, end noget andet Sted paa Jorden, og der er navnlig en Art, *N. antarctica*, som er udbredt over hele Gebetet og optræder under en Mængde Former*). Den horer til den lille Gruppe af Arter, som ved deres affaldende, i Knoppen foldede Blade danne Overgang til de egentlige Bøge (*Fagus*). Paa Ildlandet er den mest fremherskende i den østlige torrere Del af Skovbæltet, som grændser op til de skovløse Sletter, der indtager denne Øs østlige Halvdel, og i den øvrige Del af Øen holder den sig mere til de høiere liggende Egne. I Chili stiger den gradvis høiere op paa Bjergene mod Nord og forekommer i en Dværgform, der tidligere er bleven anset for en egen Art, i Fjeldvæxternes Bælte paa 36° i Nærheden af Snegrændsen. Næst efter denne Art synes *Noth. obliqua*, der ved sine spidse Grifler og frie Skaalflige viser endnu større Tilnærmelse til *Fagus* og som har skæve Blade, at have den største Udbredning. Den skal forekomme gennem hele Chili fra Magalhaensstrædet op til 35°, især mellem 4000 og 5000 Fod. Medens *N. betuloides* er indskrænket til Ildlandet og her danner den væsentlige Bestanddel af Skoven, spille *Noth. procera*, der nærmer sig til *antarctica*, men har meget større Blade, og *Noth. Dombeyi*, der ikke er meget forskellig fra *betuloides* og ligesom denne opnaaer en kæmpemæssig Størrelse, en lignende Rolle i Proviñdsen Valdivia. *Noth. alpina*, der ogsaa voxer her, men i større Bjerghøider, er endnu kun ufuldsfændig kjendt. Den er maaske en Bjergform af *procera*. — Af Slægten *Nothofagus* optræder der 4 Arter paa Ny Zeeland, som her høre til de aneligste Skovtræer. *N. fusca* svarer ganske til Ildlandets *N. betuloides*, opnaaer en Høide af 80—100 Fod, (Stammen indtil 35 Fod i Omfang) og gaaer op paa Bjergene til 3500 Fod. *N. Menziesii* har af alle Bøge de mindste Blade. Disse ere næsten kredsrunde, kun 3—4 Linier lange, meget stive og læderagtige, og Sideribberne ere neppe synlige. Den skal opnaa samme Høide som den foregaaende. Dette gjælder ogsaa om *N. Solandri*, men den har ganske helrandede Blade. Den voxer kun, hvor der er en dyb og rig Bund og i en Høide af 3000—6000 Fod. *N. Cliffortioides*, der ligeledes har helrandede Blade, er det mest alpine Træ paa Ny Zeeland, hvor den navnlig paa Mont-Nebron i en Høide af 6—7000 Fod dækker Bunden som et 6 Fod høit Buskads**). Begge de sidstnævnte Arter bære der Navn af »White Birch«. — Af de to Arter, som voxer paa Van Diemens Land, har den ene

*) Til *Nothofagus*-Slægten, er der foruden Fuglelimplanten (*Myzodendron*) knyttet en anden Snylteplante, hvoraf en Art paa Ildlandet spiller en vigtig Rolle derved, at den udgjør et Hovednæringsmiddel for de Indfødte. Det er en med Morchelen beslægtet bleggul kugleformet Svamp af et lille Æbles Størrelse (*Cyttaria Darwinii*, Darwins Reise, tyske Udg., p. 291). Hooker fandt en anden Art paa Tasmanniens Bøge, og han mener at der ogsaa forekommer en Art paa de nyzeelandske Bøge (Flora Novæ Zealandiæ, p. 229).

***) J. D. Hooker: Flora Novæ Zealandiæ.

(*N. Cunninghami*) megen Lighed med *N. Menziesii*, men Bladene ere lidt større og mere trekantede, medens den anden (*N. Gunnii*) slutter sig nær til *N. antarctica*, navnlig til *var. bicrenata*, men Takkerne ere næsten enkelte, og Axelbladene have paa Grunden af Rygsiden en halvkugleformet glindsende Kjertel. Den danner i en Høide af 4500—5000 Fod som en 5—8 Fod høi Busk et uigjennemtrængeligt Krat, der ofte er dækket af et tykt Lag Sne*).

Allerede i min ovenfor nævnte Afhandling har jeg vist, at Floraen i dette Gebét har Karakteren af en Øflora, og at den i mange Punkter viser en Tilnærmelse til den nyzeelandske Flora, medens den ved den høie Cordillere og ved den paa c. 34° indtrædende Forandring i Klima er skarpt adskilt fra de tilgrændsende amerikanske Floragebeter; det er som om en fordums Ø var kommen i landfast Forbindelse med Amerika. De herskende Skovtræer høre her ikke alene til de samme Familier som paa Ny Zeeland, men ogsaa til samme eller hinanden repræsenterende Slægter, nemlig til Proteaceerne, Taxineerne, Cypressgruppen og til *Nothofagus* af Bøgefamilien. Ifølge Hooker skal der endog være 111 Arter, som ere fælles for Ny Zeeland og denne Del af Amerika og deriblandt flere træagtige, nemlig *Edwardsia grandiflora*, *Veronica elliptica* og 2 Arter *Coriaria***). Slægtskabet mellem disse to Floraer opstaaer sjældnere derved, at der paa Ny Zeeland optræde Arter af amerikanske Typer — dette gjælder saaledes om *Nothofagus*-Arterne, som have deres Maximum i Chili — oftere finder det omvendte Sted, og det er nyzeelandske eller endog nyhollandske Elementer, som gjøre sig gjældende i den sydvestlige Del af Amerika. Blandt disse skulle navnlig udhæves 8 Arter af Proteaceernes Familie (*Embothrium coccineum*, *lan- ceolatum*, *Gilliesii*, *Lomatia obliqua*, *lanceolata*, *dentata*, *Chilensis*, *Guevina Avellana*) 1 Stylidé (*Prionotes Americanus*) og 1 Leptospermé (*Metrosideros stipularis*). Gunneraceerne, som her have to Repræsentanter (*Gunera Chilensis*, *Misandra Magalhanica*) kunne betragtes som en for begge disse Floraer lige karakteristisk Familie. — Det fortjener særlig at udhæves, at der er to Familier, som her optræde i Former, der paa en eiendommelig Maade danne Overgang mellem amerikanske og nyhollandske (eller asiatiske) Typer. Medens Epacrideerne ellers have enrummede Støvknapper, er den eneste amerikanske Art, den nysomtalt *Prionotes*, forsynet med torummede Støvknapper ligesom Ericaceerne***). Et lignende Forhold gjør sig gjældende med Slægten *Sarmienta*, henhørende til en egen lille Gruppe af Gesneraceernes Familie (*Mitrariæ*), som er indskrænket til dette Gebét. Denne Slægt er nemlig den eneste, som kun har to Støvdragere, og den stemmer heri overens

*) J. D. Hooker: Flora Tasmanniæ.

**) J. D. Hooker: Handbook of the New Zealand Flora. Preface, p. 14.

***) Ogsaa den anden tasmanniske Art af denne Slægt, *P. cerinthoides*; har to Rum. Hooker gjør opmærksom paa, at begge disse Arter voxte i et fugtigt Klima, meget forskjelligt fra det, som er karakteristisk for Epacrideernes Hjem (The botany of the antarctic voyage, p. 327).

med de fleste Cyrtandraceer, Gesneraceernes Repræsentanter i den gamle Verden. — Ogsaa med den californiske Flora har dette Gebét nogle Berøringspunkter. Slægten *Libocedrus* har foruden de to chilenske Arter 1 californisk (*L. decurrens*). Alle Kurblostmernes Slægter og Arter af Gruppen *Madieæ* have hjemme i Californien, men den monotype Slægt *Madia* (*M. sativa*) tilhører Chili; desuden er der Slægterne *Gayophytum*, *Amsinchia* og *Orthocarpus*, som kun have Repræsentanter i disse to Floraer. Der synes overhovedet at kunne paavises flere Tilknytningspunkter mellem de fleste i det store Sydhavsbækken omgivende Lande, end man skulde vente, naar man seer hen til de umaadelige Afstande mellem disse Lande. Dette overtages man især om ved at see hen til Naaletræernes Udbredning. Den hele Gruppe af *Abietinææ cupressinæ**) er indskrænket til Sydhavslandene, og det samme gjælder ogsaa om Hovedsummen af Livstrægruppen (*Thuinææ*). Da de fleste af disse Naaletræslægter — ja endog nogle Arter — kunne føres tilbage til den tertiære Tid**), er det antageligt, at de nu saa langt fra hinanden fjernede Kyster tidligere have staaet i nærmere Forbindelse ved mellemliggende Lande, hvad der ogsaa i høi Grad er blevet sandsynliggjort ved Darwins Undersøgelser. — En plantegeografisk Forbindelse, mellem Egne, som ligge endnu fjernere fra hinanden antoges at være godtgjort, da Hooker i de Magalhaensstrædet omgivende Lande fandt 50 Blomsterplanter, som ogsaa voxede paa de tilsvarende Bredegrader i den nordlige Halvkugle, eller man saa heri et Bevis paa, at samme Art kan være opstaaet paa flere Steder, have flere Udbredningscentra; men Grisebach har vist, at omtrent Halvdelen af de der forekommende europæiske Arter rimeligvis tilfældig ere indførte ved Menneskene, og at der af de øvrige ere nogle, der som Vand- og Kystplanter ere udbredte over den største Del af Jorden, medens andre have vist sig at være saa forskellige fra de europæiske, hvorunder de vare henførte, at de med større Føie opfattes som egne Arter***).

*) I det Omfang, hvori jeg har taget denne Gruppe i »Frilandstrævæxten», p. 28.

**) Det samme gjælder efter Darwins Undersøgelser ogsaa med Hensyn til *Nothofagus*-Arterne (Hooker: Antarctic Flora, p. 212 i en Note).

***) Grisebach: Systematische Bemerkungen über die beiden ersten Pflanzensammlungen Philipps und Lechlers im südlichen Chile und an der Magellan-Strasse. Af Grisebachs Værk »Die Vegetation des Erde», som netop nu under Correcturlæsningen ved Forfatterens Velvillie er kommet mig ihænde, og som jeg meget beklager ikke at have kunnet benyttet under Udarbejdelsen af denne Afhandling, seer jeg, at der er en af de ovennævnte 50 Arter, nemlig *Gentiana prostrata*, hvis store Udbredning antages at være bevirket ved Albatrossens Hjælp, da denne Fugl skal trække fra Kamtschatka og Kurierne til Cap Horn.

2. Tilbageblik paa den geografiske Udbredning og dennes Forhold til den systematiske Inddeling.

Det gjælder som almindelig Regel, at jo bedre det er lykkedes at lægge saadanne Karakterer til Grund for den systematiske Inddeling af en Familie, som betegne et virkelig Slægtskabsforhold, desto tydeligere vil det ogsaa vise sig, at de forskjellige systematiske Underafdelinger have deres særegne Udbredningscentra, og fremdeles, at jo større Forskjel i Bygning de systematiske Afdelinger betegne, desto større ville ogsaa de geografiske Afstande være mellem disses Udbredningscentra. Det er denne Forbindelse mellem den systematiske Inddeling og den geografiske Udbredning, som for Cupuliferernes Vedkommende skal paavises i dette Afsnit, der da tillige vil tjene som Tilbageblik paa nogle af de vigtigste under de forskjellige Gebeter afhandlede Forhold.

Vi have seet at denne Familie falder i tre Underfamilier, men disse repræsentere hver for sig et Hovedcentrum for Cupuliferernes Udbredning og danne tre store, langt fra hinanden fjernede geografiske Gebeter. Kastaniegruppen har nemlig sit Centrum paa de indiske Øer, Egene i Mexico og Bogene i den sydvestligste Del af Amerika. Kastaniegruppen, der er skarpt adskilt fra Ege- og Bøgegruppen ved sine valseformede, stive, kun i Spidsen med et punktførmigt Ar forsynede Grifler, ved sine oprette Hanrakler og helrandede Blade, har ogsaa et eget i det hele tydeligt nok begrændset Udbredningsomraade. Den tilhører nemlig Østasien, optræder i et meget overveiende Antal af Arter og i sine mest typiske Former paa de indiske Øer, især paa Sumatra og Java; har her sit egentlige Centrum. Kun én Art (*Castanea vulgaris*) overskrider dette Hovedgebets Grændser mod Vest og spiller en vigtig Rolle i Middelhavslandene, og 3 Arter*) naa over til Amerika. Den mest typiske Slægt *Cyclobalanus*, udmærket ved sin ufuldstændig manganrummede Frugt, mangelappede Kim (se foran p. 345 f. M og 346 f. D) og sine til concentriske Lameller sammenvoxne Skaalskæl, tilhører alene de indiske Øer, og foruden andre Kastanieformer (*Pasania* og *Castanea*) forekommer her kun nogle faa Kastanie-Ege, men ikke en eneste ægte Eg (*Quercus*).

Ligesom Kastaniegruppen har sit Hjem i Østasien, saaledes tilhører Egegruppen fortrinnsvis den Nord for Ækvator liggende Del af Amerika og her igjen fornømmelig Mexico, hvor Cupulifererne have deres andet store Udbredningscentrum. I Mexicos Bjergegne forekommer ikke alene et meget større Antal Egearter end noget andet Sted paa Jorden, men de frembyde ogsaa her en større Mangfoldighed i deres Bygning, og her findes flere større Afdelinger, som ganske mangle andre Steder, hvortil endnu maa føies, at her ikke forekommer en eneste Art af de andre Slægter; baade Kastanie- og Bøgegruppen mangle ganske her; her findes kun Arter af Egeslægten. Af denne Slægt er Underslægten *Erythrobalanus*,

*) *Castanea pumila*, *C. chrysophylla* og *Pasania densiflora*.

Rødegene, udelukkende amerikansk*), og heraf forekomme over 50 Arter alene i Mexico og Centralamerika. Rødegene ere saa skarpt adskilte fra de andre Ege ved deres i Spidsen hovedformede Grifler (S. 343 f. B), ved deres kugleformede ofte tykskallede og med rudimentære Skilleægge forsynede Frugter (S. 345 f. G), ved de til den øverste Del af Frøet hæftede rudimentære Æg (S. 346 f. C) og ved deres altid braaddede Blade, at der vistnok kunde være Spørgsmaal, om de ikke snarere burde henføres til en egen Slægt. Maaske endnu mere karakteristisk for Mexico er Underslægten *Macrobalanus* med korte næsten i hele deres Længde sammenvoxne Grifler (Tab. VI f. 16) og med skæve Kimblade (S. 346 f. E), og ligeledes er den artrige Afdeling af *Lepidobalaner* med rundtakkede eller svagtlappede Blade (*Prinus genuinæ* et *versiformes*, see S. 367) saa godt som udelukkende hjemme her.

Den tredie Hovedgruppe af denne Familie, Bøgene, optræder med et saa overveiende Antal Arter i Chili, at vi maa betragte dette Land som deres egentlige Hjem; men Arterne have dog en saa spredt Udbredning, at det efter den nærværende Fordeling af Hav og Land er vanskeligt at føre dem alle tilbage til ét Udbredningscentrum. Denne Vanskelighed er i mindre Grad tilstede med Hensyn til Slægten *Nothofagus*, da vi have seet at Chili ifølge sine Naturforhold maa betragtes som en med Sydamerika landfast Ø, og da der synes at være Grund til at antage, at der tidligere har været en nærmere Forbindelse mellem denne Del af Sydamerika, Ny Zeeland og Van Diemens Land. Men hvorledes skal man føre *Fagus*-Arterne, blandt hvilke den nærmeste, *F. ferruginea*, er 70 Bredegrader fjernet fra Sydbøgenes Hjem tilbage til samme Udbredningscentrum? Dette kan man vistnok ikke, men jeg troer dog, at man er istand til at forklare sig det Afvigende i Bøgenes Udbredning, som dog endnu er tilstede, ihvorvel i mindre Grad, end da alle Arter henførtes til én Slægt. Den nu manglende Forbindelse mellem Nord- og Sydbøgene har, hvor paradox det end lyder, rimeligvis i tidligere Tid fundet Sted gennem Japan. Der er nemlig ikke alene hvad Bøgene angaaer, men ogsaa i andre Henseender flere Tilknytningspunkter mellem Japan og Sydbøgenes Hjem. *Fagus*-Slægten er fyldigere repræsenteret paa Japan end noget andet Sted i den nordlige Halvkugle (se foran S. 387), og *Fagus Sieboldii* danner Overgang til *Nothofagus*, da den er den eneste af Nordbøgene, som stemmer overens med flere af Sydbøgene (*Nothof. Gunnii*, *antarctica*) i Bladenes høist eiendommelige Ribbefordeling. Hertil kommer, at Floraen baade paa Japan og paa Van Diemens Land, Ny Zeeland og Chili har en fuldstændig miocen Karakter, saa at der maa tillægges den en større Ælde end Plantevæxten paa de fleste andre Dele af Jorden**). Dette gjælder ogsaa særligt med

*) Der er vel en japanesisk Art (*Q. lacera*), som synes at høre herhen, men den er endnu kun lidt kjendt.

***) En udførligere Udvikling og Begrundelse af den Betragtning, som her er gjort gjældende, og som gaaer ud paa, at den nu Jorden beklædende Plantevæxt har en meget forskjellig Alder, haaber jeg meget snart at kunne forelægge Videnskabernes Selskab.

Hensyn til Bøgene, der vistnok alle kunne føres tilbage til den pliocene eller endog til den miocene Tid — *Fagus sylvatica* er saaledes kjendt fra Arnodalens Pliocenlag. Det fælles Centrum for Bøgetypens Former maa derfor søges i en tidligere Jordperiode, og fra dette vare de allerede spredte i forskjellige Retninger, da den nærværende Fordeling af Land og Hav indtraadte.

Foruden de til de tre Underfamilier svarende tre Hovedcentra for Cupuliferernes Udbredning er der endnu tre underordnede Centra, som karakteriseres ved egne Slægter eller Underslægter. Japan er saaledes gennem Kina for Cupuliferernes Vedkommende saa nøie knyttet til Himálaja, at denne Del af Asien maa henføres til et fælles Gebét. Det er Kastanie-Egene (*Cyclobalanopsis*), som her have deres Hjem. — Dernæst danner Lilleasien et Centrum for Underslægten *Cerris*, der, som jeg i denne Afhandling ved mange Analyser af Dunblomsterne (Tab. V) har vist, er vel karakteriseret ved sine sylformede spidse Griffer (S. 341). Af denne Underslægts 30 Arter, forekomme 20, og deriblandt alle de typiske, i Lilleasien. De øvrige 10 Arter tilhøre Middelhavslandene, Himálaja og Japan, saa at Udbredningen fra Lilleasien er gaaet i øst-vestlig Retning.

Ligesom de arctiske Lande hele Jordan rundt ere forenede ved en fælles Flora, saaledes er det først ganske gradvis at Plantevæxten i Europa, Amerika og Asien antager en mere forskjellig Karakter, jo mere man nærmer sig Ækvator. Det staaer i Overensstemmelse hermed, at Cupulifererne paa de nærmere Ækvator liggende Bredegrader have tre skarpt adskilte Centra, ét i hver af de tre Verdensdele, medens derimod de Cupuliferer og navnlig de Ege, som hele Jordan rundt i den tempererede Zone gaa langt mod Nord, alle høre til samme lille Gruppe (*Eulepidobalanus*) af Underslægten *Lepidobalanus*. Disse nordlige Ege udmærke sig alle ved mere eller mindre dybt lappede Blade. I Nordamerika voxe de fleste Eulepidobalaner paa Vestsiden (*Q. lobata*, *Douglasii* o. fl.), i det Hele 7 Arter (se S. 366—367), medens der paa Østsiden kun er én Art (*Q. alba*). I den gamle Verden tilhøre ligeledes et meget overveiende Antal Arter den vestlige Del. I Europa er der Nord for de høie Bjergkjæder 4 Arter (*pedunculata*, *sessiliflora*, *conferta* og *pubescens*), men noget sydligere paa Bjergene komme hertil *Q. Toza* og *Q. Farnetto* og i Lilleasien *Q. vulcanica Cedrorum*, *macranthera*, *Haas*, *Syspirensis*. Øst for Kaukasus er der en stor Strækning, hvor Egene ganske mangle, men de optræde paany i den østlige Del af Asien, hvor *Q. Mongolica* har en stor Udbredning i Amurlandet, hvortil endnu komme *Q. Mac Cormickii*, *obovata* og *dentata* fra den nordlige Del af Kina og Japan.

Indenfor Cupuliferernes hele Udbredningsomraade har hver større systematisk Afdeling altsaa sit særegne Centrum, og disse forskjellige Udbredningscentra ligge langt fjernede fra hverandre. Kastanierne, Egene og Bøgene have deres særegne oprindelige

*) Dette Bælte er dog, som tidligere berørt, afbrudt i Sibirien.

Gebeter, men fra disse have de udbredt sig i forskellige Retninger, indvandret i hinandens Territorier og blandet sig mellem hinanden. Herved opstaaer der Overgangsgebeter, og der staaer nu tilbage at vise, at der netop i disse optræde Former, som danne Mellemled mellem de fra de forskellige Centra udgaaende Typer.

Kastanietypen har sit Centrum paa de indiske Øer og her fremtræder den i sin reneste Skikkelse i Slægten *Cyclobalanus*. Denne Slægt fremhyder nemlig baade i sin Bygning og i sin Habitus de fra Ege- og Bøgetypen mest afvigende Forhold, tilhøre udelukkende de indiske Øer og optræder her i stor Formrigdom. Den tilstødende Del af Asien, hvor Cupulifererne overhovedet ere tilstede, Himálaja, China og Japan, karakteriseres ved Former, som paa forskjellig Maade vise en Overgang mellem Kastanie-, Ege- og Bøgetypen. Her er saaledes to Slægter af Kastaniegruppen af hvilke den ene, *Pasania*, viser en Tilnærmelse til Egene ved Skaalskællene (∴ *Pasania* er *Cyclobalanus* med Egeskaal*) og den anden, *Castanea*, til Bøgene (∴ *Castanea* er *Cyclobalanus* med Bøgeskaal). Denne Tilnærmelse mellem Kastanien og Bøgen er endog saa stor, at man tidligere henførte dem til samme Slægt, uagtet de henhøre til ganske forskellige Typer. Den tredje Slægt (*Cyclobalanopsis*), som mere end nogen anden er herskende i dette Overgangsgebét, er ogsaa mere end nogen anden blandt alle Cupulifererne at betragte som en systematisk Overgangsform; men medens de to foregaaende ere Kastanier som have optaget noget af Egenaturen, maa denne Slægt derimod opfattes som Ege, der tildels have iført sig Kastaniernes Dragt, og det paa en saa skuffende Maade, at det først i den seneste Tid er lykkedes at gennemskue Masken og vise deres virkelige Afbyrd (Ørsted: Bidrag til Egeslægtens Systematik i naturh. Forenings vidensk. Meddel. 1860, S. 77). *Cyclobalanopsis*-Arterne ere efter de væsentlige Forhold i deres Bygning (Arrene, Frugt og Frø) Ege, men i ydre, mere iøinefaldende Karakterer, navnlig i Skaalen, stemme de ganske overens med *Cyclobalanus*; i Bladene staa de midt imellem *Cyclobalanus* og den i Asien og især i Østasien mest udbredte Afdeling af Egene (*Lepidobalanus* sect. *Prinus* § *serroides*, see S. 369 og S. 386). De til de tre Overgangsslægter hørende Arter have i Regelen de væsentlige Forhold i Bygningen, som ligge til Grund for Slægtskarakteren, saa tydeligt udprægede, at man ikke lades i Tvivl om deres Oprindelse, eller om hvilken Slægt det er, hvortil de bør henføres; men, som man maatte vente, er det dog ikke altid Tilfældet, og der gives saaledes Arter, der i snævrere og mere egentlig Forstand maa betegnes som Overgangsformer**. I den vestlige Del af dette mellem Kastanie- og Egecentrene liggende Gebét er der en monotypisk Underslægt (*Heterobalanus*), som danner Overgang mellem Underslægten *Cerris*, med hvilken

*) De fleste *Pasania*-Arter slutte sig med Hensyn til Skaalen nærmest til *Lepidobalanus*, et mindre Antal stemme i Skaalskællene mest overens med *Cerris*-Arterne (see S. 374 § 4).

***) Af Slægten *Cyclobalanus*, *C. gemelliflora* og *argentata* og af de to andre Slægter flere af de til Underslægterne *Chlamylobalanus* og *Lithocarpus* samt *Encleistocarpus* og *Lithocarpus* hørende Arter.

den stemmer overens i Griflerne, og *Lepidobalanus* Sect. *Ilex*, som den ligner i Bladene og Skaalen*).

Indenfor Egegruppens store Udbredningsomraade danner Middelhavslandene et Overgangsgebét mellem *Lepidobalan-* og *Cerris-Typen*, af hvilken den første optræder ren i Nordeuropa, den anden i Lilleasien. Sten-Egen (*Q. Ilex*) horer til de mest udbredte og mest karakteristiske Træer i det stedsegrønne Skovbælte, og den repræsenterer her en Gruppe af Ege, som udmærker sig ved smaa faste læderagtige Blade, der paa Undersiden have en meget fin og tæt, graa Haarbeklædning eller et graaligt Voxovertræk og enten ere helrandede eller tornet-tandede**). Hertil kommer endnu, at Secundærribberne i Regelen i nogen Afstand fra Randen dele sig i lige stærke Grene (Tab. II f. 1—3). De andre for Middelhavslandene karakteristiske Egearter baade af *Cerris-* og *Lepidobalan-Gruppen* vise en Tilnærmelse til Sten-Egen og have saa stor Lighed i Bladene og i hele deres Habitus med dennes forskellige Former, at herved let fremkaldes en Forvexling af Arterne. Af *Cerris-Gruppen* er der saaledes nogle (Sect. *Suber*, se S. 357), som nærme sig til de mere bredbladede, men ikke ganske helrandede Former af Sten-Ege, medens andre (Sect. *Illicioidæ*, se s. S.) have megen Lighed med de Former, som have tornet-tandede Blade (*Q. Ilex v. agrifolia*). Derimod har den Art af *Cerris-Gruppen*, som gaar længst mod Nord ind i Eulepidobalanernes Gebét, de dybt indskaarne Blade fælles med disse Ege. — Ligeledes forekommer her en meget udbredt Gruppe af *Lepidobalaner* (§ *Crenato-serrata*, se S. 367), som danner Overgang mellem de typiske Arter af denne Underslægt og Sten-Egene. Visse Former af *Q. infectoria* og *Q. Lusitanica* staa saaledes midt imellem Varieteter af *Q. sessiliflora* og *pubescens* paa den ene og af *Q. Ilex* paa den anden Side.

Ogsaa Amerika frembyder mange Exempler paa Overgangsformer mellem de Underslægter, som her komme i Berøring med hinanden. Der er i det Foregaaende vist, hvorledes Cupulifererne og navnlig Egene forholde sig til den øvrige Plantevæxt i de store naturlige Floraer. Her skal nu kastes et Blik paa Egenes Optræden i Amerika i Almindelighed og Underslægternes Forhold til hinanden indbyrdes. Her findes i det Hele omtrent 150 Arter, som ere udbredte mellem den 2den og 44de° n. Br., men langt fra ensformigt. De optræde med et meget overveiende Antal Arter i Mexico mellem den 15de og 20de° og i en Høide af 3000—6000 Fod paa Cordillerens østlige Heldning, hvor der hersker et fugtigt og varmt-tempereret Klima. Herfra aftager Arternes Antal baade mod Syd, saa at der paa 2—3° n. Br. endnu kun findes et Par Arter, og mod Nord, saa at der ved Sydranden af de store nordamerikanske Søer, hvor Egene have deres Nordgrændse, endnu kun forekomme nogle faa Arter (*alba*, *obtusiloba*, *macrocarpa*, *rubra*, *coccinea*, *tinctoria*, *imbricaria*).

*) Ørsted: Bidrag o. s. v., I. c., S. 70.

**) Bladene synes hos alle Arter at være tornet-tandede paa den unge Plante.

Indenfor de her betegnede Grændser er der imidlertid store Strækninger, hvor Egeene ganske mangle, nemlig paa hele den plateauformige Hævning, som indtager en stor Del af Mexico, Ny Mexico og det store af Saltsøbakkenet og Prairierne indtagne Bælte i Nordamerika, Egeene, hvor Klimaet er saa tørt, at de næsten ere blottede for al Trævæxt. — Egenes Bælte ligger i Costa Rica og Columbien i en Høide af 7000—10,000 Fod og sænker sig gradvis mod Nord indtil omtrent den 35te Grad, hvor Egeene bliver Lavlandsplanter. Dog forekomme allerede paa den 30te Grad et stort Antal Arter i Lavlandet (*virens* i Florida, *Catesbæi*, *aquatica*, *cinerea*, *phellos* lidt nordligere), ja endog i Mexico er der en enkelt Art (*oleoides*), som voxer i Nærheden af Kysten.

De amerikanske Ege høre til tre Underslægter: *Erythrobalanus*, *Lepidobalanus* og *Macrobalanus*, af hvilke den sidstnævnte er indskrænket til en Del af Mexico og Centralamerika, medens de to andre ere udbredte gennem hele Gebetet og vise en mærkelig Parallellisme med Hensyn til den Maade, hvorpaa de analoge Afdelinger af Slægterne optræde i de forskellige Dele af Gebetet. De analoge Afdelinger af Underslægterne ere følgende*):

<i>Erythrobalanus.</i>	<i>Lepidobalanus.</i>
<i>Eueythrobalanus</i> svarer til	<i>Eulepidobalanus.</i>
<i>Prinoides</i>	— - <i>Prinus</i> § <i>genuinæ.</i>
<i>Versiformes</i>	— - — § <i>versiformes.</i>
<i>Laurifoliæ</i>	— - — § <i>integræ.</i>

Begge Underslægter have deres Maximum i den tropiske Zone, og de her voxende Arter have enten helrandede eller svagt indskaarne Blade, medens derimod i den tempererede Zone Sectionerne *Eueythrobalanus* og *Eulepidobalanus* med dybt indskaarne, fligede eller lappede Blade ere herskende. Der er indenfor disse mindre analoge Grupper især visse Arter, hos hvilke Overensstemmelsen i Bladenes Form og Indskæring er saa stor, at den har givet Anledning til Forvexling af Analogi med Slægtskab. Som Exempler herpaa skulle anføres følgende:

<i>Erythrobalanus.</i>	<i>Lepidobalanus.</i>
(<i>Eueythrobalanus</i>) <i>nigra</i>	svarer til (<i>Eulepidobalanus</i>) <i>obtusiloba</i> **).
— <i>tinctoria</i>	— - (<i>Prinus</i>) <i>Prinus.</i>
(<i>Prinoides</i>) <i>crassifolia</i>	— - — <i>reticulata.</i>
(<i>Versiformes</i>) <i>Castanea</i>	— - (<i>Versiformes</i>) <i>glabrescens.</i>
(<i>Laurifoliæ</i>) <i>confertifolia</i>	— - (<i>Integræ</i>) <i>microphylla.</i>

* I den systematiske Del af denne Afhandling, ere de her som § *integræ* opførte Arter af Underslægten *Lepidobalanus* henførte til § *versiformes*, men Parallellismen vil træde tydeligere frem, naar de Arter, som have helrandede Blade (*microphylla*, *oblongifolia*, *glaucooides*), udsondres som en egen §.

**) Se Tab. III.

En nærmere Undersøgelse af de analoge Arter vil imidlertid vise, at de, som høre til Underslægten *Erythrobalanus*, altid have Blade med braadde Fremragninger eller, naar Bladene ere helrandede, en braadde Spids, medens Lepidobalan-Arterne have budte Fremragninger og en budt Spids. Medens disse to Underslægter i det hele holde sig tydeligt nok sondrede, er der dog visse Arter eller Grupper af Arter, hos hvilke begge Underslægters Karakterer ere paa en saadan Maade forenede, at de danne virkelige Overgangsformer, og saadanne Melleformers Antal er især stort, hvor disse Underslægter optræde i det største Antal Arter, altsaa i Mexico. Det er navnlig indenfor Underslægten *Erythrobalanus*, der ogsaa er den formrigeste i Amerika, at der forekommer flest Tilfælde af en større eller mindre Tilnærmelse til *Lepidobalanus*, sjældnere omvendt. Medens saaledes toaarig Frugtmodning og de gølge Ægs Stilling i den øverste Del af Frugten høre til de Karakterer, som i Regelen skarpest adskille *Erythrobalanerne* fra *Lepidobalanerne*, er der en lille Gruppe af de førstnævnte, hos hvilke Frugten modnes det første Aar (se S. 364, *Section 5, Laurifolia* § 2), og der er en anden Gruppe, der ikke alene i enaarig Frugtmodning, men ogsaa i Æggenes Stilling ved Grunden af Frugten slutte sig til *Lepidobalanerne* (se S. 364 *Section 6, Lepidobalanus*). I disse Arter findes en saa fuldstændig Blanding af begge Underslægters Karakterer, som man kan tænke sig; de have optaget saa meget af *Lepidobalanernes* Natur, som de kunde uden at høre op med at være *Erythrobalaner*; de have kun beholdt disses, rigtignok ogsaa væsentligste, Mærker i Griffler og Ar og de mere underordnede Egenheder i Skaalskællene og Blade. De fleste Arter af denne lille Overgangsgruppe høre til Egeslægstens sydligste Repræsentanter i Amerika og voxer Syd for den høie Vulkankæde, som i Costa Rica gaar tværs igjennem Landet og danner et temmelig skarpt Grændseskjel mellem Centralamerikas og Columbiens Floraer — her er, som jeg andetsteds har vist, den nordligste Grændse for flere af de for den sydlige Halvkugle karakteristiske Former (f. Ex. *Gunnera insignis* Ørst.). — Paa en anden Maade dannes Overgang mellem disse to Underslægter ved Californiens kristtornbladede Eg (*Q. agrifolia*) og rimeligvis ved nogle andre endnu kun ufuldstændig kjendte Arter, som synes at slutte sig til denne (se S. 364, *Section 7, Stenocarpæa*). Frugten er hos denne Art aflang og spids og modnes det første Aar som hos *Lepidobalanerne*, og med disse navnlig med visse Arter af *Ilex*-Gruppen stemmer den ogsaa overens i Bladene, medens den derimod i Grifflerne, Æggenes Stilling og Skaalskællenes Form er en *Erythrobalan*. — Blandt *Lepidobalanerne* danne *Q. lyrata* ved sin kugleformede tykskallede Frugt (se S. 345 f. B) og *Q. glabrescens, reticulata, spicata* o. fl. ved Formen af Skaalskællene Overgang til *Erythrobalanus*.

Underslægten *Macrobalanus*, der er eiendommelig for Mexico og Centralamerika, hører til de smukkeste og interessanteste Afdelinger af Egene. Dens særegne Forhold i Bygning har man hidtil ganske overseet, og de herunder hørende Arter stilles af De Candolle paa forskellige Steder i Systemet (se S. 370). Den hører til de amerikanske Ege-

typer, som i den tertiære Tid udgjorde en saa karakteristisk Del af Trævæxten i Europa. Den af Rossmåsler først beskrevne *Q. fuscinervis* stemmer, som det sees af nærværende Afhandlings Tab. VII f. 1—4, saa nøie overens med *Q. Galeottii* i Bladets Form, Indskæring og Ribbefordeling, at man ikke kan tvivle om, at den er nærbeslægtet med samme; navnlig gjenfindes her de for *Macrobalanus* karakteristiske langs med Randen løbende Tertiærribber (f. 2—4). Paa lignende Maade svarer *Q. fuscinervis* Heer. til *Q. leiophylla*, *Q. Drymeia* til *Q. lancifolia* (see Tab. VII f. 5—8) og *Q. grandidentata* Web. til *Q. excelsa* Liebm. *Macrobalanus* slutter sig i det hele nærmere til *Lepidobalanus* end til *Erythrobalanus*, dog er der nogle Arter, som i Bladene nærme sig mest til *Erythrobalanus Sectio 3*, *Versiformes* og *Sectio 4*, *Serroides*, saaledes *lancifolia* til *nitens*, *leiophylla* til *Cortessii* og *corrugata* til *Serra*.

Forsaavidt den Forbindelse, der viser sig mellem Cupuliferernes geografiske Udbredning og de i de systematiske Afdelinger udtrykte Forskjelligheder i Bygning, i det Foregaaende har været gjort til Gjenstand for Betragtning, ere Forholdene i det hele, saaledes som de maatte være, naar de typiske Former oprindeligt have været tilstede i de som Udbredningscentra betegnede Egne og herfra, efterhaanden som Arternes Antal tog til, have udbredt sig videre og blandet sig med Nabocentrernes Arter, naar ikke klimatiske og andre fysiske Betingelser hindrede deres Udbredning.

Der er imidlertid nogle Forhold i Cupuliferernes Udbredning, som efter den nærværende Fordeling af Land og Hav staaer i Modstrid med den Forudsætning, at alle de beslægtede Former ere udgaaede fra samme Centrum, og som endnu staa tilbage at omtale. Dette gjælder saaledes med Hensyn til *Ilex*-Gruppens Udbredning. De herhen hørende Arter (see S. 369) forekomme i størst Mængde i Ny Mexico, en Art har en stor Udbredning i den sydlige Del af Nordamerika, en anden ved Mexicos Kyster; saa at de altsaa her tilhøre Landene omkring det amerikanske Middelhav; men den mest udbredte Egeart, Sten-Egen, i Europas Middelhavslande hører ogsaa til denne Gruppe, og ligeledes forekommer der et Par Arter paa Himálaja og én Art paa Japan, saa at *Ilex*-Gruppen altsaa er udbredt hele Jorden rundt paa de tilsvarende Bredegrader. Man kunde maaske mene, at dette Udbredningsforhold lader sig forklare derved, at Lighed i klimatiske Betingelser ogsaa fremkalder Lighed i Organisation, men fraseet andre Indvendinger, der kunne gjøres mod denne Forklaring, finder der navnlig for Himálajas og Japans Vedkommende ikke nogen saadan Overensstemmelse i Klima Sted. Derimod kaste de til de nulevende Arter nøie knyttede fossile Former og deres Udbredning i de nærmest forudgaaende Jordperioder, saaledes som det vil blive vist i det følgende Afsnit, Lys over dette som over flere andre afvigende Forhold i Udbredningen.

Der er dernæst Egefamiiliens Optræden i den californiske Flora, som frembyder afvigende Forhold, da de her forekommende Arter vise meget større Slægtskab med de

japanesiske end med dem, som voxe i de østlige Stater. Her er nemlig, som ovenfor (S. 474) vist, kun én Art af den i Øststaterne herskende Afdeling af Underslægten *Erythrobalanus*, men derimod 3 Arter, som henhøre til asiatiske Typer. Denne Overensstemmelse mellem to fra hinanden ved et stort Hav fjernede Floraer — thi ogsaa med Hensyn til andre Familier gjør den sig i større eller mindre Grad gjældende — kan kun forklares ved at se hen til de mærkelige Udslag, hvortil Asa Gray's*), Dana's og Lesquereux's Undersøgelser have ført med Hensyn til den nuværende nordamerikanske Floras Forhold til den pliocene og med Hensyn til de klimatiske Forandringer, som her have fundet Sted. Ved disse Undersøgelser er det blevet godtgjort, at Plantevæksten her har en meget større Ælde, end man tidligere har antaget, og at det ikke alene væsentlig var de samme Arter, som dannede Skoven i den pliocene Tid, men nogle Arter kunne endog føres tilbage til den miocene Tid***). Da Klimaet under Istiden gradvis blev meget koldere, maatte disse Planter efterhaanden trække sig længere mod Syd, og i deres Sted traadte arctiske Former. Efter Istiden fulgte den anden posttertiære Periode, der af Dana kaldes den »fluviale«, da Landet dengang var lavere og Søerne meget større end nu. Af Dyrelevninger fra denne Periode†) sees det, at der da herskede et varmt Klima lige op til de nordligste Dele af Fastlandet. De under Istiden mod Syd trængte Planter kunde derfor vende tilbage og indtage langt nordligere Bredegrader end de nu gjøre, medens de arctiske Planter trak sig op til Toppene af de høieste Bjerge, hvor de endnu danne det alpine Bælte. I den fluviale Tid fandt der altsaa saadanne Forhold Sted i Klima og i Plantevæxtens Fordeling, at der over de aleutiske og kuriliske Øer kunde finde en Vandring af Planterne Sted, hvorved det forklares, at disse to saa langt fra hinanden fjernede Floraer kunne være saa nøie knyttede til hinanden. Efter den fluviale Periode fulgte »Terrasse-Perioden«, som Dana kalder den, i hvilken Landet gradvis hævede sig til sin nærværende Høide, og Temperaturen sank, hvorved den arctiske Flora igjen kom til at adskille den gamle og den nye Verdens tempererede Floraer fra hinanden.

Blandt de Cupuliferer, som have en saa afvigende Udbredning, at denne kun kan forklares ved at se hen til den høje Ælde, som der ifølge de i pliocene Lag fundne Levninger maa tillægges dem, høre de to almindeligste Arter af Slægterne *Castanea* og *Fagus*. *Castanea vulgaris* har sin største Udbredning i Europa, men den forekommer ogsaa i Nordamerika, i Staterne Maine, Michigan og Kentucky, i en egen Varietet (*var. Americana*)

*) Asa Gray: On the Botany of Japan and its relations to that of North America.

***) Saadanne i pliocene Lag fundne Træer ere: *Gleditschia triacanthos*, *Prunus Caroliniana*, *Carya olivæformis*, *Castanea pumila*, *Quercus virens aquatica var. myrtifolia*, *Persea Carolinensis*.

***†) Saadanne ere: *Taxodium distichum*, *Sequoia sempervirens*.

†) *Megatherium*, *Myodon*, *Megalonyx*, *Dicotyles*.

med mindre og sødere Frø og ligeledes paa Japan, hvor den optræder i flere Varieteter*) og i den nordlige Del af Kina, medens den herfra og til Kaukasus og ligeledes i den midterste og vestlige Del af Nordamerika ganske mangler. Paa lignende Maade forholder det sig med *Fagus sylvatica*, der ogsaa forekommer paa Japan i en egen Varietet (*v. Asiatica*), men savnes i den store Strækning, som ligger herimellem og Kaukasus**). Der er Grund til at antage at baade Bøgen og Kastanien har været udbredt i et Bælte, som strakte sig fra den østlige Del af Asien til Kaukasus, og Paavisningen af disse Planter i hine Egenes pliocene Lag vil neppe længe lade vente paa sig.

Blandt de Forhold i Planternes geografiske Udbredning i Almindelighed, hvorover Cupulifererne i særlig Grad kaste Lys, skulle her udhæves de vigtigste.

Den mærkelige skarpe Adskillelse, som finder Sted mellem den mexicanske og den vestindiske Flora, som dog ligge hinanden saa nær, gjør sig paa en meget paafaldende Maade gjældende med Hensyn til Cupulifererne. Medens nemlig Egene optræde i større Mængde i Mexico end noget andet Sted paa Jorden, er der ikke en eneste Art paa de vestindiske Øer, uagtet disse paa mange Steder frembyde de klimatiske Betingelser, som ere de gunstigste for Egene. At der netop med Hensyn til Egenes Opræden finder en saa fuldstændig Modsætning Sted mellem disse to Floraer kan vistnok tildels forklares derved, at Egenes Frø, som hurtig miste deres Spireevne, ikke let kunne overføres ved Havet; hvortil endnu kommer, at Egene voxer i Mexicos høiere liggende Bjergegne, langt fra Havet, og om end Frugterne herfra ved Floderne kunne føres ud i Havet, ville de ikke paa de vestindiske Øers Kyster finde gunstige Betingelser for deres Udvikling, hvilket ogsaa staaer i Overensstemmelse med den almindelig gjældende Regel, at de fleste Planter, som de vestindiske Øer have fælles med Fastlandet, tilhøre det tropiske Lavland, medens Bjergplanterne som ofte ere endemiske.

Det gjælder fremdeles som almindelig Regel, at der findes flest endemiske Arter i de Floraer, hvor de fysiske Betingelser lægge de største Hindringer for Planternes Vandring. Havet og høie sneklædte Bjergkjæder, især saadanne, som træffes lodret af de herskende Vinde, danne skarpe Grændseskjel mellem Floraerne. Gyldigheden af denne Regel bestyrkes paa en slaaende Maade ved Cupuliferernes Udbredning. Medens saaledes f. Ex. Sommer-Egen er udbredt over hele Europa, overalt hvor den finder de passende klimatiske Forhold, have derimod Sumatra og Java, som ligge hinanden saa nær, gennemgaaende forskjellige Arter af Cupuliferer, uagtet Klimaet paa begge Øer væsentlig er det samme, og ligeledes ere de for den californiske Flora eiendommelige Cupuliferer inskræn-

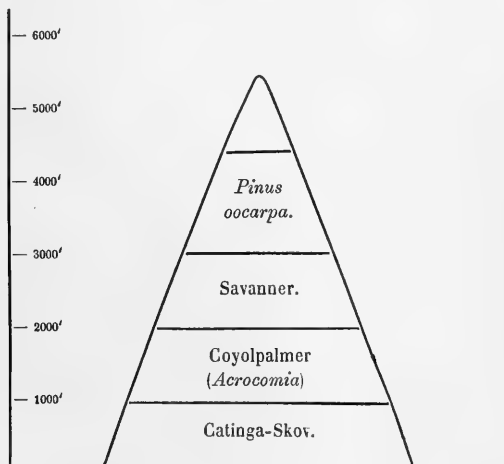
*) *V. Japonica* med mindre Blade, *v. elongata*, *v. subdentata* og *v. Kusakuri*.

**) Naar *F. sylvatica* tidligere har været angivet fra Amerika grunder det sig paa en Forveksling med *var. sylvestris* af *F. ferruginea*.

kede til den vestlige Side af den høie Nevada-Kjæde, og Bøgene i Chili ere ved de sneklædte Cordillere fuldstændig udelukkede fra Østsiden.

De forskellige Plantebælter hæve sig i det hele gradvis og regelmæssigt fra de højere Bredegrader og henimod Ækvator. Betydelige Afvigelser fra de sædvanlig herskende Høidegrændser for Bælterne finde dog Sted og foraarsages ved særegne Forhold, dels i Terrænets Hævning, dels i Skydækket. Det har saaledes vist sig, at en plateauformig Hævning paa Grund af den stærkere Insolation løfter Plantebælterne og Snelinien betydeligt iveiret — herpaa afgive det bolivianske og det tibetanske Høideplateau paafaldende Exempler. En Sænkning af Plantebælterne finder derimod Sted paa isolerede og steile Bjerge. Der er neppe noget andet Land hvor dette Forhold lægger sig paa en saa slaaende Maade for Dagen som i Nicaragua, og Paavisningen heraf er det interessante plantegeografiske Udbytte af min Reise i Centralamerika. Flere af Vulkanerne staa her som fuldstændig isolerede, regelmæssige, 5—6000 Fod høie Kegler, der hvile paa det kun 1—200 Fod over Havets Niveau hævede Lavland. Paa El Viejo fandt jeg Plantebælterne fordelte paa nedenstaaende Maade:

Plantebælterne paa El Viejo i Nicaragua.



Her findes altsaa 5 Bælter, og disse ere saa skarpt adskilte fra hverandre, at man paa Steder, hvor dette Bjerg kan overskues i hele sin Høide (f. Ex. fra Havnen ved Realejo) modtager omtrent det samme Indtryk af Bælternes Fordeling som ved den billedlige Fremstilling heraf — et Forhold som vistnok er overmaade sjeldent. Over Fyrrens Bælte,

som her frembyder den særegne Interesse, at det er det sydligste Punkt i Amerika, hvor denne Planteslægt er repræsenteret, findes et lille Bælte af Fjeldvæxter, hvor *Gaultheria scabrida* Kl. er fremherskende. Fjeldvæxternes Bælte ligger her mellem 4500 og 5500 Fod, medens det, som jeg har vist, paa Vulkanen Irazu i Costa Rica, der hæver sig iveiret fra 5—6000 Fod høit Plateau, ligger mellem 10,000 og 11,000 Fod. — For Cupuliferernes Vedkommende er der navnlig to Steder i Europa, hvor den plateauformige Hævning har Indflydelse paa Bælternes Høidegrændse. I den centrale Del af Alperne bevirkes herved en svagere Udvikling og en Sænkning af Bøgebæltet; Plateauklimaet er nemlig ved sin continentale Karakter ugunstigt for Bøgen, medens det derimod paa den anden Side er Grunden til at Zirbelfyrren og Lærken, som ynde dette Klima, i Kantonerne Wallis og Graubünden danne et stærkt udviklet Bælte, som hæver sig 500—1000 Fod hoiere end paa de bayerske Alper (se S. 459). Paa Sierra Nevada, der hviler paa Granadas Plateau, stiger Kastanien op til 5000 Fod, medens den derimod paa den tilsvarende Bredegrad i den sydlige Del af Portugal kun naaer op til 3200 Fod. Mod-sætningen mellem Kastaniens Høidegrændse paa disse to Steder bliver rigtignok kun derved saa betydelig, at der er særegne Forhold, som i Portugal bevirke en ualmindelig Depression af Bælterne. Det er nemlig saadanne, som staa i Forbindelse med Kyst- eller Øklimaet og som ogsaa andre Steder gjøre deres Indflydelse gjældende i de Bælter, hvor Cupulifererne optræde. Ege-Kastaniernes Bælte og de andre Plantebælter ligge saaledes paa Sumatra meget lavere end paa Java, og det er (S. 386) bleven vist, at dette grunder sig paa den Formindskning i Solens Virkning, der foraarsages ved den tættere og hyppigere Skydannelse, som finder Sted paa Sumatra, hvis Bjergaxe træffes lodret af de der herskende damprige Luftstrømme, medens disse derimod paa Java løbe parallelt med Bjergaxens Retning. Ganske lignende Forhold er det, som gjøre sig gjældende i Portugal. De ved Atlanterhavets Nærhed bevirkede Taager og Skydannelser have til Følge, at Temperaturen i den Grad formindskes, at medens Sommerens Middeltemperatur i Madrid, som ligger paa 1940 Fod, er næsten 24° C., er den derimod i Mafra, som ligger 700 Fod over Lissabon, kun henved 17° C. Der er dog neppe noget andet Sted paa Jorden, hvor lignende klimatiske Betingelser bevirke en saa betydelig Formindskning i Sommertemperaturen, som i den sydlige Del af Chili og paa Ildlandet, hvor Gletscherne endnu paa 46—47° (ved Kelly Harbour) naa ned til Havet, og hvor Sommervarmen paa 53° er saa ringe, at Rug og Byg neppe kunne modnes (se S. 383—85).

Der staaer endnu tilbage at give en Fremstilling af Forholdet mellem Egefamiliens nærværende Udbredning og dens Optræden i Fortiden og ligeledes at undersøge, hvorvidt de forskjellige indvundne Resultater kaste Lys over Spørgsmaalet om Egearternes Oprindelse (se S. 380), men disse Partier vil det være rigtigtst at udsætte til, der i det næste Afsnit af min Afhandling er givet en Oversigt over de fossile Former.

Berigtigelser og Tillæg.

- Side 348, L. 18 f. o. Egen, læs: Egen (*Quercus pedunculata*).
- 365, L. 12 f. n. Efter *fulvo-tomentosa* indskydes: *v. pubescentia*.
- 373. Her indskydes efter *Pasania Harlandi* (L. 4 f. n.): *P. Hancei* Benth., Flor. Honkong, p. 322.
- 382, L. 11 f. o. Betegnelsen Ege-Kastanier bør helst indskrænkes til Slægten *Pasania*.
- 385, L. 6 f. n. *Dryobalanops*, Dipteroearpeer, læs: *Dryobalanops* og andre Dipteroearpeer.
- 387, L. 19 f. o. *Castanea (Castanopsis) vulgaris*, læs: *Castanea (Eucastanea) vulgaris*.
- 387. Efter L. 8 f. n. indskydes: *Pasania Hancei*.
- 392, L. 11 f. o. Fusi-jama, læs: Fusi-yama. Hoiden af denne Vulkan er efter de seneste Maalinger (Petermanns Mittheil. 1867, p. 118) 13,300 Fod. Dog skal den ifølge Alcocks Maalinger være 13766 Fod (*Fra alle Lande* 1869, p. 481).
- 392, L. 19 f. n. 6—15°, læs: $\frac{6}{6}$ — $\frac{15}{6}$ C. Yeddo's Sommervarme svarer til Palermo's (22,5° C.); men Vinteren er koldere og svarer til den i Genf (+0,5° C.).
- 393, L. 17 f. o. *P. Massoniana*, læs: *P. Massoniana* Sieb. et Zucc. Her indskydes blandt de kinesiske Naaletræer: *Cupressus funebris* og *Juniperus Chinensis*
- 395, L. 8, f. o. De 4 førstnævnte Slægter, læs: de 2 førstn. o. s. v.
- 397, L. 15 f. o. 9—9000', læs: 8—9000'.
- 397. Her indskydes følgende Bemærkninger om Middelhavslandenes Flora, uddragne af Grisebachs Skrift: *Die Vegetation der Erde. I. Bd. Mittelmeergebiet*. De herværende Arters Antal anslaaes til 7000. Af disse tilhøre 60 Procent eller 4200 udelukkende denne Flora, medens de øvrige Arter ogsaa forekomme i Mellem- og tildels i Nordeuropa. Kun 500 af de 4200 Arter ere udbredte over hele Gebetet, medens 1000 Arter tilhøre to eller flere Lande, og 2700 ere indskrænkede til et enkelt af disse. Dette store Antal Arter med et saa indskrænket Udbredningsomraade hidrører derfra, at Gebetet omfatter dels fra hverandre langt fjernede Kyststrækninger, dels Øer eller Halvøer, der ligesom disse ere rige paa endemiske Arter. 60 af de eiendommelige Slægter ere monotypiske, og af disse er der kun 12, som ere almindeligt udbredte. — Spanien har $\frac{1}{13}$ eiendommelige Arter og 11 Monotyper. 4 Arter af Træer ere indskrænkede til Afrikas Nordrand og navnlig til Algier: *Callitris quadrivalvis*, *Fraxinus dimorpha*, *Pistacia Atlantica* og *Pyrus longipes*. Paa de baleariske Øer ere $\frac{1}{10}$ af Arterne endemiske, heriblandt: *Hypericum Balearicum*, *Genista lucida* og *Hypocrepis Balearica*, medens *Buxus Balearica* ogsaa forekomme i Spanien. Sardinien og navnlig Korsika frembyde en eiendommelig Endemismus. 4 Familier optræde nemlig her i særegne Former, udmærkede ved deres meget smaa kun faa Linier lange Blade, saaledes navnlig Læbeblomsterne, Korsblomsterne (*Morisia*), Kurvblomsterne (*Nananthea*). 3 endemiske Buske tilhøre begge Øer: *Rhamnus salicifolius*, *Genista Corsica* og *G. Morisii*. — Italien er af alle Middelhavslandene fattigst paa endemiske Arter, og disse ere især indskrænkede til Neapel og Sicilien. *Primula Palinuri* er indskrænket til Forhjerget Palinuri (40°) og *Convolvulus sabatius* til Cap Noli. *Juniperus hemisphaerica* er fælles for de calabriske Apenniner og Ætna. — For den illyrisk-dalmatiske Kyst er *Petteria (Cytisus) Waldeni* karakteristisk. — Den osmaniske Halvø har 3 Monotyper, blandt hvilke Gesneraceen *Haberlea* er den mærkeligste formedelst sit Slægtskab med den pyrenæiske *Ramondia*. — *Colutea melanoxyylon* og *Juniperus Ægæa* ere karakteristiske for Grækenland. — Kreta er rigere paa endemiske Væxter end nogen anden Del af dette Gebét. Her forekommer en monotypisk Campanulacé (*Petromarula*),

fremdeles *Planera Abelicea* og flere Buske af Slægter, som ellers optræde som Urter eller Halvbuske (*Linum arboreum*, *Ebenus Cretica*, *Astragalus Creticus*, *Stachelina fruticosa* og *arborescens*. — Lilleasien tæller et stort Antal ($\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{8}$) endemiske Arter, blandt hvilke *Frazinus Syriaca*, *Phillyrea Vilmoriniana*, *Amygdalus orientalis* og *salicifolia*, *Colutea Cilicica*, *Cissus orientalis*, *Amelanchier parvifolia*. — Nogle Arter have en mærkelig Udbredning og forekomme i Spanien og Orienten, men mangle i de mellemliggende Lande, saaledes: *Rhododendron Ponticum*, *Geum heterocarpum* og *Juniperus thurifera*, hvilken sidste dog ogsaa voxer paa Atlas og Sardinien. Tre capske Typer have Repræsentanter her: *Othonna* af Kurvblomsternes Familie i Algier, Stapeliaceen *Apteranthes* paa Lampedusa og *Pelargonium Endlicherianum* paa Ciliciens Bjerger. Himálajakjædens *Pinus excelsa* synes at være den samme Fyrreart, som voxer i Macedonien og er beskrevet under Navn af *P. Peuce*, og *Juniperus foetidissima* er fælles for Taurus og Himálaja. To tropiske Planter ere indskrænkede til Fumarolerne paa Øen Ischia, nemlig *Cyperus polystachyus* og *Pteris longifolia*.

- Side 402, L. 20 f. o. Vestlige, læs: østlige.
 — 404, L. 10 f. n. 3000—3500, læs: 2000—3500 Fod.
 — 409, L. 6 f. o. *Sypirensis*, læs: *Sypirensis*.
 — 409, L. 8 f. n. Bayriske, læs: bayerske.
 — 411 indskydes: Bogen fordrer en Vegetationstid paa 5 Maaneder med en Middeltemperatur af 8° R. (Grisebach).
 — 413 indskydes: Egen fordrer samme Vegetationstid som Bogen, men tiltrænger lidt større Varme i Begyndelsen (9—10° R.), men kan hjælpe sig med mindre i Slutningen af samme (Grisebach).
 — 425, L. 13 f. o. Fyr og Gran, læs: navnlig Fyrren.
 — 429, L. 4 f. n. 32—33, læs: 32—33000.
 — 431, L. 7 f. n. Skjælnæs, læs: Skjælnæs.
 — 443, L. 11 f. n. En nordostlig Polargrændse, læs: nordvestlig.
 — 460. Ved Snelinien staaer 4800' istedetfor 8800'.
 — 464. I Fjeldvæxternes Bælte staaer *Rhodendron*, læs: *Rhododendron*.
 — 471, L. 17 f. n. Den californiske Flora o. s. v., læs: den californiske og den nordamerikanske Flora i Almindelighed.
 — 473, L. 12 f. n. Jabobi, læs: Jacobi.
 — 474, L. 5 f. o. Ordet Slægter gaer ud.
 — 474, L. 11 f. n. Dele, læs: Dale.
 — 475, L. 12 f. o. San Pabbo, læs: San Pablo.
 — 477, L. 15 f. o. Foucroya, læs: Furcroya.
 — 478, L. 11 f. o. *Eurythrobalanus*, læs: *Erythrobalanus*.
 — 481, L. 7 f. o. Banener, læs: Bananer.
 — 486, L. 7 f. n. *Peperomia*, læs: *Peperomia*.

Résumé du mémoire:

Etudes préliminaires sur les Cupulifères de l'époque actuelle, principalement au point de vue de leurs rapports avec les espèces fossiles.

Par A. S. Ørsted.

C'est un fait généralement reconnu aujourd'hui que les plantes actuelles ne sont pas toutes également anciennes, et que parmi les végétaux dicotylédones il n'en est guère qui remontent plus haut dans le passé que les Cupulifères, ni chez lesquels il existe une connexion si intime entre les espèces encore vivantes et les espèces fossiles. Un grand nombre de Cupulifères se rattachent si étroitement aux espèces pliocènes et miocènes, qu'on ne peut douter qu'il n'y ait entre eux une relation génétique, et il est ainsi permis d'espérer que l'étude de ces plantes contribuera à jeter du jour sur les théories de la transformation graduelle des espèces.

Mais la comparaison avec les plantes actuelles, qu'exige nécessairement l'étude des espèces fossiles, conduit bientôt à ce résultat, que les caractères qui servent généralement de base à la séparation des plantes vivantes, sont loin d'être suffisants pour l'intelligence des plantes fossiles. Lorsque, comme c'est souvent le cas, on ne dispose que d'un simple fragment de feuille pour la détermination de ces dernières, on sent la nécessité de faire sur la nervation des recherches bien plus approfondies que ne le réclame la séparation des plantes vivantes, et il faut constamment se demander jusqu'à quel point, étant donnée une partie isolée d'une plante, il est possible d'en tirer des conclusions relativement à la nature des autres parties, ou, en d'autres termes, on sent le besoin de se rendre compte de la liaison qui existe entre les caractères des divers organes, laquelle joue nécessairement un rôle important dans un groupement naturel des espèces.

Ce sont des études préliminaires de ce genre, nécessaires pour l'intelligence et la détermination des Cupulifères fossiles, que j'expose dans la première partie du présent mémoire, en ayant toujours en vue la seconde partie, laquelle renfermera des remarques critiques sur les travaux qui ont été publiés jusqu'ici sur les Cupulifères fossiles, ainsi qu'une classification des espèces fossiles.

Ces études préliminaires, il est vrai, ont déjà, en grande partie, été exposées dans mon premier mémoire; «Contributions à la Systématique des Chênes» (Naturh. Forenings Vidensk. Meddelelser 1866), et je crois, par mes indications sur l'importance des styles et des stigmates dans la Systématique de ces plantes, avoir réussi à établir une classification naturelle des Cupulifères; mais, depuis la publication de ce mémoire, j'ai eu l'occasion d'examiner de nouveaux matériaux, provenant de collections tant anciennes que récentes, et cette étude, tout en confirmant dans les points essentiels la justesse des principes que j'ai pris pour base de ma classification, a eu cependant pour résultat d'éclaircir quelques doutes et d'apporter quelques changements dans des points secondaires. Que la valeur de cette classification se trouve également confirmée par la structure intérieure de ces plantes et par leur distribution géographique, c'est ce que je me propose aussi de démontrer, de sorte que la première partie du présent mémoire comprendra les chapitres suivants: 1° nouvelles contributions à la morphologie des Cupulifères; 2° comparaison entre la structure intérieure du tronc chez le Chêne, le Hêtre et le Châtaignier; 3° classification des Cupulifères; 4° distribution géographique de cette famille.

I. Nouvelles contributions à la morphologie des Cupulifères.

Feuilles. Dans mon précédent mémoire, j'ai examiné les caractères principaux de la nervation et les découpures. Pour ce qui regarde les nervures secondaires, elles se terminent, lorsque les feuilles sont échanquées, au sommet des proéminences (dents, lanières), comme chez le *Cyclobalanopsis gilva* (pag. 6 [336]); mais, lorsque les feuilles sont entières, elles se divisent, à une assez grande distance du bord, en deux branches principales, dont l'une se courbe vers le haut et l'autre vers le bas, comme chez le sous-genre *Erythrobalanus* (*Q. conspersa* pag. 7 [337]), ou bien elles aboutissent à un arc qui court presque parallèlement au bord de la feuille, comme chez le genre *Pasania* (pag. 7 [337]). Outre ces caractères, qui sont les plus généraux, il faut encore signaler les suivants, qui, quoique plus rares, sont cependant particuliers à certains groupes naturels; les nervures secondaires se divisent par des bifurcations répétées en nervures beaucoup plus fines qui se perdent vers le bord — tel est le cas chez le *Quercus* (*Heterobalanus*) *semicarpifolia* (Pl. I, 1—3), et plusieurs espèces des groupes *Ilex* (Pl. II, 1—3) et *Erythrobalanus* (*cinerea*, *imbricaria*) — ou elles se terminent en une dent, mais détachent près du bord une branche qui lui est presque parallèle, comme le montre la figure pag. 6 [335]. On observe surtout ce caractère chez le *Quercus* subgen. *Macrobalanus* et le *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* sect. *Prinus* § *serroides*.

Quelques espèces du groupe des Hêtres (*Fagus Sieboldii*, *Nothofagus antarctica*, *N. Gunnii*), présentent en apparence un grand écart sous ce rapport, les nervures secondaires se terminant non au sommet de la proéminence, mais au fond de l'incisure (Pl. VI, fig. 27). Mais un examen plus approfondi montre que, chez ces espèces, le fond de l'in-

cisure répond au sommet de la proéminence chez d'autres espèces. Les feuilles du *Fagus sylvatica* sont doublement crénelées, de manière qu'à chaque nervure secondaire correspondent une grande et une petite dent (Pl. VI, fig. 29); mais cette dernière disparaît quelquefois complètement, et les feuilles présentent alors des crénelures simples comme chez le *Fagus Sieboldii* (voir la figure pag. 8 [338]). Le fond de l'incisure est donc ici homologue à la petite dent du *Fagus sylvatica*. Le *Nothofagus antarctica* et le *N. Gunnii* ont de même des feuilles doublement crénelées; mais, chez une variété du *N. antarctica* (*N. sublobata*), les dents, comme l'indique la figure p. 8 [338], sont remplacées par de petits lobes crénelés où viennent aboutir les nervures secondaires, de sorte qu'on voit également ici que le fond de l'incisure, chez la forme ordinaire (Pl. VI, fig. 27), et le sommet du lobe, chez la forme lobée, sont des parties homologues.

Les feuilles des trois groupes principaux sont en général si différentes qu'elles suffisent à elles seules à les distinguer l'un de l'autre. Dans le groupe des Châtaigniers, les feuilles, à quelques exceptions près, sont entières; chez les Chênes, elles sont d'ordinaire plus ou moins découpées; mais, même lorsqu'elles sont entières, elles diffèrent des feuilles des espèces appartenant au groupe des Châtaigniers par le caractère des nervures (comp. la feuille du *Quercus (Erythrobalanus) conspersa* avec celle du *Pasania glabra* p. 337). Les espèces du groupe des Hêtres ont généralement des feuilles doublement crénelées, et se distinguent par les nervures secondaires, qui sont ou comme il a été dit plus haut, ou se divisent à quelque distance du bord en deux branches qui se rendent chacune au sommet d'une petite crénelure (Pl. VI, fig. 25, 26, 28); ce n'est que le *Nothofagus Sollandri* et le *N. Cliffortioides* qui ont des feuilles entières. Chez les *Castaninæ*, les genres ont les feuilles à peu près identiques; chez les *Quercinæ* et les *Faginæ*, au contraire, on peut en général aux feuilles seules reconnaître les genres, et chez le genre *Quercus*, même les sous-genres. Les trois grands sous-genres *Lepidobalanus*, *Erythrobalanus* et *Cerris*, aux feuilles respectivement lobées, laciniées ou mucronées-dentées, et dentées en scie, présentent un parallélisme intéressant au point de vue de la profondeur des découpages, comme on peut s'en assurer en jetant un coup d'œil sur les figures de la Pl. III.

Cupule. La différence dans le développement, chez les *Quercinæ*, d'une part, chez les *Faginæ* et les *Castaninæ*, d'autre part, constitue sans doute la particularité la plus essentielle dans la cupule (Hofmeister: Handbuch des physiol. Botanik, 1 Bd., S. 464). Après le développement, il faut certainement attacher la plus grande importance au rapport qui existe entre l'axe de la cupule et les bractées (écailles), les bractées étant rudimentaires ou absentes lorsque l'axe est fortement développé, ou inversement. C'est ainsi que chez le genre *Cyclobalanus*, la cupule est souvent presque exclusivement formée par l'axe; les internœuds en sont bien distincts, et on ne voit souvent, au lieu des verticilles, que des anneaux concentriques qui en indiquent la place, ou bien de faibles rudiments d'écailles (p. 342, fig. C, Ørsted: Bidrag etc. Pl. I—II, fig. 13 et 14). Ce grand développement de l'axe se traduit d'une autre manière chez quelques espèces du genre *Nothofagus*, et notamment chez le *N. antarctica*. Il n'est pas rare, chez cette espèce, que chacune des quatre parties de la cupule se compose d'un axe bifurqué au sommet, dont le dos ne porte qu'une écaille, qui semble être la bractée, laquelle est connée avec l'axe dans la plus grande

partie de sa longueur (Pl. VI, fig. 10—11). On retrouve dans les différents genres les mêmes différences dans la forme et la grandeur de la cupule, d'où il suit qu'au point de vue systématique, on ne peut plus attribuer la même valeur qu'auparavant à la circonstance que la cupule enveloppe tout le fruit (pag. 345, fig. *L*, *H*); ce caractère ne saurait jamais servir à séparer les genres, mais tout au plus les sous-genres. On observe également de grandes différences dans l'épaisseur de l'axe. Il est ainsi très épais chez le *Cyclobalanus induta*, le *Pasania lithocarpa* (pag. 345, fig. *F*) etc., mais très mince au contraire chez le *Pasania lanceafolia* (Ørsted: Bidrag etc., Pl. I—II, fig. 30), le *Cyclobalanus encleistocarpa* (pag. 345, fig. *L*), le *Quercus (Lepidobalanus) lyrata* (pag. 345, fig. *H*) et le *Quercus (Lepidobalanus) Sadleriana*. Quant aux écailles, celles d'un même verticille, chez les genres *Cyclobalanus* et *Cyclobalanopsis*, sont connées, et forment une gaine entière ou dentée. Elles sont également connées chez la plupart des espèces de genre *Nothofagus* (Pl. VI, fig. 8, 9); mais chez le *N. obliqua*, elles sont complètement libres, et chez le *N. Menziesii*, seulement un peu connées à la base (Pl. VI, fig. 3, 4). — Pour ce qui concerne la forme des écailles, la différence essentielle qu'elles présentent, c'est d'être divisées — comme chez le genre *Castanea*, où elles forment des épines ramifiées, et le *Nothofagus alpina*, où elles sont laciniées frangées — ou entières, comme chez la plupart des genres. Les trois grands sous-genres du genre *Quercus* offrent sous ce rapport une différence frappante, car tandis que les écailles du s-g. *Lepidobalanus* ont une base gibbeuse connée avec l'axe, et une partie libre beaucoup plus étroite (pag. 340, fig. *D*, *E*), celles du s-g. *Erythrobalanus* sont triangulaires (pag. 340, fig. *F*, *G*), et celles du s-g. *Cerris*, linéaires (pag. 340, fig. *A*, *B*); cependant chez ce dernier sous-genre, ce n'est souvent que les écailles supérieures qui ont cette forme, tandis que les inférieures sont beaucoup plus courtes et plus larges. Chez le genre *Pasania*, les écailles ont essentiellement la même forme que chez le *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, mais la partie inférieure est le plus souvent intimement connée avec l'axe, avec lequel elle finit par se confondre, et la partie libre est ordinairement plus pointue; chez le *Pasania densiflora*, elle est en outre linéaire. Il est rare que la cupule soit connée avec le fruit, comme chez le *Cyclobalanus* subgen. *Encleistocarpus* et le *Pasania* subgen. *Lithocarpæa*.

Fleurs femelles, principalement au point de vue des styles et des stigmates. Dans mon premier mémoire, j'ai montré que dans la Systématique des Cupulifères, il faut attacher la plus grande importance aux styles et aux stigmates, et toutes les espèces que j'ai eu l'occasion d'examiner depuis lors n'ont fait que me confirmer la justesse de cette opinion. Ces organes permettent ainsi d'établir une séparation tranchée entre les *Castanineæ*, aux styles cylindriques, raides et dressés, qui se terminent par un stigmate en forme de point (pag. 342, fig. *H*), et les *Quercineæ*, aux styles de formes diverses (non cylindriques pourtant), dont le stigmate couvre toujours la face interne ou supérieure (pag. 343, fig. *A—G*). J'ai de même fait voir que ces organes seuls peuvent fournir un fondement solide pour le groupement naturel des nombreuses espèces du genre *Quercus*, qui sont reliées entre elles par tant de formes de transition. On verra ainsi par les analyses de la Pl. V que, chez toutes les espèces du sous-genre *Cerris*, dont je n'avais pu auparavant examiner qu'un petit nombre, les styles ont la même forme liné-

aire pointue à l'extrémité, tandis que chez le sous-genre *Lepidobalanus*, ils sont courts, plats, larges et souvent presque réniformes (p. 343, fig. C, D, G et Pl. VI, fig. 20, 22, 23), et chez le sous-genre *Erythrobalanus*, linéaires et capités (pag. 343, fig. B et Pl. IV). En général, à ces caractères dans les styles, se rattachent certaines particularités, non seulement dans le fruit et la cupule, mais aussi dans les feuilles; mais, dans le cas contraire, lorsque les caractères se croisent, on a toujours dans les styles un sûr criterium pour déterminer l'affinité naturelle, comme cela s'est montré pour le *Quercus agrifolia*, que son habitus avait auparavant fait rapporter au groupe *Ilex*, tandis qu'il appartient au sous-genre *Erythrobalanus* (Videnskab. Medd. fra naturh. Foren. 1869, pag. 59); de même on a pu à l'aide seul des styles, déterminer la limite entre le sous-genre *Cerris* et le *Lepidobalanus* (*Prinus*) § *serroides*. J'ai également constaté que le petit groupe de Chênes mexicains, que j'avais d'abord rapportés au sous-genre *Lepidobalanus* (sect. *Macrocarpæa*), et qui se distinguent par leurs grandes feuilles dentées, leurs gros fruits à péricarpe épais et surtout leurs cotylédons inégaux, présentent en outre des caractères particuliers dans les styles et les stigmates (Pl. VI, fig. 16—19), de sorte qu'il faut en faire un sous-genre à part (*Macrobalanus*); enfin on observe un fait analogue dans le groupe des Hêtres, parmi lesquels les espèces dites antarctiques, qui diffèrent aussi sous tant d'autres rapports, ont dans les styles des caractères (Pl. VI, fig. 2, 6, 7, 12) qui rendent nécessaire de les placer dans un genre à part (*Nothofagus*).

Péricarpe. C'est le manque ou la présence de cloisons incomplètes qui constitue la différence essentielle dans le péricarpe. L'ovaire est à l'origine triloculaire, comme chez les genres *Quercus* et *Fagus*, ou 9—12 loculaire, comme chez les genres *Castanea* sens. str. et *Cyclobalanus*; mais, chez la plupart des espèces, notamment les sous-genres *Quercus* *Lepidobalanus* et *Cerris*, et les genres *Cyclobalanopsis* et *Fagus*, les cloisons disparaissent entièrement. Ce n'est que le fruit des Cyclobalanées qui conserve 9—12, et celui du *Quercus* subgen. *Erythrobalanus*, 3 loges incomplètes (pag. 345, fig. G, M), et encore ne reste-t-il que de très faibles traces de cloisons chez la plupart des espèces de ce dernier sous-genre. Parmi les principaux caractères du péricarpe, le développement mutuel des diverses couches mérite peut-être d'être pris en considération tout autant que les fausses cloisons. Le péricarpe se compose, outre l'épicarpe, de deux couches, une externe, plus compacte, et une interne plus mince, moins dense et d'une couleur plus foncée. C'est ainsi qu'il est constitué chez presque tous les genres et espèces, le genre *Pasania* excepté. Chez ce genre, la couche interne du péricarpe est beaucoup plus épaisse que la couche externe, et présente ordinairement trois parties saillantes, remplies par des cavités plus ou moins grandes, qui rappellent les lacunes dans le péricarpe des Juglandées (pag. 345, fig. A, B, C). Quant à la forme, la coupe transversale du péricarpe est en général ronde, sauf chez les *Fagineæ*, où elle est triangulaire (Pl. VI, fig. 1—2). Le péricarpe présente du reste dans presque tous les genres de grandes différences de forme et d'épaisseur, de sorte qu'on peut passer graduellement, par des transitions insensibles, d'un péricarpe oblong, particulier à quelques espèces, à un péricarpe sphérique ou déprimé sphérique chez d'autres espèces. Chez le *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, le péricarpe est ordinairement ovoïde ou ovoïdo-oblong et mince (pag. 345, fig. I, K), tandis que celui du *Q. subgen.*

Erythrobalanus est sphérique et souvent épais (pag. 345, fig. *G*); cependant on trouve dans ces deux sous-genres des déviations remarquables de cette règle; c'est ainsi que le péricarpe du *Quercus* (*Lepidobalanus*) *lyrata* est sphérique et épais (pag. 345, fig. *H*), mais celui du *Quercus* (*Erythrobalanus*) *agrifolia*, oblong, aigu et mince (pag. 345, fig. *E*). Quant à la relation qu'on observe entre certains caractères du péricarpe et des styles et les autres organes, je renverrai à mon précédent mémoire.

Ovules et graines. Il y a toujours deux ovules dans chacune des loges de l'ovaire, et comme les loges sont généralement au nombre de trois, et qu'un seul ovule devient graine, il reste ainsi cinq ovules avortés. Ces ovules avortés sont toujours visibles dans le fruit; ils sont ordinairement fixés au sommet de la graine (pag. 346, fig. *H*), ou un peu plus bas sur le côté (pag. 346, fig. *C, F*), comme chez les *Castaninæ*, les *Fagineæ* et, parmi les *Quercinæ*, chez le genre *Cyclobalanopsis* et le *Quercus* subgen. *Erythrobalanus*; on les trouve plus rarement à la base de la graine, savoir chez le *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* et le *Q.* subgen. *Cerris* (pag. 346, fig. *B* et Pl. VI, fig. 13). Les ovules sont anatropes, munis d'un grand micropyle tourné vers le haut, et souvent prolongés en tube (Pl. VI, fig. 14—15). La graine a ordinairement la même forme que le fruit, comme elle remplit toute la cavité du péricarpe. Quant à l'embryon, on observe une différence essentielle entre les *Fagineæ*, d'une part, et les *Quercinæ* et *Castaninæ*, d'autre part; car tandis que, dans le premier groupe, les cotylédons sont foliacés et plissés, et s'élèvent au-dessus du sol lors de la germination, ceux des deux derniers groupes sont épais et charnus, et restent enfouis dans la terre. Chez presque toutes les espèces des *Quercinæ*, les cotylédons offrent les mêmes caractères; ils sont égaux, plans sur la face interne et convexes sur la face externe (pag. 346, fig. *A* et *F*, pag. 345, fig. *D*), le plus souvent libres, et rarement soudés en un corps cotylédonnaire; cependant ils sont inégaux chez le *Quercus* subgen. *Macrobalanus* (pag. 346, fig. *E*) — la radicule est alors latérale au lieu d'être terminale — et, chez le *Quercus* subgen. *Erythrobalanus*, les cotylédons sont en trois endroits plus ou moins profondément découpés, pour donner place aux cloisons incomplètes (pag. 345, fig. *G*). Chez les *Castaninæ*, l'embryon est ou comme celui des *Quercinæ* (pag. 346, fig. *F*), ou bien il est divisé en 9—12 lobes, et quelquefois très déprimé, comme chez plusieurs espèces du genre *Cyclobalanus* (pag. 346, fig. *D*). Chez le *Pasania* subgen. *Chlamydobalanus*, le testa pénètre en plusieurs endroits dans des fentes profondes et sinueuses, et, comme les cotylédons sont soudés ensemble, ils offrent, dans leur coupe transversale, le même aspect que l'*albumen* dit *ruminatum* (pag. 346, fig. *G*).

II. Comparaison entre la structure intérieure du tronc chez le Chêne, le Châtaignier et le Hêtre.

On admet comme une règle générale que les plantes qui se ressemblent le plus au point de vue morphologique, et qui par suite sont les plus voisines dans le système, présentent également la conformité la plus grande dans leur structure intérieure. On a donc regardé comme une déviation de cette règle que le Châtaignier, qui en général est considéré comme ayant une étroite affinité avec le Hêtre, se rapproche néanmoins surtout du Chêne par sa structure intérieure*). C'est de plus une règle générale que les arbres qui sont les plus voisins au point de vue systématique, sont aussi ceux qui peuvent le plus facilement se greffer les uns sur les autres. On a donc également regardé comme une anomalie, que le Châtaignier se laisse greffer sur le Chêne, mais non sur le Hêtre**).

J'ai démontré dans mon premier mémoire que l'opinion qui, depuis le temps de Linné, a fait considérer le Châtaignier comme plus voisin du Hêtre que du Chêne, repose sur des observations incomplètes des caractères de ces végétaux, puisque, par les rapports essentiels tirés des fleurs, et qui jusqu'ici ont été complètement négligés, le Hêtre et le Chêne se rapprochent plus l'un de l'autre que le Hêtre et le Châtaignier. Il en résulte, non seulement que les anomalies mentionnées plus haut disparaissent, mais aussi que cette conformité plus grande dans la structure interne entre le Châtaignier et le Chêne vient encore confirmer, dans un de ses points principaux, la bonté de la classification que j'ai proposée.

Je me bornerai ici à renvoyer à la Pl. VIII qui représente des coupes diverses du Hêtre (fig. 1—4), du Chêne (fig. 5—8) et du Châtaignier (fig. 9—12); *g* indique la limite entre les couches concentriques annuelles, *k* les vaisseaux, *m* les grands rayons médullaires, *m'* les petits, *p* le parenchyme du bois, *t* les trachéïdes, *v* les fibres du bois.

III. Classification des Cupulifères.

J'ai montré dans mon premier mémoire que plusieurs divisions de la famille des Cupulifères, telle qu'elle a été établie par M. de Candolle, savoir les sections *Androgynae*, *Pasania*, et la plupart des espèces des sections *Cyclobalanus*, *Chlamydoalanus* et *Lithocarpus*, se rapprochent beaucoup plus des Châtaigniers que des Chênes tant par leurs caractères principaux que par leur habitus, de sorte qu'il faudrait plutôt les ranger dans le genre *Castanea* que dans le genre *Quercus*. Toutefois les espèces dont il s'agit diffèrent tellement des Châtaigniers par la cupule, la fleur et le fruit, que ce serait s'écarter des règles qui servent de base à la délimitation des genres, de les classer avec ces derniers. J'ai donc

*) Roszmann: Über den Bau des Holzes, p. 98:

***) Mohl: Die veget. Celle, p. 107. Rem. I.

proposé de les rapporter à deux genres à part, *Pasania* et *Cyclobalanus*, lesquels, joints au genre *Castanea*, forment un petit groupe (*Castaninae*) naturellement limité. Il y a cependant quelques espèces de la sect. *Cyclobalanus*, de M. De Candolle, qui se rapprochent des Chênes par les stigmates et les chatons mâles pendants, mais en diffèrent par les lamelles concentriques de la cupule; ces espèces doivent donc être rangées dans un genre à part (*Cyclobalanopsis*) des *Quercineae*. Quant aux Hêtres, j'ai cru d'abord devoir les placer près des Chênes, comme ayant des styles et des stigmates semblables. Mais après en avoir fait l'objet d'une étude plus approfondie, je suis arrivé à ce résultat que ces plantes présentent des caractères si tranchés dans le fruit, la graine, la germination et la structure interne, que les distances systématiques entre les genres de cette famille seront plus exactement indiquées en rapportant le Hêtre — lequel, comme on le verra plus bas, renferme non pas un, mais deux genres — à un groupe particulier, de sorte que les Cupulifères comprendront trois groupes ou sous-familles: *Quercineae*, *Fagineae* et *Castaninae*, qui peuvent être séparées suivant le mode indiqué pag. 21 [351].

Le genre *Fagus*, tel qu'il a été établi par la plupart des auteurs, présente de grandes anomalies dans sa distribution géographique. Des 15 espèces qui le composent, il y en a effet 3 qui appartiennent à l'hémisphère boréal, parmi lesquelles le *Fagus sylvatica* est répandu dans la plus grande partie de l'Europe, tandis que le *F. ferruginea* a une grande extension comme arbre forestier dans la partie orientale de l'Amérique du Nord, et le *F. Sieboldii* est limité au Japon. Les 12 autres espèces, au contraire, habitent une partie du globe toute différente, savoir le sud du Chili, la Terre de Feu, la Nouvelle-Zélande et la terre de Van Diemen. A la vérité, il y a aussi d'autres genres de plantes arborescentes, comme le *Ribes*, le *Berberis* et le *Rubus*, qui sont communs à l'Amérique du Nord et au Chili, mais on les trouve également dans toute la chaîne des Andes. Les deux centres de distribution des Hêtres, au contraire, sont séparés l'un de l'autre par une distance de rien moins que 80° de latitude. Ici se pose naturellement la question, si les espèces de l'hémisphère austral sont aussi de vrais Hêtres, ou si elles ont été rapportées avec raison au même genre que le *F. sylvatica*. C'est cette question que j'ai essayé de résoudre, et je suis arrivé à ce résultat, que les espèces des hémisphères boréal et austral appartiennent à deux genres bien distincts, de sorte que par là disparaît en grande partie l'anomalie signalée plus haut dans la distribution géographique.

On reconnaîtra l'exactitude de cette assertion en examinant de plus près les divers organes des Hêtres du Nord et du Sud, comme je les appellerai pour abrégé. Les différences dans les styles, les écailles de la cupule, les cotylédons, la nervation et l'habitus sont exposées en détail pag. 22—24 (352—354), et se voient clairement dans les analyses de la Pl. VI.

Les changements que j'ai apportés dans l'arrangement systématique, et qui sont indiqués p. 354—378, se comprendront d'ailleurs sans traduction.

IV. Distribution géographique des Cupulifères.

Il n'existe, que je sache, aucune exposition détaillée de la distribution géographique des Cupulifères, et cependant elle présente de l'intérêt non seulement en soi, mais aussi et surtout, au point de vue de ses rapports avec le groupement naturel des espèces, et leur apparition dans des périodes antérieures à la nôtre. Cette partie de mon mémoire comprendra donc les chapitres suivants: 1^o distribution des Cupulifères dans l'époque actuelle; 2^o relation entre la distribution de ces végétaux et la classification adoptée ici; 3^o rapport entre la distribution actuelle de la famille et son rôle dans le passé; 4^o rapport des points traités dans les parties précédentes de ce mémoire à la question de l'origine des espèces. — On trouvera indiqués pag. 50 (380) les renseignements statistiques concernant la famille.

Un coup d'œil jeté sur la carte qui accompagne ce mémoire, et où j'ai cherché à représenter la distribution, montrera que les Cupulifères sont essentiellement limités à l'hémisphère boréal — ce n'est que dans l'Asie orientale, dans les îles Malaises, qu'ils descendent un peu au-dessous de l'Equateur — et qu'ils manquent complètement en Australie, dans toute l'Afrique, à l'exception de la côte nord, dans la plus grande partie de l'Amérique du Sud, mais qu'ils apparaissent de nouveau dans la zone tempérée de l'hémisphère austral, savoir dans le Chili, la Terre de Feu, la Nouvelle-Zélande et la terre de Van Diemen.

Les conditions les plus favorables pour cette famille se trouvent dans les montagnes de la zone tropicale, à une altitude de 4—6000 pieds ou un plus haut, mais seulement dans les endroits où, outre une température uniforme de 15—17° C., règne une grande humidité, uniformément répartie sur toute l'année. Ces conditions extérieures sont réunies à Java et à Sumatra, et sur le versant oriental de la Cordillère au Mexique, et c'est là aussi que les Cupulifères présentent la plus grande richesse de formes et les espèces les plus nombreuses. Une troisième contrée, qui cependant n'est pas aussi riche en espèces que les deux précédentes, est l'Asie Mineure. Ces trois points sont indiqués sur la carte par une teinte plus foncée. Dans la zone tempérée, ces plantes descendent jusque dans la plaine, tandis que le nombre des espèces décroît en même temps d'une manière notable, mais les espèces restantes couvrent souvent à elles seules des étendues de terrain très considérables, comme le Chêne et le Hêtre dans le nord de l'Europe. La limite septentrionale est marquée par des espèces du genre *Quercus*, et se trouve dans l'Asie orientale à 50°, en Russie à 61°, sur la côte occidentale de la Norvège à 63°, sur la côte orientale de l'Amérique du Nord à 48°, et sur la côte occidentale à 50° de latitude. On verra de plus en examinant la carte que les trois sous-familles occupent chacune des régions spéciales à la surface du globe. C'est ainsi que le groupe des Châtaigniers est limité au sud-est de l'Asie — il y en a seulement une espèce en Europe et trois dans l'Amérique du Nord — tandis que les divers sous-genres du genre *Quercus* ont leur habitation dans l'Asie Mineure, l'Europe et l'Amérique du Nord, et que le genre *Cyclobalanopsis* appartient exclusivement à l'Asie. Le groupe des Hêtres, au contraire, apparaît avec la plupart de ses espèces dans une toute autre partie du globe, le Chili; mais les Chênes et les Châtaigniers y manquent complètement. On pourra

ainsi, d'après les sous-familles, genres et sous-genres qui dominent dans les différents pays, diviser la partie du globe où habitent principalement les Cupulifères en neuf régions, qui sont indiquées sur la carte, et dont on trouvera les noms dans le texte danois p. 381.

J'ai donné pag. 52—162 (382—492) une description détaillée de ces régions, pour montrer le rôle que les Cupulifères y jouent par rapport au reste de la végétation. De ce chapitre on a traduit ici la partie qui concerne le Danemark, comme étant celle qui présente le plus d'intérêt pour les botanistes étrangers.

Le Danemark doit être considéré comme un prolongement septentrional de la plaine de l'Allemagne du Nord, mais la circonstance qu'il est entouré de tous côtés des eaux de la mer lui donne un caractère propre, de même que c'est aussi par suite de sa position géographique qu'il a conservé de tout temps son indépendance nationale et politique. Le Danemark contraste avec l'Allemagne du Nord par son climat insulaire, et cette différence climatique se manifeste dans la végétation, d'une part, par le rôle qu'y joue le Hêtre, lequel, plus que partout ailleurs, s'est rendu maître du sol aux dépens des autres arbres, et, d'autre part, par la diffusion, dans la partie occidentale, d'une plante aussi éminemment insulaire que le Houx, tandis que le Pin, qui couvrait autrefois la plus grande partie du pays, a cessé, dans les temps historiques, d'y croître à l'état sauvage.

Le Danemark compte 1330 plantes phanérogames, et parmi elles il n'y en a pas une seule qui ne croisse aussi dans d'autres contrées. La végétation y est en général si uniforme que, dans une grande partie du pays, une superficie de quelques milles carrés renferme la presque totalité des espèces. Rostrup a ainsi fait voir qu'en comparant le pays entier avec Laaland-Falster, Falster, et une étendue de 176 tonneaux de terre dans cette île, on trouve pour le nombre des espèces les rapports $2\frac{3}{4} : 2 : 1\frac{7}{8} : 1$, tandis que les superficies respectives sont entre elles comme 50,000 : 1444 : 1250 : 1. Cette uniformité ne règne cependant que dans la plus grande partie des îles, et, considéré dans son ensemble, le Danemark présente des diversités assez grandes pour qu'au point de vue de la végétation, il puisse être partagé en plusieurs districts naturels. Ces diversités dans la végétation sont dues principalement à la nature des terrains, et aux différences de climat qui dépendent de la situation plus ou moins orientale ou occidentale, tandis que les variations de température provenant de la latitude jouent un rôle plus secondaire.

Comme, à l'exception de quelques points où le terrain crétacé affleure à la surface (Falaises de Møen, de Stevn, en Sélande, Bolbjerg, dans le nord du Jutland, etc.), le sol du Danemark se compose de sable et d'argile du terrain erratique, la mer orageuse qui borne le pays à l'ouest, et les vents violents du N. O. qui règnent dans ces parages, ont, pendant les temps historiques, amené des changements et des bouleversements considérables, qui ont exercé la plus grande influence sur le caractère de la végétation. Le vent d'ouest, qui a entraîné d'énormes masses de sables meubles dans beaucoup de localités situées à plusieurs milles dans l'intérieur, où elles ont recouvert les ruines de villes abandonnées, et formé des bancs de 50—100 pieds de hauteur, a donné naissance à la chaîne de dunes qui s'étend le long de la côte occidentale du Jutland. La mer de son côté a formé les terrains alluviaux, désignés sous le nom de Marsk, qui, notamment dans le Slesvig et le Holstein, occupent une large bande en-deçà des dunes, et qui proviennent

du limon argileux déposé à la fin de chaque marée. En outre, il s'est produit dans la partie du pays situé au nord d'une ligne entre Nissumfjord et Nyborg, un soulèvement graduel qui, joint au transport des alluvions — ces phénomènes se poursuivent toujours encore — a eu pour résultat d'accroître la surface du sol. C'est ainsi que la partie du Jutland qui s'étend au nord du Limfjord était encore dans les temps historiques formée de plusieurs îles isolées; Møen se composait de 3 îles qui ont été réunies en une seule par les alluvions; Borreby, aujourd'hui un pauvre village au milieu des terres, était au moyen-âge un port de mer et une ville ayant ses propres armes*), et des changements analogues ont eu lieu dans d'autres localités.

Les observations météorologiques qui, par les soins de la Société d'agriculture, ont été entreprises depuis 1859 en divers points du pays, ont déjà conduit à des résultats importants au point de vue de la géographie botanique**). On trouvera dans le mémoire danois (p. 427) un tableau qui donne en degrés centigrades la température moyenne de 10 points différents***). Comme les stations jutlandaises sont en moyenne situées à 17 milles plus au nord que celles de la Suède et de Falster, la chaleur, à mesure qu'on s'avance dans cette direction, décroît d'une quantité qui semble être de 0,1 de degré par 5 milles. La basse température annuelle de Skaarupgaard est due à l'altitude de cette station (200 pieds au-dessus de la mer), comme celle de Næsgaard provient exclusivement des mois d'Avril et de Mai, et il faut certainement en chercher la cause dans la circonstance que la Baltique se réchauffe lentement au printemps, par suite de l'eau résultant de la fonte des neiges que les fleuves de la Russie et de la Suède y charrient alors en grande quantité. Tandis que la chaleur annuelle semble, sous le même degré de latitude, être la même en Jutland et en Suède (stations: école d'agriculture de Copenhague, Silkeborg, Tarm), on observe au contraire des différences marquées dans les diverses saisons et les divers mois de l'année. C'est ainsi que la Suède et Falster ont en été 1° de plus que le Jutland; mais l'hiver est par contre plus doux en Jutland. Compare-t-on les trois stations susnommées, on trouve que d'Avril à Juillet, Silkeborg est un peu plus froid (0°,3) que Tarm, tandis que la température y est plus élevée dans les autres mois. La différence n'est pas grande, et peut-être est-elle accidentelle, mais elle indique l'influence compensatrice de la mer du Nord, qui modère la chaleur à Tarm dans la saison où la température croît rapidement, et la maintient au contraire un peu plus élevée lorsque la température tombe. Cette influence de la mer du Nord se manifeste avec une tout autre énergie, lorsqu'on compare ces stations avec l'école d'agriculture, où l'été est notablement plus chaud qu'à Silkeborg-Tarm, tandis que l'hiver et le commencement du printemps y sont un peu plus rigoureux. On constate également un accord frappant entre les stations de Skaarupgaard, sur la côte orientale du Jutland, et de Smidstrup sur la côte nord-ouest, de sorte que l'opinion d'après

*) Fogh: Geographiske Skizzer fra Møen.

**) Aarsberetning fra det Kgl. Landhusholdningsselskabs meteorologiske Comité, et surtout le Femaarsberetning publié en 1867.

***) Des stations nommées plus bas, Hindholm est situé à 2 milles sud de Soro, Næsgaard sur la côte orientale de Falster, Smidstrup à 1¼ mille sud de Hjørring, Tarm à 4 milles nord de Veile, Skaarupgaard à 1¼ mille nord de Aarhus, Maibolgaard dans la partie méridionale de l'île d'Als.

laquelle il ferait sensiblement plus froid dans l'ouest du Jutland que dans l'est, soit en général, soit surtout en été, ne se confirme pas lorsqu'on prend pour terme de comparaison la chaleur moyenne du jour. Depuis le mois d'Août jusqu'à la fin de l'année, Næsgaard a une température un peu plus élevée que Hindholm, et présente une différence encore plus grande avec l'école d'agriculture, de sorte que l'influence de la Baltique sur le climat de Falster comparé à celui de la Sélande, répond exactement à celle de la mer du Nord en ce qui concerne Tarm et Silkeborg. — En comparant la chaleur moyenne aux heures où se font les observations (8, 2, 10), on trouve des écarts notables dans les oscillations diurnes de la température dans les différentes stations. Au printemps et en été, les premières heures de l'après-midi sont bien plus froides à Næsgaard qu'à Hindholm, mais la soirée y est plus chaude, et cette station doit son printemps froid uniquement à la basse température qui y règne à 2 h.; car, même en Avril, Mai et Juin, il fait chaud à Næsgaard à 10 h., bien que vers midi il y ait deux degrés de moins qu'à Hindholm. Relativement à la marche journalière de la température, Næsgaard a un climat de côte, et Hindholm un climat continental; par conséquent, tandis que, d'une part, l'influence de la Baltique s'efface devant celle de la mer du Nord, de manière que la Sélande et Falster comparées au Jutland ont un climat continental, son voisinage se manifeste, d'autre part, par les variations diurnes, et cela à un tel degré qu'on doit certainement pouvoir en observer les effets sur l'agriculture et la végétation en général. A partir du mois d'Avril et durant le cours de l'été, la température de Viborg à 2 h. dépasse de trois degrés celle de Smidstrup, mais la soirée est néanmoins plus froide à Viborg, qui offre ici en petit le climat du désert; mais il n'y a rien d'étonnant que les landes qui entourent cette ville de tous les côtés contribuent à produire cette forte variation, tandis que l'air de la mer exerce son action compensatrice à Smidstrup. La station la plus éloignée de la mer, Silkeborg, a son maximum à 2 h., et même la plus froide, Skaarupgaard, jouit pendant deux mois de l'été d'une température un peu plus élevée que Tarm. De ces comparaisons, on peut conclure avec assez de certitude que la chaleur estivale en Jutland augmente vers le milieu du jour à mesure qu'on s'éloigne de la mer, et que les différences observées entre Skaarupgaard, d'une part, et Tarm et Smidstrup, d'autre part, tendent à indiquer que l'influence de la mer du Nord est également dominante à l'égard des variations diurnes, de sorte qu'à égale distance de la mer, le Jutland occidental, surtout dans les parties fertiles, a pendant le jour une température moins élevée que le Jutland oriental. — La quantité de pluie est la même pour la Sélande, Falster et le Jutland oriental, de 21 pouces environ, mais elle est un peu plus grande dans le Jutland occidental, 23 pouces, et cet excédant est uniquement dû aux mois d'automne.

En prenant la végétation arborescente*) pour base d'une division phytostatique du Danemark, on arrive à former les cinq zones suivantes, qui sont loin cependant d'être nettement tranchées, mais se fondent au contraire graduellement les unes dans les autres:

*) Le Danemark est un des pays de l'Europe les plus pauvres en forêts, et vient sous ce rapport après la Hollande et la Grande-Bretagne. Toute la superficie forestière de l'Europe est évaluée à 51,000 milles carrés, dont 34,000 pour la Russie seulement. Les forêts couvrent en Russie 37 p % de la superficie totale, en Norvège 38 p %, en Suède 34 p %, dans la plupart des autres pays de l'Europe,

1. La zone méridionale comprend le sud de la Sélande et de la Fionie, Moen, Falster, Laaland, Langeland, Taasinge, Æro et quelques îles plus petites. L'argile du terrain erratique y est dominante. Laaland et Falster appartiennent aux contrées les plus basses et les plus plates du pays, et les collines s'y élèvent seulement en quelques endroits jusqu'à 130—140 pieds. Moen, au contraire, atteint dans son point culminant, Aborrebjerg, une altitude de 450 pieds, et, le long de la côte sud-ouest de la Fionie, court une chaîne de hauteurs bien connue par ses beaux points de vue «les Alpes de la Fionie», où Trøebjerg s'élève à 403 pieds. Les particularités qui distinguent cette zone relativement à la végétation sont les suivantes: 1^o le Chêne y tient mieux tête au Hêtre que partout ailleurs dans le pays, surtout dans les terrains argileux gras et humides du sud de la Sélande et de Laaland, où l'on trouve encore de grandes forêts uniquement composées de cet arbre; 2^o plusieurs arbres y croissent ou exclusivement (*Tilia grandifolia*, *Sorbus torminalis*), ou y sont bien plus répandus que dans les autres zones (*Acer pseudoplatanus*, *A. campestre*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Tilia parvifolia*); 3^o plusieurs plantes y ont leur limite septentrionale (*Leonurus Marubiastrum*, *Linaria spuria*, *Brassica oleracea*), ou ne remontent guère plus haut vers le nord, de sorte qu'elles manquent en Suède et en Norvège*) (*Potentilla Fragiastrum*, *Sorbus torminalis*, *Rubus vestitus*, *Papaver Rhoeas*, *Atropa*, *Physalis*, *Inula dysenterica*, *Crepis virens*, *Trincia*, *Dipsacus sylvestris*, *Iris spuria*, *Gagea arvensis*, *Vulpia bromoides*). On peut encore ajouter qu'il n'y existe pas du tout de landes, et que les bruyères, les airelles et autres plantes des landes ne s'y rencontrent que rarement et seulement dans les tourbières; de plus, la douceur plus grande du climat s'y fait sentir, d'une part, par le fait qu'un grand nombre de mauvaises herbes émigrées de pays plus au sud (*Ranunculus arvensis*, *Philonotis*, *Neslia paniculata*, *Holostium umbellatum*, *Valerianella dentata*, *Scandix Pecten*, *Linaria minor* etc.) y ont trouvé une nouvelle demeure, tandis qu'elles manquent ou sont plus rares dans les régions plus septentrionales, et, d'autre part, par la riche venue des arbres méridionaux qui sont

de 15 à 20 p/o, en Hollande et dans la Grande-Bretagne, 7 p/o, en Danemark, 5 p/o. Le territoire forestier est réparti ainsi qu'il suit entre les différents propriétaires:

Forêts de l'État	75,404	tonneaux de terre.
Forêts appartenant à des institutions publiques	20,892	— —
Comtés	38,225	— —
Baronies	17,329	— —
Stamhuse	25,822	— —
Moindres propriétés	132,543	— —
Fidécimmis	8,857	— —

soit, pour tout le pays. . . 319,102 ton. de terre ou 176,016 hectares.

Le bailliage de Frederiksborg est la partie du pays la plus riche en forêts, il en renferme plus de 36,000 tonneaux de terre; viennent ensuite les baillages de Præsto, de Maribo et d'Aarhus, chacun avec 32—33000 tonneaux de terre de forêts. Il y a encore dans le pays 145 milles carrés qui ne sont ni champs ni forêts, mais même en les supposant plantés en forêts, le Danemark en aurait toujours moins que la plupart des autres pays (Lütken: Statistisk Beskrivelse af de danske Statskove, 1870).

*) Rostrup, p. 74.

cultivés dans les jardins*). En fait de plantes spéciales, Moen en compte 3 (*Erysimum hieracifolium*, *Galeopsis angustifolia*, *Epipactis atrorubens*) et Laaland 4 (*Lathyrus heterophyllus*, *Chaiturus Marubiastrum*, *Linaria spuria*, *Brassica oleracea*).

Parmi les points de cette zone où la végétation, et notamment la végétation arborescente, présentent un intérêt spécial, nous signalerons ici les principaux. La falaise de Moen se distingue par sa richesse en plantes calcaréophiles. Le Hêtre s'y montre dans toute sa beauté, et, fait bien en harmonie avec la préférence de cet arbre pour la chaux, on y voyait déjà en 1667, à une époque où les Chênes étaient dominants dans la plupart des forêts du pays, une forêt de Hêtres de deux milles de tour qui ne renfermait pas un seul Chêne. Les Orchidées y jouent naturellement un rôle important, et toutes les espèces danoises s'y trouvent représentées. Parmi les autres plantes, nous citerons le *Ribes alpinum*, l'*Hippophae*, le *Juniperus* et l'*Equisetum maximum*, qui toutes sont communes sur la falaise. Ulshale est également remarquable et par son origine et par sa végétation. Cette pointe nord-ouest de Moen se compose en effet uniquement d'une série de relais de mer de 3 à 11 pieds de hauteur, séparés les uns des autres par des tourbières. Une grande forêt de Hêtres et de Chênes s'y élevait au moyen-âge; il n'en existe plus aujourd'hui que des restes composés de Chênes et de Charmes; le Houx et le *Sorbus torminalis* y ont leurs stations les plus avancées, l'un vers l'Est l'autre vers le Nord, et là croissent aussi les *Tilia parvifolia*, *Cornus Suecica*, *Dianthus superbus*, *Scirpus rufus*, *Agropyrum junceum*, *Phleum arenarium*.

L'île de Falster est surtout intéressante par sa côte orientale. Au nord de celle-ci s'étend sur une longueur de deux milles la forêt de Corselitze, qui, suivant que le sol est sec et argilo-sablonneux, ou formé d'argile humide et liante, se compose exclusivement de Hêtres ou d'un mélange de Hêtres et de Chênes. Les escarpements argileux de la côte sont couverts d'un taillis de Hêtres, de Prunelliers et, en plusieurs endroits, d'*Hippophae*. Sur la côte sud-est, s'élèvent des dunes d'une assez grande hauteur et, entre la Baltique et le lac d'Ulslov, se trouve une eau peu profonde, qui, lorsque la mer est haute, communique avec Botø-Nor, localité très intéressante pour les botanistes. Le terrain, large de 10—1200 pieds, qui s'étend entre la mer et le lac, est entièrement occupé par des dunes. Celles-ci sont en partie couvertes d'un taillis peu élevé formé d'Aubépine blanche, de Prunellier, de *Rhamnus Frangula* et de *Ribes alpinum*, et, en d'autres endroits, d'*Hippophae*. La petite île toute plate de Flatø, dans le détroit de Guldborg, présente une végétation remarquable; elle est recouverte d'un épais taillis de *Tilia parvifolia* où s'entremêlent le Hêtre, l'Érable champêtre, l'Orme, le Sureau, le Fusain, le Nerprun, le Cornouiller, la Rose des Chiens, le Prunellier et l'Aubépine blanche, et c'est là également qu'on trouve les seuls exemplaires sauvages du *Tilia grandifolia*.

*) Les jardins de Marienborg à Moen, de Corselitze à Falster et d'Aalholm à Laaland en fournissent surtout des preuves. Parmi les arbres et les arbrisseaux qu'on y cultive, nous citerons le *Catalpa syringæfolia* (37 pieds), le *Magnolia acuminata* (55 pieds), le *Gymnocladus* (38 pieds), le *Virgilia* (24 pieds), le *Tazodium* (26 pieds), de magnifiques groupes de *Rhododendron maximum* (10 pieds) et d'*Azalia Pontica* (6 pieds). Le *Paulownia* a fleuri à Gauno (et à Als).

Laaland présente le long de la côte sud-ouest un relief de mer sableux qui s'étend d'Albuen à Kramnitse, et se continue jusqu'à Bredfjed en dunes assez hautes. Sur ce relief de mer, qui était autrefois séparé de la côte, lorsque les baies de Rødby et de Nakslov communiquaient l'une avec l'autre, croissent diverses plantes assez rares (*Brassica oleracea*, *Libanotis montana*, *Eryngium maritimum*, *Crambe maritima*, *Silene nutans* etc.). Le caractère particulier de la végétation de Laaland est surtout marqué dans la partie sud-ouest, qui est limitée par une ligne menée du nord au sud, de l'anse d'Ohnse au milieu de la distance entre Rødby et Nysted. Sur les terrains bas et argileux dont se compose cette partie, le Chêne a une venue magnifique, le froment donne un rendement plus élevé que partout ailleurs dans le pays, et on y voit en abondance plusieurs plantes caractéristiques (*Leonurus Marubiastrum*, *Betonica officinalis*, *Dipsacus sylvestris*). Au nord-est de la ligne précédente, entre la paroisse de Birket, au nord-ouest, et Nysted, au sud-est, s'étend une zone plus ondulée et surtout plus sableuse à ses extrémités, laquelle renferme tous les lacs et les tourbières de Laaland, et est par suite caractérisée par des plantes de marais. Laaland se fait remarquer par ses grandes et belles forêts de Chênes, et Vaupell a montré (l. c. pag. 151) que l'accroissement annuel en grosseur de cet arbre y est tout à fait surprenant — tandis que l'accroissement normal est de $\frac{1}{3}$ de pouce, il atteint à Laaland, pour les Chênes âgés de 10 à 70 ans, $\frac{1}{2}$ pouce, et tandis que le diamètre des Chênes de 150 ans est ordinairement de $2\frac{1}{2}$ pieds, il mesure ici 5 pieds. Dans les forêts de Guldborgland, les Chênes atteignent une hauteur de 90 pieds, et celles de Christianssæde en renferment deux qui ont 32—33 pieds de tour. Les forêts de Chênes de Laaland sont souvent mélangées de Tilleuls (*Tilia parvifolia*), et, en plusieurs endroits, de nombreux Poiriers, qui semblent y croître à l'état sauvage. On y trouve en outre l'Orme et le Frêne, et comme taillis, le Tremble, l'Erable champêtre, le Fusain, le Cornouiller, le Prunellier, l'Aubépine blanche et notamment le Coudrier, qui y forme souvent des massifs impénétrables. La plupart des forêts de Laaland sont pourtant des forêts mélangées où le Hêtre gagne constamment du terrain aux dépens du Chêne; dans quelques unes, principalement dans la partie orientale, le Charme joue un rôle considérable, soit comme taillis, soit même comme formant des forêts entières; c'est ainsi qu'à Nysted il existe une forêt de Charmes de 800 toaneux de terre (Røstrup l. c. pag. 56). Dans l'île de Skjelsnæs, dans le lac de Maribo, se trouve un ancien bois de Bouleaux (*Betula pubescens*) avec des taillis de Merisier à grappes, et tout auprès on aperçoit de grosses souches de pin, restes des forêts de Pins qui couvraient le pays dans les temps préhistoriques.

Dans la partie occidentale de cette zone, le Chêne joue un rôle plus secondaire, de même que le Charme et le Tilleul. Par contre, l'*Acer pseudoplatanus* constitue une partie essentielle de presque toutes les forêts, et il y croît certainement à l'état sauvage (M. Lange); le Frêne, l'Orme et le *Cerasus Avium* sont également fréquents, surtout à Langeland, où ce dernier, près de Bjortholm, atteint une taille considérable et dépasse même le Hêtre (M. Lange). Quelques petites îles, comme Ærø, Drejø, Avernakø et Lyø, sont maintenant complètement dépourvues de forêts, mais elles en ont été couvertes autrefois.

2. La zone forestière de l'Est ou zone du Houx comprend la partie orientale de la presqu'île cimbrique, savoir la chaîne de hauteurs qui traverse le Jutland du Nord au Sud

et son versant jusqu'à la mer, et en outre les côtes ouest et nord-ouest de la Fionie, ainsi que les îles d'Als, de Samso et de Læso. Cette chaîne forme la ligne de partage des eaux, s'abaisse assez brusquement vers l'Ouest, atteint dans son point culminant (Himmelbjerg) une altitude de 550 pieds, et entoure à l'Ouest le grand bassin où se trouvent les lacs de Skanderborg, de Mors, de Vange, de Fulstrup et de Braband. Il est formé de sable qui, vers l'Est, est mélangé d'une assez forte proportion d'argile, et se transforme graduellement en un terrain purement argileux. Cette formation occupe le long de la côte orientale une bande de 3—6 milles de large, coupée en beaucoup d'endroits par des branches de terrains sableux qui bordent les cours d'eau, et entourent les fjords si caractéristiques de cette côte*). La zone qui nous occupe est également fertile et riche en bois, et on y trouve beaucoup de points très pittoresques où les champs et les forêts de Hêtres alternent de la manière la plus heureuse. La végétation y présente les caractères suivants: le Hêtre et le Chêne dominant aussi dans les forêts, mais on y trouve en outre 1° des arbres qui manquent complètement dans la zone précédente ou y sont très rares, savoir les *Quercus sessiliflora*, *Ilex Aquifolium*, *Taxus baccata* et *Juniperus communis*, tandis que d'autre part 2° on n'y rencontre pas du tout, ou fort rarement, certains arbres de la zone méridionale, comme les *Acer Pseudoplatanus*, *A. campestre*, *Tilia grandifolia*, *T. parvifolia* et *Carpinus Betulus*, à quoi on peut ajouter que le Bouleau et l'Aune y jouent un plus grand rôle; de plus 3° tandis que la zone du sud ne renferme pas de landes proprement dites, il en existe ici d'une nature particulière, les landes à collines, qui, dans beaucoup de localités, s'étendent sur des surfaces considérables; enfin 4° on y trouve un certain nombre de plantes herbacées caractéristiques de cette zone**). Le Hêtre se montre jusque dans les parties les plus septentrionales du Jutland, par conséquent sous des latitudes où, en d'autre pays, il commence à disparaître. Il est ainsi assez répandu dans les forêts du Vensyssel, dans celles d'Eskjær, au sud de Skagen, de Sæbygaard, et, dans les endroits où le sol n'est pas trop humide, il a même supprimé le Chêne. Dans le district forestier le plus étendu du Jutland, celui de Silkeborg, qui occupait il y a 200 ans une superficie de deux milles carrés, et dont le Chêne constituait autrefois une fraction importante, cet arbre a presque complètement disparu aujourd'hui, ce qui, de même que dans d'autres localités du Danemark, est naturellement dû en grande partie à l'intervention de l'homme. Tandis que les forêts de la côte orientale sont plus pauvres en Chênes que celles des îles, cette essence forestière a maintenu son empire sur beaucoup de points dans l'intérieur du pays. C'est ainsi que la partie de la forêt de Hald, près de Viborg, qui porte le nom de Langskov, ne renferme

*) La craie affleure en beaucoup d'endroits au nord d'une ligne menée de l'Ouest à l'Est entre Lemvig et Kalo. Près de la côte sont trois grandes tourbières qui couvrent ensemble une superficie de 4 milles carrés, savoir la tourbière de Sorig-Raabjerg et celles du grand et du petit Vildmose. Ces tourbières sont d'anciennes anses qui ont été séparées de la mer par des formations de dunes, et dont le fond est encore parsemé de nombreuses coquilles.

**) Telles sont les plantes suivantes: *Luzula maxima*, *Convallaria verticillata*, *Arum maculatum*, *Primula acaulis*, *Ranunculus lanuginosus*, *Sonchus palustris*, *Centaurea phrygia*, *Petasites albus*, *Cirsium heterophyllum*, *Phyteuma*, *Melampyrum sylvaticum*, *Thymus Chamædris*, *Potentilla procumbens* (Lange l. c.).

que des Chênes. Mais ces forêts de Chênes du Jutland ont en vérité un tout autre caractère que celles de Laaland avec leurs arbres aux troncs élancés et hauts de 70 pieds. Le vent d'ouest fait déjà sentir ici son influence. Les troncs tortus atteignent seulement 10—18 pouces de diamètre, et les couronnes sont peu développées vers l'Ouest. Les arbres sont très espacés, ordinairement à 20 pieds l'un de l'autre, et le taillis se compose presque uniquement de Genévriers, qui souvent forment un toit si épais que les jeunes Chênes en sont étouffés (Vaupell l. c. pag. 3²). Remarquable est la distribution du Chêne rouvre. Il apparaît çà et là dans les forêts du Jutland, et manque entièrement dans toutes les îles, excepté à Bornholm où il croit en abondance. — C'est autour des golfes que la végétation de cette zone se montre sous sa forme la plus caractéristique. Dans les forêts du golfe de Veile, renommé pour ses environs pittoresques, le taillis se compose d'*Ilex Aquifolium*, de *Juniperus communis* et de *Taxus baccata*, et on y rencontre plusieurs des plus belles et des plus rares Fougères du Danemark: le *Lasraea Oreopteris*, remarquable par son parfum qui rappelle celui de la *Rosa rubiginosa*, le *Struthiopteris* et le *Blechnum Spicant* (Botan. Tidsskrift, 2 Vol., pag. 20).

Le Houx est sans contredit la plante la plus caractéristique de cette zone. Tandis qu'il manque complètement en Sélande, et est d'ailleurs très rare dans le reste du pays, il est si abondant dans les forêts de la côte que, dans quelques endroits (p. e. dans la forêt de Gyllingøes), il devient une plante aussi commune que dans le Slesvig. C'est ordinairement un arbrisseau, mais quelquefois (à Palsgaard) un arbre de 20 pieds de haut. Il est encore très répandu dans la forêt de Tofte et dans le voisinage de la tourbière méridionale de Vildmose, et, au nord du Limfjord, on le trouve dans les forêts de Hals et de Melholt, et également à Læsø. A quelques milles de la côte, le Houx devient rare, mais il est de nouveau assez abondant au centre de la presqu'île, et dans les forêts peu nombreuses de la côte occidentale*). — L'If était regardé comme n'existant plus du tout en Danemark, lorsqu'il y a quelques années (en 1865), il fut découvert près du golfe de Veile, où, chose assez singulière, il avait échappé pendant si longtemps à l'attention des botanistes. Il s'y présente dans des conditions qui ne permettent pas de douter qu'il ne croisse à l'état sauvage. On sait de plus (Botan. Tidssk. 2 Vol. pag. 25) qu'il se trouvait autrefois dans les bois de Meilgaard, au nord de la presqu'île que le Jutland forme vers l'Est (Djursland). — Dans une partie de cette zone, savoir depuis le golfe de Mariager et un peu au nord du Limfjord, l'Aune (*Alnus glutinosa*) et le Bouleau (*Betula verrucosa*) constituent l'élément principal des forêts**). — Les «landes à collines» forment une partie caractéristique de la végétation du Jutland oriental. Le sol y est souvent argileux, et ces collines ont été autrefois boisées, comme l'attestent les restes nombreux de Chênes et de Pins qu'on trouve dans les tourbières, mais elles sont maintenant envahies par les Bruyères, qui y atteignent une assez grande hauteur, et sont mélangées de Genévriers et de Genêts à balais. — La région de la Fionie qui est limitée par le petit Belt offre la même végétation que la côte orientale du Jutland, et doit être rangée parmi les contrées les plus pit-

*) Vaupell l. c. pag. 57.

***) D'après tous ses caractères naturels, cette partie septentrionale doit être considérée comme une division spéciale de la zone orientale.

toresques du pays. Le Belt a le caractère d'un grand lac; de tous côtés on aperçoit des îles ou les promontoires couverts de bois de la côte de Fionie. Le Hêtre se montre ici, surtout à Fæno et sur la pointe de Føns, sous une forme des plus élégantes, avec des troncs très élevés, droits et élancés comme des colonnes, et le Boux, dans les forêts au sud de Middelfart, est aussi commun que dans celles du Slesvig (Vaupell). Parmi les autres plantes caractéristiques du Jutland qui croissent dans cette zone, nous mentionnerons les *Ranunculus lanuginosus*, *Arum maculatum*, *Hypericum hirsutum*, *Schedonorus asper*, *Campanula latifolia*, *Veronica montana*, *Anthericum*, *Genista anglica* et *tinctoria*, *Ornithopus*, *Arnica*, *Phyteuma spicatum*, *Luzula maxima*, *Melampyrum silvaticum* (Botan. Tidssk. 2 Vol. pag. 10). — A Als, dont la superficie forestière est de 3000 tonneaux de terre, le Hêtre compose aujourd'hui la plus grande partie des forêts, mais, il y a 100—200 ans, le Chêne y était l'arbre dominant. Le Frêne et l'Erable champêtre y sont plus abondants qu'ailleurs dans le pays.

3. La zone occidentale ou la zone dépourvue de forêts comprend toute la partie de la presqu'île située à l'ouest de la chaîne de hauteurs qui traverse le Jutland du Nord au Sud, et appartient à deux formations géologiques, la moitié orientale aux sables erratiques, et la moitié occidentale à la formation des lignites de la Molasse. Cette zone est en majeure partie une plaine unie, et entre elle et la chaîne ci-dessus la transition est presque partout brusque. La surface de la plaine est formée de sable, à l'Est jusqu'à une profondeur de 30—40 pieds, tandis qu'à l'Ouest on rencontre déjà à 2—10 pieds de profondeur les couches de marne si indispensables à l'agriculture. La plaine ou lande proprement dite est toutefois interrompue en plusieurs endroits par des massifs de collines basses ressemblant à des îles, et, dans la partie de la lande qui s'étend entre le Limfjord et le Kongeaa, il y a 3 de ces massifs, ceux de Skovbjerg, d'Audum-Varde et de Herning, qui couvrent ensemble un espace de 60 milles carrés, tandis que la superficie des plaines qui les entourent est évaluée à 50 milles carrés. — Tout le long de la côte occidentale court une chaîne de dunes, qui se prolonge au sud sur les îles qui bordent cette côte, et en deçà de laquelle se trouvent des terrains alluviaux (Marsk), formés d'argile lavée et imprégnée des organismes de la mer, provenant de la formation des lignites de la Molasse*). Cette zone est dépourvue de forêts et a pour caractères: 1° qu'on y rencontre seulement

* La formation des lignites de la Molasse, dont les couches témoignent d'un développement très paisible, se compose d'argile micacée et de sable jaune ferrugineux (Limonite), ou de grès et de conglomérats. Dans l'île de Sylt, les couches de cette formation s'étendent sans interruption sur une étendue de plus de $\frac{1}{2}$ mille, et la plupart des collines en forme d'îles, dans les landes, laissent voir, sous les sables et les argiles erratiques, les couches facilement reconnaissables à leurs paillettes de mica de la formation des lignites, et des lignites qui, à Sandfuglegaard, dans la vallée de Skierna, ont une épaisseur de 12 pieds. Mais une grande partie de la formation des lignites a été bouleversée par des révolutions ultérieures, et son argile sableuse semble avoir puissamment contribué à la formation des grandes plaines de sable de la presqu'île cimbrique. Comme particularité très remarquable de la formation des lignites, nous citerons les couches de Diatomées (dites «Moleer») des îles de Fuur et de Mors, de Thy et de Hannez sur la côte du Limfjord, lesquelles, à en juger par la nature des Diatomées, sont sans doute de formation marine (Forchhammer: Oversigt over Danmarks geognostiske Sammensætning, discours prononcé au congrès des naturalistes à Stockholm 1863).

çà et là des restes d'anciens bois et taillis, qui sont limités aux massifs mentionnés ci-dessus, et 2° que le reste de la zone comprend des plantes qui sont caractéristiques, soit des landes, soit des dunes ou du Marsk. L'absence de forêts, dans cette partie du Jutland, n'est pas originelle, mais elle est due soit à l'homme soit au vent d'ouest. Que, sans remonter plus haut que les temps historiques, il y ait eu des forêts jusque sur les bords de la mer du Nord, et sur les landes qui sont maintenant les plus stériles, c'est ce dont témoignent les nombreux restes d'arbres qu'on trouve dans les tourbières, ou le long de la côte sous le sable des dunes, ainsi que le grand nombre de noms de villes dont les mots «Skov» ou «Lund» forment la première ou la dernière syllabe. Aussi n'est-il pas exact, comme on le supposait autrefois, que la masse grésiforme, connue sous le nom d'Ahl, qui, en beaucoup d'endroits, s'étend au-dessous de la surface de la lande, soit la véritable cause de la disparition des forêts. La formation de l'Ahl est au contraire une suite du déboisement, et elle se poursuit encore aujourd'hui là où le sable couvert de bruyères est ferrugineux. — De grands bouleversements ont eu lieu dans cette partie du Jutland pendant les temps historiques; la mer a emporté beaucoup de milles carrés du pays, les sables meubles se sont répandus sur de vastes étendues de la côte, et formé des collines de 50—100 pieds de hauteur là où il y avait autrefois des champs plats, les bois ont disparu et fait place aux bruyères. Mais non moindres sont les changements plus modernes qui sont dus à l'action de l'homme, et qui ont pour but de reconquérir ce qui a été perdu: l'accroissement du Marsk est favorisé par des digues, des anses de la mer et des lacs ont été desséchés, le mouvement des sables est arrêté, et la lande se transforme peu à peu en champs et en bois.

Les massifs de collines qui sont jetés comme des îles sur la surface de la lande, présentent un terrain plus fertile. Lorsqu'ils ne sont pas cultivés, ces massifs sont plus ou moins recouverts d'un taillis de Chênes, restes d'anciennes forêts, et ces arbres y atteignent seulement une hauteur de 4—8 pieds. On y trouve aussi plusieurs plantes caractéristiques, savoir les *Melampyrum pratense*, *Aira flexuosa*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arnica montana*, *Hieracium umbellatum*, *Solidago*, *Jasione*, *Trientalis*, *Potentilla Tormentilla*, *Rubus plicatus*, *Pteris aquilina*, *Genista*, *Lycopodium clavatum*, *Campanula rotundifolia*, *Achillea millefolium*, *Pimpinella Saxifraga* (Vaupell l. c. pag. 295). Dans les landes proprement dites, il y a trois plantes qui se partagent assez également l'empire du sol, savoir: la Bruyère des landes, la Camarine et le Lichen des Rennes, et comme tantôt l'une, tantôt l'autre domine, ce tapis végétal bigarré de rouge, de vert et de blanc présente un aspect tout particulier. Mais on y rencontre en outre un grand nombre de petites plantes, souvent fort jolies, qui répandent sur la lande un charme singulier, et dont voici la liste: *Erica Tetralix*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium Vitis Idaea*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Genista Anglica*, *Germanica*, *tinctoria*, *pilosa*, *Lycopodium clavatum*, *Chamaecyparissus*, *complanatum*, *Thymus Serpyllum*, *Gentiana campestris*, *Arnica montana*, *Orchis maculata* etc. Dans les parties marécageuses croissent le *Myrica Gale*, le *Vaccinium uliginosum*, l'*Oxycoccus*, le *Scirpus cespitosus*, le *Lycopodium inundatum*, le *Selago*. La région des dunes occupe une superficie de 10 milles carrés environ, et, avec leurs vallées longitudinales et transversales, et leurs sommets de 70—100 pieds d'où l'on jouit d'une vue étendue sur la mer et le pays, les dunes présentent en beaucoup d'endroits le caractère d'un paysage de

montagnes. Depuis la fin du siècle dernier, on a commencé de les planter systématiquement, et le mouvement des sables est maintenant partout arrêté. Dans les 20 dernières années, on a fait en quatre endroits des plantations de Conifères (*Pinus montana*, *P. Austriaca* et *Picea alba*), et elles ont si bien réussi qu'il y a tout lieu d'espérer que la côte jullandaise sera avec le temps bordée d'une large ceinture de forêts. La végétation qui couvre les dunes immobilisées leur donne une couleur spéciale gris verdâtre, et se compose des plantes suivantes: *Psamma arenaria*, *Elymus arenarius*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Phleum arenarium*, *Carex arenaria*, *Juncus Balticus*, *Salix repens*, *Jasione*, *Galium verum*, *Eryngium*, *Hieracium pilocella*, *Thymus Serpyllum*, *Campanula rotundifolia*; sur quelques points croissent l'*Hippophae* et la *Rosa spinosissima*, et le sol est couvert des touffes serrées du Lichen des rennes et du Lichen des coraux. Dans les terrains humides entre les dunes, on trouve les mêmes plantes que dans les marécages des landes.

La formation du Marsk s'est faite, et se poursuit toujours encore en deçà de la chaîne d'îles qui de Hjerting court vers le Sud, en formant comme un rempart pour la côte, et elle n'occupe par conséquent que la partie méridionale du Jutland. De même que sur tout le reste du littoral de la mer du Nord, en descendant vers le Sud, il s'est produit ici un abaissement très lent du sol, comme on le voit entre autres par les souches de pins qui sont enterrées entre les îles et le continent à une profondeur de 10 pieds au-dessous du niveau de la mer. La limite de la formation du Marsk vers l'Est est marquée par une chaîne de dunes qui indique la place du rivage antérieurement à cette formation, et, dans le Slesvig, elle se trouve à une grande distance de la mer. Comme la différence de niveau entre le flux et le reflux s'élève jusqu'à 8 pieds, la plage nue qui s'étend entre les îles et la côte est parcourue tantôt par des navires, tantôt par des voitures et des chevaux. Tandis que la mer emporte constamment des parties de la côte occidentale des îles — à un mille à l'ouest de l'île de Romø, on aperçoit des ruines sur le fond de la mer — il se dépose, après chaque marée, dans les eaux tranquilles de la côte opposée une couche mince d'argile fine micacée, et les habitants cherchent à augmenter ces dépôts à l'aide de claies ou d'ouvrages ouverts en terre. Le fond de la mer s'exhausse ainsi constamment, bien qu'avec une très grande lenteur (en quelques endroits de 1 pied tous les 6—8 ans, et dans d'autres tous les 50 ans), et, grâce aux diverses végétations qui s'y succèdent, devient peu à peu propre à être endigué. La première plante qui croît dans ce limon est le *Microcoleus chthonoplastes*, qui, en entrelaçant dans ses fils déliés les couches les plus récentes, ne contribue pas peu à exhausser le fond. La *Salicornia herbacea* ne tarde pas à s'y répandre, et elle est remplacée par les *Lepigonum marinum*, *Sagina maritima*, *Chenopodium maritimum*, *Kochia hirsuta* et *Sasola Kali*, qui préparent le fond à recevoir la dernière végétation, laquelle se compose des plantes suivantes: les *Statice Limonium*, *Ameria maritima*, *Triglochin maritimum*, *Artemisia maritima*, *Aster Tripolium*, *Plantago maritima*, plusieurs espèces d'*Atriplex* et de *Scirpus*, le *Juncus Gerardi* et enfin les *Poa distans* et *marina*. Le Marsk se transforme ainsi par ces végétations successives en ces prairies naturelles qui sont devenues célèbres par leur fertilité inépuisable, comme pouvant une année après l'autre nourrir sans engrais d'immenses troupeaux.

4. La zone du nord de la Sélande, qui comprend le bailliage de Frederiksborg et le district de Ods, dans le bailliage de Holbek, répond à peu près à la partie de la Sélande qui se compose de sables erratiques, et on y trouve aussi le terrain ondulé caractéristique de cette formation. Cette zone renferme un grand nombre de lacs — entre autres celui d'Arresø, le plus grand du Danemark, autrefois une anse de la mer — et de tourbières. C'est également la contrée la plus boisée du Danemark, et on y trouve la forêt la plus considérable du pays, celle de Gribskov. La végétation se rapproche de celle de la zone forestière du Jutland oriental. Le *Juniperus communis* y est ainsi très répandu, tandis qu'il manque pour ainsi dire complètement dans le reste de la Sélande, et les landes à collines, avec le *Vaccinium Myrtillus*, le *V. Vites idæa* et les autres plantes qui les caractérisent, occupent de grandes étendues, notamment dans les forêts qui s'élèvent à l'est du lac d'Esrom. De même, le *Betula verrucosa* y est assez commun et forme de petits bois, par exemple sur les bords du lac de Gurte et à Hornsved, et l'*Alnus incana*, qui y a été introduit à la fin du siècle dernier, croit en beaucoup d'endroits à l'état sauvage. Les arbres de la zone méridionale, tels que le Charme, le Faux-Platane, l'Erable champêtre, le Tilleul et le Frêne, sont au contraire assez rares dans cette partie de la Sélande. L'Aune visqueux croit dans les terrains marécageux des bois de Hêtres. Parmi les autres plantes caractéristiques de cette zone, nous citerons les *Thymus Serpyllum*, *Trientalis Europæa*, *Arnica montana*, *Astragalus Danicus*, *Thesium ebracteatum*, *Sarothamnus*, *Lobelia Dortmanna*, *Rubus Chamæmoris*, *Viola mirabilis*, *Primula farinosa*, *Bidens platycephala*, *Carex cyperoides*. Le Hêtre domine dans la plupart des forêts, et il est en train d'étouffer les Chênes là où l'homme n'intervient pas; mais ce dernier arbre y était autrefois très répandu, et on en trouve çà et là quelques exemplaires géants comme restes des anciennes forêts. Dans la partie septentrionale de la forêt de Gribskov (Krogedalsvang), et quelques bois situés au nord de cette forêt (Valbyhegn et Haragerhegn), les Chênes sont encore assez abondants, et il y en a parmi eux qui ont des dimensions considérables; mais c'est dans le parc de Jøgersborg, à Charlottenlund, à Ordrup et à Ermelund qu'ils sont les plus nombreux, et certains d'entre eux ont 18—23 pieds de tour à 3—4 pieds au-dessus du sol. Cependant les plus gros dans le nord de la Sélande se trouvent à Jøgerspris, où les Chênes connus sous les noms de «Kongeeg», «Storkeg» et «Snoeg», mesurent respectivement 42, 36 et 26 pieds de circonférence. Tandis que la moitié orientale du bailliage de Frederiksborg est si riche en forêts, la moitié occidentale n'en renferme presque pas du tout.

5. La zone centrale comprend le centre de la Sélande, ainsi que la côte orientale et le milieu de la Fionie. Le terrain présente une grande uniformité — il est formé d'argile du terrain erratique — et les petites différences climatiques qu'on observe dans les autres zones n'existent pas ici. C'est aussi la partie du pays dont la végétation est la moins caractérisée. On n'y trouve pas les plantes qui annoncent le voisinage de la mer (comme le Houx), ni celles qui indiquent, soit un climat plus méridional (comme le *Tilia grandifolia*, le *Carpinus*, l'*Acer Pseudoplatanus*), soit un climat plus septentrional (comme le *Betula verrucosa*, le *Juniperus*), ou du moins elles sont rares; toutes les plantes des landes manquent également, de même que celles du Marsk et des dunes. Il faut toute-

fois remarquer que dans les quelques points où la formation de la craie affleure à la surface, elle manifeste son influence par la présence d'une quantité plus ou moins grande de plantes calcaréophiles; c'est ainsi que dans la forêt d'Alindelille croissent l'*Orchis ustulata*, l'*Anacamptis pyramidalis*, l'*Ophrys Myodes*, le *Cephalanthera grandiflora* et *ensifolia*, et, dans celle de Terkel, près de Farum, où le calcaire de Saltholm vient affleurer, le *Botrychium Lunaria*. Le Hêtre est l'arbre dominant dans les forêts de cette zone. Le Tilleul et le Frêne y sont beaucoup plus répandus que dans le nord de la Suède.

Les conditions extérieures qui déterminent les différences de végétation dans les cinq zones qui précèdent peuvent se résumer de la manière suivante: dans la zone occidentale dépourvue de forêts, les variétés de terrains auxquelles est liée la végétation des dunes, du Marsk et des landes, sont dues principalement à l'action de la mer et du vent; dans la zone forestière orientale, les particularités de la végétation doivent être attribuées à la nature ondulée du terrain et à la pente des collines vers l'Est. La mer du Nord en vient ainsi, conjointement avec le Cattégat, à exercer une action bien différente sur la végétation; car elle ne fait sentir ici que son influence compensatrice sur la température, laquelle se manifeste par la présence du Houx, de l'If et de plusieurs Fougères. Dans la zone du nord de la Suède, c'est le sol (sable du terrain erratique), en connexion avec un climat un peu plus froid, et, dans la zone méridionale, également le sol (argile grasse et humide), en combinaison avec une température un peu plus élevée, qui donne à la végétation son caractère particulier. Quant à la zone moyenne, son manque d'originalité provient de sa position centrale et de l'uniformité du sol. L'île de Bornholm doit, d'après son sol et sa végétation, être regardée comme une partie de la Suède.

Coup d'œil rétrospectif sur la distribution géographique et sur ses rapports avec la classification.

On admet comme une règle générale que plus la classification d'une famille est fondée sur des caractères qui indiquent une véritable affinité, plus il devient manifeste que les différentes sous-divisions du système ont leurs centres de distribution particuliers, et, de même, que plus sont grandes les différences d'organisation entre les divisions de système, plus sont grandes aussi les distances géographiques qui séparent leurs centres de distribution. C'est cette relation entre la classification et la distribution géographique que je me propose de faire voir ici pour les Cupulifères, et ce chapitre servira en même temps à jeter un coup d'œil rétrospectif sur quelques uns des principaux rapports dont il a été déjà question à propos des divers territoires qu'ils habitent.

Nous avons vu que cette famille se divise en trois sous-familles, mais celles-ci représentent chacune un centre principal de distribution des Cupulifères, et constituent trois grands domaines géographiques très éloignés l'un de l'autre. Les Châtaigniers ont en effet leur centre dans les îles Malaises, les Chênes au Mexique, et les Hêtres dans

le sud-ouest de l'Amérique méridionale. Le groupe des Châtaigniers, qui se sépare nettement de ceux des Chênes et des Hêtres par ses styles cylindriques, raides et à stigmates ponctiformes, ses chatons mâles dressés et ses feuilles entières, a aussi une aire propre qui est assez bien limitée. Il appartient à l'Asie orientale, et présente la plus grande richesse de formes et les types les plus purs dans les îles Malaises, surtout à Java et à Sumatra, où est son centre proprement dit. Une seule espèce (*Castanea vulgaris*) franchit les limites de ce domaine vers l'Ouest, et joue un rôle important dans les pays méditerranéens, et 3 espèces (*Castanea pumila*, *C. chrysophylla* et *Pasania densiflora*) croissent en Amérique. Le genre type par excellence *Cyclobalanus*, qui se distingue par son fruit incomplètement multiloculaire, son embryon multilobé (voir plus haut p. 345, fig. *M* et p. 346, fig. *D*) et ses écailles de cupule connées en lames concentriques, appartient exclusivement aux îles Malaises, et, outre quelques autres formes de Châtaigniers (*Pasania* et *Castanea*), on trouve seulement dans ces îles un petit nombre d'espèces du genre *Cyclobalanopsis*, mais pas un seul Chêne véritable (*Quercus*).

Comme le groupe des Châtaigniers a sa demeure dans l'Asie orientale, ainsi le groupe des Chênes habite de préférence la partie de l'Amérique située au nord de l'équateur et principalement le Mexique, où les Cupulifères ont leur second grand centre de distribution. Dans les montagnes du Mexique, les Chênes offrent non seulement des espèces bien plus nombreuses que sur tout autre point du globe, mais ils y présentent aussi une plus grande diversité dans leur organisation, et il s'y trouve plusieurs grandes divisions qui manquent partout ailleurs, à quoi il faut encore ajouter qu'il n'y existe pas une seule espèce des autres genres; les Châtaigniers et les Hêtres font totalement défaut, et on n'y voit que des espèces du genre *Quercus*. Le sous-genre *Erythrobalanus* est exclusivement américain*), et on en compte plus de 50 espèces au Mexique et dans l'Amérique centrale. Les *Erythrobalanes* se séparent si nettement des autres Chênes par leurs styles capités (pag. 343, fig. *B*), par leurs fruits sphériques, souvent à péricarpe épais et à cloisons rudimentaires (p. 345, fig. *G*), par les ovules rudimentaires fixés au sommet de la graine (pag. 346, fig. *C*), et par leurs feuilles toujours mucronées, qu'on pourrait certainement se demander s'il ne vaudrait pas mieux les rapporter à un genre à part. Encore plus caractéristique pour le Mexique est peut-être le sous-genre *Macrobalanus* avec ses styles courts, connés dans presque dans toute leur longueur (Pl. VI, fig. 16), et ses cotylédons inégaux (p. 346, fig. *E*), et la division, riche en espèces, des *Lepidobalanés*, aux feuilles crénelées ou faiblement lobées (*Prinus*, *genuinæ* et *versiformes*, voir p. 367), y a, pour ainsi dire, son habitation exclusive.

Quant au troisième groupe principal de cette famille, les Hêtres, il en existe au Chili un nombre d'espèces si prépondérant, que nous devons regarder ce pays comme leur demeure proprement dite; mais les espèces sont si dispersées qu'avec la division actuelle des terres et des mers, il est difficile de les ramener toutes à un seul centre de distribution. Cette difficulté se fait moins sentir à l'égard du genre *Nothofagus*, comme nous avons vu que le Chili, d'après sa nature, doit être considéré comme une île rattachée

*) Il y a bien une espèce japonaise (*Q. lacera*) qui semble appartenir à ce sous-genre, mais elle est encore peu connue.

au continent de l'Amérique méridionale, et qu'il y a lieu de supposer qu'il a existé autrefois une connexion plus intime entre cette partie de l'Amérique du Sud, la Nouvelle-Zélande et la Terre de Van Diemen. Mais comment ramener les espèces *Fagus* au même centre de distribution, lorsque la plus rapprochée, le *F. ferruginea*, est séparée par 70 degrés de latitude des Hêtres du Sud? C'est ce qu'on ne peut faire assurément, mais je crois cependant qu'on est en état de s'expliquer l'irrégularité que la distribution des Hêtres présente encore, quoique à un degré moindre, il est vrai, que lorsque toutes les espèces étaient rapportées à un seul genre. Quelque paradoxal que cela paraisse, c'est le Japon qui formait autrefois le lien aujourd'hui brisé entre les Hêtres du Nord et du Sud. En effet ce n'est pas seulement en ce qui concerne les Hêtres, mais aussi sous d'autres rapports qu'il y a des points de contact entre le Japon et le Chili. Le genre *Fagus* est plus richement représenté au Japon que dans tout autre point de l'hémisphère boréal (voir p. 387), et le *Fagus Sieboldii* forme la transition au *Nothofagus*, comme il est le seul des Hêtres du Nord qui présente la même nervation caractéristique que plusieurs Hêtres du Sud (*Nothof. Gunnii, antarctica*). A cela vient s'ajouter que la flore, tant au Japon que dans la terre de Van Diemen, à la Nouvelle-Zélande et au Chili, a un caractère entièrement miocène, de sorte qu'elle est plus ancienne que la végétation de la plupart des autres points du globe*). Cela s'applique spécialement aux Hêtres, qui sans aucun doute peuvent tous être ramenés à l'époque pliocène ou même miocène — c'est ainsi que le *Fagus sylvatica* se trouve dans les couches pliocènes de la vallée de l'Arno. Il faut donc chercher le centre commun des formes types des Hêtres dans une période antérieure à la nôtre, et de ce centre ils s'étaient déjà dispersés dans différentes directions, lorsque s'est faite la division actuelle des terres et des mers.

Outre les trois centres principaux de distribution des Cupulifères correspondant aux trois sous-familles, il y a encore trois centres secondaires caractérisés par des genres et sous-genres particuliers. C'est ainsi que le Japon, en ce qui concerne les Cupulifères, se rattache si étroitement par la Chine à l'Himalaya, que cette partie de l'Asie doit être rapportée à un domaine commun, où les Châtaigniers-Chênes (*Cyclobalanopsis*) ont leur habitation. — L'Asie Mineure forme ensuite un centre pour le sous-genre *Cerris*, qui, ainsi que je l'ai montré dans ce mémoire par un grand nombre d'analyses de fleurs femelles (Pl. V), est bien caractérisé par ses styles subulés (p. 341). Des 30 espèces de ce sous-genre, il y en a 20, et parmi elles toutes les espèces types, qui croissent en Asie Mineure. Les 10 autres espèces appartiennent aux pays de la Méditerranée, à l'Himalaya et au Japon, de sorte que de l'Asie Mineure la distribution s'est faite dans la direction Est-Ouest.

De même que toutes les contrées arctiques ont une flore commune, de même ce n'est que tout graduellement que la végétation, en Europe, en Amérique et en Asie, prend un caractère plus varié, à mesure qu'on se rapproche de l'équateur. C'est conformément à cette règle que les Cupulifères, dans les régions voisines de l'équateur, ont trois centres

*) J'espère pouvoir présenter bientôt à la Société des Sciences un travail plus détaillé à l'appui des considérations que je fais valoir ici, pour établir que la végétation qui couvre la surface du globe a un âge très différent.

bien tranchés, un dans chacune de ces trois parties du monde, tandis que les Cupulifères et surtout les Chênes qui, dans l'ancien et le nouveau monde, remontent haut vers le nord dans la zone tempérée, appartiennent tous au même petit groupe (*Eulepidobalanus*) du sous-genre *Lepidobalanus*. Ces Chênes septentrionaux se distinguent tous par leurs feuilles plus ou moins profondément lobées. Dans l'Amérique du Nord, la plupart des *Eulepidobalanus*, en tout 7 espèces (*Q. lobata*, *Douglasii* etc.) croissent sur la côte occidentale (voir p. 366—367), tandis qu'il n'y en a qu'une espèce (*Q. alba*) sur la côte orientale. Dans l'ancien monde, les espèces les plus nombreuses appartiennent également à la partie occidentale. En Europe, au nord des grandes chaînes de montagnes, on trouve 4 espèces (*pedunculata*, *sessiliflora*, *conferta* et *pubescens*), auxquelles viennent s'ajouter, un peu plus au Sud, les *Q. Toza* et *Farnetto*, et, en Asie Mineure, les *Q. Vulcanica*, *Cedrorum*, *macranthera*, *Haas*, *Sypirensis*. A l'est du Caucase s'étend un grand espace où les Chênes manquent totalement, mais ils apparaissent de nouveau dans l'Asie orientale, où le *Q. Mongolica* est très répandu dans la région de l'Amour, et les *Q. Mac Cormickii*, *obovata* et *dentata*, dans le nord de la Chine et du Japon.

Chacune de ces sous-familles a donc son centre spécial en dedans de l'aire des Cupulifères, et ces divers centres de distribution sont très éloignés l'un de l'autre. Les Châtaigniers, les Chênes et les Hêtres ont chacun leur habitation primitive, mais de là, ils se sont répandus dans différentes directions, ont émigré dans leurs territoires respectifs et se sont mélangés les uns avec les autres. Il en est résulté des zones de transition, et il nous reste à faire voir que c'est précisément dans ces zones qu'apparaissent des formes qui constituent le lien entre les types provenant des différents centres.

Le type des Châtaigniers a son centre dans les îles Malaises, et s'y montre sous sa forme la plus pure dans le genre *Cyclobalanus*. Ce genre est en effet celui qui, par son organisation et son habitus, diffère le plus des Chênes et des Hêtres; il appartient exclusivement aux îles Malaises, et y présente une grande richesse de formes. Les régions voisines de l'Asie qu'habitent les Cupulifères, l'Himalaya, la Chine et le Japon, sont caractérisées par des formes qui constituent de diverses manières une transition entre les types des Châtaigniers, des Chênes et des Hêtres. On y trouve ainsi deux genres du groupe des Châtaigniers, dont l'un, le g. *Pasania*, se rapproche des Chênes par les écailles de la cupule (le g. *Pasania* est le g. *Cyclobalanus* avec des cupules de Chêne*), et l'autre, le g. *Castanea*, des Hêtres (le g. *Castanea* est le g. *Cyclobalanus* avec des cupules de Hêtre). Cette ressemblance entre le Châtaignier et le Hêtre est même si grande, qu'on les a rapportés autrefois au même genre, bien qu'ils appartiennent à des types tout différents. Le troisième genre (*Cyclobalanopsis*), qui domine plus que tout autre dans cette zone de transition, doit aussi plus que tout autre, parmi les Cupulifères, être regardé comme une forme de transition; mais, tandis que les deux genres précédents sont des Châtaigniers qui ont quelque chose de la nature du Chêne, ce genre, au contraire, est formé de Chênes qui ont

*) La plupart des espèces du genre *Pasania* se rapprochent surtout du g. *Lepidobalanus*, en ce qui concerne la cupule; d'autres, en plus petit nombre, sont identiques aux espèces du g. *Cerris*, quant aux écailles de la cupule (voir p. 374 § 4).

en partie revêtu l'apparence des Châtaigniers, et cela d'une façon si trompeuse, que ce n'est que dans ces derniers temps qu'on a réussi à établir leur véritable affinité (Ørsted: Bidrag til Egeslægtens Systematik i naturh. Forenings Vidensk. Meddel. 1860, p. 77). D'après les principales particularités de leur organisation (stigmates, fruits, graines), les espèces du genre *Cyclobalanopsis* sont des Chênes; mais, par les caractères extérieurs qui frappent plus les yeux, notamment la cupule, elles ressemblent à celles du genre *Cyclobalanus*; relativement aux feuilles, elles sont intermédiaires entre ce genre et la division des Chênes la plus répandue en Asie, et surtout dans l'Asie orientale (*Lepidobalanus* sect. *Prinus* § *serroides*, voir p. 369 et 386). Les caractères génériques sont si faciles à reconnaître chez les espèces de ces trois genres de transition, qu'il ne peut y avoir de doutes sur leur affinité, ni sur le genre auquel elles doivent être rapportées; mais, comme il fallait s'y attendre, ce n'est pas toujours le cas, et il y a des espèces qui, dans l'acception étroite du mot, doivent être désignées comme des formes de transition*). Dans la partie occidentale de la région située entre les centres des Châtaigniers et des Chênes, il existe un sous-genre monotype (*Heterobalanus*), qui forme la transition entre le sous-genre *Cerris*, avec lequel il a les styles communs, et le *Lepidobalanus* sect. *Ilex*, dont il se rapproche par les feuilles et la cupule**).

Au dedans de la grande aire du groupe des Chênes, les pays méditerranéens constituent une zone de transition entre les types *Lepidobalanus* et *Cerris*, dont le premier appartient à l'Europe centrale, et le second à l'Asie Mineure. Le Chêne vert (*Q. Ilex*) est un des arbres les plus répandus et les plus caractéristiques de la zone des forêts toujours vertes, et il représente un groupe de Chênes (Sect. *Ilex*) qui se distinguent par leurs petites feuilles coriaces, entières ou épineuses-dentées***), à la face inférieure recouverte d'une pubescence grise, fine et serrée, ou d'un enduit céracé grisâtre, et dont les nervures secondaires se divisent d'ordinaire à quelque distance du bord en deux branches égales (Pl. II, fig. 1—3). Les autres espèces de Chênes caractéristiques des pays méditerranéens, tant du groupe *Cerris* que du groupe *Lepidobalanus*, se rapprochent du Chêne vert, et présentent dans leurs feuilles et tout leur habitus une si grande ressemblance avec les diverses formes de ce dernier, qu'il en résulte facilement une confusion des espèces. C'est ainsi que quelques espèces du groupe *Cerris* (Sect. *Suber*, voir p. 357) se rapprochent des formes de Chênes verts à feuilles plus larges, mais non tout-à-fait entières, tandis que d'autres espèces (Sect. *Ilicoidæ*, voir p. 357) ont plus de ressemblance avec les formes à feuilles épineuses-dentées (*Q. Ilex* v. *agrifolia*). Par contre, l'espèce du groupe *Cerris* qui remonte le plus haut vers le Nord dans la région des Eulepidobalanés, a, comme ces Chênes, des feuilles profondément découpées. On y trouve également un groupe très répandu de Lepidobalanés (§ *Orenato-serrata*, voir p. 367), qui forme une transition entre les espèces types de ce sous-genre et les Chênes verts. Certaines formes

*) Dans le genre *Cyclobalanus* les espèces *C. gemelliflora* et *argentata*, et dans les deux autres genres, plusieurs espèces appartenant aux sous-genres *Chlamylobalanus*, *Lithocarpæa*, *Enclitocarpus* et *Lithocarpus*.

**) Ørsted: Bidrag etc. I. c. pag. 70

***) Les feuilles de toutes les espèces semblent être épineuses-dentées chez la jeune plante.

du *Q. infectoria* et du *Q. Lusitanica* sont ainsi intermédiaires entre des variétés du *Q. sessiliflora* et du *Q. pubescens*, d'une part, et du *Q. Ilex*, d'autre part.

L'Amérique offre également de nombreux exemples de formes de transition entre les sous-genres dont les espèces croissent mélangées les unes avec les autres. On a montré pag. 382—442 comment les Cupulifères, et principalement les Chênes, se comportent vis-à-vis du reste de la végétation dans les grandes flores naturelles. Nous jetterons maintenant un coup d'œil sur la distribution des Chênes en Amérique, en général, et sur les rapports des sous-genres entre eux. On en compte en tout 150 espèces environ, qui sont réparties entre le 2° et les 48—50° degrés de Lat. N., mais il s'en faut que ce soit uniformément. C'est au Mexique, entre le 15° et le 20° degré de latitude, et à une altitude de 3000—6000 pieds, sur le versant oriental de la Cordillère, où règne un climat humide et chaud tempéré, qu'ils présentent la variété d'espèces la plus grande. A partir de cette zone, le nombre des espèces décroît à mesure qu'on s'avance soit vers le Sud soit vers le Nord, de sorte qu'il n'en reste plus au 3—2° degré de Lat. N., et que, sur le bord méridional des grands lacs, où les Chênes ont leur limite septentrionale, on n'en trouve qu'un petit nombre (*alba*, *obtusiloba*, *macrocarpa*, *rubra*, *coccinea*, *tinctoria*, *inbri-caria*). Entre ces limites toutefois, il y a des étendues considérables où les Chênes manquent entièrement, savoir le plateau qui occupe une grande partie du Mexique, le Nouveau-Mexique, le bassin du lac Salé et les Prairies, contrées dont le climat est si sec, qu'elles sont presque dépourvues de toute végétation arborescente. — La région des Chênes, dans le Costa-Rica et la Columbie, est située à une altitude de 7000—10000 pieds, et s'abaisse graduellement vers le Nord jusqu'au 35° degré, où les Chênes deviennent des plantes des basses terres. Cependant on en rencontre déjà quelques espèces dans les basses terres sous le 30° degré de Lat. (le *Q. virens* dans la Floride, les *Q. Catesbaei*, *aquatica*, *cinerea*, *phellos* un peu plus au nord), et il y a même au Mexique une espèce isolée (*oleoides*) qui croît dans le voisinage de la côte.

Les Chênes américains appartiennent à trois sous-genres: *Erythrobalanus*, *Lepidobalanus* et *Macrobalanus*, dont le dernier est limité à une partie du Mexique et à l'Amérique Centrale, tandis que les deux autres sont répandus dans toute la région occupée par ces plantes, et présentent un parallélisme remarquable quant à la manière dont les divisions analogues des genres sont réparties dans les diverses parties de cette région. Les divisions analogues des sous-genres sont indiquées pag. 168 (498).

Les deux sous-genres *Erythrobalanus* et *Lepidobalanus* ont leur maximum d'espèces dans la zone tropicale, et ces espèces ont des feuilles entières ou faiblement découpées, tandis que dans la zone tempérée dominent les sections *Eueythrobalanus* et *Eulepidobalanus* aux feuilles profondément découpées, laciniées ou lobées. Dans ces petits groupes analogues, il y a certaines espèces qui se ressemblent tellement par la forme et les découpures des feuilles, qu'il en est résulté de la confusion entre l'analogie et l'affinité. On en trouvera des exemples pag. 168 (498).

L'examen des espèces analogues montre que celles qui appartiennent au sous-genre *Erythrobalanus* ont toujours des feuilles à proéminences mucronées, ou, lorsque les feuilles sont entières, à sommet mucroné, tandis que les espèces du sous-genre *Lepidobalanus* sont à proéminences obtuses et à sommet obtus. Bien que ces deux sous-

genres soient en général bien tranchés, il y a cependant certaines espèces ou groupes d'espèces qui en réunissent les caractères à un tel degré, qu'ils constituent de véritables formes de transition, et ces formes intermédiaires sont surtout nombreuses là où ces sous-genres présentent le nombre d'espèces le plus grand, par conséquent au Mexique. C'est principalement dans le sous-genre *Erythrobalanus*, le plus riche en espèces en Amérique, qu'on remarque ces cas de ressemblance plus ou moins grande avec les *Lépidobalanus*; l'inverse est plus rare. Ainsi, tandis que la fructification bisannuelle et la position des ovules avortés au sommet du fruit, font partie des caractères qui en général séparent le plus nettement les *Erythrobalanus* des *Lépidobalanus*, il y a parmi les premiers un petit groupe dont le fruit mûrit la première année (voir p. 364, *Sectio 5. Laurifolia*, § 2), et un second groupe qui se rattache aux *Lépidobalanus*, non seulement par la fructification annuelle, mais aussi par la position des ovules avortés à la base du fruit (voir p. 364, *Sectio 6, Lepidobalanus*). Ces espèces présentent un mélange aussi complet qu'on peut s'imaginer des caractères des deux sous-genres; elles ont pris de la nature des *Lépidobalanus* tout ce qu'elles pouvaient prendre sans cesser d'être des *Erythrobalanus*; de ces derniers elles n'ont conservé que les caractères, à la vérité très importants aussi, des styles et des stigmates, et les particularités d'un ordre plus secondaire des écailles de la cupule et des feuilles. La plupart des espèces de ce petit groupe de transition appartiennent aux représentants les plus méridionaux du genre *Quercus* en Amérique, et croissent au sud de la haute chaîne de volcans qui traverse le Costa-Rica, et constitue une limite assez tranchée entre les flores de l'Amérique Centrale et de la Colombie — ici se trouve, comme je l'ai montré ailleurs, la limite septentrionale extrême de plusieurs formes caractéristiques de l'hémisphère austral (par ex. le *Gunnera insignis* Ørst.). — Une autre transition entre ces deux sous-genres est formée par le Chêne à feuilles de houx de Californie (*Q. agrifolia*), et sans doute aussi par quelques autres espèces encore imparfaitement connues qui semblent s'y rattacher (voir p. 364, *Sectio 7. Stenocarpæa*). Cette espèce a un fruit oblong et aigu qui mûrit la première année, et se rapproche également par les feuilles des *Lépidobalanus*, et notamment de quelques espèces du groupe *Ilex*, tandis que par les styles, la position des ovules et la forme des écailles de la cupule, elle est un *Erythrobalane*. — Parmi les *Lépidobalanus*, le *Q. lyrata*, par son fruit sphérique à péricarpe épais (voir p. 345, fig. II), et les *Q. glabrescens*, *reticulata*, *spicata* etc., par la configuration des écailles de la cupule, forment la transition au sous-genre *Erythrobalanus*.

Le sous-genre *Macrobalanus*, qui est particulier au Mexique et à l'Amérique Centrale, constitue une des divisions les plus belles et les plus intéressantes des Chênes. Les particularités qu'il présente dans sa structure ont passé jusqu'ici inaperçues, et De Candolle en a diversement classé les espèces. Il appartient aux types de Chênes américains qui, dans la période tertiaire, formaient une partie si caractéristique de la végétation arborescente en Europe. Le *Q. fuscinervis*, d'abord décrit par Rossmäslér, ressemble tellement au *Q. Galeottii* par la forme, les découpures et la nervation des feuilles (voir Pl. VII, fig. 1—4), qu'on ne peut douter qu'il n'y ait entre eux une étroite affinité; on retrouve notamment chez ce dernier les nervures tertiaires parallèles au bord de la feuille qui caractérisent le sous-genre *Macrobalanus* (fig. 2—4). De la même manière, le

Q. furcinervis Heer. répond au *Q. leiophylla*, le *Q. Drymeia* au *Q. lancifolia* (Pl. VII, fig. 5—8), et le *Q. grandidentata* Web. au *Q. excelsa* Liebm. Le sous-genre *Macrobalanus* est en somme plus voisin des Lépidobalanés que des Erythrobalanés; cependant il y a quelques espèces qui par les feuilles se rapprochent davantage de l'*Erythrobalanus Sectio 3: Versiformes* et *Sectio 4: Serroides*, comme le *Q. lancifolia* du *Q. nitens*, le *Q. leiophylla* du *Q. Cortesii* et le *Q. corrugata* du *Q. Serra*.

La connexion que nous avons constatée, dans ce qui précède, entre la distribution géographique des Cupulifères et les différences d'organisation exprimées dans la classification, est en somme ce qu'elle doit être, si les formes types ont habité originairement les contrées désignées comme centres de distribution, et que de là elles se soient répandues au dehors, à mesure que le nombre des espèces a augmenté, en se mélangeant avec les espèces des centres voisins, lorsque le climat et autres facteurs physiques n'ont apporté aucun obstacle à leur diffusion.

Il y a toutefois, dans la distribution des Cupulifères, quelques circonstances qui, d'après la division actuelle des terres et des mers, sont en opposition avec l'hypothèse que toutes les formes apparentées seraient issues du même centre, et dont il nous reste encore à parler. Tel est le cas, par exemple, quant à la distribution du groupe *Ilex*. Les espèces de ce groupe (voir p. 369) sont le plus nombreuses au Nouveau-Mexique, une espèce est très répandue dans la partie méridionale de l'Amérique du Nord, et une autre sur les côtes du Mexique, de sorte que, dans cette région, elles appartiennent aux contrées qui bordent la Méditerranée américaine; mais l'espèce de Chêne la plus répandue en Europe, dans les pays méditerranéens, le Chêne vert, fait aussi partie de ce groupe, et on en trouve également une espèce dans l'Himalaya et une au Japon, en sorte que le groupe *Ilex* est répandu tout autour du globe sous les mêmes latitudes. On pourrait peut-être supposer que cette distribution s'explique par le fait, que la ressemblance dans les conditions climatiques entraîne une ressemblance dans l'organisation; mais, abstraction faite des autres objections que cette explication soulève, on n'observe dans le climat aucune conformité de ce genre, en ce qui concerne l'Himalaya et le Japon. Par contre, les formes fossiles qui se rattachent aux espèces actuelles, et leur distribution dans les périodes antérieures à la nôtre, jettent du jour sur les faits qui précèdent, ainsi que sur d'autres anomalies dans la distribution, et c'est ce que je ferai voir prochainement dans la seconde partie de ce mémoire.

Viennent ensuite les anomalies que la famille des Chênes présente dans la flore de la Californie, plusieurs des espèces qui croissent dans cette contrée ayant beaucoup plus d'affinité avec les espèces du Japon qu'avec celles des Etats de l'Est. En effet, on y trouve seulement (voir p. 474) une espèce de la division du sous-genre *Erythrobalanus* qui domine dans les Etats de l'Est, tandis que les types asiatiques y comptent 3 représentants. Cette ressemblance entre deux flores séparées l'une de l'autre par un Océan — car on l'observe également à un degré plus ou moins grand chez d'autres familles — ne peut s'expliquer que par les résultats remarquables auxquels M. M. Asa Gray*), Dana et Lesquereux ont été conduits par leurs recherches sur les relations de la flore actuelle de l'Amérique du Nord avec

*) Asa Gray: On the Botany of Japan and its relations to that of North America.

celle de l'âge pliocène, et sur les changements climatiques qui se sont produits dans cette contrée. Ces recherches ont démontré que la végétation de l'Amérique du Nord est bien plus ancienne qu'on ne le supposait, et que non seulement elle comprend en général les mêmes espèces qui constituaient les forêts de l'époque pliocène*), mais en renferme même quelques unes qui peuvent être rapportées à l'époque miocène**). Le climat étant devenu beaucoup plus froid pendant la période glaciaire, ces plantes durent peu à peu descendre vers le Sud, et furent remplacées par des formes arctiques. La période glaciaire fut suivie de la seconde période post-tertiaire, qui est désignée par Dana sous le nom de «fluviale», le pays étant alors beaucoup plus bas, et les lacs, plus grands que maintenant. Par les restes d'animaux de cette période***), on voit qu'il y régnait un climat chaud jusque dans les parties les plus septentrionales du continent. Les plantes refoulées vers le Sud à l'époque glaciaire, purent alors remonter vers le Nord, et occuper des latitudes beaucoup plus élevées qu'elles ne le font aujourd'hui, tandis que les plantes arctiques se réfugièrent sur les sommets des plus hautes montagnes, où elles forment encore la zone alpine. Les conditions climatiques et la distribution de la végétation dans la période fluviale, étaient donc d'une nature telle qu'une émigration de plantes a pu avoir lieu sur les îles Aleutiennes et les îles Kuriles, et on s'explique ainsi que ces deux flores si éloignées l'une de l'autre puissent avoir entre elles une si grande affinité. A la période fluviale a succédé la «période des terrasses», comme Dana l'appelle, pendant laquelle le pays s'est graduellement élevé à sa hauteur actuelle, et la température s'est abaissée, ce qui a permis à la flore arctique de séparer de nouveau l'une de l'autre les flores tempérées de l'ancien et du nouveau monde.

Parmi les Cupulifères dont la distribution est si anormale, qu'elle ne peut s'expliquer que par l'âge reculé qu'il faut leur attribuer d'après les restes trouvés dans les couches pliocènes, figurent les deux espèces les plus communes des genres *Castanea* et *Fagus*. Le *Castanea vulgaris* est surtout répandu en Europe, mais, dans les Etats du Maine, du Michigan et du Kentucky, on en trouve une variété spéciale (*var. Americana*), à graines plus petites et plus douces, et il croît également au Japon, où il en existe plusieurs variétés†), et dans le nord de la Chine; mais de là jusqu'au Caucase, de même que dans le centre et l'ouest de l'Amérique du Nord, il manque complètement. Le *Fagus sylvatica* se comporte d'une manière analogue; il y en a au Japon une variété particulière (*v. Asiatica*), mais il manque sur toute la grande étendue qui sépare ce pays du Caucase††). Il y a lieu de supposer que le Hêtre et le Châtaignier ont été répandus dans une zone qui s'étendait de la partie orientale de l'Asie jusqu'au Caucase, et il est probable qu'on ne tardera pas à trouver des restes de ces plantes dans les couches pliocènes de ces contrées.

*) Parmi les arbres trouvés dans les couches pliocènes, nous citerons les *Gleditschia triacanthos*, *Prunus Caroliniana*, *Carya olivæformis*, *Castanea pumila*, *Quercus virens*, *Q. agratica var. myrtifolia*, *Persea Carolinensis*.

**) Par exemple, les *Taxodium distichum*, *Sequoia sempervirens*.

***) *Megatherium*, *Mylodon*, *Megalonyx*, *Dicotyles*.

†) *Var. Japonica* à feuilles plus petites, *v. elongata*, *v. subdentata* et *v. Kusakuri*.

††) Si le *F. sylvatica* a d'abord été rapporté à l'Amérique, cela résulte d'une confusion avec le *var. sylvestris* du *F. ferruginea*.

Parmi les faits concernant la distribution des plantes en général, sur lesquels les Cupulifères jettent un jour particulier, nous mentionnerons ici les principaux.

La séparation tranchée que présentent les flores du Mexique et des Antilles, qui sont cependant si voisines, se manifeste d'une manière très frappante à l'égard des Cupulifères. En effet, tandis que les Chênes sont plus abondants au Mexique que sur tout autre point du globe, il n'y en a pas une seule espèce aux Antilles, bien que dans beaucoup d'endroits elles offrent les conditions climatériques qui leur sont le plus favorables. Ce contraste si grand entre les deux flores, précisément en ce qui concerne les Chênes, peut en partie s'expliquer par la circonstance que les graines de ces plantes, qui perdent rapidement leur faculté de germer, ne se laissent pas facilement transporter par les courants, à quoi il faut ajouter que les Chênes croissent dans les régions montagneuses du Mexique, loin de la mer, et que lors même que leurs fruits y seraient charriés par les fleuves, ils ne rencontreraient pas sur les côtes des Antilles des conditions favorables à leur développement, ce qui s'accorde du reste avec cette règle générale, que la plupart des plantes communes aux Antilles et au continent appartiennent aux basses terres des tropiques, tandis que les plantes des montagnes sont ordinairement endémiques.

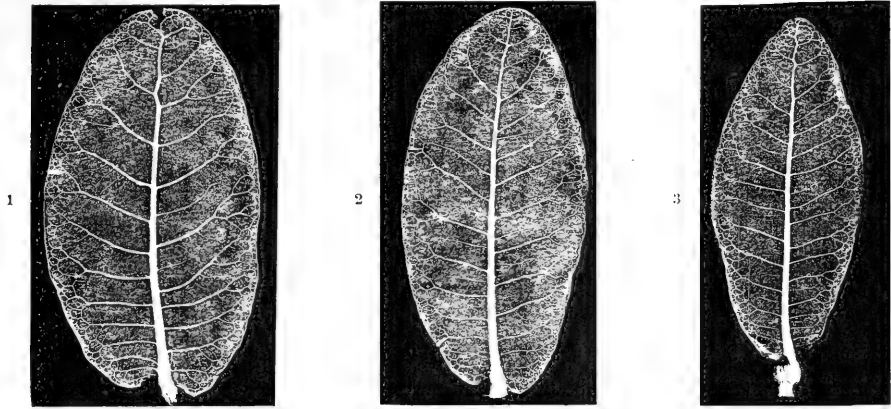
C'est également une règle générale que les flores les plus riches en espèces endémiques, sont celles où les facteurs physiques mettent le plus d'obstacles à l'émigration des plantes. La mer et les hautes chaînes de montagnes couvertes de neige, surtout celles qui sont perpendiculaires à la direction des vents dominants, constituent des limites tranchées entre les flores. Cette règle est confirmée d'une manière remarquable par la distribution des Cupulifères. Ainsi, tandis que le Chêne blanc est répandu dans toute l'Europe, partout où il trouve les conditions climatériques convenables, Sumatra et Java, qui sont si voisines l'une de l'autre, ont des espèces de Cupulifères toutes différentes, bien que le climat de ces deux îles soit à peu près identique; de même, les Cupulifères qui caractérisent la flore californienne sont limités au versant occidental de la chaîne de la Nevada, et les Hêtres du Chili sont complètement exclus du côté oriental par la chaîne couverte de neige de la Cordillère.

Les diverses zones végétales s'élèvent en général graduellement et d'une manière régulière en descendant des hautes latitudes vers l'équateur. Leurs limites ordinaires en altitude présentent cependant des anomalies considérables, qui sont dues à des circonstances particulières dans la forme des montagnes et l'influence des nuages. On sait ainsi qu'un haut plateau, par cela même que l'insolation y est plus forte, relève d'une manière notable les zones végétales et la ligne des neiges: la plateau de la Bolivie et celui du Thibet en fournissent des exemples frappants. Un abaissement des zones se produit au contraire sur les montagnes isolées et escarpées. Il n'y a guère de pays où ce phénomène se manifeste d'une manière plus caractéristique que le Nicaragua, et la constatation que j'en ai faite est un des résultats phytostatiques les plus intéressants de mon voyage dans l'Amérique Centrale. Plusieurs volcans s'y présentent sous la forme de cônes réguliers complètement isolés, de 5—6000 pieds de hauteur, qui reposent sur les basses terres, lesquelles sont seulement à 100—200 pieds au-dessus de la mer. Sur le El Viejo, j'ai trouvé les zones réparties comme le montre la figure de la page 173 (503). Il y a 5 zones sur ce volcan, et elles sont si nettement séparées l'une de l'autre, que, dans les endroits d'où l'on peut

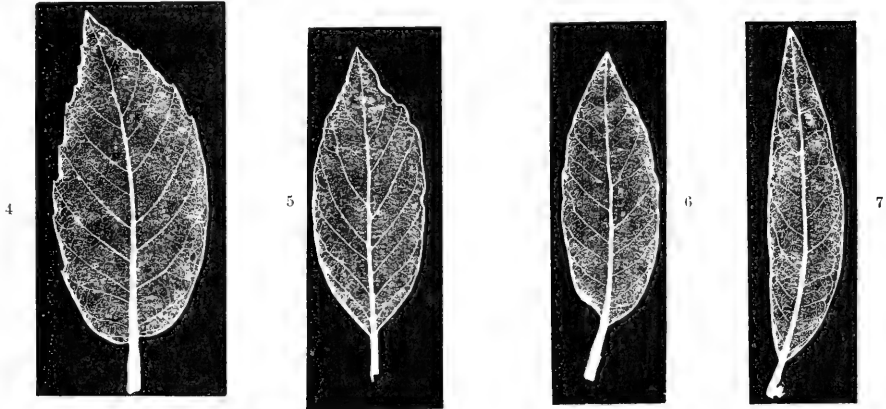
apercevoir la montagne dans toute sa hauteur, elles se présentent à peu près comme sur la figure, fait qui certainement est extrêmement rare. Au-dessus de la zone des Pins, qui offre ici un intérêt particulier, en ce que ce point est la limite méridionale de ces végétaux en Amérique, se trouve une petite zone de plantes alpines où la *Gaultheria scabrida* Kl. est dominante. Cette zone est située à une altitude de 4500—5500 pieds, tandis que sur le volcan Irazu, dans le Costa-Rica, qui repose sur un plateau haut de 5—6000 pieds, elle occupe une altitude de 10—11000 pieds.

En ce qui concerne les Cupulifères, il y a en Europe deux points où le soulèvement en forme de plateau exerce une influence sur les limites en altitude des zones. Dans la partie centrale des Alpes, il en résulte un développement plus faible et un abaissement de la zone des Hêtres; le climat des plateaux est en effet défavorable au Hêtre, tandis qu'il convient très bien au Cembre et au Mélèze, et est cause que ces arbres, dans les cantons de Wallis et de Graubünden, forment une vaste zone qui s'élève à 500—1000 pieds plus haut que dans les Alpes bavaroises (voir p. 459). Sur la Sierra Nevada, qui repose sur le plateau de Grenade, le Châtaignier remonte jusqu'à 5000 pieds, tandis que dans le sud du Portugal, sous la même latitude, il ne dépasse pas 3200 pieds. La différence entre les limites en altitude du Châtaignier dans ces deux points n'est, il est vrai, si grande, que par suite de conditions particulières qui en Portugal déterminent une dépression extraordinaire des zones. Ces conditions sont effet en connexion avec le climat de côte ou insulaire, et manifestent également ailleurs leur influence dans les zones où croissent les Cupulifères. C'est ainsi que la zone des Cupulifères et les autres zones végétales sont beaucoup plus basses à Sumatra qu'à Java, et j'ai fait voir (pag. 386) que cette circonstance est due à une diminution de l'insolation, causée par les nuages plus fréquents et plus épais qui se forment à Sumatra, où l'axe des montagnes est perpendiculaire à la direction des vents chargés de vapeurs qui y sont dominants, tandis qu'à Java il leur est parallèle. Les choses se passent absolument de la même manière en Portugal. Les brouillards et les nuages provenant du voisinage de l'Atlantique abaissent à un tel point la température, que tandis qu'à Madrid, qui est à une altitude de 1940 pieds, la température moyenne de l'été s'élève presque à 24° C., elle n'atteint à Mafra, que est à 700 pieds au-dessus de Lisbonne, que 17° C. environ. Toutefois il n'y a guère de point du globe où des conditions climatiques analogues déterminent un abaissement aussi considérable de la température moyenne de l'été que dans la partie méridionale du Chili et sur la Terre de Feu, où les glaciers descendent jusqu'à la mer (à Kelly Harbour) sous une latitude de 46—47°, et où la chaleur estivale sous le 53° est si faible, que le seigle et l'orge peuvent à peine y mûrir (voir p. 383—85).

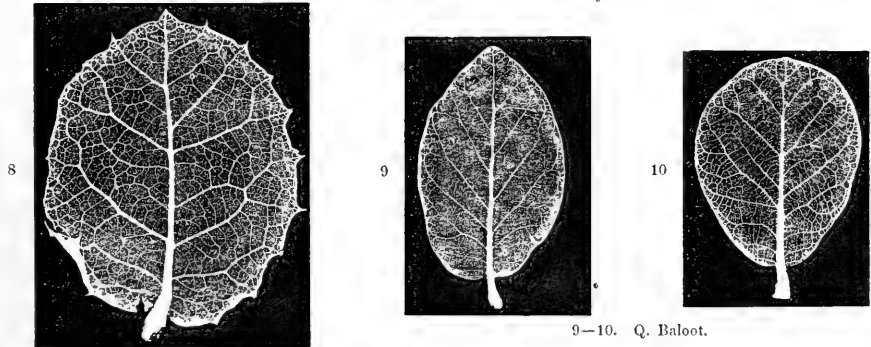
Il me reste encore à montrer les relations qui existent entre la distribution des Cupulifères à l'époque actuelle et dans les périodes antérieures à la nôtre, comme aussi à examiner quelle lumière les divers résultats auxquels je suis arrivé jettent sur la question de l'origine des espèces du genre *Quercus* (voir p. 380). C'est ce que je me propose de faire après avoir, dans la seconde partie de ce mémoire, donné un aperçu des formes fossiles.



1—3. *Quercus* (*Heterobalanus*) *semecarpifolia*.



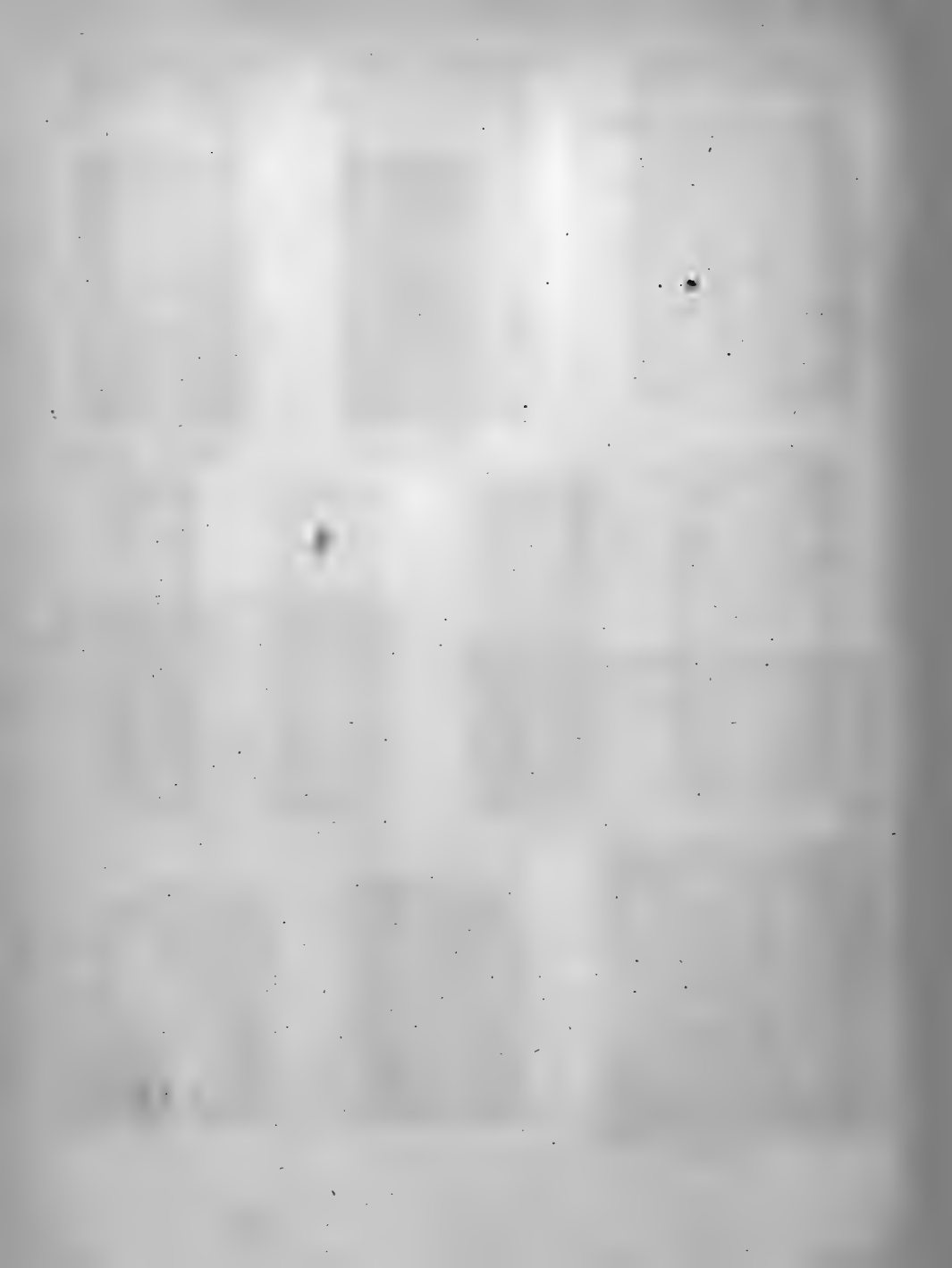
4—7. *Q. Ilex*.

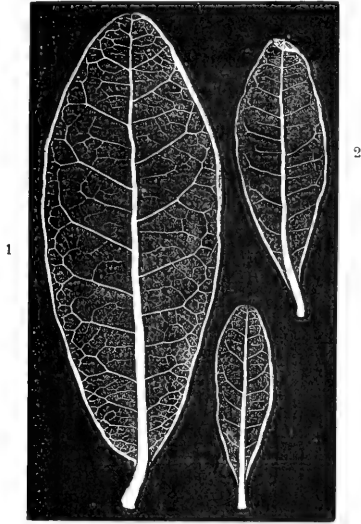


9—10. *Q. Baloot*.

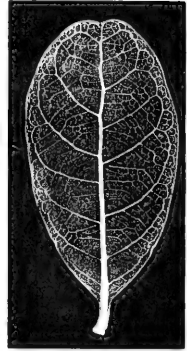
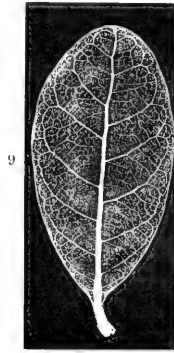
8. *Q. Gramuntia* L.

4—10. *Quercus* (*Lepidobalanus*, *Ilex*).

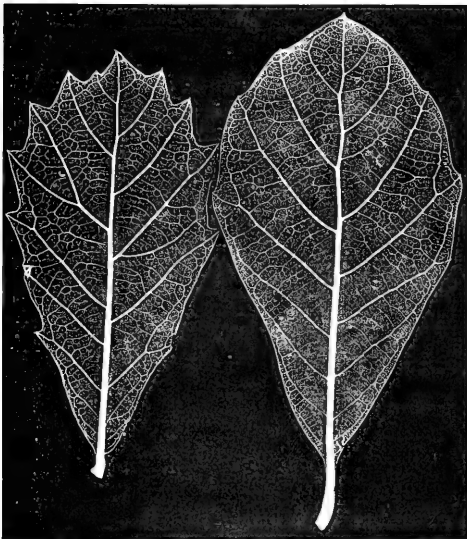




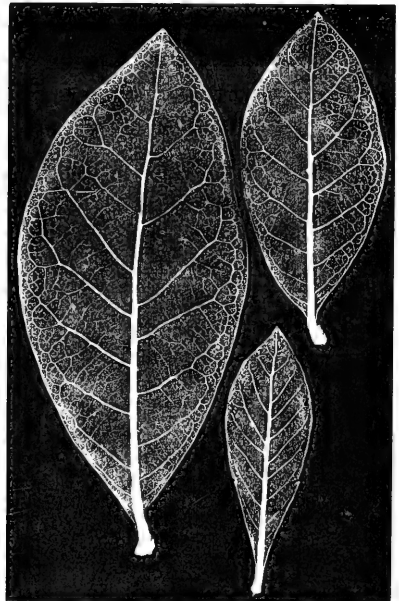
1—3. *Q. virens*.



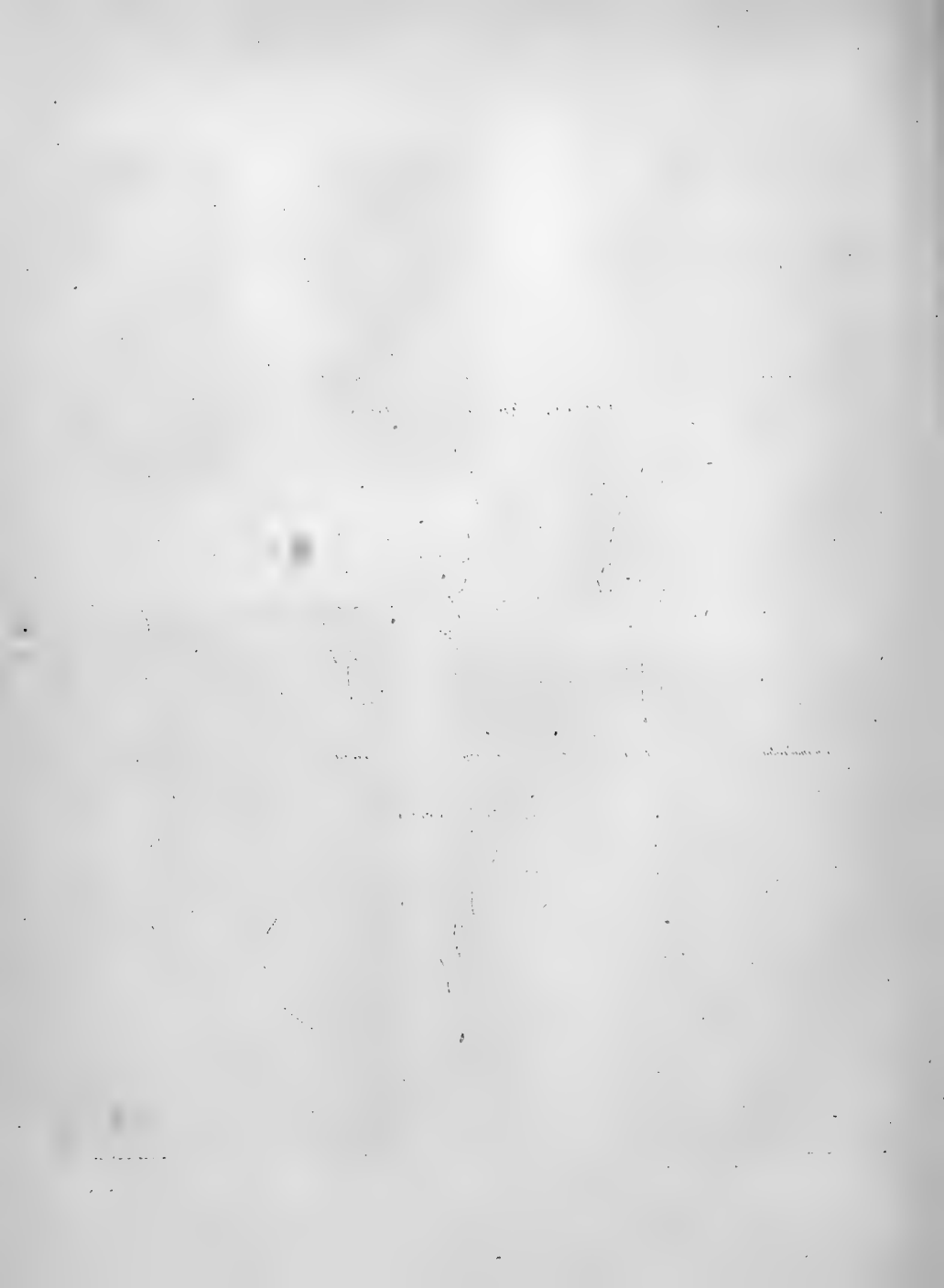
9—10. *Q. retusa*.



4—8. *Q. oleoides*.



Quercus (*Lepidobalanus*, *Ilex*).



Quercus, subgen. Lepidobalanus.



glaucoides



Hartwegii



pedunculata



obtusiloba



alnifolia

Quercus, subgen. Erythrobalanus.



linguifolia



Sartorii



Serra



nigra



pubulstra

Quercus, subgen. Cerris.



suber



castaneifolia



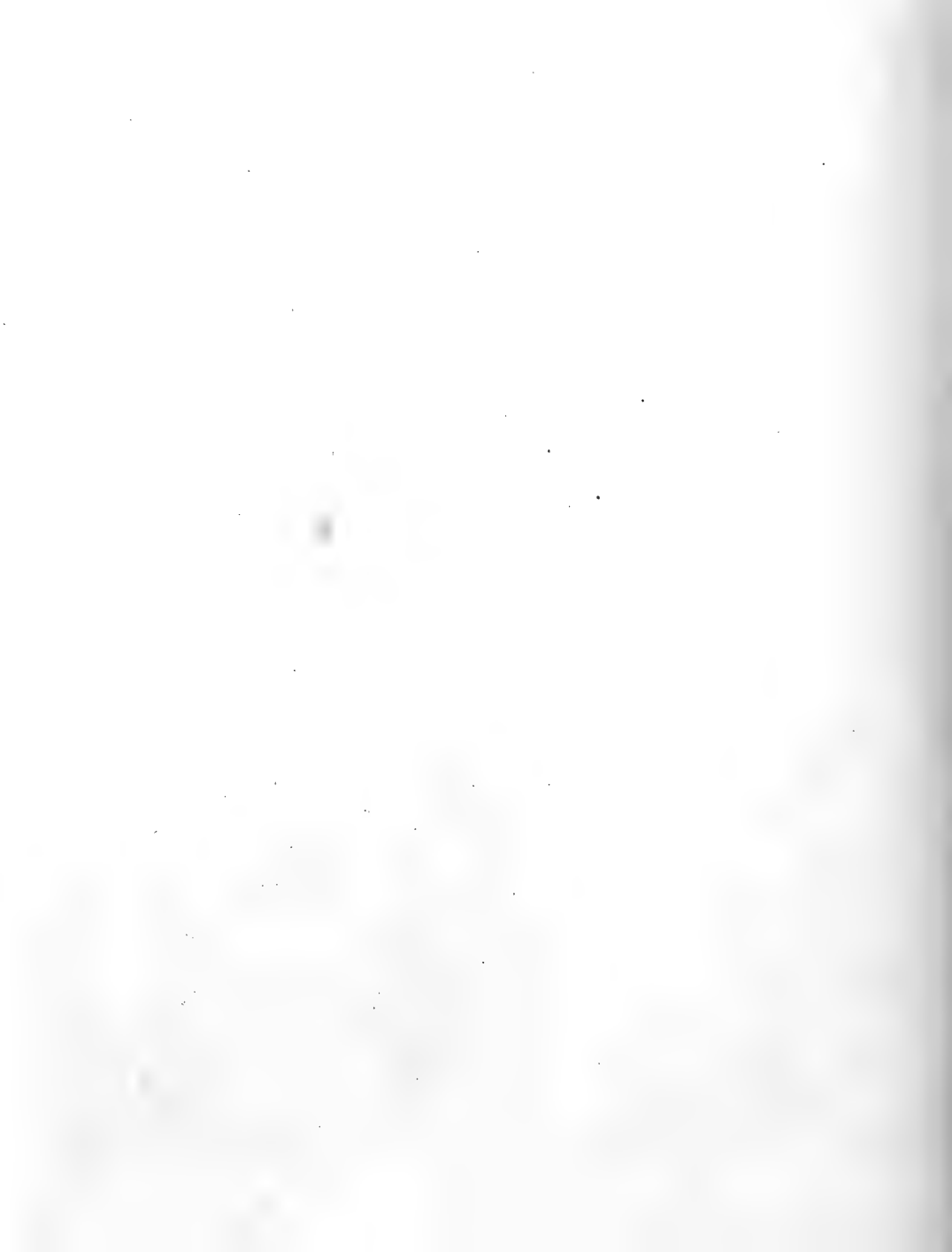
macrolepis

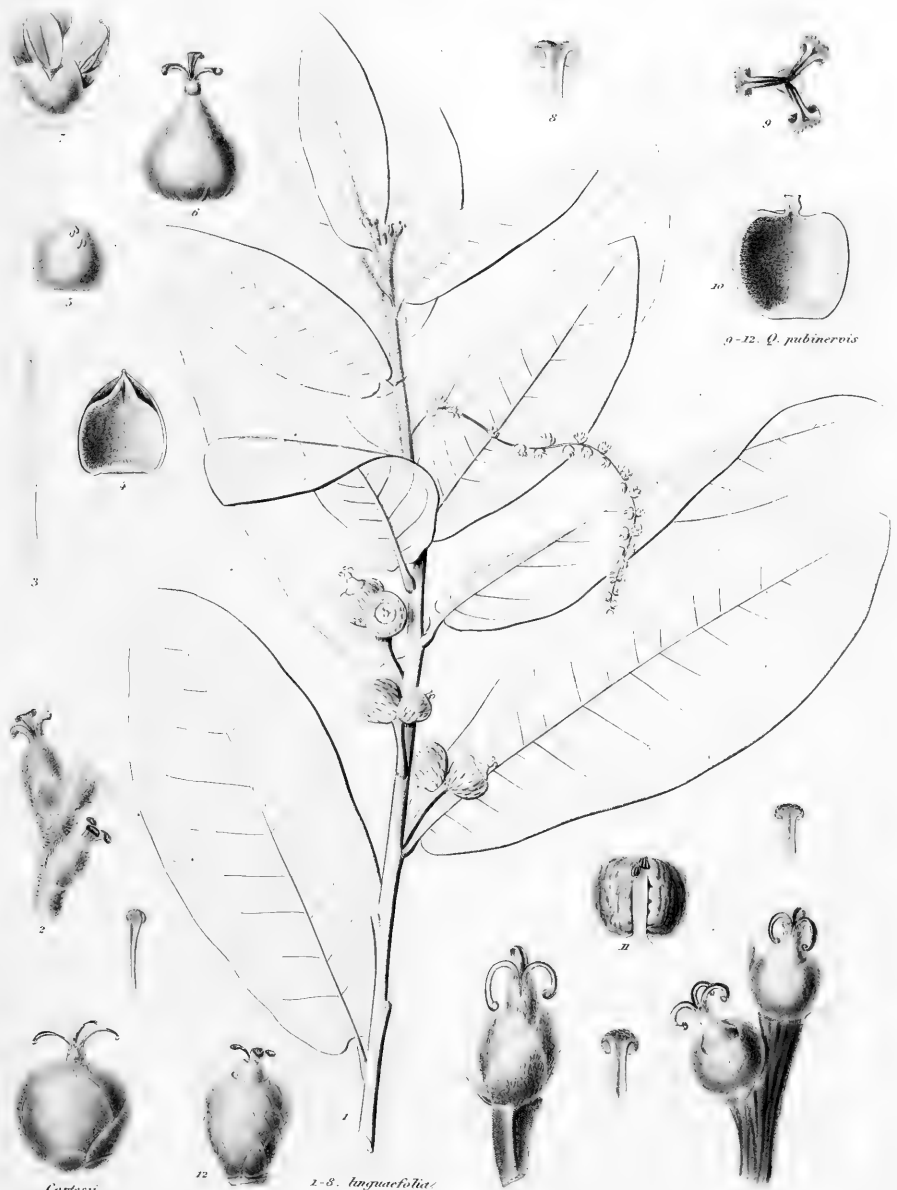


alaiifolia



Cerris





9-12. *Q. pubinervis*

Cortesi

22

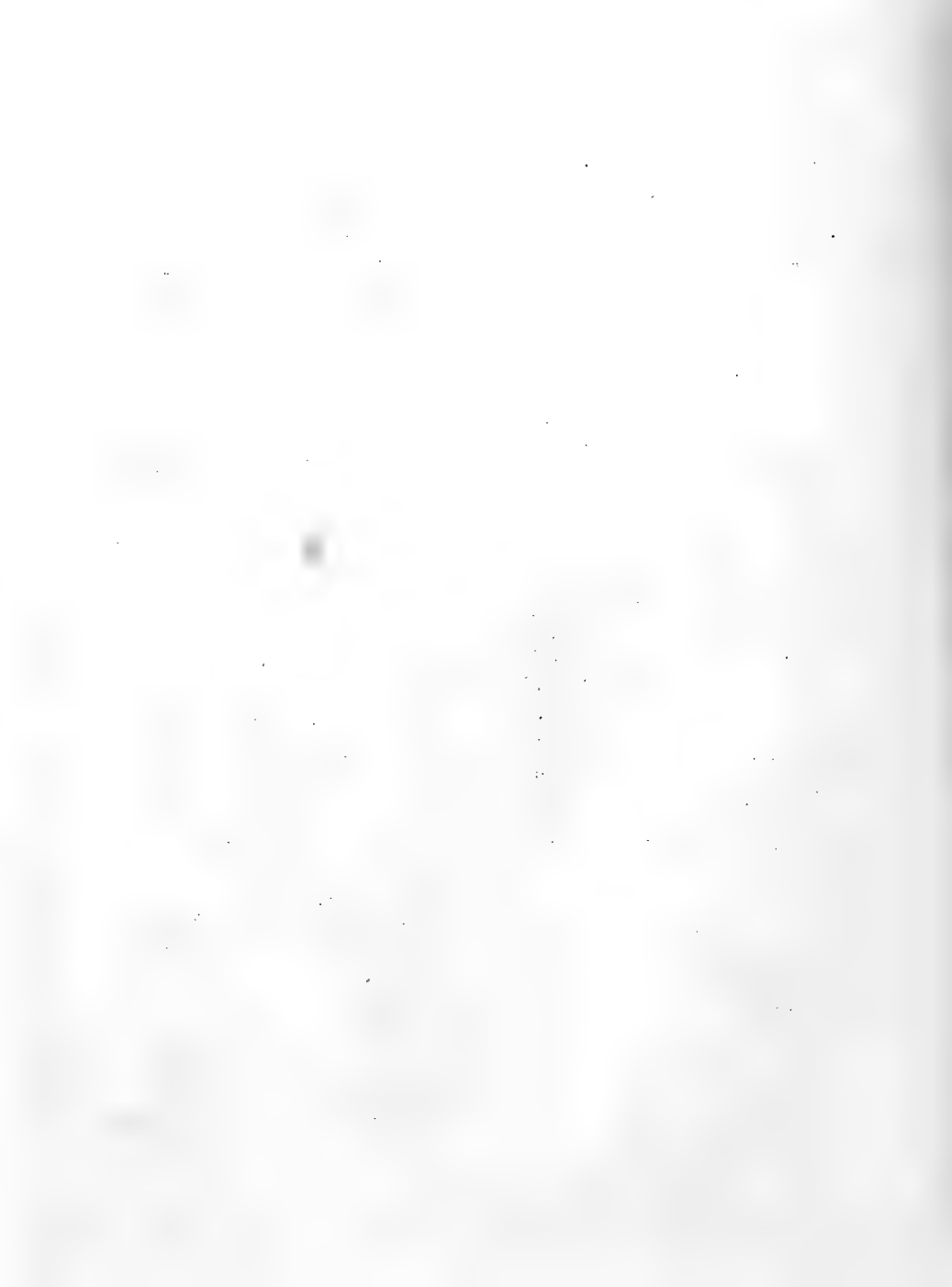
1-8. *linguae-folius*

nigra

Quercus, subgen. *Erythrobalanus*.

Orizabae

Thomson del. d. camp.





Trojana



Libani



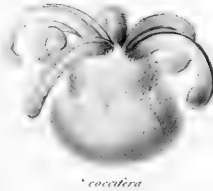
calliprinos



calliprinos v. dasycarp



pseudolobata



coccoloba



macrolepis



petraea



petraea



Cerris



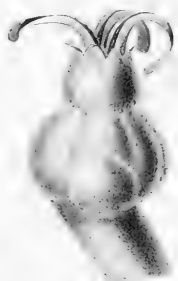
occidentalis



coccinea



illyriensis



calliprinos v. rigida.



robus



serrata



castaneae folia

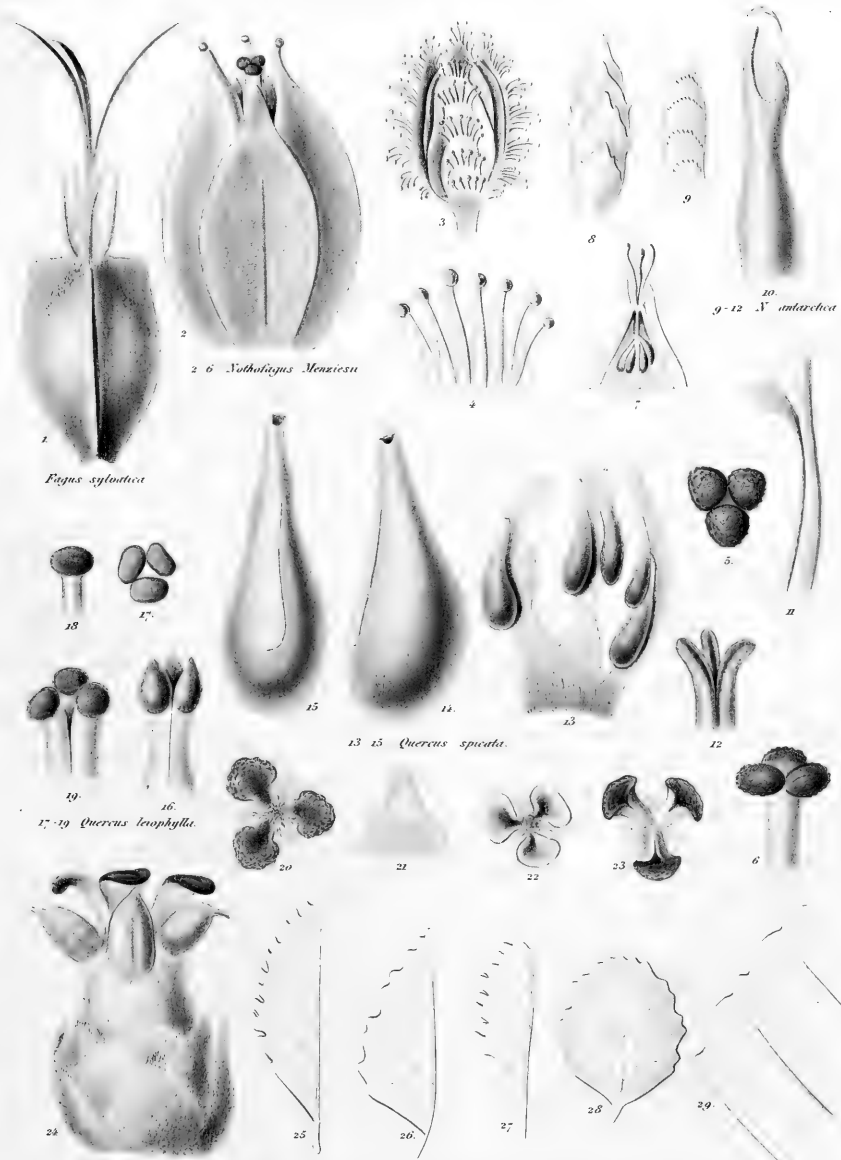


laevis

Quercus, subgen Cerris

Thomas del. J. Walp.

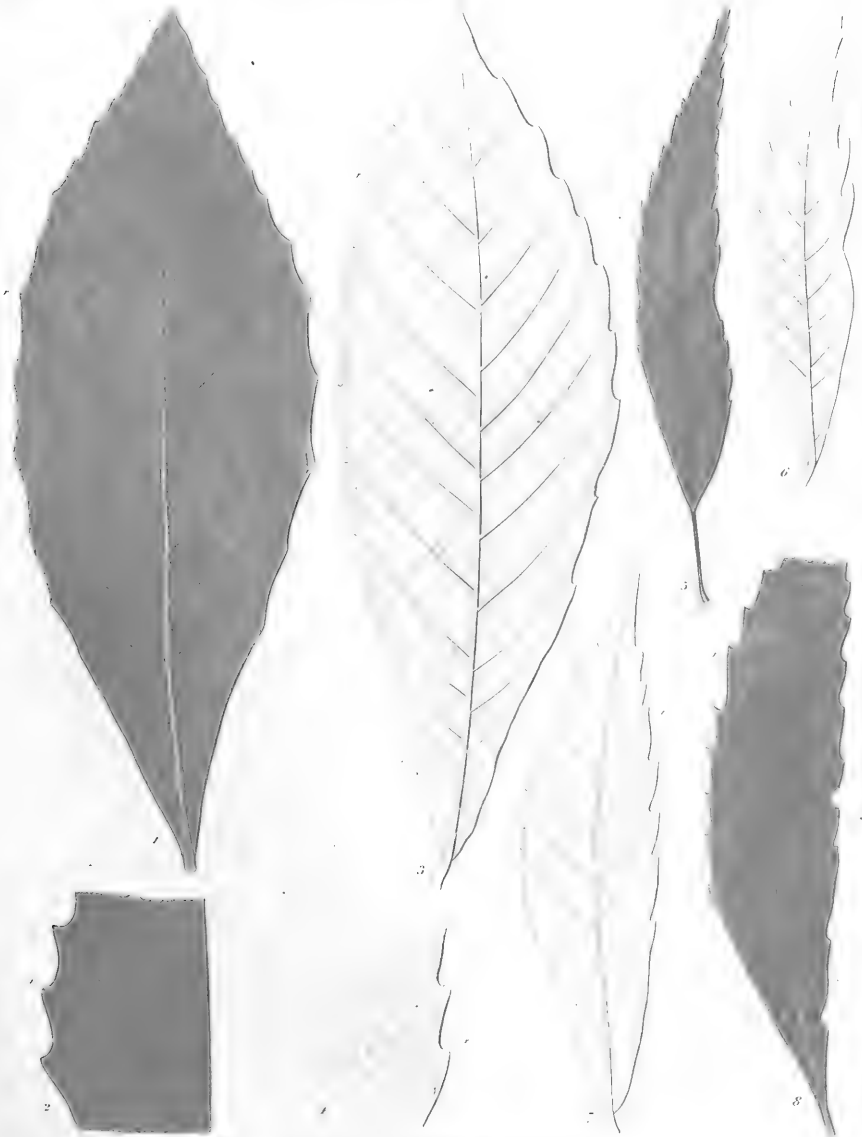




7. *Nothofagus Dombeyi* 8. *N. Gunnii* 16. *Quercus excelsa* 20-21. *Q. lanuginosa* 22. *Q. repanda* 23. *Q. oleoides*
 25. *Nothof. fuscica* 26. *N. cunninghamii* 27. *N. antarctica* 28. *N. Menziesii* 29. *Q. leuophylla*.

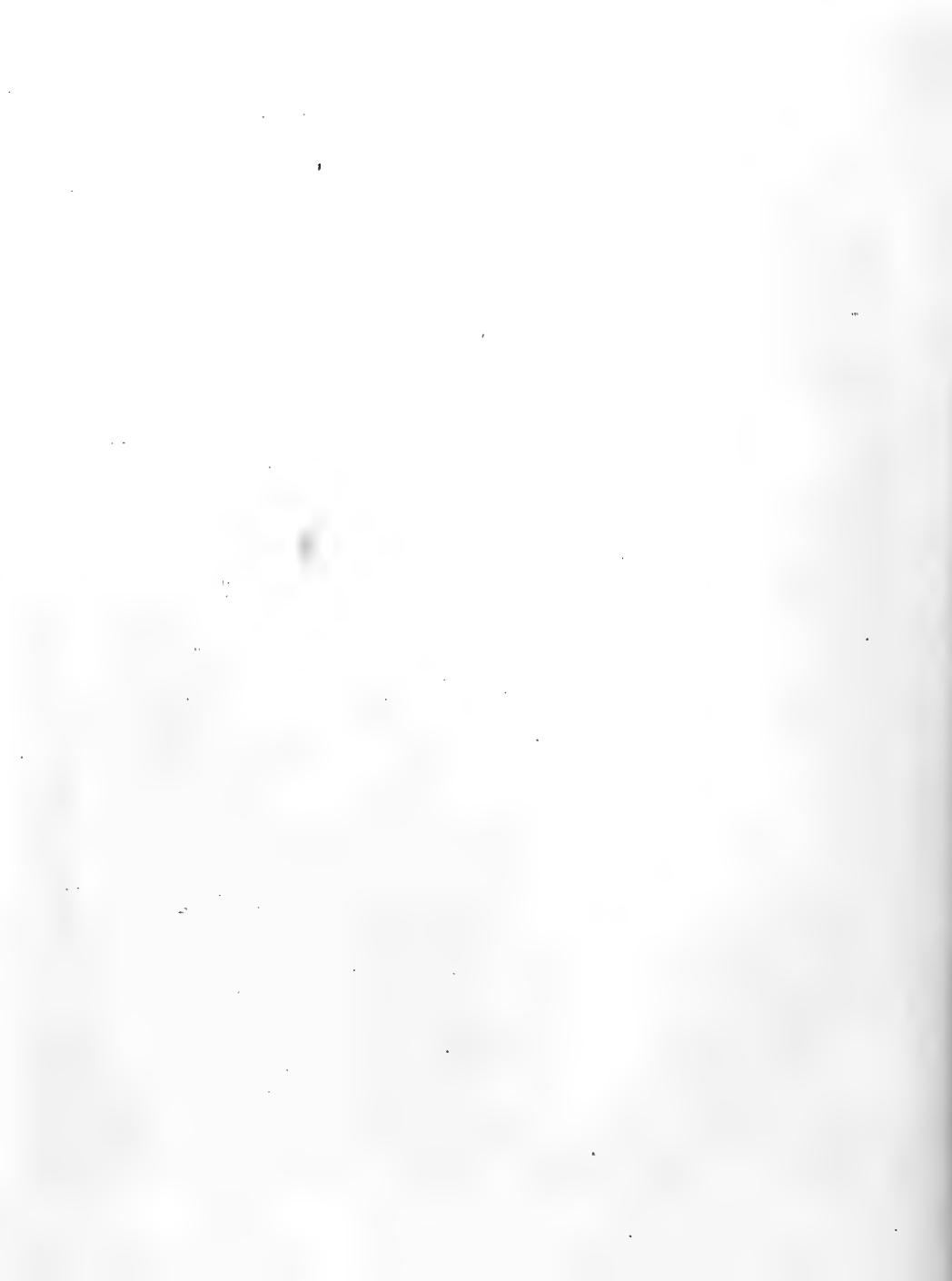
Thomson del. d. sculp.

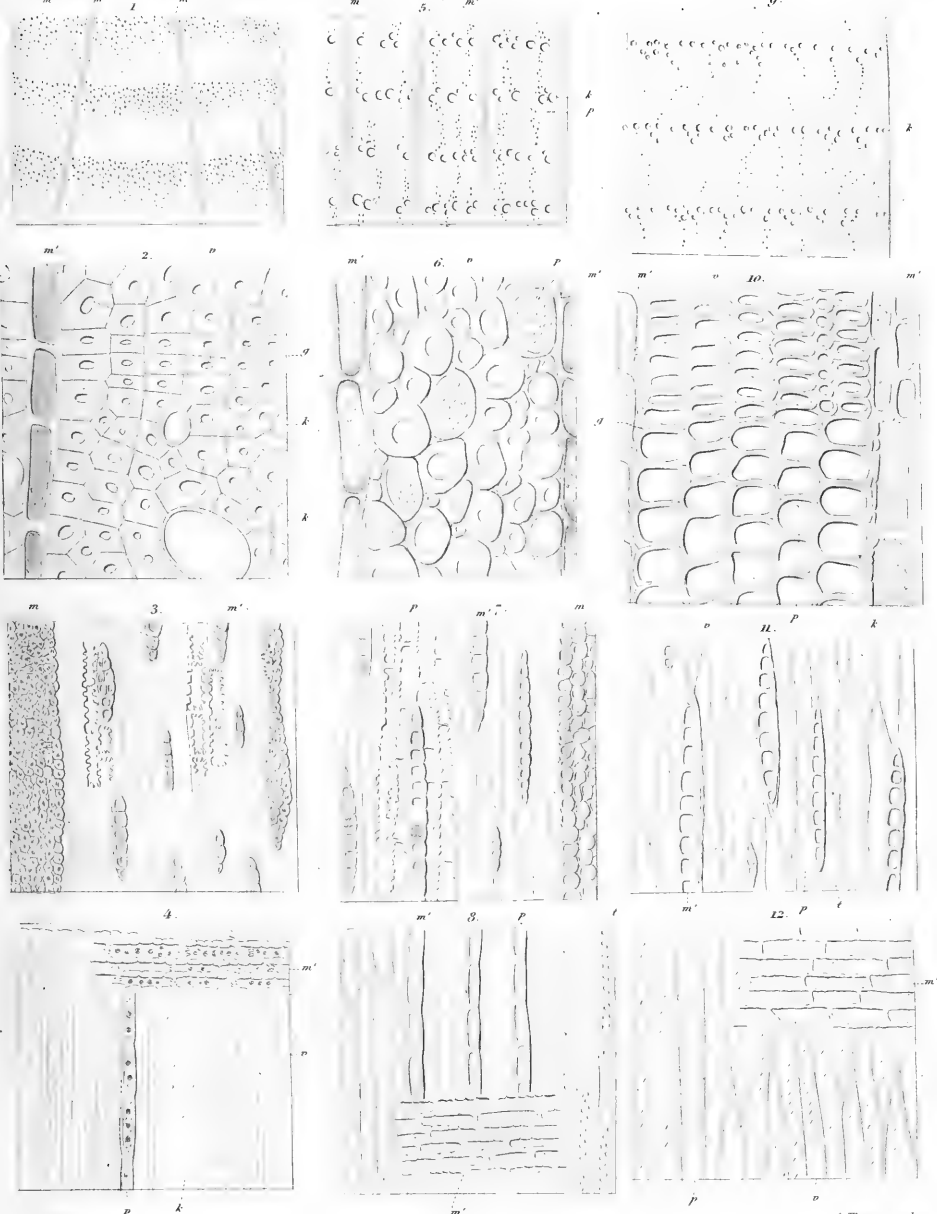




Quercus, subgenus Macrocarpa.

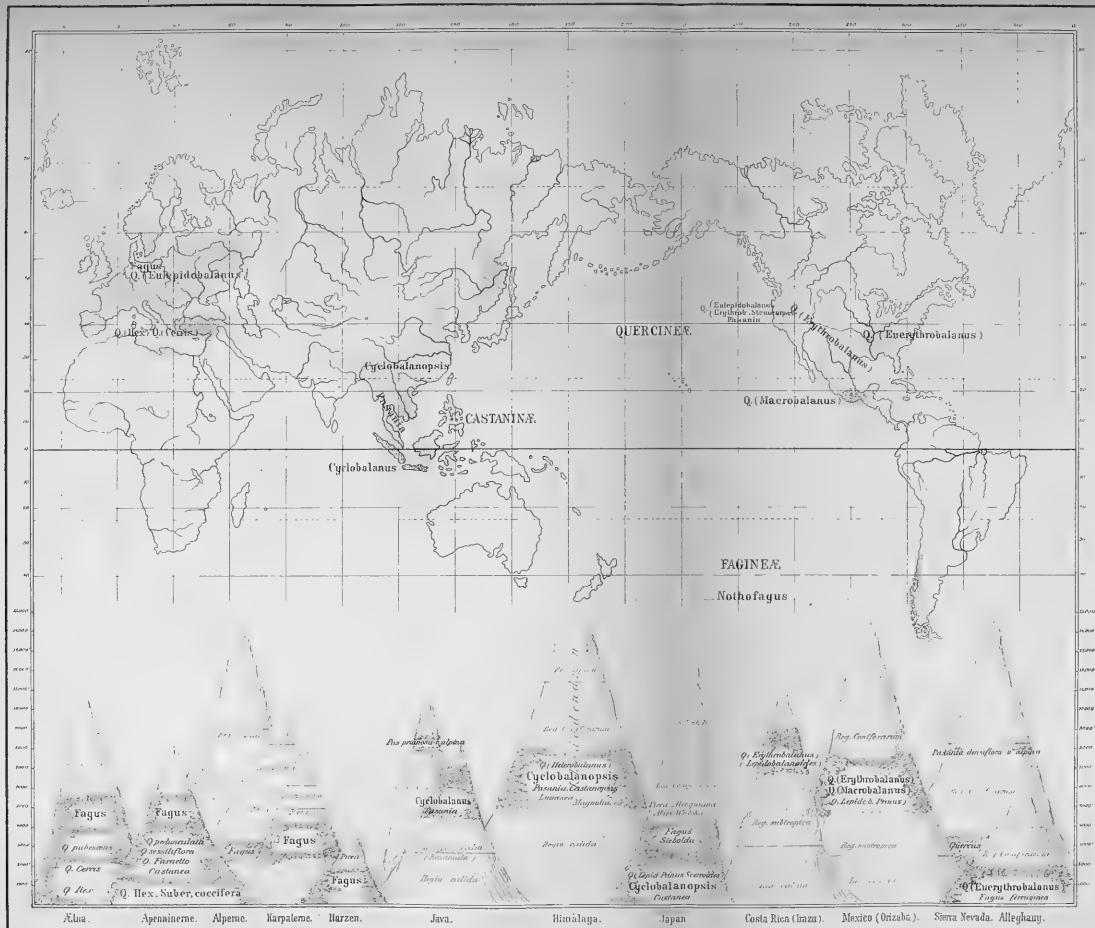
1-2. *furcinervis* Rossm 3-4. *Galeottii*. 5. *Drymeia*. 6. *lanceifolia* 7. *leucophylla*. 8. *furcinervis* Moer
Therman del. G. Soder







Distribución Cupuliferarum por zonas y regiones.





Læren

om

homogene tunge Vædskers Tryk

paa

plane Arealer.

Af

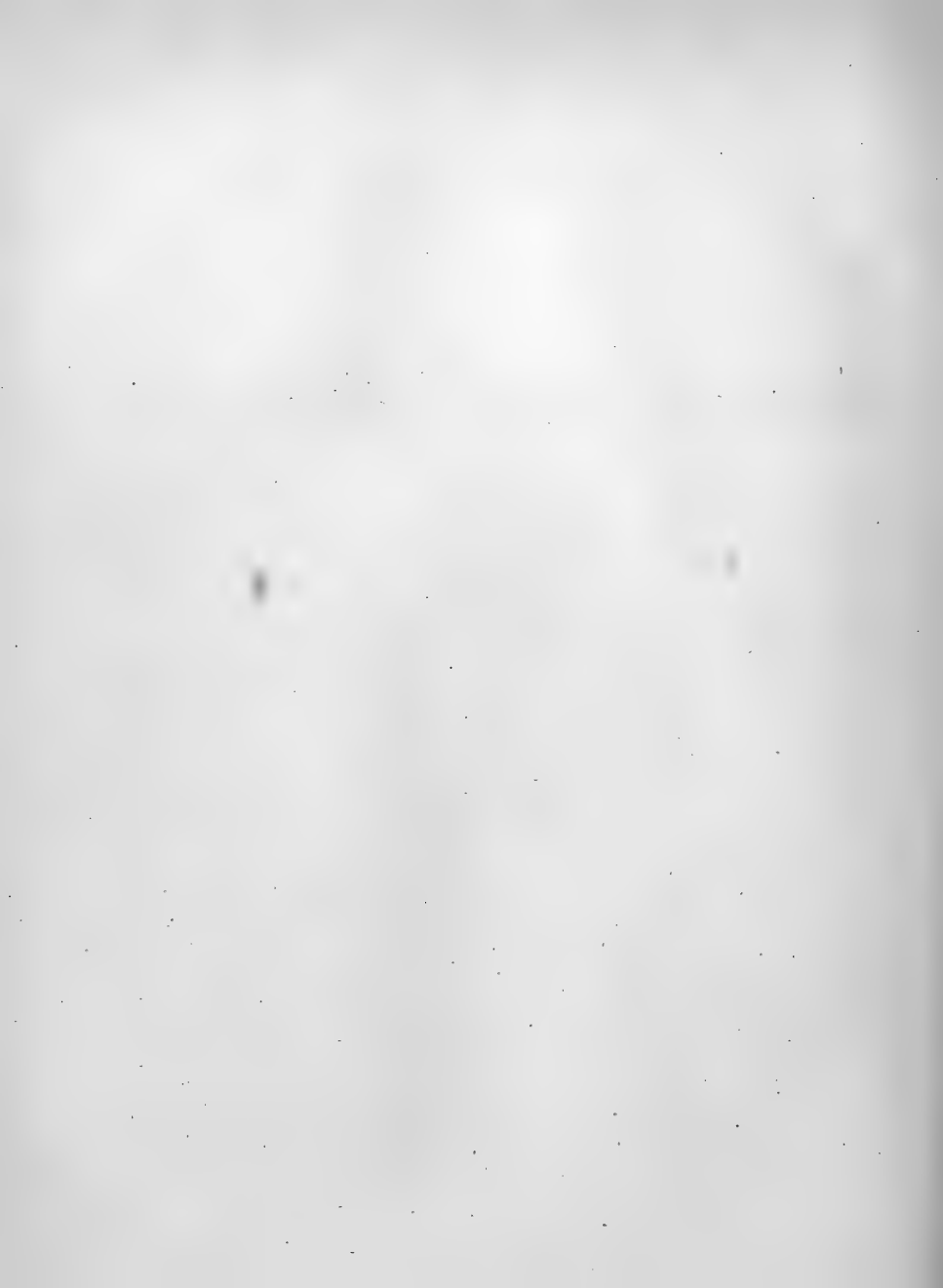
Adolph Steen.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. VII.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

1872.



De sædvanlige Fremstillinger af Læren om homogene tunge Vædskers Tryk paa plane Arealer ere gjerne meget kortfattede, og denne Korthed maa ogsaa for saa vidt siges at være berettiget, som Problemet derom fra et theoretisk Beregnings Standpunkt maa siges at være fuldkomment løst. Trykkets Størrelse finder sit Udtryk i en Formel, som tilmed lader sig tolke ved en let fattelig geometrisk Bestemmelse, og Trykcentrets Koordinater ere givne ved Integraler, som i mange praktiske Tilfælde vel kunne medføre nogen Vidtløflighed, men sjældent nogen Vanskelighed. Ikke desto mindre maa det siges, at en saadan kort Fremstilling hverken fra theoretisk eller fra praktisk Standpunkt er ganske tilfredsstillende. I Theorien mangler der visse almindelige Resultater, som dog tildels forlængst ere bekendte og derhos lette at naae. For de praktiske Ingeniører ere ogsaa disse almindelige Resultater af Vigtighed, baade fordi Integrationerne derved indskrænkes til de samme, som allerede forekomme ved Beregningen af Inertimomenter, og fordi netop disse Resultater selv let afføde en meget praktisk, graphisk Bestemmelse af Trykcentret. Da Forf. fandt alle de i den følgende Udvikling fremsatte Sætninger, paa de første Grundformler nær, var ogsaa hans første Tanke, at de ifølge deres saa nær liggende Indhold umulig kunde være nye, men, som saa meget andet, kunde være blevne tilsidesatte for de i Henseende til Sætningernes afsluttede Fremstilling saa hensigtsmæssige Integraler. Men de i den Anledning anstillede Undersøgelser have ikke bragt det forventede Udbytte; thi om end virkelig nogle Sætninger, og det af de vigtigste, findes hos ældre Forfattere, saa have de dog ikke faaet den fulde Betydning, der tilkommer dem, og i Lærebøgerne ere de ganske uomtalte, medens andre igjen synes aldrig at have været fremsatte for.

Simon Stevín synes at være den første, som har givet den nu bekendte Regel for Beregning af tunge Vædskers Tryk paa plane Arealer og har fremsat nogen Forklaring paa og Bestemmelse af Trykkets Centrum. Hans Hydrostatik maa søges i tredje Del af *Hypomnemata Mathematica*, som af *Snellius* ere udgivne paa Latin i Leyden 1608 eller i

fjerde Del af *Les Oeuvres Mathematiques de Simon Stevin de Bruges* par *Albert Girard*, Leyden 1634; men begge Dele ere kun Oversættelser fra Hollandsk af *Beghinseln der Waagconst.*, trykt 1585. Men *Stevin* holder sig kun til simple Former af Arealer og giver saaledes kun en Skizze af Trykcentrets Bestemmelse i hvilket som helst retliniede Arealer. Derefter maa nævnes *Hermann* (*Phoronomia* 1716) og især *Cotes* (*Hydrostatical and Pneumatical Lectures*, Cambridge 1747); den sidste viser, at *Trykcentret er identisk med Stodcentret*, naar *Arcalets Skjæringslinie* med *Vædskens plane Overflade* er *Omdrejningsaxe*. Det er denne Sætning, som dog let fremgaaer af de Integraler, som bestemme Trykcentrets Koordnater, der savnes i de berømte Lærebøger i Mechanik, saasom af *Poisson*, *Duhamel*, *Delaunay* o. fl., men faaer en kort Omtale efter *Cotes* af *W. Walton* i hans *Collection of Problems of Hydrostatics and Hydrodynamics*, Cambridge 1847 og efter ham igjen af *Jullien* (*Probl. de Mécan. Rationelle*, Paris 1855). Selv hos de Forfattere, som specielt have givet sig af med hydrostatiske og hydrauliske Sætninger, findes hverken *Cotes's Theorem* eller dets Konsekvenser, mest maaske dog, fordi disse Forfattere saasom *Euler* (*Novi Comment. Petrop.* 13—16 tome) og *Bossut* (*Hydrodynamique* Paris 1787) haste over dette simple Spørgsmaal til vigtigere og mere vanskelige Theorier. En Forfatter, som synes at besidde et nøjere Kjendskab til Læren om tunge Vædskers Tryk, *Bresse* (*Cours de Mécanique appliquée*, Paris 1859), har dog ikke givet nogen fuldstændig og selvstændig Oversigt derover, men kun henvist til dens Analogi med en anden Theori, men i denne Henviisning ligger ikke Alt, hvad derom kan fortjene at udhæves.

Paa Grund af dette Sagens Standpunkt har Forf. troet at yde et ikke ganske værdiløst Bidrag til Hydrostatiken ved paany i en kort, men paa det nuværende Trin vistnok temmelig fuldstændig, Fremstilling at udvikle dette Afsnit af Mechaniken, og ledsage det med Exempler, som især oplyse de Sætninger, som tør anses for nye.

1. I en homogen tung Vædske af Tæthed ρ faaer man paa et Punkt i Dybden z under den frie plane Overflade, idet g betegner Tyngdekraften, et Tryk p paa Enhed af Areal, som er

$$p = C + g\rho z.$$

Konstanten C er det til $z = 0$ svarende p , altsaa det paa Overfladen virkende Tryk af Atmosfæren eller af andre Fluider, som befinde sig over Vædsken. Sætter man $C = g\rho c$, altsaa $c = 0$, naar det udvædige Tryk er nul, faaer man

$$p = g\rho (c + z),$$

saa at det ydre Tryks Virkning er den samme som af en forøget Vædskemængde i Højden c over den givne frie Overflade. Man kan derfor afse fra det ydre Tryk og sætte med en passende Forøgelse af z

$$p = g\rho z. \quad (1)$$

2. En plan Figur $AMBN$ (Fig. 1) af Areal A befinder sig i Vædsken og dens Plan skjærer den frie plane Overflade i Linien RS under Vinklen $\angle XCU = \alpha$ dermed. Vædsken kan besyde begge Arealets Sider eller blot den ene; i sidste Tilfælde danner Arealet en Del af Beholderens Væg. Det samlede Tryk paa Arealet findes ved Summation af Trykkene paa de Elementer, som dannes ved Arealets Deling ved vandrette Linier, som MN , hvis Afstand fra Overfladen er den variable Størrelse z , idet hver Enhed modtager Trykket p bestemt ved (1). Sætter man $MN = f(z)$, antager for Arealets øverste Punkt A

$$z = h,$$

for det nederste B

$$z = H$$

og for Arealets Tyngdepunkt G

$$z = z_1,$$

saa er Trykket paa hele Arealet

$$P = g\rho \int_h^H \frac{f(z) z dz}{\sin \alpha} = g\rho A z_1. \quad (2)$$

Da $A z_1$ er Volumet af en Cylinder eller et Prisme med Grundflade A og Højde z_1 , vil Vægten af den deri indesluttede Mængde Vædske maale Trykket. Selvfølgelig kan man

iøvrigt danne uendelig mange Volumina, som rumme den Vædske, hvis Vægt maaler Tryk-
ket. Man behøver f. Ex. blot at dreje den med $AMBN$ parallelle øverste Endeflade af
ovennævnte Cylinder eller Prisme om sit Tyngdepunkt for at faae skjævt afskaarne cylin-
driske eller prismatiske Volumina af den nævnte Størrelse. Derunder indbefattes det, som
faaes, naar i hvert enkelt Punkt af Arealet oprejses en Linie vinkelret derpaa saa lang som
Punktets Dybde under den frie Overflade, hvilket indirekte fremhæves af *Cotes* (Hydrostati-
cal and Pneumatical Lectures, Cambridge 1747, Pag. 38) for at bevise den ovenfor i (2)
udtrykte almindelige Sætning, men af *Delaunay* (*Méc. Rat. Paris 1856 Pag. 456*) udtrykkelig
fremsættes. Men det hensigtsmæssigste Volumen synes, som det følgende skal vise, at være
en symmetrisk skjæv Cylinder, som dannes saaledes: Arealets Plan drejes om sin Skjærings-
linie RS med Overfladens Plan, indtil begge falde sammen og Arealet $AMBN$ lægger sig
i Stillingen $A'M'B'N'$ paa den frie Overflade, og disse to kongruente, antiparallele plane
Figurer tages til Endeflader for en Cylinder (Prisme), skjævt afskaaren for begge Ender,
med sine retliniede Frembringere vinkelrette paa Planen RST , som halverer Vinklen α
mellem de to Planer. Denne Cylinder (Prisme) har netop Volumen Az_1 . Det maales
nemlig ved Produktét af Arealet af Snittet $ambn$ vinkelret paa Frembringerne og Afstanden
 GG' imellem Tyngdepunkterne af $AMBN$ og $A'M'B'N'$. Men

$$ambn = A \cos \frac{1}{2} \alpha, \quad GG' = \frac{z_1}{\cos \frac{1}{2} \alpha},$$

altsaa

$$ambn \cdot GG' = Az_1.$$

Det samme faaes ved Cylinderens Deling i Volumenelementer ved Planer som $MM'N'N$
vinkelrette paa Planen RST , og disses Størrelse faaes, idet man har

$$Op = t = \frac{z}{2 \sin \frac{1}{2} \alpha}, \quad MM' = PP' = \frac{z}{\cos \frac{1}{2} \alpha},$$

bestemt som

$$MM'N'N = MN \cdot MM' \cdot dt = \frac{f(z) z dz}{\sin \alpha},$$

hvoraf Sætningen følger. Heri kan $f(z)$ være saavel en kontinuert, som en diskontinuert
Funktion af z ; det sidste finder blandt andet Sted, naar Arealet A er en Mangekant og
Volumen prismatisk. Heraf følger, at

*En homogen tung Vædskes Tryk paa et plant Areal er lig Vægten af et Volumen
Vædske, begrændset af Arealets og Overfladens Plan, samt af en Cylinderflade med Area-
lets Omkreds til Ledelinie og Frembringeren vinkelret paa Halveringsplanen af den spidse
Vinkel imellem de to Planer.*

3. Centrum for alle de paa Arealets Elementer virkende parallelle Tryk, som kal-
des *Trykcentret*, kan bestemmes ved sine tre Koordnater, svarende til de tre Koordnataxer

igjennem det Punkt C af Skjæringslinien RS , som denne Linie har tilfælles med en lodret Plan igjennem Arealets Tyngdepunkt G vinkelret paa Skjæringslinien, nemlig x -axen vinkelret paa RS i Overfladens Plan, y -axen i denne Linie og z -axen lodret. Kaldes Trykcentrets Koordinater ξ_1, η_1, ζ_1 , saa er

$$\int_A^H f(z) z dz = \frac{\int_h^H f(z) x z dz}{\xi_1} = \frac{\int_h^H f(z) y z dz}{\eta_1} = \frac{\int_h^H f(z) z^2 dz}{\zeta_1}. \quad (3)$$

Men tre Koordinater ere ikke nødvendige til Trykcentrets Bestemmelse, da dette Punkt maa ligge i samme Plan, som alle Trykkes Angrebepunkter, altsaa i $AMBN$. Foruden η_1 behøves derfor kun en af de to andre ξ_1 og ζ_1 at findes. Men man kan ogsaa søge Koordinaterne i $AMBN$'s Plan med Hensyn til Axen CU vinkelret paa RS og y -axen. Sættes $CP = u$, $MN = F(u)$ og erindres, at $u \sin \alpha = z$, faaer man til Trykcentrets Bestemmelse, idet $H = b \sin \alpha$, $h = a \sin \alpha$,

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= \frac{\int_a^b F(u) u z du}{\int_a^b F(u) z du} = \frac{\int_a^b F(u) u^2 du}{\int_a^b F(u) u du}, \\ \eta_1 &= \frac{\int_a^b F(u) y z du}{\int_a^b F(u) z du} = \frac{\int_a^b F(u) u y du}{\int_a^b F(u) u du}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Da disse Udtryk ere uafhængige af α , saa læres heraf, at

Trykcentrets Beliggenhed i Arealets Plan er den samme for alle de Stillinger af denne Plan, som fremkomme ved dens Drejning om Skjæringslinien med Arealets Plan, saalænge Arealet beholder samme Beliggenhed i sin Plan.

Dette Resultat ligger vel i, hvad *Cotes* (paa anførte Sted Side 41—42) har lært om Trykcentrets Beliggenhed, men da *Ramus* (Anal. Mech. P. 369) kun har bevist Sætningen under to særegne Forudsætninger, nemlig naar Arealet har en retliniet Diameter og det berører Vædskens frie Overflade med sin Omkreds, og man ellers kun finder Exempler paa Sætningen, saa bør den her udtrykkelig fremhæves som et selvstændigt Resultat.

4. Søger man Tyngdepunktet i den skjævt, men symmetrisk afskaarne Cylinder, som omtales i Slutningen af 2, saa ses først, at det maa ligge i $ambn$, og dernæst, at det i denne Plan er bestemt ved Koordinaterne t_1 og η_1 henførte til Axerne CT og RS . Men man har

$$Cp = t = u \cos \frac{1}{2} \alpha, \quad MM' = PP' = 2t \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha = 2u \sin \frac{1}{2} \alpha,$$

følgelig

$$MM'N'N = 2F(u) t \operatorname{tg} \frac{1}{2} \alpha = 2F(u) u \sin \frac{1}{2} \alpha,$$

saa at man, uden Angivelse af Grændserne for Integrationen med Hensyn til t , faaer

$$t_1 = \frac{2 \int_a^b F(u)u \sin \frac{1}{2} \alpha \cdot dt}{2 \int_a^b F(u)u \sin \frac{1}{2} \alpha \cdot dt} = \frac{\int_a^b F(u)u^2 du}{\int_a^b F(u)u du} \cos \frac{1}{2} \alpha = u_1 \cos \frac{1}{2} \alpha,$$

$$\eta_1 = \frac{2 \int_a^b F(u)u \sin \frac{1}{2} \alpha y \cdot dt}{2 \int_a^b F(u)u \sin \frac{1}{2} \alpha \cdot dt} = \frac{\int_a^b F(u)uy du}{\int_a^b F(u)u du}.$$

Naar altsaa Trykcentret Q i $AMBN$ projiceres paa Halveringsplanen af Vinklen α , faaes Tyngdepunktet q i den med Hensyn til $ambn$ symmetrisk afskaarne Cylinder, og omvendt.

Trykcentret i et Areal er en skraa Projektion af Tyngdepunktet i den symmetrisk afskaarne Cylinder, som rummer den Vædske, hvis Vægt er Maal for Trykket, og Projektionens Retning er parallel med Cylindersens Frembringere.

Delaunay (paa anførte Sted) finder Trykcentret ved at projicere den usymmetriske skjævt afskaarne Cylinders (se 2) Tyngdepunkt vinkelret paa Arealets Plan.

Det her udviklede lærer fremdeles, at *Trykcentret maa falde længere fra Skjæringslinien med den frie Overflade end Arealets Tyngdepunkt*, saalænge ikke $\alpha = 0$, fordi Formen af den skjæve Cylinder er saadan, at dens Tyngdepunkt i $ambn$ maa falde fjernere fra RS end Arealets Tyngdepunkt.

Endelig kan man af Sætningerne i (3) og (4) slutte, at *skjævt afskaarne Cylindre, som ere symmetriske med Hensyn til et paa Frembringerne vinkelret Snit, have samme Beliggenhed af Tyngdepunktet, hvilken Vinkel α der end ligger mellem Endestaderne.*

5. Indføres nu v for Afstanden CG fra y -axen RS til Arealets Tyngdepunkt, saa har man

$$v = \frac{\int_a^b F(u)u du}{\int_a^b F(u) du},$$

altsaa, naar Formlerne (4) multipliceres hermed,

$$\left. \begin{aligned} vu_1 &= \frac{\int_a^b F(u)u^2 du}{\int_a^b F(u) du}, \\ v\eta_1 &= \frac{\int_a^b F(u)uy du}{\int_a^b F(u) du}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Men Nævneren heri er Arealet A og de to Integraler i Tællerne ere begge bekendte fra Inertimomenternes Theori. Antages nemlig K at være den Omdrejningsradius, som hører til Inertimomentet af Arealet A med Hensyn til en Axe igjennem dets Tyngdepunkt G parallel med den i den frie Overflade liggende Linie RS , saa kan Tælleren i Udtrykket for vu_1 , Inertimomentet med Hensyn til selve denne Linie RS , udtrykkes saaledes

$$\int_a^b F(u)u^2 du = A(v^2 + K^2).$$

Endvidere er Tælleren i Udtrykket for $v\eta_1$ det Integral, hvorved man afgjør, om Axerne $CY(RS)$ og CU ere principale Axer i Arealet eller ej. Er nemlig

$$\int_a^b F(u)uy dy = 0,$$

saa ere begge disse Axer principale Axer; men hvis Integralet er forskjelligt fra nul, ville de ikke være principale.

Heraf faaes først

$$vu_1 = v^2 + K^2$$

eller, naar man betegner Trykcentrets Afstand fra den vandrette Axe igjennem Tyngdepunktet $G\eta$ ved U_1 , saa at $GQ = U_1 = u_1 - v$,

$$vU_1 = K^2. \quad (6)$$

Trykcentrets Afstand fra en vandret Axe igjennem Tyngdepunktet er altsaa den tredie proportionale Linie til Tyngdepunktets Afstand fra Skjæringslinien imellem Arealets og den frie Overflades Planer og Omdrejningsradius for Arealets Inertimoment med Hensyn til den nævnte Skjæringslinie.

Heraf følger endvidere, at

Trykcentret i et Areal er det samme som Arealets Svingningscentrum med Hensyn til Skjæringslinien imellem Arealets og den frie Overflades Planer (Cotes's Theorem, anførte Værk Side 42).

Fremdeles viser Formlen for $v\eta_1$ følgende Sætninger:

Har Arealet en principal Axe igjennem Tyngdepunktet vandret, saa ligger Trykcentret i den anden principale Axe.

Er den vandrette Axe igjennem Tyngdepunktet ikke principal, saa ligger Trykcentret ikke i Linien igjennem Tyngdepunktet vinkelret paa Planernes Skjæringslinie.

6. Betegner man ved k og h de Omdrejningsradier, som svare til de principale Inertimomenter med Hensyn til Axer igjennem Tyngdepunktet, saa har man for (6)

$$vU_1 = K^2 = k^2 \cos^2 \theta + h^2 \sin^2 \theta, \quad (7)$$

hvor θ er Vinklen imellem de to Axer, som svare til Omdrejningsradiene K og k , altsaa imellem $G\eta$ og den ene principale Axe eller imellem GU og den anden. Sammenholdes (7)

med den bekendte Relation imellem en hvilkensomhelst Halvdiameter eller Radius vektor r i en Ellipse, de to Halvaxer a og b samt Vinklen θ imellem r og a , nemlig

$$\frac{1}{r^2} = \frac{1}{a^2} \cos^2 \theta + \frac{1}{b^2} \sin^2 \theta,$$

Ellipsens polære Ligningen med Centrum som Pol, Axen $2a$ som fast Axe, saa ser man ikke blot det bekendte, at Inertimomenterne ere omvendt proportionale med Ellipsens paa deres Axer afskaarne Radier, men ogsaa, at vU_1 er omvendt proportional med Kvadratet paa Radius vektor paa den Axe, med Hensyn til hvilken Trykcentret har Koordinaten U_1 . Har man $\theta = 0$, saa at k svarer til Axen $G\eta$, h til GU , saa er $vU_1 = k^2$ omvendt proportional med a^2 og U_1 skal afsættes paa GU vinkelret paa k 's Axe; men hvis $\theta = \frac{\pi}{2}$, saa falder den til h svarende Axe paa $G\eta$, $vU_1 = h^2$ er omvendt proportional med b^2 , og U_1 skal atter afsættes paa GU . I begge Tilfælde er som forhen vist $\eta_1 = 0$. Har man $\frac{\pi}{2} > \theta > 0$ eller $0 > \theta > -\frac{\pi}{2}$, saa vil Trykcentrets Afstand fra $G\eta$ være bestemt af $vU_1 = K^2$, omvendt proportional med r^2 , Kvadratet af den paa $G\eta$ faldende Radius vektor, og U_1 afsættes atter paa GU . Heraf følger, at

Trykcentrets Afstand fra den vandrette Linie igjennem Arealets Tyngdepunkt er omvendt proportional med Kvadratet paa den Radius vektor til Centralellipsen, som falder paa den vandrette Linie.

Trykcentrets anden Koordinat η_1 findes udtrykt ved k , h og θ ved Hjælp af Relationen imellem et hvilketsomhelst Inertimoment $A\chi^2$ og de to AK^2 og AH^2 , svarende til to paa hinanden vinkelrette Axer GK og GH , nemlig, idet ω er Vinklen imellem Axerne for $A\chi^2$ og AK^2 ,

$$A\chi^2 = AK^2 \cos^2 \omega + AH^2 \sin^2 \omega - 2 \sin \omega \cos \omega \int_a^b F(u)uydu.$$

Thi vil man udtrykke $A\chi^2$ ved de principale Inertimomenter, saa maae Axerne GK og GH drejes saameget som Vinklen θ bestemt ved

$$\text{tg } 2\theta = \frac{2 \int_a^b F(u)uydu}{A(K^2 - H^2)}, \quad (8)$$

hvorved de falde sammen med de principale Axer Gk og Gh og man faaer

$$A\chi^2 = Ak^2 \cos^2 (\omega \pm \theta) + Ah^2 \sin^2 (\omega \pm \theta).$$

Man vil da ifølge den anden (5) og (8) have

$$v\eta_1 = \frac{\int_a^b F(u)uydu}{A} = \frac{1}{2} (K^2 - H^2) \text{tg } 2\theta,$$

som igjen ved Hjælp af (7) for K^2 og den analoge for H^2 ,

$$K^2 = k^2 \cos^2 \theta + h^2 \sin^2 \theta,$$

$$H^2 = k^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta,$$

bliver til

$$v\eta_1 = \frac{1}{2}(k^2 - h^2) \sin 2\theta = (k+h) \sin \theta \cdot (k-h) \cos \theta. \quad (9)$$

η_1 er altsaa den fjerde proportionale Linie til v , $(k+h) \sin \theta$ og $(k-h) \cos \theta$. Kun $k=h$ eller $\theta=0$ eller $\theta=\frac{\pi}{2}$ kan give $\eta_1=0$, saa at

Trykcentret ligger ikke i Linien igjennem Tyngdepunktet vinkelret paa Skjæringslinien af Arealet og Overfladen uden, naar enten alle Inertimomenter med Hensyn til Linier igjennem Tyngdepunktet ere ligestore, eller naar en principal Axe derigjennem er vandret (jfr. 5).

Da θ kan variere fra $-\frac{\pi}{2}$ til $+\frac{\pi}{2}$, saa vil man faae

$$\eta_1 \begin{cases} \text{positiv,} \\ \text{negativ,} \end{cases} \text{ eftersom } k-h \text{ og } \theta \text{ have } \begin{cases} \text{ens} \\ \text{modsatte} \end{cases} \left\{ \text{Fortegn.} \right.$$

Men betragtes i Fig. 2 med Axen $G\eta$ positiv nedad de fire hertil svarende Stillinger $k > h$, $\theta > 0$ (I), $k < h$, $\theta < 0$ (II), hvortil svarer positivt η_1 , $k > h$, $\theta < 0$ (III), $k < h$, $\theta > 0$ (IV), hvortil svarer negativt η_1 , saa ser man, at

Trykcentret falder paa den samme Side af U-axens positive Del som den af de to principale Axer, hvortil det mindste Inertimoment horer.

Fig. 3 viser Konstruktionen af $U_1 = Gq_1$ (jfr. 5) og $\eta_1 = Gq_2$, idet $Gc = Gc' = v$, $GK = K$, $Gd = (k+h) \sin \theta$, $Ge = (k-h) \cos \theta$ (uden Hensyn til Fortegnene); c , d , e bestemme en Cirkel, som skjærer η -axen i q_2 . Gc afsættes nedad, naar η_1 er negativ, opad, naar η_1 er positiv, eller cG maa afsættes i en Retning, som er modsat den, der bestemmes af η_1 's Fortegn.

7. I det foregaaende, navnlig i 6, ligger, at Trykcentret flytter sig dels i Arealets Plan, naar efterhaanden de forskjellige Axer igjennem Tyngdepunktet tænkes lagte vandrette, dels i det plane Snit RSU igjennem Vædsken, naar det givne Areal drejes om den givne Stilling af sit Tyngdepunkt. Naar de geometriske Steder for Trykcentret i begge Planer ere fundne, vil Trykcentret simpelthen være bestemt som et Skjæringspunkt imellem disse geometriske Steder.

Trykcentrets geometriske Sted i Arealets Plan faaes ved en Ligning imellem dets Radius vektor R fra Tyngdepunktet og Vinklen φ imellem denne Radius vektor og den til Inertimomentet Al^2 svarende Axe. I Fig. 4 ere disse Størrelser afsatte under Forudsætning af, at $\angle UGh = \theta$ er positiv og $k > h$. Man har da

$$\left. \begin{aligned} U_1^2 + \eta_1^2 &= R^2, \\ \theta - \varphi &= \arcsin \left(\operatorname{tg} \varphi = \frac{\eta_1}{U_1} \right), \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

hvoraf ved Elimination af θ findes det søgte geometriske Sted. Men den sidste Ligning giver ved (6) og (9)

$$\frac{\operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg} \theta \operatorname{tg} \varphi} = \frac{\eta_1}{U_1} = \frac{(k^2 - h^2) \operatorname{tg} \theta}{k^2 + h^2 \operatorname{tg}^2 \theta},$$

hvoraf, naar Ligningen er bragt paa hel Form og $1 + \operatorname{tg}^2 \theta$ bortdivideret, faaes

$$k^2 \operatorname{tg} \varphi = h^2 \operatorname{tg} \theta. \quad (11)$$

Heraf kan først udledes

$$-\operatorname{tg} \varphi \cot \theta = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} + \theta \right) = -\frac{h^2}{k^2},$$

altsaa den Relation imellem φ og $\frac{\pi}{2} + \theta$, som svarer til de konjugerede Diametres Vinkler med Axen i en Ellipse, hvis Halvaxers Kvadrater ere proportionale med de principale Inertimomenter Ah^2 og Ak^2 . Men disse ere atter omvendt proportionale med Kvadraterne paa Centralellipsens Halvaxer, a^2 og b^2 , saa at

$$\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} + \theta \right) = -\frac{b^2}{a^2}$$

viser, at GQ og $G\eta'$ ere konjugerede Diametre og man har følgende Sætning:

Naar en Diameter i Arealets Centralellipse er vandret, ligger Trykcentret i den konjugerede Diameter.

Denne Sætning findes angivet i *Bresse Cours de Mécanique appliquée*, Prem. Partie, Paris 1859 Pag. 44, hvor dog ingen fuldstændig Udvikling findes af Læren om Vædskers Tryk, men Resultatet opnaaes ved at sammenholde denne Lære i Almindelighed med den analoge Theori om den ved givne Kræfter opstaaede Spænding paa Enhed af Arealet af Snittet i et prismatisk Legeme, naar Kræfterne have en enkelt med Prismets Kanter parallel Resultant.

Man kan nu eliminere θ imellem den første (10) og (11). Man finder nemlig ved Hjælp af (7) og (9)

$$v^2 R^2 = v^2 (U_1^2 + \eta_1^2) = (k^2 \cos^2 \theta + h^2 \sin^2 \theta)^2 + (k^2 - h^2)^2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta$$

eller

$$v^2 R^2 = k^4 \cos^2 \theta + h^4 \sin^2 \theta,$$

samt af (11)

$$\cos^2 \theta = \frac{h^4 \cos^2 \varphi}{h^4 \cos^2 \varphi + k^4 \sin^2 \varphi}, \quad \sin^2 \theta = \frac{k^4 \sin^2 \varphi}{h^4 \cos^2 \varphi + k^4 \sin^2 \varphi},$$

Saa at

$$R^2 = \frac{k^4 h^4}{v^2 (h^4 \cos^2 \varphi + k^4 \sin^2 \varphi)}, \quad (12)$$

som er Ligningen for en Ellipse med Axerne $\frac{k^2}{v}$ og $\frac{h^2}{v}$ liggende paa de to principale Axer igjennem Tyngdepunktet. Da disse Axer ere proportionale med de principale Inertimomenter i Arealet, saa blive de omvendt proportionale med Kvadraterne paa Centralellipsens Halvaxer. Tilmeld vil $\varphi = 0$ give $R = \frac{k^2}{v}$ liggende paa Gh , $\varphi = \frac{\pi}{2}$ derimod $R = \frac{h^2}{v}$ liggende paa Gk . Ere de principale Inertimomenter ligestore, bliver Ellipsen til en Cirkel.

Heraf følger, at

Det geometriske Sted for Trykcentret i et Areal er en Ellipse, hvis Halvaxer ere omvendt proportionale med Kvadraterne paa Centralellipsens Halvaxer og findes som tredie proportionale Linier til Tyngdepunktets Afstand fra Skjæringslinien imellem Arealets og Overfladens Planer og de principale Inertimomenters Omdrejningsradier, dog saaledes, at paa den ene principale Axe ligger den Halvaxe, som afhænger af den til den anden hørende Omdrejningsradius.

Denne Kurve kaldes *Trykcentrets Ellipse*, afsat i Fig. 5 for $k > h$.

S. *Det geometriske Sted for Trykcentret i det plane Snit igjennem Vædsken faaes let af Ligningerne*

$$vU_1 = k^2 \cos^2 \theta + h^2 \sin^2 \theta \quad (7)$$

$$\text{og } v\eta_1 = (k^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta \quad (9)$$

ved Elimination af θ . Man faaer nemlig af den sidste

$$\sin \theta = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{2v\eta_1}{k^2 - h^2}} \pm \sqrt{1 - \frac{2v\eta_1}{k^2 - h^2}} \right],$$

$$\cos \theta = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{2v\eta_1}{k^2 - h^2}} \mp \sqrt{1 - \frac{2v\eta_1}{k^2 - h^2}} \right],$$

øverste eller nederste Fortegn, eftersom man numerisk har $2\theta > \frac{\pi}{2}$, altsaa

$$2vU_1 = k^2 + h^2 \pm \sqrt{(k^2 - h^2) - 4v^2\eta_1^2}$$

eller

$$\left(U_1 - \frac{k^2 + h^2}{2v} \right)^2 + \eta_1^2 = \frac{(k^2 - h^2)^2}{4v^2}. \quad (13)$$

Altsaa *Trykcentrets geometriske Sted i det plane Snit igjennem Vædsken, hvori Areallet ligger, er en Cirkel med Centrum i en Afstand fra Tyngdepunktet, som er den halve Sum af Halvaxerne i Trykcentrets Ellipse, og med en Radius, som er de samme Liniers halve Differens.*

Denne Cirkel kaldes *Trykcentrets Cirkel*, afsat i Fig. 6, idet $Gc = \frac{k^2 + h^2}{2v}$, $cg = \frac{k^2 - h^2}{2v}$. $\eta_1 = 0$ giver for U_1 de to Værdier $\frac{k^2}{v}$ og $\frac{h^2}{v}$; for $k > h$ svarer Q til

den første, Q_1 til den anden Værdi, omvendt for $k < h$. Ifølge (9) er $\angle Qcq = 2\theta$, altsaa $QQ_1q = \theta = \angle kG\eta' = \angle hGU$; følgelig naar Gk er den principale Axe, som danner Vinklen θ med $G\eta'$, saa er q Trykcentrets tilsvarende Stilling i sin Cirkel, nemlig nedenfor GU i Figuren, hvis $k > h$, ovenfor, hvis $k < h$. Ligger den principale Axe, som svarer til det mindste Inertimoment, i GU , saa er $\theta = 0$ og Trykcentret Q i sin største Afstand fra den vandrette Linie $G\eta$ igjennem Tyngdepunktet. Drejer denne principale Axe sig ned under GU , saa voxer θ , og Trykcentret bevæger sig paa den nederste Halvcirkel QQ_1 , indtil Axen Gh falder paa $G\eta$, da man faaer $\theta = \frac{\pi}{2}$ og Trykcentret i Q_1 . Naar derefter den principale Axe med mindst Inertimoment forlader $G\eta$ for at falde ovenfor GU , saa vandrer Trykcentret langs den øverste Halvcirkel Q_1qQ tilbage til Q . Ere Arealets principale Inertimomenter ligestore, $k = h$, reduceres Trykcentrets Cirkel til sit Centrum.

Trykcentrets Cirkel varierer i Størrelse og Beliggenhed med Tyngdepunktets Afstand v fra Skjæringslinien med Overfladen. v kan ikke være nul, fordi i saa Fald ikke hele Arealet vilde være nedsænket i Vædsken, den ovenfor denne liggende Del deraf er altsaa udenfor dennes Paavirkning og kan ikke medtages i Beregningen. Den mindste Værdi af v svarer derfor til den Stilling af Arealet, hvori dets Omkreds berøres af den frie Overflades Plan i det nærmest Tyngdepunktet liggende Punkt deraf, uden dog tillige at skjæres af Planen. Men idet v voxer fra dette minimum i det uendelige, vil saavel Cirkelns Radius som Centrets Afstand fra Tyngdepunktet konvergere til nul; for meget store v i Forhold til $k^2 - h^2$, kan Cirklen endog blive saa lille, at man med tilstrækkelig Tilnærmelse tør tage Trykcentret i Centrum, $U_1 = \frac{k^2 + h^2}{2v}$.

Naar Arealet sænkes dybere ned i det plane Snit igjennem Vædsken, saa bliver Trykcentrets Cirkel stedse mindre og falder stedse nærmere ved Tyngdepunktet, til hvilket Punkt den konvergerer i det uendelige.

9. Ved Trykcentrets Ellipse og Cirkel, afsatte i samme Plan, svarende til en given Dybde af Arealets Tyngdepunkt, en given Stilling af Arealets principale Axer og en given Størrelse af de principale Inertimomenter, findes Trykcentret, som det Skjæringspunkt imellem disse Kurver, der ligger nærmest ved den principale Axe med mindst Inertimoment, altsaa nærmest ved den største Axe i Trykcentrets Ellipse, som Q i Fig. 5, hvor $k > h$ og $G\eta$ er den vandrette Axe.

10. Anvendes det udviklede paa Bestemmelsen af Trykket paa en regelmæssig Mangelkant, indskreven i en Cirkel med Radius r og med n Sider, hver lig s_n , saa faaes med de oven angivne Betegnelser Trykket

$$P = \frac{1}{2}g\varrho n \sin \alpha \sin \frac{2\pi}{n} \cdot vr^2.$$

Inertimomentet af en regelmæssig Mangekant er ens for alle Axer igjennem dens Tyngdepunkt og i Mangekantens Plan, nemlig dets Omdrejningsradius (jfr. *Euler*, *Theoria motus corporum solidorum*, Cap. VI § 498) bestemt ved

$$k^2 = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{1}{2} \cos \frac{2\pi}{n} \right) r^2 = \frac{2 + \cos \frac{2\pi}{n}}{\frac{1}{2} \frac{2\pi}{n} s_n^2} s_n^2.$$

Trykcentret maa altsaa falde i den paa Skjæringslinien imellem Arealets og Overfladens Plan vinkelrette Linie igjennem Tyngdepunktet, nemlig i en Afstand fra dette Punkt, som er

$$\frac{k^2}{v} = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{1}{2} \cos \frac{2\pi}{n} \right) \frac{r^2}{v} = \frac{2 + \cos \frac{2\pi}{n}}{\frac{1}{2} \frac{2\pi}{n} v} \frac{s_n^2}{v}.$$

Hvis $v = r$, faaer man altid denne Afstand lig

$$\frac{k^2}{r} = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{1}{2} \cos \frac{2\pi}{n} \right) r,$$

lige meget om en Vinkelspids af Omkredsen falder i Overfladen eller ej.

Som specielle Anvendelser heraf mærkes følgende, hvor h er Højden i den lige-sidede Trekant ($n = 3$) eller mindste Radius i den regelmæssige Sexkant ($n = 6$):

$$n = 3 \quad \frac{k^2}{v} = \frac{r^2}{8v} = \frac{s_3^2}{24v} = \frac{h^2}{18v};$$

$$n = 4 \quad \frac{k^2}{v} = \frac{r^2}{6v} = \frac{s_4^2}{12v};$$

$$n = 6 \quad \frac{k^2}{v} = \frac{5r^2}{24v} = \frac{5h^2}{18v}.$$

Sætter man $n = \infty$, faaes den for *Cirklen* gjældende Bestemmelse af Trykket og Trykcentret, nemlig

$$P = \pi g \rho \sin \alpha \cdot vr^2, \quad \frac{k^2}{v} = \frac{r^2}{4v}.$$

11. Ved visse simple Former af Arealet behøver man ikke først at søge k^2 og h^2 , men kan tvertimod benytte de her beviste Sætninger til Inertimomentets Bestemmelse.

Er Arealet saaledes en *Rektangel* med Siden a i Vædsken Overflade og den anden Side lig b , saa kan man først finde Tyngdepunktet i det Volumen, som indeholder den Mængde Vædske, hvis Vægt maaler Trykket (se Slutningen af 2). Dette Volumen er nemlig her et vandret tresidet Prisme, hvis Tyngdepunkts Beliggenhed er bekjendt, saa at dets skraa Projektion (jfr. 3) paa Rektanglens Plan falder i $\frac{2}{3} b$ fra denne Plans Skjæringslinie med Overfladen. Men Rektanglens Tyngdepunkt har Afstanden $v = \frac{1}{2} b$ fra samme Linie, altsaa er Trykcentrets Afstand fra Tyngdepunktet

$$\frac{k^2}{v} = \frac{2}{3}b - \frac{1}{2}b = \frac{1}{6}b,$$

følgelig

$$k^2 = \frac{1}{2}b \cdot \frac{1}{6}b = \frac{1}{12}b^2$$

bestemmer Omdreingsradius for Inertimomentet med Hensyn til den principale Axe, som gaaer vandret igjennem Tyngdepunktet. For det andet principale Inertimoment faaes

$$k^2 = \frac{1}{12}a^2.$$

Ligningerne for Trykcentrets Ellipse og Cirkel ere i det almindelige Tilfælde, naar Tyngdepunktets Afstand v fra Skjæringslinien med Overfladen er hvilkensomhelst $\geq \frac{1}{2}b$,

$$R^2 = \frac{1}{144v^2} \frac{a^2b^4}{a^4 \cos^2 \varphi + b^4 \sin^2 \varphi}$$

og

$$\left(U_1 - \frac{a^2 + b^2}{24v} \right)^2 + \eta_1^2 = \frac{(a^2 - b^2)^2}{576v^2}.$$

For en hvilkensomhelst *Trekant* med Grundlinien g i den frie Overflade bliver Volumet af den trykkende Væskemasse et Tetraeder, hvis Tyngdepunkt projiceres skraat efter den angivne Regel paa Trekantens Areal i den halve Højdes (h) Afstand fra Grundlinien. Men for Trekantens Tyngdepunkt har man $v = \frac{1}{3}h$, altsaa

$$k^2 = \frac{1}{3}h \left(\frac{1}{2}h - \frac{1}{3}h \right) = \frac{1}{18}h^2.$$

Er det en *ligebenet Trekant*, saa er den ene principale Axe igjennem Tyngdepunktet Højden, den anden en Linie parallel med Grundlinien og Inertimomenternes Omdreingsradier ere henholdsvis $\frac{1}{24}g^2$ og $\frac{1}{18}h^2$. Disse blive kun ligestore, naar

$$\frac{h}{g} = \frac{\sqrt{3}}{2}, \text{ altsaa } \textit{Trekanten} \textit{ ligesidet}.$$

For $\frac{h}{g} > \frac{\sqrt{3}}{2}$, Trekantens Topvinkel mindre end 60° , er Inertimomentet størst med Hensyn til Paralleltransversalen igjennem Tyngdepunktet; men for $\frac{h}{g} < \frac{\sqrt{3}}{2}$ forholder det sig omvendt.

Med $v \geq \frac{1}{3}h$ har man Trykcentrets Ellipse og Cirkel saaledes bestemte:

$$R^2 = \frac{g^4 h^4}{v^2 (576 h^4 \cos^2 \varphi + 324 g^4 \sin^2 \varphi)},$$

idet φ er Vinklen imellem Højden i Trekanten og Radius vektor til Trykcentret, tilhører Ellipsen og

$$\left(U_1 - \frac{3g^2 + 4h^2}{144v} \right)^2 + \eta_1^2 = \left(\frac{3g^2 - 4h^2}{144v} \right)^2$$

tilhører Cirklen.

Ved at lægge Trekanten med en Spids i den plane Overflade vilde man faae Vædskens Volumet som en firsidet Pyramide, hvis Tyngdepunkt projiceres skraat paa Trekanten

i en Afstand $\frac{3}{4}h$ fra Skjæringslinien imellem Planerne, medens Tyngdepunktet i Trekanten har Afstanden $v = \frac{3}{8}h$ derfra. Deraf findes atter $k^2 = \frac{1}{18}h^2$.

12. Er Arealet en *Rhombus* med Diagonalerne a og b , den første vandret, saa antages først en Vinkelspids i Overfladens Plan og Tyngdepunktet af den trykkende Vædskes Volumen søges. Dette maa ligge i det rhombiske Snit, der halverer Vinklen α imellem Arealets og Overfladens Planer. Med samme Betydning af t og t_1 som i 2 og 4, med b for det rhombiske Snits hældende Diagonal og med β for Vinklen i Rhomben lige overfor a faaer man, efter Division med 4 $tg \frac{1}{2}\alpha tg \frac{1}{2}\beta$,

$$t_1 \left(\int_0^{t_1} t^2 dt + \int_{t_1}^{b'} (b' - t) t dt \right) = \int_0^{b'} t^2 dt + \int_{t_1}^{b'} (b' - t) t^2 dt,$$

som giver

$$\frac{1}{8} b'^2 t_1 = \frac{7}{96} b'^4,$$

altsaa

$$t_1 = \frac{7}{12} b'.$$

Skraat projiceret paa Rhomben giver det Cylinderens Tyngdepunkts Afstand fra Skjæringslinien imellem Planerne $\frac{7}{12}b$, saa at man faaer Trykcentrets Afstand fra Rhombens Tyngdepunkt at være

$$\frac{k^2}{v} = \frac{7}{12}b - \frac{1}{2}b = \frac{1}{12}b;$$

men $v = \frac{1}{2}b$, følgelig

$$k^2 = \frac{1}{24}b^2 \text{ og } k^3 = \frac{1}{24}a^2.$$

Disse blive kun ligestore for $b = a$, naar Rhomben er et Kvadrat; men jo nærmere dens Figur er Kvadratets, desto mindre afvige de to principale Inertimomenter fra hinanden og desto mindre bliver Trykcentrets Cirkel. For Tyngdepunktet bestemt ved $v \geq \frac{1}{2}b$ faaer man følgende Ligninger for Trykcentrets Ellipse og Cirkel

$$R^2 = \frac{a^3 b^3}{576 v^2 (b^3 \cos^2 \varphi + a^3 \sin^2 \varphi)},$$

idet φ er Radius vektors Vinkel med Diagonalen b , og

$$\left(U_1 - \frac{a^2 + b^2}{24v} \right)^2 + \eta_1^2 = \left(\frac{a^2 - b^2}{24v} \right)^2.$$

13. Iblandt de Arealer, som have en saadan Beliggenhed, at *de vandrette Chorder* $F(u)$ *ere parallelle med en principal Axe igjennem Tyngdepunktet*, betragtes følgende.

1°. $F(u) = pu^n$. Trykcentrets Afstand fra Skjæringen med Overfladens Plan faaes af

$$u_1 \int_a^b pu^{n+1} du = \int_a^b pu^{n+2} du$$

at være

$$u_1 = \frac{n+2}{n+3} \frac{b^{n+3} - a^{n+3}}{b^{n+2} - a^{n+2}}$$

$$n = 0, u_1 = \frac{2}{3} \frac{b^3 - a^3}{b^2 - a^2} \text{ gjælder Rektanglen,}$$

$$n = 1, u_1 = \frac{3}{4} \frac{b^4 - a^4}{b^3 - a^3}, \text{ Paralleltrapeziet.}$$

$n = 2, u_1 = \frac{4}{5} \frac{b^5 - a^5}{b^4 - a^4}$ tilhører et Areal begrændset af to Parabelbuer, hvis Axer ligge i Planernes Skjæringslinie, hvis Toppunkter falde sammen og hvis Parametre begge ere $\frac{1}{2p}$.

$n = -1, u_1 = \frac{1}{2} (b + a)$ svarer til et Areal begrændset af to ligesidede Hyperblers Buer med Skjæringslinien til den ene fælles Asymptote og den derpaa vinkelrette Linie igjennem Tyngdepunktet til den anden.

$n = -4$ giver $\eta = pu^{-4}$ og $u_1 = \frac{2ab}{a+b}$, som er den harmoniske mellemproportionale Linie til a og b .

2°. $F(u) = p(c-u)^n, n > 0$, giver for $a = 0, b = c$,

$$u_1 \int_0^c (c-u)^n u du = \int_0^c (c-u)^n u^2 du.$$

Men man har ved delvis Integration

$$\int_0^c (c-u)^n u du = \frac{1}{n+1} \int_0^c (c-u)^{n+1} du = \frac{c^{n+2}}{(n+1)(n+2)},$$

$$\int_0^c (c-u)^n u^2 du = \frac{2}{n+1} \int_0^c (c-u)^{n+1} u du = \frac{2c^{n+2}}{(n+1)(n+2)(n+3)},$$

følgelig

$$u_1 = \frac{2c}{n+3}. \quad (14)$$

$n = 2$ giver $u_1 = \frac{2}{5}c$ vedkommende et Areal begrændset dels af to Buer af samme Parabel med Toppunktet i $u = c$ og Axen vinkelret paa Skjæringslinien, dels af en Chorde i den frie Overflade.

3°. Sætter man i Udtrykket for u_1 i 1° $a = 0, b = c$, faaer man

$$u_1 = \frac{n+2}{n+3} c, \quad (15)$$

som for positive n ligger imellem $\frac{2}{3}c$ og c , medens det i 2° fundne Udtryk falder imellem 0 og $\frac{2}{3}c$.

Hvilken Beliggenhed man end vil kræve for Trykcentret i den rette Linie igjennem Arealets Tyngepunkt vinkelret paa Skjæringslinien, saa kan den opgaaes ved Formlen (14)

eller (15); thi $u_1 = \frac{p}{q}c$, $0 < p < q$, faaes for

$$\frac{p}{q} = \frac{n+2}{n+3} \quad \text{eller} \quad \frac{p}{q} = \frac{2}{n+3},$$

hvoraf

$$n = \frac{2q-3p}{p-q} \quad \text{eller} \quad n = \frac{2q-3p}{p},$$

henholdsvis eftersom

$$\frac{2}{3}c < \frac{p}{q}c < c \quad \text{eller} \quad 0 < \frac{p}{q} < \frac{2}{3}.$$

14. For *Ellipsen* ere Inertimomentets Omdrejningsradier med Hensyn til de to principale Axer b og a henholdsvis bestemte ved $k^2 = \frac{1}{4}a^2$, $h^2 = \frac{1}{4}b^2$. Trykcentret er altsaa for en hvilken som helst Stilling af Ellipsen i det plane Snit igjennem Vædsken bestemt med Hensyn til Centret ved Koordinaterne U_1 og η_1 i Ligningerne

$$vU_1 = \frac{1}{4}(a^2 \cos^2 \theta + b^2 \sin^2 \theta),$$

$$v\eta_1 = \frac{1}{4}(a^2 - b^2) \sin \theta \cos \theta.$$

For Trykcentrets Ellipse har man

$$R^2 = \frac{a^4 b^4}{16v^2(b^2 \cos^2 \varphi + a^2 \sin^2 \varphi)}$$

og for Trykcentrets Cirkel

$$\left(U_1 - \frac{a^2 + b^2}{8v} \right)^2 + \eta_1^2 = \frac{(a^2 - b^2)^2}{64v^2}.$$

Da Halvaxerne i Trykcentrets Ellipse ere $\frac{a^2}{4v}$ og $\frac{b^2}{4v}$, som ikke ere proportionale med a og b , saa er Trykcentrets Ellipse ikke ligedannet med den Ellipse, hvortil den hører. Men da Forholdet imellem Halvaxerne i Trykcentrets Ellipse er lig Kvadratet paa Halvaxernes Forhold i den givne Ellipse, saa nærme Ellipserne sig til at blive ligedannede, naar Halvaxernes Forhold nærme sig til 1 (Cirklen).

R é s u m é.

La théorie de la pression des fluides sur des aires planes est en général très brièvement exposée, et, quant au calcul, réduite à des formules, suffisantes, il est vrai, pour la solution du problème, mais peu commodes dans la pratique. Ce fait est d'autant plus remarquable, que déjà chez *Cotes* (*Hydrostatical and Pneumatical Lectures*, Cambridge 1747) on trouve les rudimens d'une théorie meilleure. Parmi les auteurs suivans il n'y a, que je sache, que *W. Walton* (*a Collection of Problems of Hydrostatics and Hydrodynamics* Cambridge 1847), et, d'après lui, le *P. Jullien* (*Problèmes de Mécanique rationnelle* t. II. Paris 1855), qui aient fait mention du théorème de *Cotes* sur le centre de pression, sans pourtant en tirer les conclusions assez faciles qui seules complètent cette théorie. D'un autre côté, on trouve chez *Mr. Bresse* (*Cours de mécanique appliquée* Paris 1859 t. I p. 44) une analogie intéressante entre le centre de pression et celui de tension, mais de même sans exposition complète des théorèmes concernant le centre de pression. Voilà pourquoi, après avoir trouvé moi-même tous ces théorèmes très intéressans en théorie et très utiles en pratique, j'ai cru bien faire en reproduisant toute la dite théorie. Je me bornerai dans ce résumé à en donner l'exposition générale, en renvoyant pour les calculs au mémoire danois.

1 & 2. La pression totale d'un fluide sur une aire submergée est égale au poids du fluide contenu dans un cylindre (prisme) compris entre la surface libre du fluide et l'aire donnée, et coupé obliquement par ces deux plans, ayant donc pour bases l'aire donnée, et cette même aire ramenée sur la surface plane du fluide par un mouvement de rotation autour de la ligne de section de deux plans. (Voir la Fig. 1).

3 & 4. Le centre de pression est la projection oblique du centre de gravité du cylindre (prisme) nommé sur l'aire donnée; la ligne de projection est parallèle aux génératrices rectilignes du cylindre (prisme). (Voir les points *q* et *Q* Fig. 1).

Le centre de pression ne change pas de position parce que l'aire tourne autour de la ligne de section du plan de l'aire et de celui de la surface libre.

5. Pour déterminer la position du centre de pression dans le plan même de l'aire, nous nous servons d'un axe horizontal GU (Fig. 1) des u passant par le centre de gravité G , et d'un axe $G\eta$ des y perpendiculaire sur l'autre. Soit maintenant A l'aire donnée, v la distance CG entre G et le point d'intersection C de GU et de la ligne de section RS , u_1 et U_1 les distances respectives du centre de pression Q aux points C et G , AK^2 le moment d'inertie de l'aire A par rapport à l'axe $G\eta$. Alors on a pour les coordonnées U_1 et η_1 de Q les équations

$$vU_1 = AK^2,$$

$$v\eta_1 = \frac{\int_a^b F(u)uydu}{A},$$

$F(u)$ désignant la corde MN etc.

De ces formules on tire les conclusions suivantes

1°. Une construction facile de U_1 .

2°. *Le centre de pression est le même que ceux de percussion et d'oscillation par rapport à la droite d'intersection des deux plans prise pour axe de rotation (Le théorème de Cotes).*

3°. Les deux théorèmes suivants.

Lorsqu'un axe principal passant par le centre de gravité de l'aire est horizontal, le centre de pression est situé sur la droite perpendiculaire à l'axe des η , c'est-à-dire sur l'autre axe principal.

Lorsque l'axe horizontal n'est pas un axe principal, le centre de pression n'est pas situé sur la droite perpendiculaire à $G\eta$.

6. Recourons maintenant, pour simplifier les formules, à la théorie des moments d'inertie. Soit AK^2 et AH^2 les moments d'inertie de l'aire par rapport à deux axes quelconques GK et GH perpendiculaires entre eux, et de même Ak^2 et Ah^2 les moments d'inertie principaux correspondant aux axes Gk et Gh , θ l'angle entre les axes GK et Gk . Par des théorèmes connus on trouve alors

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{2\int_a^b F(u)uydu}{A(K^2 - H^2)},$$

par conséquent

$$v\eta_1 = \frac{1}{2}(K^2 - H^2) \operatorname{tg} 2\theta.$$

Mais entre les quatre rayons de gyration K , H , k , h il y a les relations

$$K^2 = k^2 \cos^2 \theta + h^2 \sin^2 \theta,$$

$$H^2 = k^2 \sin^2 \theta + h^2 \cos^2 \theta,$$

qui transforment l'expression ci-dessus en celle-ci

$$v\eta_1 = (k + h) \sin \theta \cdot (k - h) \cos \theta,$$

de sorte qu'il n'y a que les trois cas suivans, $k = h$, $\theta = 0$, $\theta = \frac{\pi}{2}$ qui puissent réduire η_1 à zéro.

Le signe de η_1 dépend de ceux de deux facteurs $k - h$ et $\sin \theta$, θ pouvant ne pas passer les limites $+\frac{\pi}{2}$ et $-\frac{\pi}{2}$, de manière qu'on a toujours (voir la Fig. 2) le centre de pression Q situé du même côté de la partie positive de l'axe des u que l'axe principal correspondant au plus petit moment d'inertie.

La formule de $v\eta_1$ nous conduit facilement à la construction de η_1 indiquée dans la Fig. 3.

7 & 8. Les lieux géométriques du centre de pression, dans le plan de l'aire donnée et dans celui de la section plane du fluide où l'on a l'intention de placer l'aire, sont faciles à trouver. Nous les rapportons, d'une part, aux axes principaux du centre de gravité dans le plan de l'aire, et, d'autre part, à deux axes rectangulaires, dont l'un horizontal, passant par la place que le centre de gravité doit occuper dans la section plane du fluide.

En premier lieu, soit φ l'angle que fait le rayon vecteur R du point Q avec l'un des axes principaux (voir la Fig. 4); on trouve

$$\theta - \varphi = \arcsin \left(\operatorname{tg} \varphi = \frac{\eta_1}{U_1} \right),$$

d'où

$$\operatorname{tg} \varphi \cot \theta = -\frac{h^2}{k^2}$$

ou

$$\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} + \theta \right) = -\frac{h^2}{k^2},$$

équation qui, traduite en langage ordinaire, donne le théorème suivant :

Lorsque l'un des diamètres conjugués de l'ellipse centrale du centre de gravité de l'aire est horizontal, le centre de pression est situé sur l'autre.

En éliminant θ entre cette dernière équation et

$$vU_1 = h^2 \cos^2 \theta + k^2 \sin^2 \theta$$

on trouve pour le lieu géométrique du centre de pression dans le plan de l'aire l'équation suivante en coordonnées polaires, R et φ ,

$$R^2 = \frac{k^4 h^4}{v^2 (h^4 \cos^2 \varphi + k^4 \sin^2 \varphi)}.$$

Cette équation est évidemment celle d'une ellipse, que nous proposons d'appeler *l'ellipse du centre de pression* (Fig. 5). Les deux demi-axes de cette ellipse sont $\frac{k^2}{v}$ et $\frac{h^2}{v}$, le premier placé sur l'axe du moment principal Ah^2 , le second sur celui du moment Alk^2 . L'ellipse ne se change en un cercle que lorsque les moments d'inertie principaux sont égaux entre eux, $k = h$.

En second lieu, pour trouver l'équation de la courbe le long de laquelle se promène le centre de gravité dans le plan RSU du fluide, lorsque l'aire tourne autour de la

position donnée de son centre de gravité G , nous n'avons qu'à éliminer θ entre les deux équations

$$\begin{aligned} vU_1 &= k^2 \cos^2 \theta + h^2 \sin^2 \theta, \\ v\eta_1 &= (k^2 - h^2) \sin \theta \cos \theta. \end{aligned}$$

On obtient alors l'équation

$$\left(U_1 - \frac{k^2 + h^2}{2v} \right)^2 + \eta_1^2 = \left(\frac{k^2 - h^2}{2v} \right)^2,$$

qui est celle d'un cercle, que nous proposons d'appeler *le cercle du centre de pression*. Pour $k = h$ ce cercle se réduit à son centre, et, pour des valeurs très grandes de v ou des valeurs très petites de $k^2 - h^2$, il n'y a pas grande différence entre les positions des deux centres de pression et de gravité. Soit dans la Fig. 6 $\angle qCQ = 2\theta$, $\angle qQ_1Q = \theta = \angle kG\eta'$, alors le centre de pression correspondant à l'axe horizontal $G\eta$, sera celui des deux points q qui est le plus proche de l'axe principal du plus petit moment d'inertie. Soit encore Gh cet axe, et faisons le tourner autour du point G de sa position primitive GU au dessous de cet axe GU ; le centre de pression marchera du point Q en parcourant le demi-cercle QqQ_1 inférieur, jusqu'au point Q_1 , où il arrive lorsque Gh occupe la position $G\eta$. La partie supérieure $G\eta'$ de cet axe continuant de tourner pour recouvrir enfin la position primitive GU , le centre de pression parcourt le demi-cercle supérieur.

9. Il est bien clair que le centre de pression se présente le plus facilement, lorsqu'on superpose l'un sur l'autre les deux plans de l'aire et de la section du fluide de manière que les deux points G coïncident, et que l'axe, qui doit être horizontal après l'immersion de l'aire dans le fluide, occupe la position $G\eta$; car alors *les deux courbes du centre de pression vont se couper en deux points, dont celui qui est le plus proche de l'axe principal correspondant au plus petit moment d'inertie est le centre cherché.*

10—14. Quant aux exemples traités dans le mémoire, nous renvoyons à celui-ci, nous bornant à appeler l'attention sur la détermination facile des rayons de gyration principaux, que nous fournit la théorie exposée elle-même.



Fig. 1.

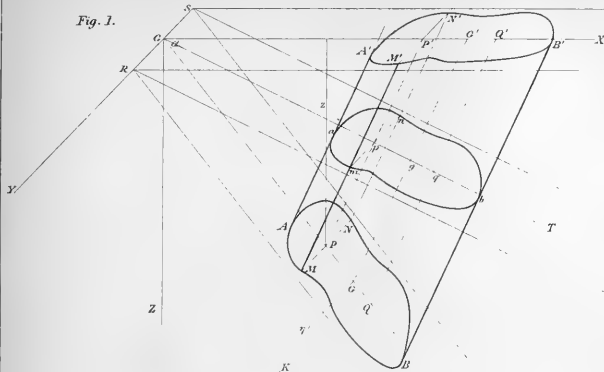


Fig. 2.

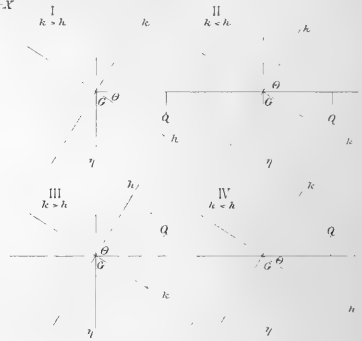


Fig. 3.

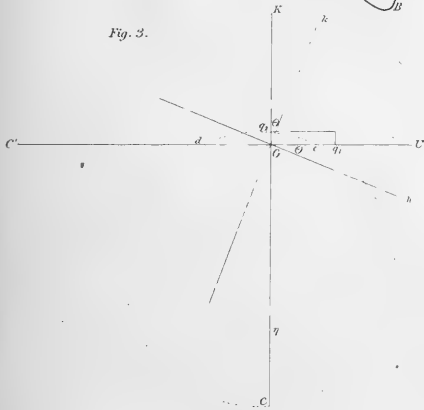


Fig. 4.

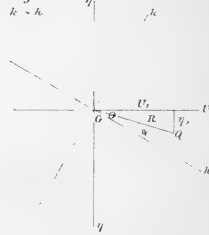


Fig. 5.

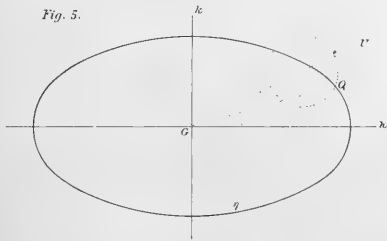
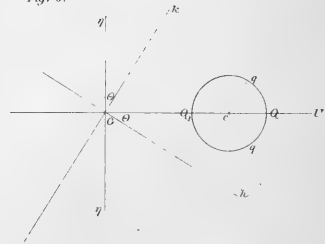


Fig. 6.





Om Lovene

for

Vandets Bevægelse
i Jorden.

Af

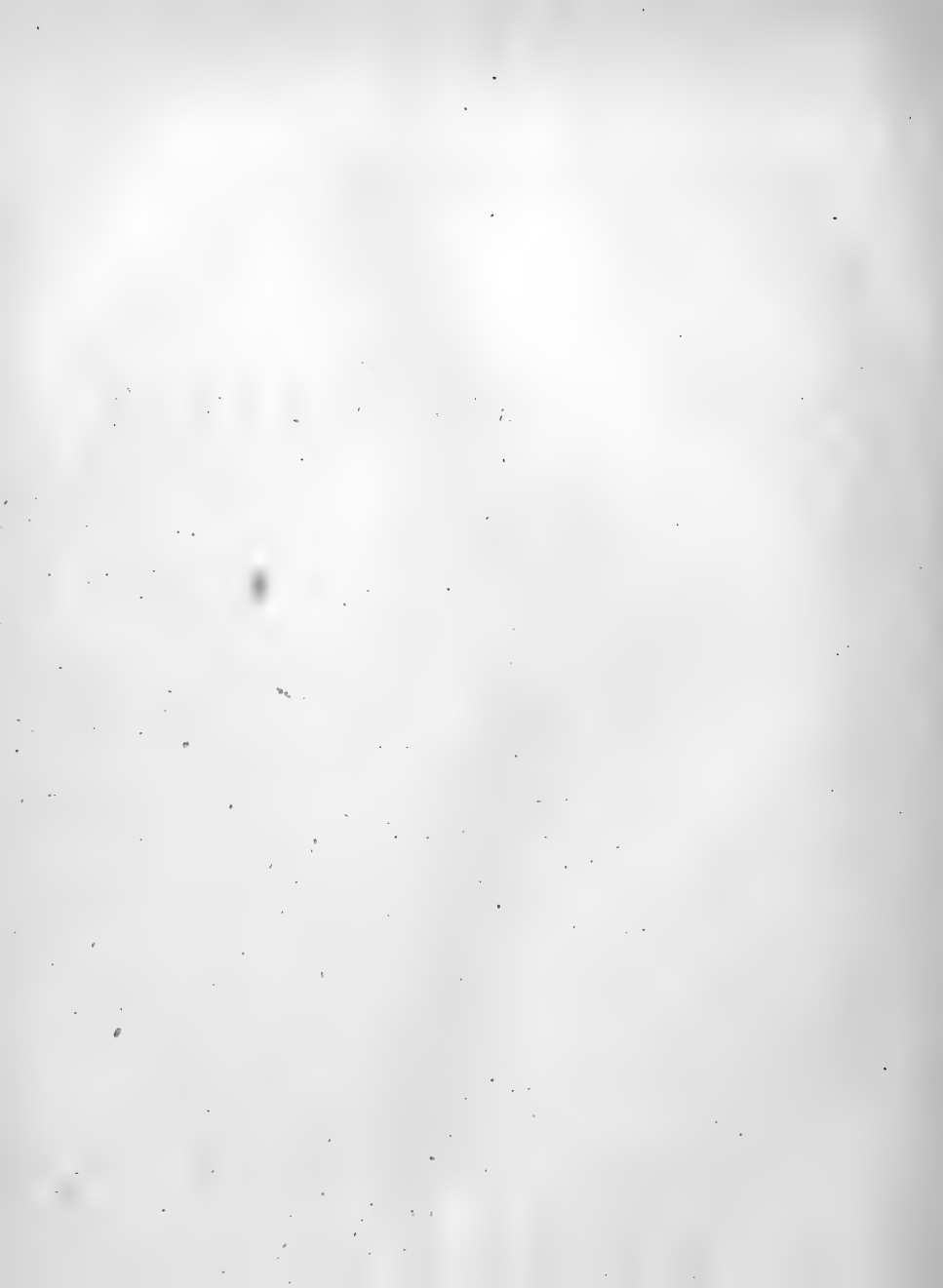
A. Colding.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. VIII.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Muhle.

1872.



Foruden de forskjellige Undersøgelser over flydende Legemers Bevægelse, som jeg Tid efter anden har udført og forelagt Videnskabernes Selskab, i hvis Skrifter de findes, har det længe ligget mig paa Sinde at udføre en særegen Række af Undersøgelser, for at komme til Kundskab om Lovene for Vandets Bevægelse i Jord af forskjellig Beskaffenhed og specielt for at bestemme Lovene for Vandbevægelsen i forskjellige Sand- og Gruuslag. Det var nemlig ved forskjellige Leiligheder blevet mig bestandigt klarere, at skjøndt de underjordiske Vandbevægelser foregaae overalt, og særligt spille en stor Rolle hos os, hvor Jordbunden er af den Beskaffenhed, at den regelmæssigt gennemstrømmes af en betydelig Deel af det Vand, som udgjør det atmosfæriske Nedslag, og hvor Agerbrugets Fremskridt og Landets Velstand for en ikke ringe Grad afhænger netop af disse Vandbevægelser i Jorden, — saa ere vi dog endnu kun meget lidt bekendte med de Love, hvorefter disse Strømninger foregaae.

I min tidligere Embedsstilling som Vandinspecteur og senere som Stadsingenieur har jeg ofte havt Grund til at beklage vor mangelfulde Kundskab til Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden, fordi disse Vandbevægelser naturligviis have Indflydelse paa mange forskjellige Anlæg, hvoriblandt jeg blot skal nævne Vandværker til Steders Forsyning med Drikkevand. Ganske vist har jeg efterhaanden ved forskjellige Leiligheder, — og navnlig ved lagtagelser, som jeg Tid efter anden har anstillet ved de artesiske Kilder, som Kjøbenhavns Commune har ladet udføre for at naae de af Conferentsraad Forchhammer paaviste vandførende Grønsandslag, — havt Leilighed til at samle endeel Erfaringer, som Tid efter anden have givet mig et klarere Blik paa de underjordiske Vandbevægelser, end jeg tidligere havde; men ligefuldt følte jeg dog bestandig, at en Mængde af de allervigtigste Spørgsmaal vare mig ganske uklare, som en Følge af, at jeg ikke tilfulde kunde gennemskue Forholdene. Mine Bestræbelser for ved Hjælp af Kildeboringerne at komme til Erkendelse af de almindelige Love lykkedes mig, som sagt, kun til en vis Grad, og mine

Arbejder gav mig i ethvert Fald et mindre Udbytte end det jeg havde haabet at kunne naae derved; men spildt var Arbeidet dog ikke; thi foruden at det gav mig et klarere Blik paa Strømningsforholdene, ledte det mig til forskjellige Resultater, som vare af Vigtighed med Hensyn paa Kildeboringer, og det Følgende viser endog, at de nævnte Undersøgelser ved de artesiske Kilder vilde have været istand til at føre til fuld Erkjendelse af Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden, hvis jeg ret havde kunnet tyde de vundne Resultater. De artesiske Boringer, der bl. A. ville være Selskabet bekjendte af Forchhammers Meddelelser i Aaret 1852*), skyldes ligefrem Forchhammers videnskabelige Forskninger over Danmarks Geologi, idet det var disse, som ledte ham til, i en Afhandling i Selskabets Skrifter, 5te Række, 2det Bind, »Om Midlerne til at bestemme Mængden af de organiske Bestanddele i Vandet«, at fremsætte følgende Paastand: »Den vestlige**) Deel af Damhuussøens Opland gaaer næsten op til Ledøie Plantage og kommer derved ind i Grønsandsterrinet, da dette Sted ligger i en geognostisk Parallele, som falder imellem Brøndbyøster og Brøndbyvester, og det bliver derfor sandsynligt, at man der ved Boringer vilde kunne naae Grønsandlagets Vandleie, og skaffe sig derved et stadigt Tiløb af meget reent Vand, der vilde bidrage til at forbedre Damhuussøens Vand«.

Denne Tanke, — der syntes saa overraskende for Egnens Beboere, at de betænkeligt smilede ved Tanken om, at vi vilde udføre Kildeboringer i en Egn, hvor ingen Kilder fandtes, — gav Anledning til, at jeg i Aaret 1850, da jeg udarbejdede min Plan for Anlægget af det nu bestaaende Kjøbenhavnske Vandværk, henlede Communalbestyrelsens Opmærksomhed paa Forchhammers Udtalelse og foreslog at udføre en Prøveboring paa det af Forchhammer betegnede Sted. Forslaget blev billiget af Communalbestyrelsen og sat i Værk af mig i Efteraaret 1851 under Forchhammers Veiledning saaledes, at den første Boring, kaldet Nr. I, der ligger Vest for Harrestrup By, allerede den 1ste December s. A. var saa vidt fuldført, at den gav 10000 Tdr. Vand i Døgnet. Dette slaaende Resultat havde til Følge, at tvende nye Boringer bleve satte i Arbeide, den ene, Nr. II, Nord for Harrestrup, den anden, Nr. III, Syd for samme By. Ved Boringen Nr. II traf vi meget uheldige Forhold, idet Jorden paa dette Sted fandtes at bestaae af særdeles fiint Flydesand, som kun vanskeligt tillod Vandet at trænge frem i Borehullet; men desto heldigere vare Forholdene ved Boringen Nr. III, hvor Arbeidet allerede den 20de December var saa vidt, at Kilden gav c. 9000 Tdr. Vand i Døgnet, og endnu inden Aarets Udgang endog 19000 Tdr., der strømmede op igjennem Borehullet med en overordentlig Kraft.

Ved denne Kilde foretog jeg en Undersøgelse, som jeg kortelig skal beskrive, fordi den blev af Betydning ved Valget af alle de følgende Kilders Plads i Terrinet. Da det

*) Oversigt over Vid. Selsk. Forhandlinger i Aaret 1852, S. 188.

**) I Afhandlingen staaer ved et Feiltryk »østlige«.

nemlig var mig af Vigtighed at komme til Kundskab om, hvor høit Kilden Nr. III kunde stige, naar dens Aflob standsede, forlængede jeg Foringsrøret op over Jorden ved at paa-sætte korte Rørstykker ovenpaa det i Jorden nedrammede Rør og maalte samtidig Kildens Vandføring for hvert paaast Stykke Rør af 2 Fods Længde. Derved viste det sig naturligviis, at Vandføringen aftog efterhaanden som Vandet blev opstemmet i Foringsrøret; men det viste sig tillige, at det var umuligt directe at bestemme Stigeheighten ved at opstemme Vandet saa høit, at Kilden ophørte at give Vand, fordi Vandet strømmede ud gjennem en Mængde Utætheder, samt banede sig Vei mellem Røret og Jorden. Jeg forsøgte da at udlede Kildens Stigeheight af den Maade, hvorpaa Vandføringen viste sig at aftage efterhaanden som Vandet opstemmedes i Foringsrøret, og kom derved til Erkjendelsen af en almindelig og meget vigtig Lov, som jeg senere fandt Bekræftelse paa ved alle Kilderne. Ved at sammenholde Resultaterne af de gjorte Iagttagelser, viste det sig nemlig, at Kildens Vandføring var proportional med den tabte Stigeheight, — hvorved jeg betegner Høiden fra Vandspeilet i Stigerøret til det Vandspeil, hvortil Kilden vilde stige, hvis den aldeles intet Aflob havde, — hvorved der dog maa gjøres et lille Fradrag i Trykheighte formedelst Rørledningens Modstand mod Vandstrømmens Bevægelse deri. Den saaledes fundne Lov for Vandets Bevægelse i de underjordiske Lag kan mathematisk fremstilles:

$$H - H_1 - h = A \cdot Q, \dots \dots \dots (1)$$

idet H betegner den Høide over dagligt Vand i Stranden, hvortil Vandspeilet i Stigerøret vil indstille sig, naar Kildens Aflob standses, H_1 betegner Høiden over dagligt Vand af Vandspeilet i Stigerøret, naar Kildens Vandføring er Q (t. Ex. pr. Secund), medens Trykheightetabet formedelst Ledningsmodstanden af Foringsrøret betegnes ved h og A betegner en Constant, som afhænger af Jordlagets Modstand imod Vandets Bevægelse i samme. Hvad Størrelsen h angaaer, da kan denne ifølge de bekjendte Love for Vandets Bevægelse i Rørledninger fremstilles i Fod ved:

$$h = \left(0,04 + 0,000288 \left(1 + \frac{1}{v}\right) \frac{l}{d}\right) v^2, \dots \dots \dots (2)$$

naar l og d betegne Rørledningens Længde og Diameter, og v betegner Strømhastigheden pr. Sec., udtrykt i Fod.

Som Exempel paa, hvorledes Formlen (1) stemmer med Naturforholdene, skal jeg sammenligne dens Resultater med Resultaterne af de første Maalninger, som udførtes den 20de December 1851. Ved at gaae ud fra den Vandstand, som fandt Sted i Stigerøret, da Boreredskaberne vare optagne, fandtes det, at den tilsvarende Vandføring udgjorde 0,425 Cubikfod pr. Sec.; ved derefter successivt at paaætte forskellige Stykker Rør af 2 Fods Længde, hævde Vandspeilet i Stigerøret sig efterhaanden 2, 4, 6 indtil 8 Fod over den oprindelige Stand, medens de tilsvarende Vandmængder derved fandtes formindskede henholdsvis

til 0,361, 0,300, 0,226 og 0,157 Cubikfod pr. Sec. Betegne vi nu Kildens totale Stigehøide over den oprindelige Vandstand ved $(H - H_1) = z$ og bemærke vi dernæst, at Stigerørets Længde var $l = 41$ Fod, dets Diameter $d = \frac{5}{12}$ Fod, saa findes Strømhastigheden v i Stigerøret henholdsvis at have været: 3,20, 2,70, 2,25, 1,70 og 1,17 Fod pr. Sec. for de 5 undersøgte Stadier af Vandspeilet i Stigerøret. Bestemmes nu først Trykhøidetabet formedelst Modstanden i Stigerøret for hvert af disse 5 Tilfælde, finde vi ifølge Formlen (2), at disse Tab respective have været: $h = 0,79, = 0,57, = 0,41, = 0,25, = 0,12$ Fod Vandhøide, og naar disse Værdier for h efterhaanden indsættes i Formlen (1), erholdes følgende 5 Betingelsesligninger til Bestemmelse af Størrelserne z og A :

$$\left. \begin{aligned} z - 0,79 &= 0,425 \cdot A \\ z - 2,57 &= 0,361 \cdot A \\ z - 4,41 &= 0,300 \cdot A \\ z - 6,25 &= 0,226 \cdot A \\ z - 8,12 &= 0,157 \cdot A \end{aligned} \right\}$$

hvilke selvfølgelig alle skulle give overensstemmende Resultater, saavidt Iagttagelsesfeil tillade det, forudsat at Formlen (1) er paalidelig. Naar vi af disse bestemme Størrelserne z og A efter den approximerede Qvadratmethode*), erholdes:

$$z = 12,25 \text{ Fod } \text{ og } A = 26,64,$$

og ved at indsætte den saaledes fundne Værdi for A i ovenstaaende 5 Ligninger faaes: $z = 12,11, = 12,19, = 12,40, = 12,27, = 12,30$ Fod, hvoraf Middeltallet er $z = 12,25$ Fod; Overensstemmelsen mellem disse 5 Tal viser ligefrem, at Formlen (1) er correct. Da dernæst Kildens Vandspeilsstand ved det første Forsøg var $H_1 = 47$ Fod o. d. V., saa fremgaaer let, at Grænsen for Stigehøiden af Kilden Nr. III var $H = 59\frac{1}{4}$ Fod o. d. V. — Efterat Boringen den 30te December var fuldendt, og Vandføringen, som allerede nævnt, var steget til c. 19000 Tdr. i Døgn, fandtes Modstandscoefficienten A formindsket til 9,5.

Ved paa samme Maade at bestemme hoieste Vandstand for Vandspeilet i Boringerne Nr. I og Nr. II fandtes den første Kilde at have en Stigehøide $H = 57,3$ Fod o. d. V. og den sidste Kilde at have en Stigehøide $H = 54$ Fod o. d. V.; men herved er dog at bemærke, at Stigehøiden for Vandet i Nr. II ikke tør betragtes som videre paalidelig, da Kilden kun førte lidt Vand, eftersom en mærkelig Deel af samme kan være afgivet til det sandede Jordsmon, som fandtes under Jordoverfladen.

Ved lignende Undersøgelser kom jeg efterhaanden til Kundskab om, hvilken Stigehøide Vandet omtrent maatte have paa forskjellige Punkter i det omhandlede Terrain og ved at sammenholde denne Stigehøide med Terrainhøiden kunde jeg da forud bestemme,

*) Videnskabernes Selskabs Oversigter for Aaret 1857, S. 52.

hvor der var Sandsynlighed for, at en ny Kildeboring vilde lykkes og hvor den af Mangel paa fornøden Stigehoide vilde mislykkes. Paa denne Maade havde jeg et Middel til at spare baade Uleilighed og Bekostninger ved nye Boringsforsøg paa Steder, hvor Vandet enten ikke vilde kunne stige til Jordoverfladen eller hvor det ialtfald ikke havde Stigehoide nok til at kunne give en kraftig Kilde. Til en vis Grad havde jeg saaledes lykkelig overvundet en af de Vanskeligheder, som var forbundet med at vælge Borestedet paa rette Sted; men dette gjaldt dog kun indenfor visse Grændser. Hvor man af særlige Grunde blev ledet til at begynde en Boring udenfor de Grændser, hvor Vandets Stigehoide ifølge de tidligere Boringer kunne betragtes som bekjendt, blev Udfaldet bestandig tvivlsomt. Dette var saaledes Tilfældet, da vi begyndte Boringen af Kilden Nr. IV paa Ballerup Mark, langt udenfor de Grændser, hvor Stigeholden kunde betragtes som bekjendt; men da det efter Forchhammers Anskuelse var i den vestlige Deel af Damhuussøens Opland, at Kildeterrainet skulde søges, blev Boringen sat i Værk omtrent 2000 Alen Syd for Ballerup. Denne Boring lykkedes imidlertid saa vel, at uagtet Afløbet laae i en Høide af $64\frac{1}{2}$ Fod o. d. V., var Kilden alt i Marts Maaned 1852 saa vandrig, at den daglig gav omtrent 10000 Tønder Vand med en Maximums-Stigehoide af 68,7 Fod o. d. V. Anderledes stillede derimod Forholdene sig ved den følgende Boring Nr. V paa Riisby Mark, hvor Terrainet er beliggende i en Høide af 63 Fod o. d. V.; thi efter at vi fra medio April til medio Juni 1852 havde gjennemboret de egentlige Jordlag samt et 30 Tommer tykt Flintlag i Saltholmskalken, naaede vi omtrent i en Høide o. d. V. af 30 Fod til et i Saltholmskalken værende vandførende Lag, som havde en bestemt Vandreisning af 56 Fod o. d. V., eller 7 Fod under Jorden. Fra medio Juni til medio Juli blev Boringen ført ned i Kalken til en Dybde af c. 24 Fod under dagligt Vande, og imidlertid aftog Vandreisningen jævnt omtrent $\frac{3}{4}$ Fod. Boringen Nr. V gav altsaa intet Vand og var for saa vidt mislykket; men ikke desto mindre har denne Boring, som vi skulle see, havt en ganske særegen Betydning for de artesiske Kilder.

I Begyndelsen af Juni Maaned 1852 blev Boringen Nr. VI paabegyndt ved Smedebæksbro ved Veien fra Skovlunde til Eiby, og alt efter Forløbet af faa Dage gav denne Boring saa meget Vand, at jeg derefter ifølge Formlen (1) kunde bestemme Kildens omtrentlige Stigehoide, hvilken derved fandtes at kunne anslaaes til c. 11 Fod over Jorden. Der var altsaa Anledning til at vente et godt Resultat af en fortsat Boring paa det valgte Sted, og da Boringen henimod Slutningen af Juli Maaned var fuldendt til en Dybde af 17 Fod under dagligt Vande, viste den sig at have en Vandføring af c. 15000 Tdr. i Døgnet og en Stigehoide af indtil 48 Fod o. d. V. eller $8\frac{1}{2}$ Fod over Jorden.

Da det dernæst, ved Sammenligning med Stigeholderne for Kilderne Nr. III og Nr. VI, viste sig, at Grundvandets Overflade havde Fald imod Øst fra Nr. III imod Nr. VI, ligesom Jordsmonnet, der har et saadant Fald fra Vest til Øst, at Overfladevandet har sit

naturlige Løb ned imod Damhuussøen gennem de derværende Vandløb, saa ledtes jeg videre til at antage, at der gik en stadig Strøm af Vand under Jorden i samme Retning som i det ovenover liggende Vandløb; da det derhos maatte ansees som sandsynligt, at Stigeoiden for det underliggende Vandløb overalt var høiere end Jordsmønnet langs Vandløbet til Damhuussøen, saa førtes Tanken hen paa at begynde Boringen Nr. VII ved Hanevad-Broen paa Veien fra Islemark til Skovlunde. Allerede efter faa Dages Forløb fandtes Boringen Nr. VII at give c. 1500 Tdr. Vand, og da jeg derefter, ifølge (1), bestemte Vandets Stigeoide, fandt jeg denne at være $5\frac{1}{2}$ Fod over Jorden eller 41,5 Fod o. d. V. Boringen blev derfor fortsat, og i Midten af September havde Kilden en Vandføring af c. 10000 Tdr. daglig, samt en Stigeoide indtil 40 Fod o. d. V. Ved dette Tidspunkt havde vi med Boringen naaet til en Dybde af 69 Fod under daglig Vande; men Kildeboringen fortsattes endnu videre indtil 87 Fod under daglig Vande, uden at Vandføringen tiltog.

Imidlertid blev i Slutningen af Juli Maaned en ny Boring paa Skovlunde Mark, Syd for Aalebroen ved Frederikssunds Landevei, paabegyndt; Terrainet laae $53\frac{1}{4}$ Fod o. d. V. Efter gennem Leer at have naaet til en Dybde af 50 Fod under Overfladen, gav Boringen lidt Vand, hvoraf jeg paa sædvanlig Viis bestemte Kildens Stigeoide = $55\frac{1}{2}$ Fod eller $2\frac{1}{4}$ Fod over Jorden. Paa Grund af denne lille Stigeoide blev Boringen strax standset og et nyt Borested Nr. VIII valgt paa Herlov Mark, Sydost for den opgivne Boring i en Afstand af omtrent 800 Alen derfra, paa et Terrain, hvis Høide kun var 39,5 Fod o. d. V., medens Stigeoiden, efter den nys nævnte Boring og Kilden Nr. VII, maatte antages at være omtrent 50 Fod o. d. V. Efter et Par Ugers Arbeide havde vi gennem Leer og Sand naaet til en Dybde af 36 Fod, og den borede Kilde havde da en Vandføring af c. 4000 Tdr. daglig, samt en Stigeoide af 10 Fod over Jorden eller 49,5 Fod o. d. V. Forsaaavidt var der altsaa virkelig Anledning til at vente en rig Kilde paa dette Sted, og i Midten af Februar 1853 beløb dens Vandføring sig virkelig ogsaa til mellem 9 og 10 Tusinde Tønder daglig; men da det, uagtet al anvendt Flid, ikke var muligt at komme igennem et mægtigt Flydesandslag, maatte Boringen tilsidst opgives, fordi Borehullet pakkede sig fuldt af Sand, som efter kort Tids Forløb standsede Vandføringen.

De samme Betragtninger, som havde fort til et heldigt Resultat ved den artesiske Kilde Nr. VII, førte naturligt videre til at udføre en Kildeboring endnu længere mod Øst, og i Slutningen af Juli 1852, — faa Dage efter at de første Forsøg til en Boring Nr. VIII bleve foretagne, — blev Boringen Nr. IX sat i Værk ved Slotsherrensbro, Nord for Damhuussøen, paa et Punkt, hvis Høide over daglig Vande var 29,5 Fod. Efter kort Tids Forløb var et Leerlag af $38\frac{1}{2}$ Fods Tykkelse gjennemboret, og efter derpaa gennem Kalk, Steen og Gruus at have naaet 41,5 Fods Dybde, kom der Vand, som gav 550 Tdr. daglig med en Stigeoide af $31\frac{1}{2}$ Fod o. d. V. eller kun $3\frac{1}{2}$ Fod over Udløbshøiden, som laae 28 Fod o. d. V. Boringen blev imidlertid fortsat gennem Kalk og Flint til en Dybde af

248 Fod eller 218 Fod under daglig Vande, og først sluttet i Begyndelsen af Januar 1853. Efterhaanden som Arbeidet skred frem, voxede nemlig Vandføringen saaledes, at den i Slutningen af October, da Boringen havde en Dybde af c. 160 Fod og da Vandstanden var c. 31,1 Fod o. d. V., omtrent beløb sig til 1250 Tonder i Døgnet; den 6te December bestemtes Kildens Stigehøide = 34,5 Fod o. d. V., og Boringen, som da havde naaet en Dybde af 220 Fod, gav 2600 Tdr. Vand daglig; den 15de Decbr., da Boringen havde en Dybde af 229 Fod, naaede Kilden sin største Vandføring, nemlig 2900 Tdr. i Døgnet, medens Vandføringen den 11te Januar 1853, da Boringen sluttedes i en Dybde af 248 Fod, kun var 2800 Tdr. daglig. Fra den Tid aftog Vandføringen stadig og udgjorde den 16de Decbr. s. A. kun 1300 Tdr. daglig.

Grunden til denne Variation af Vandføring for Kilden Nr. IX var mig oprindelig langtfra klar, da jeg antog, at den forøgede Vandmængde, som viste sig under Boringen, havde sin Grund deri, at den artesiske Boring efterhaanden passerede nye vandførende Lag, og at derimod den senere Aftagelse i Vandføring berøede paa en deelviis Tilstopning enten af Borehullet eller af de samme omgivende vandførende Lag. Ved de jævnligt foretagne Maalninger af Kildernes Vandføring og Stigehøide blev det mig imidlertid efterhaanden klart, at Kilden Nr. IX ikke var enestaaende i den Henseende, men at tværtimod samtlige Kildeboringer varierede paa lignende Maade baade med Hensyn til Vandføring og Stigehøide. Ved Observation af Vandstanden i Boringen Nr. V viste det sig navnlig, at medens Vandspeilet den 10de Juni 1852 stod 56 Fod o. d. V., faldt Vandstanden derefter i Aarets Løb bestandigt mere og mere indtil den 2den Novbr., da dets Høide var 53,6 Fod o. d. V. Fra den Tid steg Vandspeilet igjen og naaede den 15de December sin høieste Stand, nemlig 56,5 Fod o. d. V.; fra 7de Juni 1853, da Vandstanden var 54,7 Fod, faldt den igjen bestandigt indtil 18de Januar 1854, da den kun var 52,4 Fod o. d. V. Derpaa hævede Vandstanden sig lidt indtil Midten af Februar, men faldt saa igjen saaledes, at den i Juni samme Aar var 52,8 Fod o. d. V. Forandringen af Vandstanden i Nr. V i Løbet af de to Aar tydede altsaa paa, at de artesiske Kildeboringer havde formindsket den i Jorden værende Vandmængde gennemsnitlig med 1,6 Fod aarlig. Ved at sammenligne Vandstanden i Nr. V med Vandstanden i Nr. IX fremgik endvidere, at medens Nr. V fra Slutningen af October til 15de December 1852 steg 3 Fod, saa steg Vandstanden i Kilden Nr. IX omtrent 3,3 Fod, og denne Omstændighed førte mig paa den Tanke, at den observerede Tilvæxt i Vandføring for sidstnævnte Kilde maaskee udelukkende eller væsentligst havde sin Grund i den forøgede Vandrigdom i Jorden og deraf følgende Stigehøide. For at prøve, hvorvidt denne Formodning var rigtig, forsøgte jeg ved Hjælp af Formlen (1) at bestemme, hvor meget Stigehøiden for Nr. IX maatte have voxet, naar Forøgelsen af Vandføringen alene skulde hidrøre derfra, og ved til den Hensigt at gaae ud fra Maalningen den 6te December 1852 og derefter at sætte $H = 34,5$ Fod, $H = 28$ Fod og $Q = 2600$ Tdr.

Vand i Døgnen, fandt jeg Størrelsen $A = 0,0025$. Ved nu at indsætte denne Værdi for A i Formlen (1) erholdt jeg følgende Ligning til Bestemmelse af Stigehøiden for Nr. IX:

$$H = 28,0 + 0,0025 \cdot Q,$$

idet det lille Tryktal h , som hidrørte fra Modstanden i Foringsrøret, kunde betragtes som forsvindende.

Ved i denne Ligning, ifølge Maalningerne i October, at sætte $Q = 1250$ Tdr. i Døgnen, fandt jeg den tilsvarende Stigehøide at skulle være $H = 31,125$ Fod, og Observationen gav, at den var $= 31,1$ Fod. Det var altsaa klart, at fra det Øieblik vi naaede Dybden 155 Fod ved Boringen af Nr. IX, havde vi gjennemboret det vandførende Lag, og at den senere gjennemborede Dybde af c. 100 Fod kun tilsyneladende havde forøget Kildens Vandføring.

Men efter at jeg paa denne Maade var kommet til Erkendelse af, at Stigehøiden forandrede sig, kunde jeg ogsaa gjøre det omvendte Regnestykke, nemlig at bestemme Stigehøiden af en Kilde fra Tid til anden ved Hjælp af den Vandføring, som blev observeret. Ved for Kilden Nr. IX at udføre denne Regning, fremkommer følgende Oversigtstabel over Kildens Vandføring og Stigehøide:

Observations-Dagen.	Vandføring i Døgnen (observeret).	Kildens Stigehøide over daglig Vande.		Boringens Dybde.	Observations-Dagen.	Vandføring i Døgnen (observeret).	Kildens Stigehøide over daglig Vande.	
		Tdr.	Fod.				Tdr.	Fod.
10de August 1852 . . .	650	51,36	(observeret)	46	21de Juli 1853	1700	32,25	(beregnet)
21de Septbr. — . . .	1000	51,12	—	108	16de Aug. —	1550	31,9	—
15de til 29de Oct. — . .	1250	51,1	—	155 til 170	23de Septbr. —	1550	31,9	—
2den Novbr. —	1300	51,25	(beregnet)	176	21de Octbr. —	1450	31,6	—
19de — —	1850	52,6	—	206	17de Novbr. —	1400	31,5	—
2den Decbr. —	2300	53,8	—	217	16de Decbr. —	1300	31,25	—
6te — —	2600	54,5	—	220	15de Febr. 1854	1750	32,4	—
15de — —	2900	55,5	—	229	16de Marts —	1350	31,4	—
11te Januar 1853 . . .	2800	55,0	—	248	19de April —	1250	31,1	—
1ste April —	2600	54,0	—	—	16de Mai —	1200	31,0	—
3die Juni —	2200	53,5	—	—	15de Juni —	1150	29,9	—
30te — —	2000	53,0	—	—				

Da Størrelsen A , som indgaaer i Formlen (1), betegner den Trykhaide, som behøves for at drive 1 Tønde Vand i Døgnet gennem det vandførende Sandlag ind i Foringsrøret, saa er det tydeligt, at A kun beholder samme Værdi, saalænge Sandlaget beholder samme Tæthed, hvilket Sidste Erfaring desværre har viist kun finder Sted i en forholdsvis kort Tid. Under Udførelsen af en Kildeboring river nemlig det frembrydende Kildevand en Mængde Sand, forskjelligt efter Terrainets Beskaffenhed, med sig ind i Borebulet, hvilket da opskylles gennem Foringsrøret. Derved fremkommer der en forholdsvis let Udvei for Vandet i de Boringen nærmest omgivende Dele af det vandførende Lag, og dette giver sig tilkjende ved en forholdsvis stor Vandføring af Kilden; men efterhaanden som Kilden vedbliver at strømme, river Vandet nye Sandpartikler med sig henimod Borebulet, hvilke da igjen fylde de oprindelige Tomheder med Sand, og desto hurtigere, jo mindre Sandkornene ere og jo større Kildens Vandføring er. Derved voxer efterhaanden den Modstand, som Sandlaget ytrer imod Vandets Bevægelse, og dermed naturligt Størrelsen A , som indgaaer i Formlen (1); Følgen deraf er, at Vandføringen Q aftager. Men deraf følger videre, at naar vi beregne Kildens Stigehøide efter Formlen (1) under Forudsætning af at A har sin oprindelige Værdi, saa viser Stigehøiden sig aftagende i Tidens Løb, selv naar den i Virkeligheden har holdt sig uforandret. Det er saaledes egentlig kun en forholdsvis kort Tid, efter at Stigehøiden for Kilden er bestemt ved Observation paa den tidligere angivne Maade, at man kan være vis paa, at Stigehøiden nøiagtigt har den Størrelse, som beregnes efter Formlen (1) ved Hjælp af Vandføringen; hvad man derimod stedse vil kunne stole paa, er dette: at Stigehøiden til enhver Tid vil angive de Forandringer, som foregaae i Jorden paa Grund af Fugtighedsforholdene, skjøndt disse Forandringer i Reglen fremstille sig noget mindre end de i Virkeligheden ere. Af Hensyn til det saaledes Anførte har jeg indskrænket mig til for Kilden Nr. IX at anføre Resultaterne af de to første Aars Observationer, idet det tydeligt fremgik af Vandføringens gradvise Formindskelse, at væsentlige Tilsandinger fandt Sted og gjorde de følgende Observationer uskikkede til deraf at bestemme Kildens virkelige Stigehøide. I Aaret 1859 fandtes tilsidst bemeldte Kilde aldeles tilstoppet og standset.

Paa samme Maade som for Kilden Nr. IX har Formlen (1) givet mig Midler til at undersøge paa hvilken Maade Stigehøiden for hver af de andre artesiske Kilder har varieret i Tidens Løb, og specielt skal jeg henlede Opmærksomheden paa Kilderne Nr. I, III, VI og VII, der med Kilden Nr. IX alle ligge i en Linie fra Vest til Øst, og alle gaae ned til de vandførende Lag i Saltholmskalken.

Resultatet af disse Undersøgelser viser sig tydeligt, naar vi betragte den graphiske Fremstilling af de sidste 20 Aars Observationer, som findes paa den vedføjede Plan I, hvorpaa Observationstiden er afsat som Abscisse, medens de forskjellige Kilders Stigehøider ere afsatte som Ordinater. De tilsvarende Curver, som altsaa fremstille Høiden af det

underjordiske Vandspeil for hver af de omhandlede Boringer, vise os de Forandringer, som Jordens Vandrigdom har undergaaet i den forløbne Tid. Foruden de nævnte Kilders Stige-høider finder man tillige angivet Resultatet af de directe Maalninger over Vandstanden i Boringen Nr. V paa Riisby Mark, hvilken Boring siden de artesiske Kilders Anlæg har tjent som et Slags Vand-Barometer til at angive Jordens eller rettere de underjordiske Lags Vandrigdom. Som saadan har denne Boring været Vandvæsenet til stor Nytte; thi efter dens Vandstand have vi til alle Tider haft en nogenlunde klar Forestilling om, hvorledes Vandrigdommen i Jorden var, og hvorvidt vi som en Følge deraf kunde stole paa de artesiske Kilder med Hensyn til Kjøbenhavns Vandforsyning. Da Boringen Nr. V ikke var vandførende, fandt her ikke den Tilsanding Sted, som jeg foran har omtalt ved de vandførende Kilder; men i ethvert Tilfælde kan en Tilsanding af Boringen Nr. V ingen Indflydelse have haft paa Vandreisningen, der stedse havde Tid nok til at indstille sig efter Vandstanden i Jorden. I Løbet af en halv Snees Aar blev denne Boring stadigt benyttet som Vandstandsmaaler; men ved Begyndelsen af Aaret 1863 fandtes Borehullet tilstoppet af Jord, som var nedstyrtet deri, hvorfor de hidtil regelmæssigt udførte Vandstandsmaalninger maatte ophøre. Da det imidlertid efterhaanden blev mere og mere klart, at vi ikke kunde undvære vort Vand-Barometer, fordi vi uden dette ikke vidste, hvorvidt den Aftagen, som Kilderne i Aarene 1864—1866 viste, havde sin Grund i en virkelig Udtømmning af Jordens Vandrigdom gennem Kilderne eller i en Tilstopning af Kilderne, saa blev det besluttet ikke blot at Boringen Nr. V skulde istandsættes, men at der desuden i Nærheden af Kilden Nr. III paa et høiere liggende Sted skulde udføres en ny Boring, der ligesom Nr. V kunde tjene som Maalested for Vandreisningen i Jorden og som endnu mere directe end Nr. V kunde tjene som Vandstandsmaaler for Kilden Nr. III. Fra August 1867 findes derfor paa den medfølgende Plan I angivet de observerede Vandstandshøider baade for Nr. V og for Nr. III. Saavel de ligefrem observerede Vandstandshøider, som ogsaa de Høider, der ere beregnede ved Hjælp af de observerede Vandføringer af Kilderne, ere som sagt afsatte paa Planen ved Punkter, der ere forbundne med fuldt optrukne Linier. De punkterede Vandstandslinier, som findes paa Plan I, antyde derimod kun den sandsynlige Vandstandshøide for visse af Kilderne, hvor directe Maalninger mangle.

Naar vi sammenligne de saaledes bestemte Vandstandshøider, som findes angivne paa Plan I for de forskjellige artesiske Boringer i Damhuussøens Opland, viser det sig tydeligt, at Grundvandspeilets Stand i Jorden i alt Væsentligt stiger og falder paa alle Punkter af det hele Terrain efter den samme Lov og navnlig saaledes, at alle Variationerne ere saa nær proportionale, at dersom directe Observationer havde manglet for nogle af Kilderne undtagen ved Begyndelsen og Enden af det betragtede Tidsrum, saa vilde man meget nær have kunnet construere hele den manglende Vandstandslinie proportionalt med den Vandstand, som samtidigt fandt Sted i Boringen Nr. V.

Paavisningen af dette Forhold er naturligvis af stor Betydning, fordi det lærer os, at alle vore Kilder staae i underjordisk Forbindelse med hinanden saaledes, at den ene maa indvirke paa den anden. Men denne Erfaring viser paa den anden Side tillige, at de vandførende Lag, hvorfra de artesiske Kilder have deres Udspring, ere udstrakte under hele Damhuussøens Opland. Antage vi, hvad jeg troer kommer Sandheden temmelig nær, at de Grønsandslag, der danne Oplandet for de artesiske Kilder, have en Udstrækning af omtrent en Kvadratmiil, ligesom Damhuussøens Opland, samt at der i middelfugtige Aar aarligt synker en Vandhøide af omtrent 6 Tommer ned til disse Lag, — hvilket, efter hvad jeg alt tidligere i 1860 i Tidsskrift for Landøkonomi har søgt at vise, er den Vandmængde, som i middelfugtige Aar løber ned til de vandførende Lag i Jorden, — saa kunne vi gjøre Regning paa, at det underjordiske Lag, hvorfra Kilderne have deres Udspring, i middelfugtige Aar gjennemsnitlig har en Vandføring af circa 180000 Tønder daglig.

Dette er vistnok en betydelig Vandføring, men det maa ogsaa erindres, at det er hele det underjordiske Grønsandslags Middelvandføring, hvorom der her er Tale; at opsamle hele denne Vandmængde ved Hjælp af de artesiske Kilder i Damhuussøens Opland vilde aabenbart være forbundet med saa betydelige Omkostninger, at der ikke lettelig kunde blive Spørgsmaal derom. Men dertil kommer, at Grønsandslagenes Vandføring er meget variabel; størst om Vinteren og mindst om Sommeren, og derhos betydeligt større i vandrige end i vandfattige Aar. Vandstandsmaalningerne i Boringen Nr. V give os altsaa paa een Gang baade et Maal for Jordlagenes Vandholdighed og for de artesiske Kilders Vandrigdom, samt desuden et Mittel til at bestemme, hvorvidt de Forandringer i Vandføring, som Kilderne Tid efter anden undergaae, ere begrundede i Forandringer af Grønsandslagenes Vandrigdom eller kun ere af lokal Oprindelse, foranledigede ved en deelviis Til-sanding af de paagjældende Kilder.

Siden Aaret 1854 er der foruden Maalningerne af Vandstanden i Boringen Nr. V kun udført faa paalidelige Maalninger til Bestemmelse af Stigehøiden ved de forskjellige Kilder, hvilket væsentligt har sin Grund deri, at det efterhaanden som de ældre Kilder sandede til blev nødvendigt at bore nye Kilder, som i Forbindelse med de ældre gjorde Bestemmelsen af Stigehøiden baade vanskelig og tvivlsom. I November 1857 fandt jeg dog Leilighed til at foretage en Bestemmelse af Stigehøiderne for Kilderne Nr. III og Nr. VI, og senere hen i December Maaned samt i den paafølgende Februar desuden en Bestemmelse af Stigehøiderne for Kilderne Nr. VII og Nr. VI, saaledes som angivet paa Plan I. Grundet paa disse Bestemmelser har jeg ved Hjælp af Vandspeilsstanden i Nr. V construeret Vandstandslinierne for Kilderne Nr. III, VI og VII for Tidsrummet fra Juni 1854 til November 1857, saaledes som det ved punkterede Linier er angivet paa Plan I, og det er min Overbeviisning, at de virkelige Vandstandslinier, hvis de ligefrem havde været maalte, meget nær vilde have stillet sig som de punkterede Linier angive. Fra 1857 til 1863

findes alene Høidebestemmelser for Vandstanden i Nr. V, og senere, da denne Boring tilstoppedes, gives der slet ingen Høidebestemmelser for Vandstanden paa det hele Terrain før i August Maaned 1867, da vi atter fik Vandstandsmaaleren Nr. V i Orden og tillige fik boret den nye Vandstandsmaaler i Nærheden af Kilden Nr. III. De derved observerede Vandstandshøider ere, som alt bemærket, angivne paa Planen, og disse Maalinger vise maaskee endnu tydeligere end de tidligere Angivelser, at Vandstanden paa de to Steder under sædvanlige Forhold varierer næsten ganske paa samme Maade. Da dernæst enhver extra Sænkning af Vandstanden ved Nr. III, fremkaldt ved Pumpning paa disse Kilder, sees at frembringe en tilsvarende Sænkning af Vandstanden Nr. V — en Sænkning, som vel ikke er saa stor som den Pumpningen fremkalder i den umiddelbare Nærhed af Nr. III, men dog er fuldkommen stor nok til at vise Virkningen af Pumpningen — saa er det derved ubestrideligt bevist, at Kilderne staae i directe Forbindelse med hinanden gennem de vandførende Lag.

At Kildeboringerne baade indvirke paa hinanden og ved deres Vandføring have fremkaldt en blivende Formindskelse af Vandets Stigehøide i Jorden, kan tydeligt sees ved en Betragtning af Kilderne Nr. I og III, der bleve aabnede i Slutningen af Aaret 1851; thi Maalingerne af Stigehøiderne for disse Kilder vise fuldstændigt, at skjøndt Nr. III oprindeligt havde den høieste Vandstand, forandrede Forholdene sig efterhaanden saaledes, at Vandstanden i August 1852 var lige stor for Nr. I og Nr. III, samt at Vandstanden senere bestandigt har været mindre for Nr. III end for Nr. I. Oprindeligt synes altsaa Grundvandet fra Omegnen af Nr. III at have havt Fald og altsaa ogsaa Løb baade imod Øst og Vest; men ved Aabningen af de store Kilder ved Nr. III forandrede Forholdene sig saaledes, at Grundvandet fra Nr. I fik Fald imod Nr. III. Efter Forløbet af et Par Aar synes Kilden Nr. III at have naaet en saadan Stadighed, at Stigehøiden senere har holdt sig c. 3 Fod lavere end Vandstanden i Nr. V; thi endnu 7 Aar derefter finde vi denne Forskjel i Stigehøide for disse to Boringer. Efter Forløbet af et Par Aars Tid synes derfor alle Kilderne nogenlunde at være komne i Ligevægt igjen efter den Forstyrrelse, som fremkaldtes ved deres Frembrud, og siden den Tid finde vi Vandstanden i Jorden at have et temmelig stadigt Fald fra Vest imod Øst, fra Kilden Nr. I indtil Nr. IX ved Slotsherrens Bro, omtrent saaledes:

Fra Kilden Nr. I til Nr. III falder Vandspeilet	c. 3 $\frac{3}{4}$ '	paa 3000 Al.	eller	c. 1 : 1600
— — III — VI —	c. 5'	— 2400 —	—	c. 1 : 1000
— — VI — VII —	c. 5'	— 2600 —	—	c. 1 : 1000
— — VII — IX —	c. 8'	— 4500 —	—	c. 1 : 1100,

hvoraf med fuldstændig Sikkerhed følger, at der under hele Damhuussøens Opland gaar en underjordisk Strøm fra Vest til Øst. Heraf drog jeg i sin Tid videre den Slutning, at den hele underjordiske Strøm sandsynligviis fulgte Grønsandslaget under det store Dalstrøg,

hvori Damhuussøen er beliggende, lige ned til Kallebostrand med Udløb i Nærheden af Flaskekroen, altsaa i fuldstændig Overensstemmelse med Overfladevandets naturlige Løb til Stranden; men denne sidste Slutning var ikke rigtig; thi da vi under de senere Aars Mangel paa Vand forsøgte at bore Kilder i det nævnte Dalstrøg Syd for Damhuussøen for derved om muligt at opfange en Deel af det Vand, som efter Antagelsen løb underjordisk denne Vei ad Stranden til, fandtes det, at den formodede store Vandstrøm slet ikke fandtes i dette Dalstrøg, noget, som den ringe Vandføring i Forhold til Stigehøiden af Kilden Nr. IX maaskee alt burde have sagt mig. Men idet det herved er beviist, at Grundvandet ikke følger den nys betegnede Retning, opstaaer der Spørgsmaal om at bestemme ad hvilke andre Veie det naaer til Stranden, og Svaret paa dette Spørgsmaal kan neppe blive tvivlsomt, naar vi betænke, at de vandførende Gronsandslag strække sig i sydlig Retning lige til Kjøgebugt og Kallebostrand, og at det er en Erfaring fra en Mængde Boringer, som ere blevne udforte paa Terrainet mellem Damhuussøens Opland og Kjøgebugt, at de vandførende Lags Stigehøide er desto mindre, jo mere Boringerne nærme sig Strandbredden. Deraf følger nemlig tydelig, at Grundvandet i Jorden ikke blot, som vi have seet, har Fald imod Øst, men tillige har Fald imod Syd og at det resulterende Fald altsaa gaaer i en syd-østlig Retning. Betænkes dernæst fremdeles, at Kilderne Nr. III, der ligge i en Afstand af c. 17000 Alen fra Kjøgebugt, have en Stigehøide af c. 50 Fod, vil det sees, at den underjordiske Strøm gjennemsnitlig har et Fald af omtrent 1:700 i sydlig Retning samtidig med, at Strømmen har et Fald af c. 1:1000 i østlig Retning, og det bliver derfor mere end blot sandsynligt, at Grundvandet fra Damhuussøens Opland maa have Aflob til Kjøgebugt og Kallebostrand igjennem Kildevæld i Stranden mellem Store-Veileaa og Flaskekroen.

Da Kjøbenhavn for en Deel er forsynet med Vand fra de artesiske Kilder, har det naturligviis stor Betydning for Staden at vide, hvorvidt man kan stole paa disse Kilder. For at komme til Klarhed desangaaende var det magtpaaliggende at vide, hvorledes de kildeførende Lags Vandrigdom afhænger af Regnmængden eller Nedslaget; thi at Kildernes Vandrigdom er afhængig af det atmosfæriske Nedslag, er ikke blot i og for sig klart, men fremgaaer ogsaa tydeligt, naar vi paa Plan I betragte Kildernes Stigehøider i de forskjellige Aar og derhos lægge Mærke til, hvorledes Regnmængden har varieret i disse Aar. En Mængde Forsøg, som jeg paa et tidligere Stadium, efter at Kildeboringerne vare sluttede, har udført for at finde den Lov, hvorefter Kildernes Vandrigdom afhænger af Regnmængden, forbleve imidlertid uden Resultat, da det ved nærmere Undersøgelse viste sig, at uagtet Stigehøiden for Nr. V i det Hele voxede med Nedslaget, saa varierede denne Høide dog ikke paa samme Maade som Nedslaget i Aarets Løb. Først efter at jeg i Aaret 1860 havde fuldført min tidligere omtalte Undersøgelse over Fugtighedsforholdene i Kjøbenhavns Omegn, klarede Forholdet sig væsentligt. I den nævnte Afhandling har jeg nemlig, foruden at give

en Oversigt over Resultaterne af forskellige Iagttagelser angaaende Nedslaget og Fordampningens Størrelse i Aarene 1848—1859, givet en Fremstilling af en Deel Resultater, som bleve vundne i Aarene 1852 til 1853 ved to Systemer af Drainledninger, der af Vandvæsenet vare blevne nedlagte for at komme til Kundskab om, hvorvidt man ved almindelig Draining af Markerne vilde kunne forskaffe sig en Vandmængde, der kunde komme Stadens Vandforsyning til Gavn.

Det ene af disse Systemer af Drainrør blev lagt paa 1 Tønde Land leret Jord i Nærheden af Damhuset, og bestod af trede paralleltløbende Drainledninger beliggende i 5 Fods Dybde og 40 Fods indbyrdes Afstand; det andet Drainrørsystem, der ganske blev udført paa samme Maade, blev lagt i Nærheden af Islehuus paa 1 Tønde Land sandet Jord. De maanedlige Vandmængder, som disse to Systemer af Drainrør have givet i Tidsrummet fra Januar 1852 til April 1854 kunne, naar de udtrykkes i Fod Vandhøide fordeelt paa Arealet af 1 Tønde Land, fremstilles i følgende Tabel, som tillige paa samme Maade angiver Nedslaget Størrelse for Damhuussøen.

Observationstiden.	Regnmængde.	Drainvandsmængde		Anmærkning.
		ved Damhuset.	ved Islehuus.	
	Fod.	Fod.	Fod.	
Januar 1852	0,25	0,22	0,09	I Novbr. og Decbr. 1851 var den samlede Regnmængde = 0,88 Fod. Drainvandsmængden i disse to Maanedre er vel ikke observeret, men antages omtrent at have udgjort for Damhuset 0,20 Fod og for Islehuus 0,10 Fod.
Februar —	0,26	0,43	0,12	
Marts —	0,06	0,14	0,06	
April —	0,07	0,06	0,02	
Mai —	0,26	0,02	0,01	
Juni —	0,24	0,00	0,00	
Juli —	0,03	0,00	0,00	
August —	0,15	0,00	0,00	
Septbr. —	0,25	0,00	0,00	
Octbr. —	0,33	0,00	0,00	
Novbr. —	0,41	0,15	0,03	
Decbr. —	0,34	0,46	0,25	
Januar 1853	0,23	0,43	0,26	
Februar —	0,12	0,12	0,09	
Marts —	0,11	0,10	0,08	
April —	0,28	0,24	0,15	
Mai —	0,13	0,11	0,05	
Juni —	0,08	0,00	0,00	
Juli —	0,25	0,00	0,00	

Observationstiden.	Regnmængde.	Drainvandsmængde		Anmærkning.
		ved Damhuset.	ved Islehuus.	
	Fod.	Fod.	Fod.	
August 1853	0,19	0,00	0,00	
Septbr. —	0,15	0,00	0,00	
Octbr. —	0,11	0,00	0,00	
Novbr. —	0,04	0,00	0,00	
Decbr. —	0,02	0,00	0,00	
Januar 1854	0,15	0,00	0,00	
Februar —	0,17	0,00	0,00	
Marts —	0,06	0,00	0,00	
April —	0,07	0,00	0,00	

Af denne Tabel kan, som jeg alt tidligere har gjort opmærksom paa, udledes:

1. At i Vinterhalvaaret (Novbr.—April) 18 $\frac{51}{52}$ var Drainvandsmængden fra Leerjorden ved Damhuset næsten lige stor med Regnmængden (1,02 Fod), medens den ved Islehuus kun var 0,39 af Regnmængden.
2. At Afløbsmængden ved begge Systemer af Drainrør i Sommerhalvaaret (Mai—Octbr.) 1852 var forsvindende lille, uagtet Regnmængden var = 1,26 Fod.
3. At Afløbsmængden i Vinterhalvaaret (Novbr.—April) 18 $\frac{52}{53}$ ved Damhuset atter var lige stor med Regnmængden (1,49 Fod), hvorimod den ved Islehuus kun udgjorde 0,57 af Regnfaldet.
4. At Afløbsmængden i Sommerhalvaaret (Mai—Octbr.) 1853 for begge Systemer af Drainrør atter var høist ubetydelig, skjøndt Regnmængden var = 0,90 Fod.
5. At i Vinterhalvaaret 18 $\frac{53}{54}$, da Regnmængden kun udgjorde 0,51 Fod, var Afløbsmængden for begge Systemer af Drainrør = 0.

Af disse Undersøgelser fremgaaer derfor, at ikke hele Vinterregnen afløber gennem Drainrørene, men at mere end $\frac{1}{2}$ Fod af Regnhoiden optages og holdes tilbage i Jorden; naar Drainingen ved Damhuset i de to første Vinterhalvaar har givet Vandmængder, der vare lige store med Regnmængderne, er dette et Tegn paa, at Oplandet i Virkeligheden har været større end den paaregnede Tønde Land, hvilket ogsaa i og for sig har Sandsynlighed for sig, da det kun var den nederste Deel af Marken, som blev drainet. Ved Islehuus, hvor hele Marken var horizontal, viser Forholdet sig at være heelt anderledes; men her maa det paa den anden Side antages for rimeligt, at en Deel Vand er løbet forbi Drainrørene ned i de dybere liggende Sandlag saaledes, at Drainvandsmængden har været mindre

end den Vandmængde, der virkelig løb ned i Jorden og derigjennem fandt Afløb. Hvad der imidlertid herved for Øieblikket er det meest lærerige, er dette, at de angivne Undersøgelser vise, at selv i meget fugtige Somre synker der næsten intet Vand ned til en Dybde af 5 Fod, men at hele Regnmængden fordamper og forsvinder saa at sige i Jordoverfladen. En Deel af Regnmængden forsvinder aabenbart paa denne Maade i alle Aarets Maaneder, og det er derfor ogsaa klart, at der efter den egentlige Vintertid bestandigt trænger mindre og mindre af den faldne Regn ned i Jorden lige indtil det Tidspunkt, da al dybere Nedtrængning af Grundvand standser, hvilket i Reglen skeer i Begyndelsen af Mai Maaned. Fra Mai til Octbr. er altsaa Nedtrængningen af Vand til de underjordiske vandførende Lag i Reglen ophørt og begynder først igjen i Novbr. Maaned, for derefter i Almindelighed at vedvare indtil Begyndelsen af Mai næste Aar. Heraf følger det for vore artesiske Kilder vigtige Resultat, at de underjordiske vandførende Lag, hvorfra disse Kilder have deres Udspring, i Reglen kun faae Tilgang af Vand fra Jordoverfladen paa de Tider (Novbr.—April), hvor Drainrørene give Vand, samt at disse Kilder vilde miste en Deel af deres nuværende Vandrigdom, dersom Damhuussøens Opland blev kunstigt drainet til en større Dybde end den, hvori Grundvandet nu staaer.

Det er altsaa Vinterhalvaarets Nedslag, som forsyner baade Drainledningerne og de kildeførende Lag med Vand, og Tidsrummet, hvori dette skeer, er i Reglen fra November til Begyndelsen af Mai. Da dette Nedslag for en stor Deel bestaaer af Sne, som kan henligge flere Maaneder paa Jorden uden at tøe, kan Mængden af Vand, som i Vintertiden synker i Jorden, dog vise sig fordeelt paa en ganske anden Maade end Nedslaget; en saadan Forskjel i Fordelingen viser sig derfor ogsaa som Regel, hvad enten vi sammenligne Nedslaget med Drainrørenes Vandføring eller med Kildernes Stigehoide. I November og December Maaneder, før Frosten indtræder, vise Kilderne i Almindelighed en rig Tilgang af Vand; senere hen derimod, naar Frosten forhindrer Nedslaget fra at synke i Jorden, standser Tilgangen til de vandførende Lag for en Tid indtil henimod Foraars-tøbrud, hvor en rigelig Tilgang af Vand atter viser sig. For bedre at kunne sammenligne Stigningen af Vandstanden ved Kilderne med de Mængder af Vand, som synke i Jorden og finde Afløb gennem Drainrørene, har jeg paa Plan II, foruden Stige høiden for Boringen Nr. V, angivet Mængderne af Drainvand, som i Aarene 1852 og 1853 bleve fundne at afløbe gennem de to nævnte Systemer af Drainledninger, samt til yderligere Sammenligning mellem Kildernes og Drainledningernes Vandføring paa den ene Side og Nedslaget paa den anden, er tillige angivet de maanedlige Nedslag af Regn og Sne, som ere maalte ved Damhuussøen, idet jeg for Tydeligheds Skyld særligt har fremhævet den i Vinterhalvaaret faldende Regn- og Sneemængde, hvorfra Kilderne saavel som Drainledningerne modtage deres væsentligste Tilgang. Ved at betragte disse Forandringer i Jordens Vandstandshøide og sammenligne dem dels med de faldne Vandhøider, dels med Høiderne

svarende til de Vandmængder, som have fundet Afløb gennem begge Systemer af Drainledninger, viser der sig en saadan Overensstemmelse, at der næppe kan være nogen Tvivl om, at det virkelig i alt væsentligt er Vinterregnmængden, som forsyner baade Drainledningerne og de kildeførende Lag med Vand. — Paa den første af disse Planer har jeg fremhævet de forskjellige Tidsrum, i hvilke det har været nødvendigt at foretage Oppumpning af Vand fra de artesiske Brønde, hvilke Pumpninger ere udførte ved Kilderne Nr. III, VI & VII; naar vi derved lægge Mærke til, under hvilke Forhold det har været fornødent at forøge Vandmængden til Stadens Forsyning ved Hjælp af Pumpning paa Kilderne, viser det sig, at Nødvendigheden netop indtræder i de Aar, som følge efter vandfattige Vintre, fordi disse ere utilstrækkelige til at afgive saa stort et Quantum Overfladevand, som behøves til Søernes Fyldning, og da vandknappe Vintre tillige gjøre Jordlagene fattige paa Vand, vil Pumpning altsaa fortrinsviis indtræde, naar Jordlagenes Vandrigdom er forholdsviis lille og tillige er mindst at stole paa.

De saaledes paaviste Forhold ved de artesiske Kilder have givet mig Anledning til flere forskjellige Betragtninger angaaende Vandrigdommen af de vandførende Lag, hvilke Betragtninger jeg dog ikke her skal gaae nærmere ind paa, fordi de endnu ikke kunne anstilles med den fornødne Grad af Sikkerhed. Derimod skal jeg fremhæve et Forhold, som Pumpningerne paa Kilderne i Aarene 1868, 69 og 70 mere bestemt har lagt for Dagen. Ved at betragte Vandstanden i de to Maalerer Nr. III og Nr. V findes det, at naar der ikke pumpes ved Nr. III, er Vandstanden ved Nr. V mellem 4 og 5 Fod høiere end ved Nr. III, og da Afstanden mellem disse Kildeboringer er c. 3500 Alen, saa vilde altsaa Vandspeilsfaldet i Jorden, hvis det var jævnt, under sædvanlige Forhold beløbe sig til c. 1:1400 fra Nr. V til Nr. III. Naar der derimod pumpes paa sidstnævnte Kilder, sænker Vandstanden sig ved begge Kildeboringer saaledes, at der fra Nr. V til Nr. III fremkommer et Vandspeilsfald af c. 10 Fod eller c. 1:700, hvilket da er ligestort med det tidligere paaviste Vandspeilsfald til Kallebostrand. Som en Følge deraf kan det antages, at under Pumpning paa Kilderne forandres Vandspeilsfaldet i Jorden saaledes, at Vandet erholder samme Fald imod Nr. III fra et Punkt Vest for Nr. V, i Nærheden af Riisby, som det, hvorunder Grundvandet fra Nr. III sædvanligt strømmer til Stranden, naar der ikke pumpes paa Kilderne. Men derved bliver det aabenbart hoist sandsynligt, at til daglig Brug, naar der ikke pumpes, modtager Nr. III ikke Vand fra Omegnen af Nr. V, men kun fra et Punkt, som er beliggende mellem disse to Maalesteder noget indenfor den sydvestlige Grændse for Damhuusøens Opland, idet Grundvandet fra Omegnen af Nr. V rimeligviis søger Kallebostrand. Ved Pumpning paa Kilderne forandres Forholdene derimod saaledes, at selv Grundvandet fra Strækninger, der ligge et godt Stykke udenfor Damhuusøens Oplands Grændser, drages hen imod de artesiske Brønde og derigjennem kommer Kjøbenhavns Vandforsyning til Gavn.

Uagtet de Erfaringer, som saaledes bleve samlede ved de artesiske Kilder, i det Hele vare vel skikkede til at give en rigtig Anskuelse angaaende de underjordiske Strømningsforhold, saa vare de dog ikke tilstrækkelige til at bibringe mig en saa klar Forestilling om Grundvandets Bevægelse, som behøvedes for paa tilfredsstillende Maade at kunne gjøre Rede for de Love, hvorefter Grundvandet bevæger sig i Jorden. Da der ikke faldt mig noget Middel ind, hvorved jeg vilde kunne bringe Sagen til Klarhed, forblev der bestandigt noget Utilfredsstillende for mig ved de Undersøgelser af Kilderne, hvorpaa jeg havde anvendt saa megen Tid. En lang Tid hengik derfor før jeg atter kom ind paa denne Række af Undersøgelser over Grundvandets Løb, og da ad en heel anden Vei end tidligere. Ved nemlig paany at tænke over denne Sag, faldt det mig ind, at afgjørende Forsøg over Lovene for Grundvandets Bevægelse i Jorden maatte kunne udføres paa en temmelig simpel Maade, nemlig ved at lade en given Vandmængde strømme gennem forskellige Sand- og Gruuslag, medens man observerer hvor stort det tilsvarende Vandspeilsfald er for hvert af de undersøgte Jordarter.

Jeg lod derfor i Aaret 1870 paa Vandværkspladsen opstille en af Træ dannet Maalekasse, som tilhørte Vandinspecteur Poulsen, der velvilligt overlod mig samme til Benyttelse. Kassen var udført af sammenplejede 3 Tommers Planker og indvendigt udført med et tyndt Lag af Portlands-Cement. Den havde en indvendig Længde af c. $11\frac{1}{2}$ Fod, en Dybde af c. $16\frac{1}{2}$ Tomme og en indvendig Brede af 23 Tommer. Ved den indvendige Centering var Bundfladen formet saaledes, at dens Flade krummede sig op og løb jævnt over i de lodretstaaende Sideflader uden skarpe Overgange; men Kassens indvendige Tværnsnitsareal var forøvrigt temmelig nær constant langs hele Længden og udgjorde c. $2,33 \square$ Fod. Denne Maalekasse, som forøvrigt var forarbejdet i et heelt andet Øiemed, var ved et Tværskillerum deelt i to Rum, hvoraf det ene havde en Længde af c. $10\frac{1}{2}$ Fod, medens det andet kun havde en Længde af c. 1 Fod. Begge disse Rum bleve satte i Forbindelse med hinanden saaledes, at det filtrerede Vand, som jeg i en stadig Strøm lod indstrømme fra Vandværket i den mindre Afdeling, flød derfra fuldkomment jævnt over til den større Afdeling, hvori Forsøgene anstilledes. I begge Ender af dette større Rum blev der nedlagt Smaasteen i en Længde af Kassen af omtrent 1 Fod, og mellem disse to Steenlag blev det Materiale, hvis Ledningsmodstand mod Vandets Bevægelse jeg vilde undersøge, anbragt i en Længde af c. $8\frac{1}{2}$ Fod. Det fra Vandværket tilstrømmende filtrerede Vand passerede altsaa fra det mindre Rum gennem Tværskillerummet ind i det tilstødende Steenlag, hvori det fordeelte sig saaledes, at det tilflød Forsøgsmaterialet fuldkommen eensformigt og jævnt. Efter at Vandet havde gennemstrømmet Forsøgsmaterialet, traadte det ud i det i Kassens anden Ende værende Steenlag, hvori Vandet fandt en let Udvei gennem et i Kassens Ende flade værende Afløbsrør, der var bevægeligt saaledes, at jeg ved at aabne en Hane paa Røret kunde lade Afløbet finde Sted i hvilken Høide jeg ønskede; dette Afløbsrør tjente da for-

øvrigt til at bestemme Størrelsen af den Vandmængde, som i en given Tid strømmede gennem det i Maalekassen anbragte vandførende Lag. Ved at give Maalekassen et større eller mindre Fald fra Indstrømningsbassinet til Udstrømningsrøret og ved derhos at maale Vandstandsheighten i de to Steenlag ved begge Ender af Forsøgs materialet kunde jeg bestemme Vandspeilfaldet i den undersøgte Jordart svarende til den stedfindende Vandføring. For at kunne holde constant Vandspeilshøide ved Indløbet, var det lille Bassin forsynet med et krumt Afløbsrør, der kunde stilles saaledes, at Vandspeilet i Bassinet stadigt holdtes i den Høide, som jeg ønskede, idet alt det overflødig Vand, som tilfortes, bortstrømmede gennem dette Afløbsrør. Da Maalekassens indvendige Brede, som angivet, var 23 Tommer, formindskedes Strømmens Tværsnitsareal med $0,16 \square$ Fod for hver Tomme Strømmens Vandspeil laae under Maalekassens Overkant, og Strømmens Tværsnitsareal s udtrykt i Qvadratfod kunde derfor bestemmes efter Formlen:

$$s = 2,33 - 0,16 \cdot n,$$

idet n betegner det Antal Tommer, Vandspeilet fandtes at ligge under Maalekassens Overkant.

Jeg har paa denne Maade udført Forsøg over Vandets Bevægelse, deels i almindelig reen skarp Filtersand, deels i almindelig skarp Gruus og endelig i bornholmsk Gruus og vil nu begynde med at give en Oversigt over de Resultater, som erholdtes ved Forsøgene med Filtersandet.

Imellem de to Lag af Smaasteen, som anbragtes i begge Ender af Maalekassen, blev altsaa Rummet fyldt med Filtersand i en Længde af 8,6 Fod, og efter at dette Sandlag var omhyggeligt nedlagt og jævnet, blev der paasat Vand, som efterhaanden gennemstrømmede Sandet fra den ene Ende af Maalekassen til den anden indtil det tilsidst flød fuldkommen klart bort igennem Maalerøret i Kassens nederste Ende. Sandets Fiinhed var saa stor, at der omtrent gik 80 Sandkorn paa en Længde af $1\frac{1}{2}$ Tomme. Ved alle de anstillede Forsøg over Vandets Bevægelse blev det iagttaget, at Apparatet var i fuldkommen jævn Gang for Maalningerne udførtes, og Resultaterne af de under disse Forhold foretagne Maalninger vare følgende:

Forsøg med Filtersand.

Forsøgets Nummer.	Forsøgets Dato.	Maalekassens Fald paa 8,6 Fod.	Vandstand i Sandlaget under Overkanten af Maalekassen.		Vandspeils-fald pr. løb. Fod.	Vandføring i Timen.
			Ved Indtrædelsen.	Ved Udtrædelsen.		
		Tommer.	Tommer.	Tommer.	Fod.	Cbfod.
1	23de April 1870	9 $\frac{5}{8}$	1 $\frac{7}{8}$	4 $\frac{1}{2}$	0,116	1,08
2	24de April —	9 $\frac{5}{8}$	2	9 $\frac{1}{2}$	0,169	1,22
3	25de April —	3 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{8}$	4 $\frac{1}{2}$	0,063	0,39
4	30te April —	3 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{3}{8}$	10 $\frac{1}{2}$	0,110	0,72
5	6te Mai —	7 $\frac{2}{8}$	2	4 $\frac{1}{2}$	0,098	0,60
6	10de Mai —	7 $\frac{2}{8}$	2	8	0,128	0,97
7	11te Mai —	7 $\frac{2}{8}$	2 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	0,121	0,96
8	12te Mai —	7 $\frac{2}{8}$	2 $\frac{1}{8}$	6	0,108	0,81
9	13de Mai —	7 $\frac{2}{8}$	2	5 $\frac{1}{2}$	0,087	0,52
10	22de Mai —	$\frac{1}{4}$	2 $\frac{3}{8}$	5 $\frac{1}{2}$	0,036	0,19
11	28de Mai —	$\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	0,074	0,52
12	29de Mai —	$\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	0,074	0,52

For nærmere at bestemme Vandspeilsformen under det sidstnævnte Forsøg af 29de Mai, blev der i Sandet nedstukket trede Stykker halvtommige Jernrør i Midten af Maalekassen, i Afstandene 3', 5' 10" og 8' 2" fra Sandlagets Begyndelse. Ved i disse Rør at maale Vandstanden i Sandlaget samtidigt med at Vandstanden maales i Steenlagene ved Begyndelsen og Enden af Sandlaget, fandtes Vandstanden i Sandlaget under Maalekassens Overkant at være følgende:

Ved Indløbet i Sandet.	3 Fod fra Indløbet.	5,83 Fod fra Indløbet.	8,17 Fod fra Indløbet.	Ved Udløbet af Sandet, 8,6 Fod fra Indløbet.
2 $\frac{1}{2}$ Tom.	4 $\frac{3}{8}$ Tom.	6 $\frac{3}{4}$ Tom.	8 $\frac{1}{2}$ Tom.	9 $\frac{7}{8}$ Tom.

hvorefter Strømmens Tværnsitsareal, bestemt ved Formlen $s = 2,33 - 0,16 \cdot n$, findes at have været henholdsvis:

$$1,93 \square \text{Fod.} \quad | \quad 1,57 \square \text{Fod.} \quad | \quad 1,25 \square \text{Fod.} \quad | \quad 0,93 \square \text{Fod.} \quad | \quad 0,75 \square \text{Fod.}$$

Jeg kommer i det Følgende tilbage hertil for at paavise, at den herved bestemte Vandspeilsform er en Parabel.

Under de med Maalekassen udførte Forsøg af 23de og 24de April var Kassen næsten fuldkommen tæt; men efter at denne derpaa var bleven løftet med den nederste Ende, viste Kassen sig at være noget utæt ved hoi Vandstand, hvorimod den endnu fremdeles viste sig at være tæt, naar Vandstanden ikke holdtes for høit i den nederste Ende. Da jeg imidlertid betragtede Utæthederne for at være saa smaa, at de ikke vilde udøve nogen væsentlig Indflydelse paa Forsøgsresultaterne, tog jeg forøvrigt intet videre Hensyn til dem.

Den 22de Juli blev Filtersandet udtaget af Maalekassen, og denne i dets Sted fyldt med skarp Gruus af den Slags, som oprindeligt var nedlagt i Vandvæsenets Filtre umiddelbart under Sandlaget. Dette Gruus havde en saadan Størrelse, at 40 Korn tilsammen gennemsnitlig havde en Længde af $1\frac{1}{2}$ Tomme. Vand blev derpaa paasat, og til noigagtig Bestemmelse af Vandstanden i Gruuslaget, der havde 8,6 Fods Længde mellem de tilstødende Smaasteenslag, blev der i Maalekassens Midterlinie nedsat 4 Stykker lodretstaaende Maalerør, hvis Overkant stod i Høide med Overkanten af Maalekassen. Det første af disse Rør (Nr. 1) blev nedstukket i Kassens øverste Ende ved Overgangen fra Steen- til Gruuslaget; det andet Maalerør (Nr. 2) blev nedstukket i Gruset 3,6 Fod fra det første; det tredje Maalerør (Nr. 3) blev nedstukket i Gruset 6,1 Fod fra Nr. 1 og det fjerde Maalerør (Nr. 4) i 8,6 Fods Afstand fra samme Rør. Med dette Apparat blev derefter udført følgende

Forsøg med almindeligt Gruus.

Forsøgets Nummer.	Forsøgets Dato.	Maalekassens Fald paa 8,6 Fod.	Vandstand i Gruuslaget under Maalekassens Overkant.				Vandspejlsfald pr. 100 Fod.	Vandføring i Timen.	Anmærkning.
			Maalerør Nr. 1.	Maalerør Nr. 2.	Maalerør Nr. 3.	Maalerør Nr. 4.			
			Tom.	Tom.	Tom.	Tom.			
13	23de Juli 1870 . . .	$\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{3}{8}$	$8\frac{7}{8}$	0,079	5,70	Det ved Utæthederne foranledigede Vandtab blev her maalt saa omhyggeligt som muligt og medtaget i Beregningen.
14	— — . . .	$\frac{2}{3}$	$1\frac{5}{8}$	$3\frac{1}{2}$	$4\frac{5}{8}$	$4\frac{7}{8}$	0,039	2,15	
15	— — . . .	$\frac{2}{3}$	$1\frac{3}{8}$	$4\frac{3}{8}$	$6\frac{7}{8}$	$8\frac{7}{8}$	0,076	4,16	
16	26de Juli — . . .	$\frac{2}{3}$	$2\frac{1}{2}$	4	$5\frac{1}{2}$	$8\frac{1}{8}$	0,065	4,11	
17	10de Aug. — . . .	$\frac{2}{3}$	$2\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{4}$	5	$5\frac{1}{8}$	0,040	2,26	

Den 15de September blev det benyttede Filtergruus udtaget af Maalekassen og denne derefter fyldt med det almindeligt bekendte grove, røde, bornholmske Gruus, som nu for Tiden danner Underlaget for Sandet i Vandvæsenets Filtre. Dette Gruus havde en saadan Størrelse, at den samlede Længde af 10 Korn gennemsnitlig udgjorde $1\frac{1}{2}$ Tomme. Af Mangel paa Materiale blev det til Undersøgelse bestemte Gruuslag kun givet en Længde

af 8 Fod; Resten af Kassen blev fyldt med Smaasteen. Midt i Forsøgsapparatet blev nedsat trende Maalerør for Vandstanden i Gruuslaget, nemlig et Rør ved den øverste Ende af Gruuslaget, et Rør 3,6 Fod fra Nr. 1 og det 3die Rør i 8 Fods Afstand fra Røret Nr. 1. Med dette Apparat blev der foretaget følgende

Forsøg med bornholmsk Gruus.

Forsøgets Nummer.	Forsøgets Dato.	Maalekassens Fald paa 8 Fod.	Vandstand i Gruuslaget under Maalekassens Overkant.			Vandspejlsfald pr. lob. Fod.	Vandføring i Timen.	Anmærkning.
			Maalerør Nr. 1.	Maalerør Nr. 2.	Maalerør Nr. 3.			
		Tom.	Tom.	Tom.	Tom.	Fod.	Cbfod.	
18	15de Septbr. 1870	0 $\frac{1}{2}$	4	4	4 $\frac{3}{8}$	0,013	15,25	Utæthedernes Vandtab medregnet.
19	16de Septbr. 1870	0 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	7	6 $\frac{7}{8}$	0,0026	2,86	Under disse Forsøg fandt intet Vandtab Sted gennem Utætheder.
20	—	0 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	...	6 $\frac{3}{4}$ & 6 $\frac{7}{8}$	0,0021	1,65	
21	—	0 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	...	7 $\frac{1}{2}$	0,00065	0,45	
22	—	0 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{8}$	5 $\frac{5}{8}$	6 $\frac{5}{8}$	0,0237	21,3	

Da det herved var blevet mig klart, at Maalekassen var fuldkommen tæt, naar Vandstanden i samme ikke overskred visse Grændser, besluttede jeg at gjentage Forsøgene med Filtersand ved en lavere Vandstand i Maalekassen. Det bornholmske Gruus blev derfor udtaget den 22de September og det tidligere benyttede Filtersand indbragt i Kassen i et Lag af 6 $\frac{1}{2}$ Fods Længde, medens Resten af Kassen fyldtes med Smaasteen. Et Maalerør blev anbragt ved hver Ende af det 6,5 Fod lange Sandlag til Bestemmelse af Vandstanden, og ved Hjælp af dette Apparat udførtes derefter følgende

Forsøg med Filtersand.

Forsøgets Nummer.	Forsøgets Dato.	Maalekassens Fald p. 6,5 Fod.	Vandstand under Maalekassens Overkant.		Vandspejlsfald pr. lob. F.	Vandføring i Timen.	Anmærkning.
			Maalerør Nr. 1.	Maalerør Nr. 2.			
		Tom.	Tom.	Tom.	Fod.	Cbfod.	
23	23de Septbr. 1870	1 $\frac{1}{8}$	7 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{8}$	0,033	0,194	Under disse Forsøg var Maalekassen fuldkommen vandtæt.
24	24de — —	7,3	8 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	0,107	0,581	
25	25de — —	7,3	6 $\frac{3}{8}$	9 $\frac{1}{4}$	0,127	0,706	
26	29de — —	7,3	6 $\frac{3}{8}$	9 $\frac{1}{8}$	0,125	0,620	
27	30te — —	7,3	8 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{4}$	0,106	0,46	
28	— — —	7,3	9 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{4}$	0,087	0,368	
29	— — —	7,3	9 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{4}$	0,091	0,387	

Naar de anførte 29 Forsøg ordnes i tre Grupper efter Forsøgs materialet og efter Vandspeilsfaldets Størrelse, samt naar Vandstrømmens eller rettere Sandlagets vandførende Tværnsitsareal bestemmes tilligemed Strømmens Hastighed, idet vi tænke os hele Strømprofilen som en heel sluttet Vandstrøm, saa finde vi som Middeltal for Bevægelsen igjennem Maalekassen følgende Resultater:

Ifølge Forsøgene med Filtersand.

Forsøgets Nummer.	Vandspeilsfald pr. Løb. Fod.		Middelfald af Strømmen.		Vandføring i Timen.	Strømhastighed i Timen.	Forhold mellem Hastigheden og Vandspeilsfaldet (∅: Hastighed i et lodret Rør, hvori Trykhøiden er = Sandlagets Tykkelse).	Anmærkning.
	Fod.	□Fod.	Cbfod.	Fod.				
2	0,169	1,39	1,22	0,88		5,2	Forsøgene Nr. 3, 5, 9 og 10, der vise de mindste Forholdstal, ere alle udførte ved høj Vandstand og ringe Vandspeilsfald. Vandføringen har derfor været forholdsvis lille, medens Vandspildet gennem Utæthederne paa Maalekassen har været forholdsvis stort, hvilket utvivlsomt er Grunden til de smaa Forholdstal. Ved derfor at udelade de 4 med * betegnede Forsøg, er Middelforholdstallet mellem Hastighed og Vandspeilsfald bestemt.	
6	0,128	1,33	0,97	0,63		4,9		
25	0,127	1,06	0,06	0,67		5,2		
26	0,125	1,15	0,620	0,54		4,3		
7	0,121	1,51	0,96	0,63		5,2		
1	0,116	1,54	1,05	0,59		5,1		
4	0,110	1,31	0,72	0,55		5,0		
8	0,108	1,68	0,81	0,48		4,4		
24	0,107	0,93	0,581	0,63		5,9		
27	0,106	0,93	0,460	0,50		4,7		
5	0,098	1,77	0,60	0,34		3,4*		
29	0,091	0,83	0,387	0,46		5,0		
9	0,087	1,87	0,52	0,28		3,2*		
28	0,087	0,51	0,368	0,45		5,2		
11	0,074	1,34	0,52	0,40		5,4		
12	0,074	1,34	0,52	0,40		5,4		
3	0,063	1,85	0,39	0,21		3,3*		
10	0,036	1,66	0,19	0,115		3,2*		
23	0,033	0,98	0,194	0,20		6,0		
			Middelforholdstal . . .			5,1		

Ifølge Forsøgene med almindeligt Gruus.

Forsøgets Nummer.	Vandspeilsfald pr. løb. Fod.	Middel-Tværsnits-areal af Strømmen.	Vandføring i Timen.	Strøm-hastighed i Timen.	Forhold mellem Hastigheden og Vandspeilsfaldet (v: Hastighed i et lodret Ror, hvori Trykhoiden er = Sandlagets Tykkelse).	Anmærkning.
	Fod.	□ Fod.	Cbfod.	Fod.		
15	0,679	1,50	3,70	2,47	31	
15	0,076	1,48	4,16	2,81	37	
16	0,065	1,51	4,11	2,72	42	
14	0,039	1,81	2,15	1,19	31	
17	0,030	1,70	2,26	1,33	44	
Middel-Forholdstal . . .					37	

Ifølge Forsøgene med bornholmsk Gruus.

22	0,0237	1,39	21,30	15,3	646	
18	0,013	1,66	15,25	9,2	708	
19	0,0025	1,18	2,86	2,4	923	
20	0,0021	1,19	1,65	1,4	667	
21	0,0065	1,13	0,45	0,4	616	
Middel-Forholdstal . . .					712	

Betragte vi nu de saaledes fremstillede Forsøgs Resultater, saa sees det ganske vist, at Forsøgene indbyrdes ikke stemme saa fuldkommen overeens, som ønskeligt vilde være, eftersom det heraf fremgaaer, at Forsøg med det samme Materiale under det samme Vandspeilsfald have givet Strømhastigheder, som ere mærkeligt forskellige. Imidlertid er Overensstemmelsen i det Hele dog saa stor, at det kan betragtes som aldeles utvivlsomt godtgjort ved disse Forsøg, at Vandets Strømningshastighed (v) for enhver Vandstrøm, som bevæger sig gennem et i Jorden værende eensartet vandførende Lag, er ligefrem proportional med den Høide (h), hvorigjennem Vandet falder, v: med Vandspeilsfaldet af den betragtede Strøm, og omvendt proportional med Længden (l) af den Vei, som Strømmen imidlertid gjenløber. Den søgte Lov for Vandets Bevægelse gennem et eensartet Jordlag kan derfor ganske i Almindelighed fremstilles saaledes:

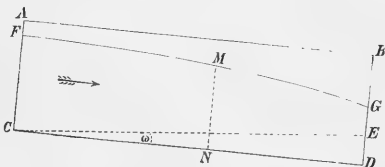
$$\frac{h}{l} = A \cdot v, \dots\dots\dots (3)$$

idet A er en Størrelse, som voxer med det vandførende Lags Tæthed, og som nærmere beseet viser sig at fremstille det Vandspeilsfald, som er nødvendigt for, at Strømmen skal bevæge sig med en Hastighed af 1 Fod i den valgte Tidseenhed, eller for at Strømmen skal have en Vandføring af 1 Cbfod pr. Kvadratfod af Strømprøjet.

Dette Resultat stemmer, som man seer, fuldkommen overeens med Resultatet af Undersøgelserne ved de artesiske Kilder, som er fremstillet i Formlen (1), hvis Rigtighed saaledes yderligere bekræftes. — Efter Forsøgene betegner v Strømhastigheden i Timen, men det er tydeligt, at v ogsaa kan betegne Hastigheden i en hvilken som helst anden Tidseenhed, f. Ex. pr. Secund.

I Formlen (3) betegner altsaa $\frac{h}{l}$ det Fald, som det vandførende Lag maa have for at Strømmen skal gennemløbe Laget med constant Hastighed under Paavirkning af en drivende Kraft $g\frac{h}{l}$ pr. Masse-Eenhed af Strømmen. Men da $g\frac{h}{l} = g.A.v$, saa følger ligefrem, at $g.A.v$ fremstiller Reactionen pr. Masse-Eenhed af Strømmen, naar denne bevæger sig med Hastigheden v pr. Sec. og g betegner Tyngdekraften.

Betragte vi nu et eensartet vandførende Lag $ABCD$, hvis Bundflade CD er en Plan, og antag vi, at Vandet strømmer i Retning af Pilen fra C til D , idet $ABCD$ betegner et Længdesnit efter Strømretningen, samt forestille vi os, at Linien FMG betegner Vandspeilet af den betragtede Strøm, saa vil Vandstandscheiden i Afstanden $CN = l$ fra et vilkaarligt Tværsnit CF , som tages til Udgangspunkt for Længden l , være $NM = U$. Betegn vi det vandførende Lags Heldningsvinkel DOE med Horizontalplanen CE ved ω og anstilles dernæst en tilsvarende Betragtning, som den jeg tidligere har udført for at bestemme Vandspeilsformen af en fri Vandstrøm, som bevæger sig i en prismatisk eller cylindrisk Ledning*, saa erholdes følgende Ligning for Vandets Bevægelse i Jordlaget:



$$vdv = g \sin \omega . dl - g \cos \omega . dU - gAvdl, \dots \dots \dots (4)$$

hvor v betegner Strømhastigheden pr. Sec. svarende til Tværsnittet NM .

Antages først, overensstemmende med hvad der fandt Sted ved de nysomtalte Forsøg

*) Videnskabernes Selskabs Skrifter, 6te Bind, S. 1.

med Maalekassen, at Vandføringen er constant langs igjennem Laget, saaledes at der i en Tids-Eenhed strømmer lige store Vandmængder q gjennem alle Tværnit paa Strømmen, saa er, for det vilkaarlige Tværnit NM , den constante Strømningsmængde pr. Sec.:

$$q = B \cdot U \cdot V,$$

idet B betegner Strømbreden. Af denne sidste Ligning følger:

$$v = \left(\frac{q}{B}\right) \frac{1}{U} \quad \text{og} \quad dv = -\left(\frac{q}{B}\right) \frac{dU}{U^2},$$

som indsatte i Formlen (4) giver:

$$\left(\frac{q}{B}\right)^2 \cdot \frac{dU}{U^3} + g \sin \omega \cdot dl - g \cos \omega \cdot dU - gA \left(\frac{q}{B}\right) \frac{dl}{U} = 0, \quad \text{hvoraf}$$

$$\left(\left(\frac{q}{B}\right)^2 - g \cos \omega \cdot U^3\right) dU + \left(g \sin \omega \cdot U^3 - gA \frac{q}{B} U^2\right) dl = 0 \quad \text{og}$$

$$dl = \frac{g \cos \omega \cdot U^3 - \left(\frac{q}{B}\right)^2}{g \sin \omega \cdot U^3 - gA \left(\frac{q}{B}\right) \cdot U^2} \cdot dU \dots \dots \dots (5)$$

Naar denne Ligning integreres, erhoides:

$$l = \cot \omega \cdot (U - U_0) - \frac{q}{gAB} \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{U_0}\right) + \frac{\sin \omega}{g \cdot A^2} \text{Log} \left(\frac{U}{U_0}\right) \\ + \left(\frac{\cos \omega}{\sin^2 \omega} \cdot A \left(\frac{q}{B}\right) - \frac{\sin \omega}{g \cdot A^2}\right) \text{Log} \left(\frac{U - \frac{A}{\sin \omega} \left(\frac{q}{B}\right)}{U_0 - \frac{A}{\sin \omega} \left(\frac{q}{B}\right)}\right) \dots \dots \dots (6)$$

hvori U_0 betegner Stromdybden for $l=0$, og Log fremstiller den naturlige Logarithme.

Den saaledes erhoidte Relation mellem Stromdybden U og Længden l af det vandførende Lag fremstiller altsaa den almindelige Ligning for det fri Vandspeil *FMG*; men det vil let sees, at Formlen (5) i de fleste Tilfælde, som forekomme, med tilstrækkelig Noiagtighed kan skrives:

$$dl = \cot \omega \cdot \frac{UdU}{U - \frac{A}{\sin \omega} \left(\frac{q}{B}\right)}, \dots \dots \dots (7)$$

eftersom Vandføringen pr. Secund $\left(\frac{q}{B}\right)$ sædvanligt er saa lille, at $\left(\frac{q}{B}\right)^2$ er forsvindende lille imod $g \cos \omega \cdot U^3$. Ved Integration af (7) erhoides:

$$l = \cot \omega (U - U_0) + \frac{\cos \omega \cdot A}{\sin^2 \omega} \left(\frac{q}{B}\right) \text{Log} \frac{1 - \frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q}\right) \cdot U}{1 - \frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q}\right) \cdot U_0} \dots \dots \dots (8)$$

Har det vandførende Lag en saa ringe Hældning, at $\frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q} \right) U$ og $\frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q} \right) U_0$ ere smaa imod 1, saa kunne vi udvikle $\text{Log} \left(\frac{1 - \frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q} \right) \cdot U}{1 - \frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q} \right) \cdot U_0} \right)$ i Række efter stigende

Potentser af $\sin \omega$, og finde derved, at Længden l mellem de to Tværsnit, hvori Vanddybden er U_0 og U , kan fremstilles:

$$l = \frac{1}{2} \frac{\cos \omega}{A} \left(\frac{B}{q} \right) (U_0^2 - U^2) + \frac{1}{3} \frac{\cos \omega \cdot \sin \omega}{A^2} \left(\frac{B}{q} \right)^2 (U_0^3 - U^3) + \dots \quad (9)$$

Af denne Ligning følger, at naar Lagets Hældning mod Horizontalen er lille, saa er tilnærmelsesviis:

$$l = \frac{1}{2A} \left(\frac{B}{q} \right) \cdot (U_0^2 - U^2),$$

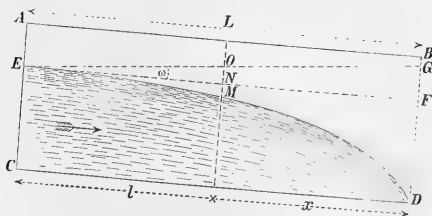
hvoraf Vanddybden:

$$U = \sqrt{U_0^2 - 2A \cdot \left(\frac{q}{B} \right) l}, \dots \quad (10)$$

der viser, at naar en constant Strøm af Vand gjennemløber et vandførende Lag, som kun har en ringe Hældning, saa vil Vandspeilet i dette Lag have Form af en Parabel af 2den Grad, hvis Axe er beliggende i Ledningens Bundflade. Sætte vi $l = L - x$ og bestemmes L af Ligningen: $U_0^2 = 2A \left(\frac{q}{B} \right) \cdot L$, saa kan Formlen (10) skrives:

$$U = \sqrt{2A \left(\frac{q}{B} \right) \cdot x},$$

der viser, at Vandspeilsformen kan fremstilles ved Linien EMD i den hosstaaende Figur.



Ville vi sammenligne dette Resultat med hvad Forsøgene med Filtersand m. m. have givet, saa bemærkes først, at Formlen (10) kan skrives:

$$A \frac{q}{B \left(\frac{U_0 + U}{2} \right)} = \frac{U_0 - U}{l},$$

hvor $B \frac{U_0 + U}{2}$ betegner Strømmens Middeltværsnitsareal. Størrelsen $\frac{q}{B \left(\frac{U_0 + U}{2} \right)}$ betegner altsaa Strømmens Middelhastighed i Overeensstemmelse med den ved Forsøgene udførte Bestemmelse, og da dernæst $\frac{U_0 - U}{l}$ fremstiller Vandspeilsfaldet i Laget paa Eenhed af Længde, saa fremgaaer heraf, at Formlen (10) er i fuld Overeensstemmelse med den af Forsøgene afledede Formel (3), naar Laget er horisontalt. Har Laget Fald i Strømmens Retning, viser Formlen (9), at Længden l bliver noget større for samme Vandspeilsfald ($U_0 - U$) og at Vandspeilet som Følge deraf bliver noget fladere end naar Laget er horisontalt, hvilket ogsaa ligefrem ligger i Sagens Natur. For at undersøge, hvorvidt den ved Formlen (10) bestemte Vandspeilsform stemmer med Erfaring, ville vi betragte de Undersøgelser, som bleve udførte den 29de Mai for at bestemme den stedfindende Vandspeilsform i det Tilfælde, hvor det vandførende Lag næsten var horisontalt.

Ved at multiplicere Ligningen (10) med Maalekassens Brede $B = 1,917$ Fod, samt ved endvidere i denne Ligning, ifølge Forsøget Nr. 12 af 29de Mai, at indsætte $A = \frac{1}{5,4}$ og $q = 0,52$ Cbfod, findes Strømmens Tværsnitsareal i Afstanden l fra Indløbet at være:

$$B \cdot U = \sqrt{(BU_0)^2 - 0,37 \cdot l};$$

Sætte vi nu Tværsnitsarealet ved Indløbet ($B \cdot U_0$) = 1,93 □ Fod, samt i Overeensstemmelse med Forsøgene efterhaanden:

$$l = 0 \quad = 3, \quad = 5,83, \quad = 8,17, \quad = 8,6 \text{ Fod,}$$

kunne vi beregne de tilsvarende Tværsnitsarealer af Strømmen. Disse Arealer findes at være:

$$(BU) = 1,93, \quad = 1,61, \quad = 1,25, \quad = 0,84, \quad = 0,74 \text{ □ Fod,}$$

medens Forsøgene have givet følgende Tværsnitsarealer:

$$BU = 1,93, \quad = 1,57, \quad = 1,25, \quad = 0,93, \quad = 0,75 \text{ □ Fod;}$$

Overeensstemmelsen mellem de beregnede og de observerede Størrelser er her saa stor som det kunde ventes, og det Anførte afgiver derfor Vidnesbyrd om, at Formlen (8) er i Overeenstemmelse med Naturforholdene. Naar det vandførende Lags Heldning ikke er saa lille, at Formlen (8) lader sig udvikle i Række, som angivet i Formlen (9), saa kunne vi foreløbig bemærke, at dersom vi fra Punktet E i Indløbet drage to rette Linier, den ene

EOG horisontalt, den anden *ENF* \neq med Ledningens Retning, altsaa under Vinklen ω med *EOG*, saa er hele Vandspeilsfaldet paa Længden l fremstillet ved:

$$OM = H = l \cdot \operatorname{tg} \omega + (U_0 - U);$$

sætte vi da for Kortheeds Skyld $\frac{\sin \omega}{A} \cdot \left(\frac{B}{q}\right) = a$, kan Formlen (8) skrives:

$$a \cdot H = \operatorname{Log} \frac{1 - a \cdot U}{1 - a \cdot U_0}, \dots \dots \dots (8a)$$

hvoraf a kan bestemmes, naar H , U og U_0 ere observerede; er a bestemt, findes let det vandførende Lags Modstandskoefficient A .

Betragte vi t. Ex. Forsøgsrækken med Filtersand Nr. 2, hvor Ledningens Fald var størst, see vi, at hele Faldet af Vandspeilet var $9\frac{5}{8}'' + 7\frac{3}{4}'' = 17,375''$, altsaa $H = \frac{17,375}{12} = 1,448$ Fod; endvidere var $U_0 = 14,58'' - 2'' = 1,05'$ samt $U = 14,58'' - 9,75'' = 0,40'$ og, benytte vi den brigg. Logarithme, saa haves for denne Forsøgsrække:

$$0,629 \cdot a = \log \left(\frac{1 - 0,4 \cdot a}{1 - 1,05 \cdot a} \right),$$

hvilken Ligning tilfredsstilles ved $a = \frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q}\right) = 0,80$. Nu var i det betragtede Tilfælde $\sin \omega = 0,0933$ og $\left(\frac{B}{q}\right) = \frac{1,917}{1,22} = 1,57$, følgelig $\sin \omega \cdot \left(\frac{B}{q}\right) = 0,1465$, og deraf følger:

$$\frac{1}{A} = \frac{0,80}{0,1465} = 5,4$$

eller netop samme Værdi, som blev fundet ved det Forsøg Nr. 12, vi nylig omtalte.

Betragte vi derefter t. Ex. Forsøget med almindeligt Gruus Nr. 15, hvor Vandspeilets hele Fald H paa $8,6'$ Længde var $0,75'' + 7,125'' = 7,875'' = 0,656'$, hvor $U_0 = 14,58'' - 1,75'' = 12,83'' = 1,07'$ og $U = 14,58'' - 8,875'' = 5,705'' = 0,475'$, saa haves:

$$0,285 \cdot a = \log \frac{1 - 0,4754 \cdot a}{1 - 1,07 \cdot a},$$

hvilken Ligning tilfredsstilles ved at sætte $a = 0,125 = \frac{\sin \omega}{A} \left(\frac{B}{q}\right)$. Da $\sin \omega = 0,0073$ og $\left(\frac{B}{q}\right) = \frac{1,917}{4,16} = 0,461$, saa følger videre $\frac{1}{A} = \frac{0,125}{0,00337} = 37$, hvilket netop ligeledes er den samme Værdi, som tidligere er udledet af selve Forsøget. Indføre vi Værdien $0,125$ for $a = \frac{\sin \omega}{A} \cdot \left(\frac{B}{q}\right)$ i Formlen (8a) tilligemed $1 - aU_0 = 0,86625$, erholdes:

$$H = l \cdot \operatorname{tg} \omega + (U_0 - U) = 18,41 \cdot \log \left(1 - \frac{U}{8} \right) + 1,148 \quad \text{eller}$$

$$0,0073 \cdot l = U + 0,078 + 18,41 \cdot \log \left(1 - \frac{U}{8} \right).$$

Ved heri i Overensstemmelse med Forsøgene at sætte $l = 3,6'$, findes Strømdybden $U = 0,86$ Fod, medens Forsøget gav $0,82$ Fod; ved fremdeles i Overensstemmelse med Forsøgene at sætte $l = 6,1$ Fod, findes Strømdybden $U = 0,69$ Fod, medens Forsøget gav $U = 0,64$ Fod. Afvigelsen er saaledes paa intet Punkt større end at den kan tilskrives Observationsfeil, og Formlen (8) tør derfor betragtes som correct.

Vi have i det Foregaaende behandlet Vandets Bevægelse i et Jordlag under den Forudsætning, at alle Tværsnit paa Strømmen have lige Vandføring for lige Brede af Strømmen, altsaa under Forudsætning af, at Vandføringen $\left(\frac{q}{B}\right)$ er uafhængig af den af Strømmen gjennemløbne Længde l . Et saadant Tilfælde forekommer imidlertid kun sjældnere i Naturen, hvorimod det hyppigst forekommende Tilfælde er det, hvor den underjordiske Strøm, som bevæger sig gennem et vandførende Lag, stadigt under Strømmens Lob forøges derved, at Regnvandet fra Overfladen trænger ned i Jorden til det vandførende Lag. — Under visse Omstændigheder og navnlig paa visse Tider af Aaret, kan det da indtræde, at Tilgangen af Vand fraoven er standset, saa at Strømmen har en constant Vandføring $\left(\frac{q}{B}\right)$, ja det Tilfælde kan endog forekomme, at Jorden fraoven udtørres saa stærkt, at en Opsugning af Vand fra det underliggende vandførende Lag kan finde Sted; men i ethvert Tilfælde, hvad enten Lagets Vandtilgang er positiv, Nul eller negativ, ville vi regne Jorden at være eensartet, og Tilgangen at være lige stor for lige store Arealer af det omhandlede Terrain. Under disse Forhold ville vi nu søge at bestemme Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden, idet vi dog alene ville indskrænke os til at betragte det særlige Tilfælde, hvor Jordoverfladen er saa nær horizontal, at vi kunne forudsætte, at den i Jorden nedtrængende Deel af Regnmængden synker lodret ned indtil den naaer det vandførende Lag.

Betegnes det vandførende Lags Brede ved B og dets Strømningsmængde for et bestemt Punkt af Strømmen ved q_0 Cubikfød pr. Sec. samt den Deel af Regnmængden, som synker i Jorden pr. Sec., ved r , udtrykt i Fod Vandhøide, saa vil den Regnmængde, som tilstrømmer det vandførende Lag, pr. \square Fod Overflade pr. Sec. være r Cubikfød, og den Forøgelse i Vandmængde, som tilflyder den underjordiske Strøm af Bredden B , idet den gennemløber Veien l , vil da være udtrykt ved $r.B.l$ Cubikfød pr. Sec. Betegne vi Strømmens Vandføring efter at den har gennemløbet Veien l ved q , saa haves altsaa, naar det forudsættes, at Tilløb og Affløb holde hinanden i Ligevægt:

$$\text{eller } \left. \begin{array}{l} q = q_0 + r.B.l \\ U.v = U_0.v_0 + r.l, \end{array} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

forudsat at U og v henholdsvis betegne Strømdybden og Strømhastigheden efter at Veien l er gennemløbet og U_0 og v_0 betegne Strømdybden og Strømhastigheden svarende til $l = 0$.

Under disse Omstændigheder ville vi først betragte Vandbevægelsen i et Grønsandsgruslag, hvorigjennem det fra de øvre derpaa hvilende Jordlag ligeligt nedsynkende Regnvand føres bort til Stranden, — saaledes som Tilfældet er med det hele Terrain, som strækker sig fra Kallebostrand op under Damhuussoens Opland. Vi ville dernæst antage, at det vandførende Grønsandslag overalt har samme Tykkelse U_0 og at dette vandførende Lag gennem hele dets Længde til Stranden er fyldt med Vand.

Naar nu Vandstandens Fald paa Længden l betegnes ved h , kan den drivende Kraft i Afstanden l fremstilles ved $g \frac{dh}{dl}$ og da Modstandskraften, som foran viist, er lig gAv , kan Ligningen for Vandets Bevægelse som bekendt skrives:

$$v dv = \left(g \frac{dh}{dl} - gAv \right) dl = g dh - gAv \cdot dl.$$

Men ifølge (11) er

$$l = \frac{U_0}{r} (v - v_0), \quad dl = \frac{U_0}{r} \cdot dv \quad \text{og} \quad gAv \cdot dl = gA \frac{U_0}{r} v dv,$$

hvorfor Ligningen for Vandets Bevægelse kan skrives:

$$\left(1 + gA \frac{U_0}{r} \right) v dv = g dh.$$

Da imidlertid den i Secundet nedsynkende Regnhøide r stedse er en overordentlig lille Størrelse, kan denne Ligning med tilstrækkelig Nøjagtighed skrives:

$$A \frac{U_0}{r} \cdot v dv = dh,$$

hvoraf ved Integration erholdes:

$$A \frac{U_0}{r} \left(\frac{v^2 - v_0^2}{2} \right) = h.$$

Ved at borteliminere Hastigheden v ved Hjælp af Ligningen (11), nemlig:

$$v = v_0 + \frac{r}{U_0} \cdot l$$

erholdes følgende Ligning for Strømmens frie Vandspeil:

$$h = A \left(v_0 l + \frac{r}{2U_0} \cdot l^2 \right), \dots \dots \dots (12)$$

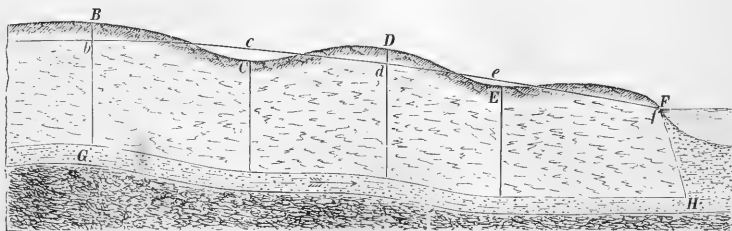
der, som man seer, er Ligningen for en Parabel, hvis Axe er vertikal og hvis Toppunkt ligger paa det Sted i Terrainet, hvor Hastigheden $v = 0$ og hvor altsaa Vandskjeldet for de

underjordiske Strømme findes, hvorfra Vandet bevæger sig til begge Sider; thi dersom vi ville flytte Coordinaternes Begyndelsespunkt til det Punkt af Vandspeilet, som svarer til $v = 0$, saa kunne vi sætte Afstanden fra det nye Begyndelsespunkt til det Punkt, hvor Hastigheden er v , lig y og Faldet paa denne Afstand lig x ; vi have da

$$l = y - \frac{U_0}{r} \cdot v_0 \quad \text{og} \quad h = x - A \frac{U_0}{2r} \cdot v_0^2,$$

hvorved Ligningen (12) reduceres til:

$$x = \frac{Ar}{2U_0} \cdot y^2.$$



Betegner $BCDEFGH$ et Længdesnit igjennem Terrainet fra Vandskjellet ved B til Stranden ved F og GH det vandførende Grønsandslag, samt forudsættes det, at en Boring ved B har viist, at Grønsandslagets Vandstandshoide er ved b , saa vil den frie Vandstandshoide langs hele Linien fra Vandskjellet til Stranden være beliggende i en Parabelbue $bcdef$, hvis Toppunkt er i b . Paa alle de Steder, hvor denne Vandspeilslinie ligger over Jordoverfladen, vil en artesisk Boring give et Kildevæld, saasom ved C og E ; paa de Steder derimod, hvor Parablen ligger under Jordoverfladen, saasom ved B og D , kan man kun erholde en Vandstandsmaaler for Grundvandet eller en Brønd.

Lad os til Exempel betragte Grønsandterrainet fra Damhuussøens Opland ned til Kallebostrand og ifølge det, som tidligere er anført om Kilderne, antage, at den Vandstrøm, som passerer Harrestrupkilden Nr. III, bevæger sig i sydøstlig Retning omtrent under Brøndbyøster indtil Sandholmene i Kallebostrand ved Avedøre, hvor Udstrømningen i Stranden sandsynligviis foregaaer, saa kunne vi gjøre Regning paa, at den artesiske Kilde i Brøndbyøster, hvis oprindelige Åløb laae i en Høide af 35 Fod o. d. V. og hvis Stigehoide omtrent var 38 Fod o. d. V., angiver Grønsandslagets Vandstandshoide paa dette Punkt. Forudsætte vi nemlig, at samtidigt hermed var Vandstandshoiden for Kilden Nr. III = 60 Fod o. d. V. og at der altsaa til Brøndbyøster Kilde var et Vandstandsfald af 22 Fod paa en Længde af

20 000 Fod, samt fra dette Punkt ud til Avedøre-Holme paa en Længde af omtrent 18 000 Fod et Fald af 38 Fod, saa haves efter Formlen (12) følgende Ligninger:

$$22 = Av_0 \cdot 20\,000 + \frac{Ar}{2U_0} \cdot 400\,000\,000 \quad \text{og} \quad 60 = Av_0 \cdot 38\,000 + \frac{Ar}{2U_0} \cdot 1\,444\,000\,000,$$

hvoraf $Av_0 = 0,000567$ og $\frac{Ar}{2U_0} = 0,000000267$, følgelig $\frac{Av_0}{\frac{Ar}{2U_0}} = 2 \frac{U_0 v_0}{Ar} = 21\,250$.

Da nu Afstanden fra Kilden Nr. III op til Vandskjellet er udtrykt ved $\frac{U_0 v_0}{r} = 10\,600$ Fod = 5300 Alen, saa følger videre, at det underjordiske Vandskjel omtrent falder sammen med Grændsen for Damhuussøens Opland nær Ballerup. Ved dette Grændsepunkt er Grundvandspeilets Høide over Vandstanden ved Nr. III fremstillet ved $\frac{AU_0 v_0^2}{2r}$ og da

$$\left(\frac{Ar}{2U_0}\right) \left(\frac{U_0 v_0}{r}\right)^2 = \frac{AU_0 v_0^2}{2r},$$

saa følger let, at denne Høideforskjel beløber sig til 3 Fod og at Grundvandspeilet ved Skjelgrændsen maa sættes = 63 Fod o. d. V. Tage vi nu Vandstanden i Skjelgrændsen til Udgangspunkt, og betegne Vandstanden over dagligt Vande i Afstanden y fra Udgangspunktet ved H , langs en Linie over Harrestrup og Brøndbyøster til Avedøre-Holme i Kallebostrand, saa er Stigehøiden H , bestemt ved Ligningen:

$$H = 63 - 0,000000267 \cdot y^2,$$

den Høide, som fandt Sted for Kilderne i Damhuussøens Opland blev aabnede eller paa en Tid, da Stigehøiden for Kilden Nr. III var 60 Fod o. d. V. Gaae vi derimod ud fra den nuværende Vandstandshøide for Kilden Nr. III, nemlig 54 Fod o. d. V., haves ifølge (12) følgende Ligning:

$$54 = \left(Av'_0 + \frac{Ar}{2U_0} l\right) l,$$

naar v'_0 betegner den nuværende Hastighed i det vandførende Lag i det Øieblik Vandet har passeret Kildeterrainet Nr. III og vi som foran have $l = 38\,000$ Fod og $\frac{Ar}{2U_0} = 0,000000267$. Som en Følge heraf er altsaa under de nuværende Forhold $Av'_0 = 0,000405$, medens vi før Kilderne blev borede ovenfor have fundet $Av_0 = 0,000567$; tage vi Forholdet mellem disse tvende Udtryk, finde vi $\frac{v'_0}{v_0} = 0,71$, og heraf viser det sig da, at Strømhastigheden og dermed ogsaa Vandføringen af Grønsandslaget, efter at Kilderne i Damhuussøens Opland ere aabnede, kun beløber sig til 71 pCt. af den oprindelige Vandføring. Regne vi nu, at disse Kilders Vandføring ialt beløber sig til c. 30,000 Tønder daglig, finde vi Lagenes totale Vandføring at maatte sættes = 100 000 Tdr., hvoraf c. 70 000 Tønder daglig strømmer

ad Stranden til. Det ligger i Sagens Natur, at vi ikke tør betragte denne Bestemmelse af den underjordiske Vandføring som meget paalidelig, da den bl. A. forudsætter, at Grønsandslagene have constant Tværnsnitsareal, men da denne Bestemmelse dog vistnok i ethvert Fald nærmer sig til hvad der virkelig finder Sted, viser den, at Forudsætningen ikke kan være meget urigtig. Fra Kilderne Nr. III ned til Stranden kunne vi altsaa under de nuværende Forhold fremstille Vandets Stigehøide o. d. V. ved Formlen:

$$h = \left(Av'_0 + \frac{Ar}{2U_0} l \right) l,$$

idet $Av'_0 = 0,000405$ og $\frac{Ar}{2U_0} = 0,000000267$. Soges t. Ex. Trykhoidetabet h paa Veien fra Harrestrup Kilder, hvor Stigehøiden er 54 Fod o. d. V., til Brøndbyøster, svarende til Afstanden $l = 20000$ Fod, finde vi dette Tab $h = 18\frac{3}{4}$ Fod; Stigehøiden af Brøndbyøster Kilde bliver altsaa for nærværende Tid $= 35\frac{1}{4}$ Fod o. d. V., der synes at stemme godt med hvad der virkelig finder Sted.

Efter disse Betragtninger over Strømforholdene i vandførende Jordlag, som ere heelt fyldte med Vand, ville vi paany undersøge Vandbevægelsen, som finder Sted i et eensartet Jordlag, der kun deelviis er fyldt med Vand, som strømmer hen over en plan Flade, dog med den Forskjel fra det tidligere, at medens vi før forudsatte, at Strømmen i alle Tværnsnitsarealer havde samme Vandføring, ville vi nu forudsætte, at Laget overalt har en Vandtilstrømning af r Cubikfod pr. Sec. fra hver Qvadratfod Overflade.

Betagne vi Strøm dybden ved U og Strømhastigheden ved v , efterat Længden l er gjennemløbet, samt ved U_0 og v_0 Værdierne af U og v svarende til $l = 0$, saa haves ifølge (11):

$$Uv = U_0 v_0 + rl,$$

og da baade U og v varierer med l , saa haves tillige

$$\frac{1}{r}(Udv + v.dU) = dl.$$

Multipliceres denne Ligning med gAv og adderes til den tidligere fremstillede Ligning (4) erholdes:

$$\left(1 + \frac{gA}{r} U \right) vdv + g \left(\cos \omega + \frac{A}{r} v^2 \right) dU = g \sin \omega . dl.$$

For Simpelheds Skyld ville vi her kun betragte det Tilfælde, hvor det vandførende Lag er horisontalt; thi i saa Fald er $\sin \omega = 0$ og $\cos \omega = 1$, hvorved ovenstaaende Ligning antager følgende Form:

$$\frac{v dv}{1 + \frac{A}{r} . v^2} + g \frac{dU}{1 + g \frac{A}{r} . U} = 0.$$

Naar denne Ligning multipliceres med $2\frac{A}{r}$ og derpaa integreres erholdes:

$$\left(1 + \frac{A}{r}v^2\right)\left(1 + g\frac{A}{r}U\right)^2 = C,$$

hvori C er en arbitrær Constant, som bestemmes derved, at for $U = U_0$ er Strømhastigheden $v = v_0$.

Herved erholdes følgende Ligning for Vandets Bevægelse:

$$\left(1 + \frac{A}{r}v^2\right)\left(1 + g\frac{A}{r}U\right)^2 = \left(1 + \frac{A}{r}v_0^2\right)\left(1 + g\frac{A}{r}U_0\right)^2,$$

og da r er en overmaade lille Størrelse, kunne vi, særdeles naar U og U_0 ikke ere ganske ubetydelige, udelade det første Led i ethvert af Udtrykkene $\left(1 + g\frac{A}{r}U\right)$ og $\left(1 + g\frac{A}{r}U_0\right)$ i Sammenligning med det andet Led, dette er derimod ikke tilladt i Factorerne $\left(1 + \frac{A}{r}v^2\right)$ og $\left(1 + \frac{A}{r}v_0^2\right)$, fordi Størrelserne v og v_0 selv ere meget smaa. Med den Grad af Tilnærmelse, som følger af denne Forandring, antager ovenstaaende Ligning følgende Form:

$$U^2 + \frac{A}{r}U^2v^2 = U_0^2 + \frac{A}{r}U_0^2v_0^2.$$

Sætte vi dernæst i Formlen (11) for Kortheds Skyld:

$$Uv = r\lambda, \text{ idet } r\lambda = U_0v_0 + r\lambda, \dots \dots \dots (13)$$

saa sees det let, at ovenstaaende Ligning for Grundvandets Bevægelse kan skrives:

$$U^2 + Ar \cdot \lambda^2 = \left(1 + \frac{A}{r}v_0^2\right)U_0^2,$$

hvilken Ligning kan skrives under følgende Form:

$$\frac{U^2}{\left(1 + \frac{A}{r}v_0^2\right)U_0^2} + \frac{\lambda^2}{\frac{A \cdot r}{\left(1 + \frac{A}{r}v_0^2\right)U_0^2}} = 1, \dots \dots \dots (14)$$

der kan betragtes som Ligningen for det frie Grundvandspeil, hvorunder Strømmen bevæger sig frem i Jorden.

Af Formlen (14) fremgaaer, at Grundvandspeilet har Form af en Ellipse, hvis ene Axe (λ) er horizontal, beliggende i Strømmens Retning, og hvis anden Axe (U) staaer lodret paa den første.

Betegne vi denne Vandspeils-Ellipses tvende Halvaxer ved U_1 og L_1 , saa viser Formlen (14), at disse Axer ere:

$$U_1 = U_0 \sqrt{1 + \frac{A}{r} v_0^2} \quad \text{og} \quad L_1 = \frac{U_0 \sqrt{1 + \frac{A}{r} v_0^2}}{\sqrt{A \cdot r}},$$

hvis indbyrdes Forhold, udtrykt ved:

$$\frac{U_1}{L_1} = \sqrt{A \cdot r},$$

alene er afhængig af Jordlagets Modstandskoefficient (A) samt af den Mængde Regn (r), som synker ned igjennem Jorden til det vandførende Lag, hvori det afflyder under den elliptiske Vandspeilsform.

Med Hensyn til Størrelsen A , som vi have seet fremstiller det vandførende Lags Modstandshøide paa Længde-Eenhed af Strømmen, naar Strømmens Vandføring, for Eenhed af Tværnsnit i Eenhed af Tid, er 1 Cubikfod, skal jeg gjøre opmærksom paa, at denne Størrelse ogsaa kan opfattes paa en anden Maade. Betragt vi nemlig Formlen (3) i det Foregaaende, og betegne vi ved W den Vandmængde, som i en Tids-Eenhed gennemstrømmer hver \square Fods Tværnsnitsareal af Strømsprofilen, naar Strømmen bevæger sig under saadanne Forhold, at Trykhoidetabet h og Længden l , som Strømmen gennemløber, ere lige store, saa er $A \cdot W = 1$. Et saadant Forhold finder Sted, naar Vandet bevæger sig fra oven lodret nedad i Tyngdens Retning, og ved Forsøg over Vandføringen, anstillede i den angivne Retning, vil det derfor være muligt at bestemme Modstandskoefficienten A ved Hjælp af Størrelsen W , ifølge Formlen $A = \frac{1}{W}$. Den heromhandlede Størrelse W ville vi kalde Jordens Vandledningsevne.

Indføres Værdien $A = \frac{1}{W}$ i foranførte Udtryk for Forholdet mellem Vandstands-ellipsens tvende Halvaxer, erholdes:

$$\frac{U_1}{L_1} = \sqrt{\frac{r}{W}},$$

hvoraf kan udledes, at Vandspeilsformen bliver en liggende Ellipse, naar $r < W$; en Cirkel, naar $r = W$ og en staaende Ellipse, naar $r > W$.

Det første Tilfælde er det hyppigst forekommende, da Jordens Vandledningsevne sædvanligt er meget større end Mængden af Vand, som trænger ned og bortstrømmer gjennem de vandførende Lag i Jorden. Er Jordlaget meget kompakt, saa er dets Vandledningsevne kun lille og for samme Vandføring r maa derfor Vandspeilsformen nærme sig desto mere til Cirkelformen jo større Jordlagets Tæthed er. Naar en kompakt Jordmasse

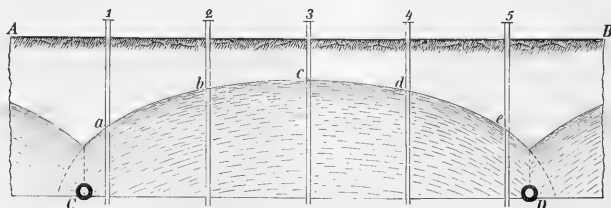
er dækket med et Sandlag, der er gennemtrængt med Vand, vil endog det Tilfælde kunne fremtræde, at Vandspeilsformen er en staaende Ellipse.

Den ved Formlen (14) fremstillede Lov for Vandets Bevægelse i et eensartet Jordlag, som fraoven for hver Quadratfod Overflade modtager ligemeget Tilløbsvand i lige Tid, finder, som alt antydet, særlig Anvendelse paa de sædvanlige Drainingsanlæg, som mere og mere benyttes i Landbruget, for at bortlede den overflødige Fugtighedsmængde i Jorden, som i hoi Grad er skadelig for Plantevæksten. Saavidt mig bekjendt have kyndige Landmænd kun een Mening om Jordernes Draining, og det er denne, at Drainingen er en af den nyere Tids største Forbedringer i Agerbruget, og som derfor fortjener alle Landmænds udeelte Opmærksomhed. Herom troer jeg, som sagt, at man fortiden er enig; men angaaende Maaden, hvorpaa Drainingen bør udføres, hersker der fortiden stor Meningsforskjel, som væsentlig har sin Grund deri, at man mangler sikker Kundskab til Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden. Dette fremgaaer tydeligt af en Afhandling i Tidsskrift for Landøkonomi, 4de Bind, Side 81—102, der er forfattet af Landhuusholdnings-Selskabets Secretair, Cand. polyt. D. Hannemann og har til Overskrift: »Om Forholdet mellem Drainledningers indbyrdes Afstand og deres Dybde. Delacroix's Forsøg og Theori«.

Ved at gennemlæse denne Afhandling — som giver en klar Fremstilling af Drainingsteoriens nuværende ufuldkomne Stilling og meget bestemt paaviser Ønskeligheden og Vigtigheden for Landvæsenet af at faae alle de herhenhørende Spørgsmaal saavidt muligt fuldstændigt bestemte ved Forsøg, at den uhyggelige Uklarhed, der for Tiden hersker angaaende Drainledningernes rigtige Afstand og Dybde, derved kunde bringes til at forsvinde — fik jeg Lyst til at forsøge, om det ikke skulde kunne lykkes at skaffe Klarhed ind i dette dunkle Capitel af Hydrodynamiken; det var denne Tanke, som nærmest gav mig Anledning til Udførelsen af de foran beskrevne Forsøg over Vandets Bevægelse i forskellige Jordlag. Om det er lykkedes mig nogenlunde fuldstændigt at naae Maalet, hvortil jeg sigtede, vil bedst sees af det Følgende, men i ethvert Fald er det mit Haab herved at have bragt Drainingsteorien ind paa et solidt og fuldstændigt videnskabeligt Grundlag, hvorpaa man kan bygge videre med samme Grad af Sikkerhed, som ved Vandets Bevægelse i almindelige Ledninger.

Til Oplysning om det Standpunkt, hvorpaa Drainingsteorien hviler, skal jeg efter Hr. Hannemanns Afhandling fremhæve følgende: Naar der falder Regn paa en tør Jordbund, indsuger Jorden Vandet indtil den har optaget saa meget, som dens Partikler kunne fastholde. Vedbliver Regnen, vil Vandet vedblive at synke ned i Jorden, og dette Vand, der ikke bindes af Jordpartiklerne, vil bortløbe saasart det faaer Leilighed dertil, f. Ex. gennem Drainrør i Jorden. Er Jorden overmættet med Vand, saa indstiller dette sig som frit Grundvand i Modsætning til det bundne Vand, der fastholdes af Jord-

partiklerne. Ved at grave eller bore Huller ned i Jorden kan man finde Grundvandspeilets Beliggenhed, og Erfaring viser, at en Drainledning kun giver Vand, naar Ledningen ligger dybere end det underjordiske Grundvandspeil. Hvis Jordbunden ikke frembød nogen Modstand mod Vandets Bevægelse, saa vilde Grundvandspeilet stedse staae vandret; men paa Grund af Jordbundens Modstand mod Vandets Lob, maa Grundvandspeilet staae lavest lige over Drainledningen og have Fald fra begge Sider af Ledningen henimod samme, et Fald, som maa være desto stærkere, jo større Jordmodstanden er. De ældste Forsøg, som ere udførte for at komme til Kundskab om Grundvandspeilets Beliggenhed mellem parallelle Drainledninger, angives at være udførte i England af en Mr. Clutterbuck for omtrent 25 Aar siden, og ved disse Forsøg blev det tydeligt paaviist, at Grundvandspeilet staaer som en Hvælving, der er spændt fra Drain til Drain, og at denne Hvælving staaer desto høiere jo større den faldne Regnmængde er. Forfatteren gjør herved opmærksom paa, at uagtet det saaledes ved Erfaring er godtgjort, at Grundvandspeilets Form er en Cylinderflade, saa betragter man dog stedse Vandspeilet som om det var sammensat af tvende Skraaplaner, der vare sammenstødende foroven midt imellem Drainledningerne og havde et jævnt Fald ned imod Ledningerne. — En fransk Ingenieur, Delacroix, har senere i Aarene 1857—1858 anstillet flere Rækker af Forsøg med drainet Jord af forskjellig Art og til forskjellig Aarstid for at komme til Kundskab om, hvorledes Vandstanden afhænger af Regnmængden, og ved Hjælp af disse Forsøgsrækker har han udviklet en almindelig Theori for parallelle Drainledningers indbyrdes Afstand i Forhold til deres Dybde. Delacroix anstillede sine Undersøgelser over Drainingens Virkning paa Grundvandspeilet i en Linie vinkelret mod de Drainledninger, hvis Virkning skulde undersøges. Langs denne Linie borede han Huller lodret ned i Jorden, lidt dybere end Drainrørene, og anbragte deri 2 Tommer vide Blikrør, der vare lukkede i den nederste Ende og gjenneborede med Smaahuller i Siden.



Mellem to parallelle Drainledninger anbragtes 5 Rør, hvis øverste Ender nøiagtigt befandt sig i samme Niveau og forøvrigt vare stillede saaledes, at et af disse Rør, bemærket i hosstaaende Figur ved Nr. 3, stod nøiagtigt midt mellem begge Drainrørene C og D. Han

anbragte dernæst et Rør paa hver Side, saaledes som Nr. 1 og Nr. 5, temmelig nær ved Ledningerne, og et andet Rør, Nr. 2 og Nr. 4, paa hver Side af Nr. 3 midt imellem de saaledes stillede Maalerør. Linien *AB* i hosstaaende Figur betegner Jordoverfladen og *abcde* Grundvandspeilets Beliggenhed mellem de to Drainledninger *C* og *D*.

Delacroix anstillede nu ved Hjælp af dette Apparat Observationer over Vaadstanden paa 5 forskellige Strækninger, som havde forskellig Undergrund; men Hr. Hannemann anfører kun Resultatet af de to af disse Forsøgsrækker, fordi han nærer Tvivl om, at man med Held vil kunne benytte Jagttagelserne fra de tre andre Strækninger, da de ikke ere foretagne med eensartet Grund o. dl. Som en Følge heraf vil ogsaa jeg indskrænke mig til at omtale Resultaterne af de to af Hr. Hannemann fremhævede Forsøgsrækker, og gjør det saa meget mere, som jeg troer, at de angivne tvende Rækker ere istand til at belyse Forholdene tilstrækkelig tydeligt.

I. Delacroix's første Forsøgsrække blev udført ved en Jordbund bestaaende af leret Sand; det drainede Areal udgjorde 2,22 Hectare eller 4 Tønder Land. Drainledningernes indbyrdes Afstand var her 25 Metre og deres Dybde omtrent 1 Meter under Jordoverfladen. Terrainet modtog ikke andet Vand end det Regnvand, som faldt derpaa. De 5 Blikrør vare stillede i indbyrdes Afstand af 6 Metre fra hinanden, saaledes at de to Rør, som stode nærmest ved Drainrørene, nemlig Nr. 1 og Nr. 5, kun vare fjernede $\frac{1}{2}$ Meter fra Drainrørene. De i efterfølgende Oversigts-Tablet angivne Høider af Grundvandet fremstille for ethvert af de fem forskellige Blikrør den af Delacroix observerede Vandstand over Niveaue af Drainrøret *C*, som laa 0,09^m lavere end Drainrøret *D*.

Oversigt over Grundvandets maanedlige Middelstand i Vinteren 1857—1858.

Maalerør.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Regnhøide.	Drainvandsmængden	
							pr. Maaned.	pr. Doga.
	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Fod.	Fod.	Fod.
December 1857	0,20	0,30	0,32	0,23	0,17	0,07	0,026	0,00084
Januar 1858	0,05	0,11	0,11	0,09	0,05	0,04	0,007	0,00023
Februar —	0,13	0,16	0,19	0,16	0,10	0,05	0,009	0,00032
Marts —	0,18	0,30	0,32	0,28	0,16	0,10	0,038	0,00123
April —	Grundvandspeilet under Drainrørene . . .					0,14	0,000	0,00000
Mai —	— — — — —					0,18	0,000	0,00000

Til denne Oversigtslabel er knyttet den Bemærkning, at Mængden af Afløbsvand fra Drainrørene var størst i Marts, næststørst i December, derefter fulgte Februar og saa

endelig Januar. Vandhoiden midt imellem Ledningerne var ligeledes størst i Marts, mindst i Januar. Til Oversigt over den høieste Stand af Grundvandspeilet i de nævnte Maaneder anføres dernæst:

Maalerør.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Drainvands- mængden pr. Dogn.
	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.		Fod.
December 1857	0,27	0,52	0,52	0,45	0,27	0,00207
Januar 1858	0,20	0,36	0,38	0,32	0,22	0,00104
Februar —	0,22	0,38	0,41	0,38	0,23	0,00104
Marts —	0,30	0,62	0,63	0,54	0,30	0,00450

og hertil er føiet den yderligere Oplysning, at paa de Dage, da Grundvandet stod høiest, viste det sig, at Afløbsmængden fra Drainrørene var størst.

II. Delacroix's anden Forsøgsrække blev udført ved en Jordbund, som bestod af stærk Leer, der kun vanskeligt tillod Vandet at trænge igjennem. Jorden blev drainet i Vinteren 1855—56 og det drainede Areal havde en Udstrækning af 20 Hectarer eller 36 Tønder Land. Observationerne over Grundvandspeilet's Stand ere udførte fra December 1857 til Mai 1858, altsaa i det samme Tidsrum som den første Forsøgsrække. Niveauct af Drainrøret *C*, hvorfra Vandstandshoiderne ere bestemte, laae 1,12^m under Jordoverfladen og Drainledningen *D*, som laae 0,99^m under Jordoverfladen, laae altsaa 0,13^m over Niveauct af *C*. Drainledningernes indbyrdes Afstand var 10 Metre og den indbyrdes Afstand mellem Maalerørene var 2,4 Meter; Afstanden mellem Drainrørene og de nærmest liggende Maalerør Nr. 1 og Nr. 5 var 0,2 Meter.

De maanedlige Middelhoider af Grundvandspeilet vare følgende:

Maalerør.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.
	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
December 1857	0,28	0,60	0,75	0,71	0,31
Januar 1858	0,25	0,67	0,68	0,48	0,26
Februar —	0,26	0,67	0,69	0,62	0,28
Marts —	0,23	0,59	0,66	0,63	0,24
April —	0,25	0,67	0,72	0,67	0,26
Mai —	0,27	0,80	0,81	0,79	0,42

Af de største Vandstandshoider ere følgende anførte:

December 1857	0,28	—	0,83	—	0,38
Mai 1858	0,34	—	0,95	—	—

Da Afløbsmængderne fra Drainrørene kun ere anførte af Delacroix ved Hjælp af Forholdstal og da Hr. Hannemann ikke tillægger disse Tal nogen videre Betydning, fordi de maalte Vandmængder tildeels skyldtes andre Jorder af forskjellig Qvalitet, ere Forholdstallene udeladte. Hr. Hannemann giver dernæst en Fremstilling af den Theori, som Delacroix har udledet af sine Forsøg til Bestemmelsen af Forholdet mellem Drainedningernes Dybde og indbyrdes Afstand og frembæver atter derved, at Delacroix, uagtet han selv har paaviist, at Grundvandspeilet danner en jævn krum Flade, dog baserer sin Theori paa den Forudsætning, at Grundvandspeilet mellem tvende parallelle Drainedninger er dannet af tvende Skraaplaner, som skjære hinanden midt imellem Ledningerne og have Fald ned imod disse. Ved Fremstillingen af sin Theori seer Delacroix nemlig bort fra den Krumning, som Vandspeilet har fra Midten af Ageren indtil Drainrørene og tager kun Hensyn til Grundvandspeilets relative Fald — hvorved han forstaaer Forholdstallet mellem Vandspeilets hele Fald paa Strækningen fra Midten af Ageren indtil Drainedningerne og Længden af denne Strækning. Dette Forholdstal, som betegnes ved f , betragter Delacroix som værende uafhængigt af Ledningernes indbyrdes Afstand og kun afhængigt af Jordens Beskaffenhed og af Regnmængden, og betragter paa lignende Maade Grundvandspeilets Hoide h lige over Drainedningerne som uafhængig af Ledningens Dybde under Jordoverfladen og som alene afhængig af Jordbundens Beskaffenhed og Regnmængden. Betegnes Drainedningernes Dybde under Jorden ved D og Dybden til Grundvandet midt i Ageren ved d , saa er Vandstanden over Drainedningernes Niveau midt i Ageren $= D - d$, medens Vandstanden over Drainedningerne er h . Det hele Fald, som Vandspeilet har fra Midten af Ageren hen til Drainrøret, er følgelig $= D - d - h$ og naar Afstanden mellem de to Drainrør betegnes ved a , kan Længden, hvorpaa Grundvandspeilet har Faldet $(D - d - h)$, fremstilles ved $\frac{a}{2}$. Grundvandets relative Fald f vil da være udtrykt ved:

$$f = 2 \cdot \frac{D - d - h}{a},$$

hvoraf den søgte Afstand mellem Drainedningerne bestemmes efter Formlen:

$$a = 2 \cdot \frac{D - d - h}{f},$$

naar Modstandscoefficienten f , svarende til de forskjellige Slags Jord, er bekendt ifølge Erfaring.

Delacroix's Drainingstheori har, saavidt mig bekendt, hidtil været betragtet som temmelig paalidelig, og det er paa Grundlag af den foranførte Formel for Drainedningernes indbyrdes Afstand, at den største Deel af den nyere Tids Drainingsanlæg ere udførte. Vanskeligheden ved at benytte denne Formel har væsentligt havt sin Grund i, at man kun

meget ufuldstændigt kjendte det relative Fald f for forskjellige Arter af Jord, og ingen Midler havde til paa en let og fyldestgjørende Maade at bestemme dens Størrelse for en given Jordart.

Gjennem en Række af Betragtninger, som jeg dog her ikke behøver nærmere at gennemgaae, men som væsentligt ere støttede paa det Factum, at det frie Grundvandspeil mellem Drainledninger har Form af en Cylinderflade og ingenlunde maa betragtes som tvende sammenstødende Skraaplaner, søger nu Hr. Secretair Hannemann at paavise, at ligesom Delacroix's Drainingsformel er bygget paa urigtige Forudsætninger, saaledes er det ogsaa sandsynligt, at man ved at følge denne Formel vil kunne blive ledet til fuldkommen falske Resultater. Forfatteren forkaster derfor Delacroix's Theori og kommer sluttelig gennem nogle Betragtninger over Delacroix's Forsøgsresultater til den Antagelse, at indtil fuldstændigere Undersøgelser foreligge vil man rimeligviis komme Sandheden nærmest ved at bestemme Drainledningernes indbyrdes Afstande (a) efter den ældre Methode — nemlig proportionalt med Drainledningernes Dybde D , ved Hjælp af Formlen:

$$a = n \cdot D,$$

hvor n er et givet Tal, som afhænger af Jordens Beskaffenhed og foreløbigt kan ansættes saaledes for:

	n		n
Stærk Leer	= 7	Sandet Leer	= 15
Muldet fiint Sand	= 10	Leret Sand	= 20

Den hele Drainingstheori staaer altsaa, som man heraf vil see, paa meget svage Fødder; men paa Grund af Drainingsens store Betydning ligger netop deri en stor Opfordring til at forsøge at afhjælpe Mangelen, og det er dette, som jeg i det Følgende skal gjøre, idet jeg støtter mig til de foran fremstillede Love for Vandets Bevægelse i Jorden.

Vi ville da tænke os, at en horizontal Mark, der har en eensartet Jordbund, er drainet ved Hjælp af parallelle Ledninger paa den Maade, som det var udført ved de af Delacroix undersøgte Strækninger, samt at Terrainet ikke har andet Tilløb af Vand end det, som hidrører fra det paa Stedet faldende Regnvand, der forudsættes ligeligt fordeelt over hele Arealet. I dette Tilfælde ere altsaa Forholdene netop saadanne, som Formlen (14) forudsætter, og naar vi nærmere betragte Tilstanden mellem tvende Drainledninger, som optage Vandet fra den mellemliggende Grund, vil det være umiddelbart indlysende, baade at Grundvandet i Jorden vil tilstrømme hver af disse Ledninger fra Midten af Ageren og at Strømmens Begyndelseshastighed i Midten af Ageren er $v_0 = 0$. Betragte vi derfor en hvilken som helst af disse Strømme, der gaae fra Midten af Ageren henimod en Drainledning, for deri at udtomme sig, saa er det klart af Formlerne (13) og (14), at Ligningen for Strømmens frie Vandspeil kan skrives:

$$\frac{U^2}{U_0^2} + \frac{l^2}{l_0^2} = 1, \quad l_0 = \frac{U_0}{\sqrt{A \cdot r}}, \dots \dots \dots (15)$$

hvoraf ligefrem fremgaar, at Grundvandspeilet mellem tvende parallellelebende Drainledninger er en Cylinderflade, hvis Tværnit er en Ellipse. Fra Midten af Ageren strømmer altsaa Grundvandet lodret henimod Drainledningerne under en Vandspeilsellipse, hvis ene Axe er horizontal og beliggende i Strømmens Bundplan, og hvis anden Axe — sædvanligviis den lille Axe — er beliggende i den lodrette Grændseplan, som adskiller de to Strømme, der fra Midten af Ageren bevæge sig til modsatte Sider. U_0 , der er Vandstandsellipsens halve Vertikalaxe (lille Axe), betegner altsaa Strømdybden eller Vandspeilshøiden over Strømmens Bundplan midt imellem Drainrørene; medens $l_0 = \frac{U_0}{\sqrt{A \cdot r}}$, der er Vandstands-ellipsens halve Horizontalaxe, der sædvanligt er Ellipsens halve store Axe, gaar i Strømmens Retning fra dennes Begyndelsespunkt lodret paa Drainledningen. Størrelserne U og l ere de løbende Coordinater til Vandstandsellipsen, idet Centrum (Midtpunktet mellem Drainrørene) er Coordinaternes Begyndelsespunkt.

Ved nu at betragte Delacroix's Forsøg, kunne vi let bestemme Forholdet $\left(\frac{U}{U_0}\right)$ for hvert af de 5 Punkter, hvori Maalerør vare anbragte, naar vi gaae ud fra, at Strømmen, som bevæger sig henimod Drainledningerne, foruden er begrændset af den Horizontalplan CD , som svarer til Drainledningernes Bundlinier. Ganske vist kan det tænkes, at Drainingsdybden kan afvige lidt fra denne Flade; men nogen stor Feil ville vi dog næppe begaae ved at betragte CD som Grændsen for Strømmen. Med denne Forudsætning findes, ifølge Delacroix's Forsøg med et Jordsmon af leret Sand, følgende Værdier af Forholdet $\left(\frac{U}{U_0}\right)$:

Maalerøret.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	
December 1857 . . .	{ Middelværdi	0,937	1	1,000	0,531	
	{ Maximumsværdi	0,520	1,000	1	0,866	0,520
Januar 1858	{ Middelværdi	0,455	1,000	1	0,820	0,455
	{ Maximumsværdi	0,527	0,947	1	0,842	0,580
Februar —	{ Middelværdi	0,684	0,843	1	0,843	0,526
	{ Maximumsværdi	0,537	0,927	1	0,927	0,561
Marts —	{ Middelværdi	0,563	0,937	1	0,875	0,500
	{ Maximumsværdi	0,476	0,984	1	0,857	0,476

Ved nærmere at betragte denne Tabel vil man finde, at denne ikke giver nogen Anledning til at antage, at Forholdet $\left(\frac{U}{U_0}\right)$ er afhængigt af Fugtighedsgraden, eftersom dette viser sig at variere mellem de samme Grændser i de tørre Maaneder (Januar og Februar) som i de fugtige Maaneder (Marts og December), og det vil tilmed sees, at Middelværdien af Forholdet $\left(\frac{U}{U_0}\right)$ er ved Maalningerne Nr. 1 og Nr. 5 for Januar og Februar = 0,540, og for Marts og December = 0,526, altsaa meget nær ligestor i begge Tilfælde. Heller ikke vil man finde nogen større Afvigelse mellem de Værdier, der svare til Maalerøret Nr. 1 og de Værdier, der svare til Nr. 5, end at det tør antages, at Forskjellighederne ere tilfældige, især da Middelværdien af alle de fundne Forholdstal svarende til Nr. 1 er 0,548, medens Middelværdien af alle Forholdstallene ved Nr. 5 er 0,518, hvilken sidste kun er lidt mindre end den for Nr. 1.

Efter alt hvad vi hidtil vide, ere vi derfor berettigede til at betragte alle Forskjellighederne mellem de observerede Forhold $\left(\frac{U}{U_0}\right)$ for de to Maalerør Nr. 1 og Nr. 5 som havende deres Grund i tilfældige Omstændigheder og Observationsfeil; af samme Grund kunne vi derfor ogsaa betragte alle de tilsyneladende Afvigelser mellem Værdierne for $\left(\frac{U}{U_0}\right)$, der ere fundne ved Observation i Maalerørene Nr. 2 og Nr. 4, som Observationsfeil.

Men idet vi antage dette, er det klart, at vi ville komme Sandheden nærmest ved for Forholdet $\left(\frac{U}{U_0}\right)$ at tage Middeltallet af samtlige observerede Forholdstal svarende til den samme Værdi af l . Ved paa denne Maade at bestemme de sandsynligste Værdier, svarende til den af Delacroix undersøgte Jordart, finde vi:

$$\begin{aligned} \text{at til } l = 12^m \text{ svarer } \frac{U}{U_0} &= 0,533, \text{ samt} \\ \text{— } l = 6^m \text{ — } \frac{U}{U_0} &= 0,903. \end{aligned}$$

Ved at benytte den første af disse Bestem. elser, vil det være let ved Hjælp af Formlen (15) at finde Ellipsens store Halvaxe $l_0 = 14\frac{1}{6}$ Meter, og naar denne Værdi indsættes, kan nævnte Formel (15) for den betragtede Jordart fremstilles saaledes:

$$\frac{U^2}{U_0^2} + \frac{l^2}{(14\frac{1}{6})^2} = 1, \dots\dots\dots (15a)$$

som for $l = 6^m$ giver $\left(\frac{U}{U_0}\right) = 0,905$, der næsten falder sammen med den observerede Middelværdi $\left(\frac{U}{U_0} = 0,903\right)$, som ovenfor er anført; det kan derfor vistnok betragtes som

afgjort, at Loven for Vandets Bevægelse i den betragtede Jordbund er fremstillet ved Formlen (15 a).

For imidlertid saa fuldstændigt som muligt at kunne komme til Erkjendelse af, hvor noie denne Formel stemmer overens med de ved Forsøgene fundne Vandstandshøider, har jeg sammenstillet de beregnede og de observerede Resultater i efterfølgende Tabel, idet jeg er gaaet ud fra de Vandstandshøider (U_0), som ere observerede midt imellem Drainledningerne i Maalerøret Nr. 3. Naar disse Værdier benyttes, og vi derefter efterhaanden sætte $l = 6^m$ og $l = 12^m$, kunne vi let beregne alle de tilsvarende Værdier af U ved Hjælp af Formlen (15 a), der kan skrives:

$$U = U_0 \sqrt{\left(1 + \frac{l}{14\frac{1}{8}}\right) \left(1 - \frac{l}{14\frac{1}{8}}\right)}.$$

Paa denne Maade fremkommer følgende Oversigtstabel:

Observationstiden.	De maanedlige Middelhøider af Grundvandet.					De største Høider af Grundvandet.					
	Maalerøret.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.
December 1857	observeret	0,20 ^m	0,30 ^m	0,32 ^m	0,32 ^m	0,17 ^m	0,27 ^m	0,52 ^m	0,52 ^m	0,45 ^m	0,27 ^m
	beregnet	0,17	0,29	0,32	0,29	0,17	0,276	0,47	0,52	0,47	0,276
Januar 1858	observeret	0,05	0,11	0,11	0,09	0,05	0,20	0,36	0,38	0,32	0,22
	beregnet	0,058	0,10	0,11	0,10	0,058	0,20	0,34	0,38	0,34	0,20
Februar —	observeret	0,13	0,16	0,19	0,16	0,10	0,22	0,38	0,41	0,38	0,23
	beregnet	0,10	0,17	0,19	0,17	0,10	0,22	0,37	0,41	0,37	0,22
Marts —	observeret	0,18	0,30	0,32	0,28	0,16	0,30	0,62	0,63	0,54	0,30
	beregnet	0,17	0,29	0,32	0,29	0,17	0,33	0,57	0,63	0,57	0,33

En Sammenligning mellem de saaledes beregnede Vandstandshøider og de directe observerede Grundvandshøider vil formeentlig sætte det udenfor al Tvivl, at de beregnede Værdier ere fuldt saa paalidelige som de observerede, og at Formlen (15 a) tør betragtes som correct.

Jordens Modstandscoefficient A kunne vi bestemme ved Hjælp af den sidste af Formlerne (15), der kan skrives:

$$A = \left(\frac{U_0}{l_0}\right)^2 : r.$$

Naar vi nemlig heri ifølge Delacroix's Forsøg med leret Sand efter de maanedlige Middeltal for December, Januar, Februar og Marts sætte:

$$\begin{aligned} \left(\frac{U_0}{l_0}\right)^2 &= 0,000511, & 0,000061, & 0,000180, & 0,000511 & \text{og} \\ r &= 0,000035, & 0,000096, & 0,000013, & 0,000051, & \text{saa finde vi} \\ A &= 14,6, & 6,4, & 13,9, & 10,0. \end{aligned}$$

Sætte vi dernæst efter Maximumsbestemmelserne:

$$\begin{aligned} \left(\frac{U_0}{l_n}\right)^2 &= 0,001347, & 0,000718, & 0,000741, & 0,001600 & \text{og} \\ r &= 0,000086, & 0,000043, & 0,000043, & 0,000200, & \text{saa finde vi} \\ A &= 15,6, & 16,7, & 17,2, & 8,0. \end{aligned}$$

Overeensstemmelsen mellem alle disse Værdier for Modstandscoefficienten A er tydelig nok ikke stor; men dertil maa først bemærkes, at vi ikke kunde vente nogen stor Overeensstemmelse af Middelværdierne, netop fordi de ere Middeltal istedetfor de virkelig sammenhørende Værdier af $\left(\frac{U_0}{l_0}\right)^2$ og r . Hvad Maximumforsøgene derimod angaae, stemme Forsøgene for December, Januar og Februar upaaklageligt overeens, medens Martsforsøget er væsentligt afvigende. Det er ganske vist vanskeligt at sige, hvorfra denne Afvigelse fra de tre foregaaende Maaneder stammer, men jeg er tilbøielig til at antage, at det betydelige Vandaflob i Marts er begrundet i en Trykfeil hos Delacroix, især da han angiver den Regnmængde, som fremkaldte Maximumsaflobet i December, til 12^{mm} Vand, og den Regnmængde, som fremkaldte Maximumsaflobet i Marts, til kun $10,4^{\text{mm}}$ Vandhøide. Som en Følge heraf antager jeg, at vi ikke ville komme langt fra Sandheden ved for den undersøgte Jordart at sætte Modstandscoefficienten $A = 16,5$.

Indføre vi denne Værdi for A tilligemed $l_0 = 14\frac{1}{8}^{\text{m}}$ i den anden Formel (15), finde vi Vanddybden midt i Ageren (i Blikrøret Nr. 3) som Function af den Vandhøide r , som i Timen afledes gennem Drainedningerne, udtrykt ved

$$U_0 = 57,5 \cdot \sqrt{r},$$

hvoraf fremgaaer, at vi ville være istand til for et givet System af Drainedninger at bestemme dets Vandføring r ved blot i Midten af Ageren at observere Vandstanden U_0 .

Naar vi dernæst for Delacroix's 2den Forsøgsrække, som er udført ved en Jordbund af stærk Leer, bestemme Forholdet $\left(\frac{U}{U_0}\right)$ ganske paa samme Maade som for leret Sand, saa kan Resultatet af Forsøgene fremstilles i følgende Tabel:

Maalerøret.		Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.
December 1857	{ Middelværdi	0,373	0,800	1	0,917	0,413
	{ Maximumsværdi	0,337	—	1	—	0,468
Januar 1858	Middelværdi	0,367	0,955	1	0,706	0,382
Februar —	—	0,377	0,971	1	0,900	0,406
Marts —	—	0,350	0,891	1	0,955	0,362
April —	—	0,347	0,931	1	0,931	0,361
Mai —	{ Middelværdi	0,333	0,988	1	0,975	0,518
	{ Maximumsværdi	0,355	—	1	—	—

Ved de her fremstillede Forholdstal for $\frac{U}{U_0}$ viser der sig lige saa lidt noget Tegn til en Forandring med Fugtighedsgraden som i den foregaaende Forsøgsrække. Ganske vist forekommer der ogsaa her væsentlige Afvigelser mellem de for samme Afstand l fundne Værdier af Forholdet $\frac{U}{U_0}$; men Forskjellighederne, nærmere eftersete, ere dog af den Natur, at de maa tilskrives Observationsfeil og andre Tilfældigheder. Naar vi derfor her, ligesom i det Foregaaende, tage Middelværdien af alle de for samme Afstand l fundne Forholdstal som den sandsynligste Værdi for $\frac{U}{U_0}$, finde vi for $l = 4,8^m$, $\frac{U}{U_0} = 0,383$ og for $l = 2,4^m$, $\frac{U}{U_0} = 0,915$. Indføre vi de to første Værdier for l og $\frac{U}{U_0}$ i Formlen (15), findes Ellipsens store Halvaxe $l_0 = 5,2^m$, og naar denne indsættes for l_0 i nævnte Formel (15), erholdes Ligningen

$$\frac{U^2}{U_0^2} + \frac{l^2}{(5,2)^2} = 1 \dots\dots\dots (15 b)$$

svarende til den omhandlede Jordarts Grundvandspeil. Sætte vi heri $l = 2,4^m$, finde vi $\frac{U}{U_n} = 0,89$, som vel er lidt mindre end den Værdi 0,915, vi ovenfor have fundet som Middeltal af alle Forsøgene; men den er dog ikke mere afvigende derfra, end at vi kunne betragte Forskjellen som hidrørende fra Observationsfeil. For imidlertid at erholde et fuldstændigt Overblik over, hvorledes Formlen (15 b) stemmer med Delacroix's Observationer, sammenstiller jeg i den efterfølgende Tabel de beregnede Vandhøider (U) med de observerede, ligesom tidligere udført for den første Forsøgsrække.

1. Oversigt over Grundvandets maanedlige Middelhojder.

Maaleror.		Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.
December 1857	{ observeret	0,28 ^m	0,60 ^m	0,75 ^m	0,71 ^m	0,31 ^m
	{ beregnet	0,29	0,67	0,75	0,67	0,29
Januar 1858	{ observeret	0,25	0,67	0,68	0,48	0,26
	{ beregnet	0,26	0,60	0,68	0,60	0,26
Februar —	{ observeret	0,26	0,67	0,69	0,62	0,28
	{ beregnet	0,27	0,61	0,69	0,61	0,27
Marts —	{ observeret	0,23	0,59	0,66	0,63	0,24
	{ beregnet	0,25	0,59	0,66	0,59	0,25
April —	{ observeret	0,25	0,67	0,72	0,67	0,26
	{ beregnet	0,28	0,64	0,72	0,64	0,28
Mai —	{ observeret	0,27	0,50	0,81	0,79	0,42
	{ beregnet	0,31	0,72	0,81	0,72	0,31

2. Oversigt over Grundvandets største Hojder.

December 1857	{ observeret	0,28	—	0,83	—	0,38
	{ beregnet	0,32	—	0,83	—	0,32
Mai 1858	{ observeret	0,34	—	0,95	—	—
	{ beregnet	0,37	—	0,95	—	0,37

Overensstemmelsen mellem de beregnede og de observerede Vandhojder viser sig ogsaa her at være meget tilfredsstillende, idet de Afgivelser, som findes, tydeligt sees at have særlige Oprindelser, eftersom de observerede Værdier, som afvige meest fra de beregnede, stemme lige saa lidt med de øvrige Observationer som med Beregningen.

Af Delacroix's Undersøgelser over Grundvandspeillets Form kunne vi nu i Henhold til det Foregaaende drage følgende Resultater:

1. Naar et eensartet, horizontalt beliggende Terrain er drainet til en given Dybde ved Hjælp af parallelle Drainledninger, der ere beliggende i givne Afstande fra hinanden, saa har Grundvandspeilet mellem hver 2 Ledninger Form af en Cylinder, hvis Tværsnit sædvanligt er en liggende Ellipse. Centrum for denne Vandspeils-Ellipse er beliggende midt imellem begge Drainror og dens horizontale Axe, der ligger i Drainrorenes Niveau og har Længden $2L_0$, er uafhængig af Jordens Fugtighedsgrad.

2. Vandspeils-Ellipsens vertikale Halvaxe (U_0), som fremstiller Grundvandets Høide over Drainledningernes Niveau midt imellem Drainrørene, er derimod afhængig af Fugtighedsgraden og voxer navnlig med Kvadratroden af den i Jorden nedtrængende Vandmængde r .
3. Paa et hvilket som helst andet Punkt mellem de to Drainrør i Afstanden l fra Midten af Ageren, er Grundvandstanden U over Drainledningernes Niveau stedse proportional med U_0 .

Af Forsøgene kan dernæst udledes, at hvis Grundvandet fra Ageren kunde indstrømme i Drainledningerne uden at noget Overtryk dertil var fornødent, vilde Drainrørene findes beliggende ved Endepunkterne af den store Axe; men da Vandet skal drives igjennem Drainledningerne og deres Stødfuger ind i Ledningerne, behøves der til Udførelsen af dette Arbejde en extra Trykhøide, og denne Omstændighed nødvendiggjør, at Drainledningernes indbyrdes Afstand bliver mindre end $2l_0$. For tydeligt at indsee Nødvendigheden heraf bemærkes, at Forholdet ved Drainledningerne ganske svarer til hvad der vilde finde Sted, hvis Grundvandet kunde indstrømme i disse Rør uden Modstand og der umiddelbart foran den frie Udmunding befandt sig et Stigbord, som hemmede Vandstrømmens uhindrede Udlob. En saadan Forhindring vil nemlig medføre, at der bag samme maa findes en Trykhøide, som er istand til at drive Vandstrømmen gjennem den stedfindende Stigbordsaabning, medens Vandspeilsformen selvfølgelig beholder sin elliptiske Form uforandret lige indtil det Punkt, hvor Forhindringen findes.

Det Overtryk, som behøves for at drive den samme Vandmængde gjennem Drainledningerne, afhænger naturligviis af disses Beskaffenhed, og Afstanden, hvori Drainrøret maa ligge indenfor Endepunktet af Ellipsens (store) Axe, er derfor afhængig af Drainrørenes Modstand. Naar Mængden af Drainvand stiger for et givet System af Ledninger, stiger ogsaa Grundvandspeilet og dermed den Trykhøide, hvorved Vandet drives ind i Ledningen. Ifølge Delacroix's Forsøg er altsaa Vandstands-Ellipsens Horizontalaxe uafhængig af Grundvandets Høide over Drainledningernes Niveau; hvorimod den er afhængig af Drainledningernes indbyrdes Afstand (a). Efter hans Forsøg med leret Sand finder man for denne Jordart Forholdet $\frac{a}{l_0} = 1,76$, medens Forsøgene med stærk Leer angive Forholdet $\frac{a}{l_0} = 1,92$; der viser sig altsaa en saa ringe Afvigelse for disse to meget forskellige Jordarter, at vi vist næppe regne meget feil, naar vi betragte Forholdet som constant og sætte:

$$\frac{a}{l_0} = 1,8.$$

Gaae vi ud herfra og betegne vi dernæst Drainrørenes Dybde under Jordoverfladen ved D , samt Afstanden fra Jordoverfladen, hvortil Grundvandspeilet i det Høieste kan tilladés

at stige i Jorden, ved d , saa er det tydeligt, at den sidste af Formlerne (15) kan skrives under følgende Form:

$$a = 1,8 \cdot \frac{D - d}{\sqrt{A \cdot r}}, \dots \dots \dots (16)$$

som aabenbart fremstiller den søgte Lov, hvorefter Drainedningernes indbyrdes Afstand afhænger af Drainrørens Dybde, Grundvandets Høide, Drainvandsmængdens Størrelse samt Jordens Modstandscoefficient. Med Hensyn paa de i denne Drainingsformel forekommende Størrelser, skal det bemærkes, at a , D og d tænkes givne i Fod, at A betegner Trykhoidetabet pr. løb. Fod, naar Strømhastigheden er 1 Fod i Timen, og at r betegner den største Regnmængde, udtrykt i Fod Regnhøide, som Drainledningerne skulle aflede i Timen. Med Hensyn til Delacroix's Forsøg med leret Sand skal derhos bemærkes, at den største Regnhøide, som fandt Sted under disse Maalinger, beløb sig til omtrent $\frac{3}{4}$ Linie i 24 Timer, og at det dertil svarende Grundvandspeil kun stod 1,2 Fod under Jordoverfladen.

Regne vi derimod, som jeg troer man almindeligt gjør her hos os, at Drainingsanlægget i 24 Timer skal kunne aflede en Vandhøide af 3 Linier eller $\frac{1}{4}$ Tomme Regn uden at Vandstanden i Jorden derved maa stige høiere end til en given Afstand d under Jordoverfladen, saa kan Regnhøiden, som skal afledes i 24 Timer, sættes = 0,0208 Fod; den Regnhøide, som Systemet skal aflede i Timen, bliver altsaa $r = \frac{0,0208}{24} = 0,0009$ Fod. Naar denne Værdi indsættes i Formlen (16) og vi derhos bemærke, at Jordens Vandledningsevne $W = \frac{1}{A}$, vil det sees, at Drainingsformlen kan fremstilles saaledes:

$$a = 60 \cdot \sqrt{W} \cdot (D - d) \dots \dots \dots (16 a)$$

Sætte vi nu i Henhold til de tidligere angivne Forsøg

for bornholmsk Gruus	$W = 712$,	findes dertil	$a = 1600 (D - d)$;
for almindeligt Gruus	$W = 37$,	—	$a = 365 (D - d)$;
for almindeligt Filtersand	$W = 5,1$,	—	$a = 135 (D - d)$;
for leret Sand	$W = \frac{1}{16,5}$	—	$a = 15 (D - d)$.

Da der, saavidt mig bekjendt, ikke fortiden foreligge Resultater af andre og flere Forsøg over Vandledningsevnen af forskjellige Jordarter, og da jeg ikke selv har havt Leilighed til at fortsætte Forsøgene, har jeg foreløbigt maattet indskrænke mig til Fremstillingen af de foranstaaende 4 Formler, hvoraf vel egentlig kun de to sidste kunne have Betydning for den praktiske Draining, eftersom det ikke er sandsynligt, at man vil udføre Drainingsanlæg i reen Gruus.

Som man vil have bemærket, er Bestemmelsen af en given Jordarts Vandledningsevne W temmelig omstændelig, hvad enten den udføres paa den af mig angivne Maade

eller ved Hjælp af Jagttagerer anstillede ved alt udførte Drainingsanlæg; men da det aabenbart er af særdeles Vigtighed for Landmanden at kunne bestemme Vandledningsevnen W af en given Jordart, som agtes drainet, for derved at blive istand til at angive i hvilken Afstand Drainledningerne bør lægges, har jeg udtænkt en Methode, som er forholdsviis simpel og let anvendelig og som dog efter de Prøver, som jeg har anstillet, synes at give meget tilfredsstillende Resultater. Methoden, der, som sagt, med Lethed vil kunne benyttes af enhver Drainingsmester, er grundet paa det Forhold, at naar en Jordmasse er begrændset af en lodretstaaende cylindrisk eller prismatisk Overflade, og Jorden ved at holdes befugtet af et tyndt Vandlag udsættes for en Gjennemstrømning af Vand fra oven nedad, saa vil Trykhoidetabet h for den gjennemløbende Vandstrøm paa ethvert Punkt af den gjennemløbne Bane noiagtigt være ligestort med Længden l af den Vei, som Strømmen har gjennemløbet, og at under disse Omstændigheder er den i Timen pr. \square Fod gjennemstrømmende Vandmængde ligestor med Jordens Vandledningsevne W .

For at bestemme Vandledningsevnen af en given Jordart, behøver man derfor blot at nedlægge Prøver af Jorden i nogle større Urtepotter, som i Bunden ere forsynede med gode vandtrækkende Lag af Smaasteen, saaledes som det sædvanligt finder Sted ved Blomsterpotter. Ved at nedsætte disse saaledes fyldte Urtepotter i Vand indtil Jorden er fuldstændig gjennemblødt og ved derefter at holde dem jævnt overgydte med Vand saalænge indtil Jorden er fuldstændig sammensunken og gjennemtrængt af Vand, lader Vandledningsevnen W sig let bestemme ved fra Tid til anden at observere hvormeget Vand der løber gennem Jorden i en Time. Ved jævnlige at maale den gjennemløbne Vandmængdes Størrelse, findes det, at denne efterhaanden bliver mindre og mindre indtil en bestemt Grændse; er denne Grændse funden, er det kun fornødent at udtrykke den gjennemløbne Vandmængde i Cubikfod og dividere det fundne Tal med Urtepotens indvendige Middellareal eller Lysning, udtrykt i Qvadratfod, for derved at erholde det Forholdstal, som fremstiller Jordens Vandledningsevne W ; naar da samtlige Prøver omtrent give samme Værdi for W , vil Middeltallet af dem alle næppe afvige meget fra den søgte Vandledningsevne. Paa denne Maade har jeg foretaget Forsøg med det tidligere undersøgte Filtersand og fundet Sandets Vandledningsevne efterhaanden at aftage fra 5,7 til 5,1 Cubikfod i Timen, altsaa ganske samme Værdi for W , som jeg tidligere fandt ved mine Forsøg med Maalekassen. Jeg skal fremdeles angive Resultaterne af nogle andre Forsøg, som jeg har udført paa denne Maade. Med en sandet Muldjord foretog jeg følgende Forsøg:

Efter at Jorden var gjennemfugtet gav det 1ste Forsøg	$W = 0,84$	Cbf. pr. Time,
Det 2det Forsøg, der udførtes 6 Timer efter det første Forsøg, gav	$W = 0,50$	— —
— 3die — — — 21 — — —	$W = 0,34$	— —
— 4de — — — 4 Dage — — —	$W = 0,26$	— —
— 5te — — — 7 — — —	$W = 0,21$	— —
— 6te — — — 39 — — —	$W = 0,111$	— —

og det viser sig tydeligt heraf, at Vandledningsevnen convergerer imod en Grændse, der kan betragtes som Jordens naturlige Vandledningsevne.

Ved tvende Forsøg med sandet Leer fandtes efter Forløbet af en Maanedes Tid

$$W = 0,0016 \text{ Cbf. pr. Time.}$$

Ved Forsøg med flint Flydesand fandt jeg $W = 0,0025$ — —

Ved en anden Prøve af lignende Sand fandt jeg $W = 0,0060$ — —

Ved et Forsøg med almindelig Urtepottejord fandtes $W = 0,0175$ — —

De specielle Drainingsformler, svarende til disse Jordarter, vilde herefter blive følgende:

For den førstnævnte sandede Muldjord $a = 20 (D-d)$

— den undersøgte Urtepottejord $a = 8 (D-d)$

— de to Prøver af Flydesand $\left\{ \begin{array}{l} a = 5 (D-d) \\ a = 3 (D-d) \end{array} \right.$

— — — sandet Leer $a = 2,5 (D-d)$.

Herved skal kun sluttelig bemærkes, at disse Bestemmelser nærmest ere anførte som Exempler paa Methodens Anvendelighed til Bestemmelse af en given Jordarts Vandledningsevne, og at det vil være meget at anbefale, i hvert forekommende Tilfælde først at bestemme Jordens Vandledningsevne før man lægger Planen for sit Drainingsanlæg.

Sur les lois du mouvement de l'eau dans les couches terrestres.

Par M. A. Colding.

Les lois du mouvement de l'eau dans les conduites ordinaires ouvertes et fermées, et en partie aussi dans les courants libres, ont, à cause de leur grande importance pour beaucoup d'entreprises, été l'objet de recherches très approfondies, qui ont conduit à ce résultat que non seulement nous pouvons aujourd'hui distinguer assez clairement ces lois des courants, mais aussi que les connaissances ainsi acquises nous ont mis en état de comprendre d'autres phénomènes naturels analogues qui auparavant étaient pour nous obscurs ou peut-être entièrement inconnus.

Mais il y a une tout autre classe de courants sur lesquels je désire appeler l'attention, parce que nous n'en avons presque aucune connaissance, bien qu'ils jouent dans la nature un rôle très considérable.

Je veux parler des courants qui se produisent dans les diverses couches terrestres aquifères. Ce que nous savons à ce sujet se borne en effet à ceci :

1°. qu'il pénètre une plus grande quantité de pluie dans les terrains légers et sablonneux que dans les terrains compactes et argileux, parce que la résistance que la terre présente au mouvement de l'eau est moindre dans un terrain poreux que dans un terrain compacte.

2°. que l'eau qui pénètre dans la terre continue ordinairement de descendre jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche de sable ou de gravier aquifère par laquelle elle se rend dans la mer, soit directement en vertu de la pesanteur, qui la pousse constamment vers le bas des pentes, soit indirectement en se déversant d'abord dans un lac ou autre réservoir analogue pour s'écouler ensuite dans la mer, lorsqu'elle ne s'évapore pas en route.

3°. que l'eau des couches terrestres forme des courants coulant à un certain niveau, dont on peut déterminer la position en forant ou en creusant des puits dans le terrain.

Mais ce que nous connaissons surtout des eaux souterraines, c'est le dommage qu'elles peuvent causer aux constructions, comme l'action pernicieuse qu'elles peuvent

exercer sur l'état sanitaire, tant de l'homme et des animaux que des plantes, et, à cet égard, il serait très désirable que les lois du mouvement de l'eau dans l'intérieur de la terre fussent mieux connues qu'elles ne l'ont été jusqu'à présent. Toutefois, ce n'est pas seulement l'éloignement des eaux souterraines qui joue un rôle important dans la vie journalière, mais aussi les moyens de les recueillir d'une manière convenable et en quantité suffisante pour des fins très diverses, en particulier pour des établissements industriels et des usages domestiques, pour approvisionner d'eau potable des propriétés isolées ou des villes etc. Il est donc évident qu'une connaissance complète des lois du mouvement de l'eau dans les différentes couches terrestres, serait à beaucoup d'égards d'une grande utilité.

J'ai en conséquence pensé que le présent travail sur le mouvement de l'eau dans la terre pourrait avoir un intérêt général, les résultats auxquels je suis arrivé étant tous basés sur des recherches directes.

Pendant 300 ans, Copenhague a été approvisionné d'eau par quelques lacs qui se trouvent dans le voisinage de la ville, et dont le plus important est celui de Damhus. Ce lac, qui mesure 5 à 6 millions de pieds carrés, est situé dans un bassin d'une étendue 100 fois plus grande environ, et d'où affluent pendant l'hiver les eaux qui servent en été à l'approvisionnement de la ville. Pour augmenter et améliorer l'eau de Copenhague, notre célèbre compatriote, le professeur Forchhammer, proposa de forer quelques puits artésiens dans le bassin du lac de Damhus, ses recherches géologiques lui ayant donné tout lieu de croire que, dans le calcaire de Saltholm, qui chez nous repose sur la craie et s'étend dans tous les environs de Copenhague, devaient se trouver des couches de sables verts très aquifères. Il supposait qu'on pourrait ainsi procurer à Copenhague des sources d'une eau très pure qui, par les pentes naturelles du terrain, iraient se déverser dans le lac de Damhus, et ses prévisions se réalisèrent si bien que ces forages artésiens ont fourni plus tard par jour à la ville 150,000 pieds cubes d'une eau d'excellente qualité.

Comme on ne pouvait obtenir une source jaillissante qu'en effectuant le forage en un point où le plan d'eau souterrain fût plus élevé que la surface du sol, et que le débit de la source, toutes conditions égales, devait croître avec la hauteur de ce plan au-dessus du sol, il était important de pouvoir au préalable déterminer cette hauteur en divers points du bassin du lac. Dans ce but, j'essayai, en allongeant successivement le tube dans les puits déjà forés, de faire monter l'eau jusqu'à la hauteur où le débit cessait. Cela ne me réussit pas, parce que l'eau se frayait un passage entre la terre et le tuyau de forage; mais, dans mes tentatives pour porter le niveau de la source à la limite de sa hauteur d'ascension, j'en vins à constater une loi pour le décroissement du débit avec la pression, loi qui me permit de déterminer indirectement la hauteur cherchée. Je trouvai en effet que le débit de la source, pour un niveau donné dans le tuyau, était proportionnel à la distance verticale comprise entre ce niveau et le plan d'eau souterrain qui indique la plus grande hauteur d'ascension de la source, et correspond par suite à un débit égal à zéro. En désignant par H et H_1 les hauteurs respectives du plan d'eau souterrain et du terrain au-dessus du niveau de la mer, et en faisant abstraction de la résistance de l'eau dans les tuyaux et de la perte de pression qui en résulte, on trouve que la perte de pression ($H - H_1$) est liée au débit Q de la source par la loi simple qui suit:

$$H - H_1 = C.Q. \dots \dots \dots (1)$$

où C est une constante qui dépend de la résistance de la couche aquifère au mouvement de l'eau.

En déterminant ensuite pour les divers puits artésiens la hauteur d'ascension maximum ou la hauteur comprise entre la surface du sol et le plan d'eau souterrain, je reconnus que le plan limite des hauteurs d'ascension des différentes sources n'était pas un plan horizontal, mais un plan incliné vers le Sud-Est, direction que doivent par conséquent suivre les eaux souterraines dans leur marche vers la mer à travers les couches aquifères. Après avoir pendant longtemps observé les hauteurs d'ascension des sources, je constatai en outre que le plan limite dont il s'agit était un plan variable qui remontait et descendait proportionnellement à la quantité d'eau qui pénètre dans la terre jusqu'à la profondeur où l'on place d'habitude les drains, lesquels, comme on sait, ne donnent généralement de l'eau que pendant les six mois d'hiver. L'eau souterraine augmente donc dans cette période, et diminue au contraire dans la saison d'été, d'où il suit que pendant l'hiver les couches aquifères reçoivent plus d'eau qu'elles n'en écoulent, tandis que c'est l'inverse en été.

Pour obtenir des lois du mouvement de l'eau dans la terre une connaissance plus approfondie que celle que m'avait procurée le forage des puits artésiens, j'entrepris plus tard une série de recherches sur le mouvement de l'eau dans diverses couches de sable et de gravier que je disposais dans une conduite ouverte, et faisais traverser par une quantité d'eau plus ou moins grande. Dans chaque expérience, je déterminais le débit de la couche par pied carré de la section transversale du courant, ainsi que la perte de pression correspondante par unité de longueur du courant, et j'arrivai ainsi à reconnaître la remarquable loi que voici du mouvement de l'eau dans la terre, à savoir que la vitesse du courant est proportionnelle à la perte de pression. Si l'on désigne la perte de pression par unité de longueur par $\frac{h}{l}$, et la vitesse du courant ou le débit de la couche par unité de la section transversale, par v , la loi en question peut être exprimée par la formule:

$$\frac{h}{l} = Av \dots \dots \dots (2)$$

A étant une grandeur qui croît avec la densité ou la résistance de la couche aquifère, et qui représente la pente par unité de longueur, nécessaire pour produire dans l'unité de temps une vitesse de 1 pied, et un débit de 1 pied cube par pied carré de la section du courant. Qu'il y ait accord entre les formules (1) et (2), c'est ce qu'il est facile de voir, mais la dernière seule explique complètement pourquoi la loi déjà connue concernant les rapports entre la hauteur d'ascension et le débit de l'eau dans les puits artésiens, doit être une loi naturelle.

Après avoir reconnu cette loi générale du mouvement de l'eau dans la terre, j'ai essayé de l'appliquer à la solution de diverses questions, parmi lesquelles je mentionnerai les suivantes:

1. Lorsqu'une couche de sable est traversée par un courant qui y pénètre par son extrémité supérieure, et qu'elle est complètement saturée d'eau, il est évident que le débit croît avec la pente; mais, en appliquant la formule (2), on trouve que le débit croît proportionnellement à cette quantité.

2. Lorsqu'une couche de sable, reposant sur une couche horizontale imperméable à l'eau, est traversée par un courant qui coule sur cette dernière couche, on trouve à l'aide de la formule (2) que la surface de la nappe d'eau souterraine prend la forme d'une parabole du 2^e degré, dont l'axe est horizontal et situé dans le lit du courant. C'est ce que j'ai vérifié par des expériences directes.

3. Il arrive rarement que l'eau de pluie pénètre en un point isolé jusqu'aux couches aquifères; au contraire, elle se répand en général d'une manière assez uniforme sur toute l'étendue du terrain où ces couches sont situées. Il est donc d'un grand intérêt pour le forage des puits artésiens de pouvoir déterminer la forme que prend la surface de la nappe d'eau souterraine en s'écoulant vers la mer, lorsque l'eau afflue également de tous les points du terrain aux couches aquifères. En supposant la couche aquifère homogène dans toute son étendue, on trouve par la formule (2) que la nappe d'eau souterraine, dans sa marche vers la mer, prend la forme d'une parabole du 2^e degré dont l'axe est vertical, et correspond au point du terrain où se trouve la ligne de partage des eaux. C'est ce que j'ai eu l'occasion de vérifier pour les puits artésiens des environs de Copenhague.

4. Lorsque la nappe d'eau souterraine s'écoule d'un terrain homogène par des drains disposés à une certaine profondeur en lignes parallèles, et que l'eau de pluie afflue également de tous les points, l'expérience montre que la surface liquide entre 2 lignes de drains successives prend une forme convexe dont le point le plus élevé correspond au milieu de la distance entre les drains. Or il résulte de la formule (2) que la surface de l'eau entre les drains a la forme d'une ellipse dont l'un des axes (ordinairement le grand axe) est horizontal et placé au niveau des drains, tandis que l'autre est vertical et situé au milieu des deux drains par lesquels s'écoule l'eau du terrain intermédiaire.

La formule (2) montre en outre que si l'on désigne le demi-axe vertical de l'ellipse (la charge d'eau sur les drains) par d et le demi-axe horizontal par l , le rapport entre ces deux demi-axes dépend en partie de la perméabilité du sol, c'est-à-dire la hauteur d'eau W qui, dans l'unité de temps, pénètre perpendiculairement dans la terre lorsque celle-ci est complètement saturée, en partie de la hauteur de pluie r qui correspond à la quantité d'eau fournie dans le même temps par les drains, et peut s'exprimer par l'équation

$$\frac{l}{d} = \sqrt{\frac{W}{r}}.$$

En comparant mes résultats avec ceux des expériences de M. Delacroix sur le drainage dans les terres sablonneuses et argileuses, on trouve que la théorie est entièrement d'accord avec la nature, lorsque la distance a des drains entre eux est égale à 0,9 du grand axe (2 l) de l'ellipse, ou lorsque $a = 1,8l$.

Entre la hauteur de l'eau au milieu des drains, et l'écartement des drains entre eux, on doit donc avoir la relation:

$$a = 1,8\sqrt{\frac{W}{r}} \cdot d \dots \dots \dots (3)$$

En supposant que la plus grande hauteur de pluie que les drains puissent débiter par heure soit de 0,0009 pied, la formule des drains deviendra

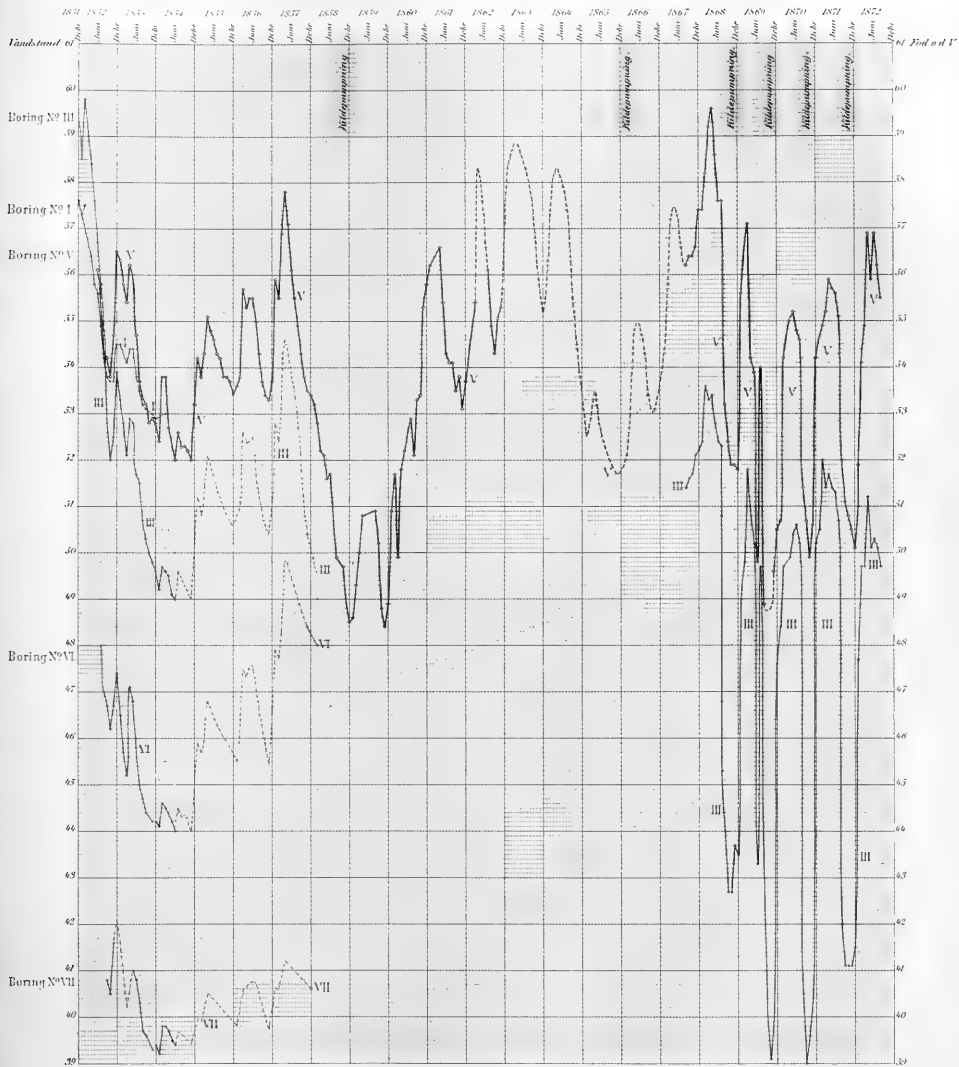
$$a = 60\sqrt{W} \cdot d \dots \dots \dots (4)$$

Etant donnée la profondeur des drains, ainsi que la hauteur d'eau maximum (d) qu'on peut laisser sur les drains sans que la végétation en souffre, l'intervalle (a) entre les drains peut se calculer par la formule (4), si l'on a eu soin au préalable de déterminer par quelques expériences la perméabilité (W) du sol.



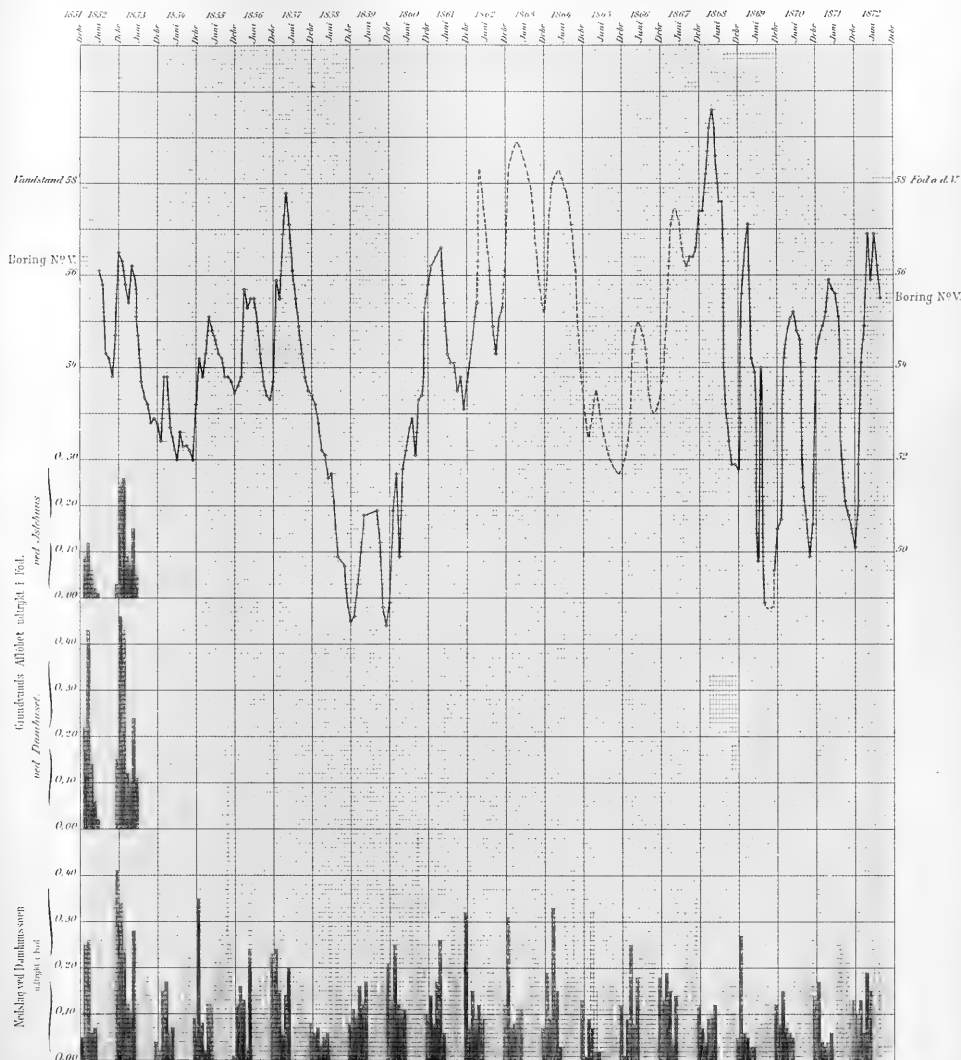


KD. Vid. Selsk. Skr. 5te Række, naturv. og math. Afd. 9de B. VIII. A. Colding: om Vandets Bevægelse i Jorden.

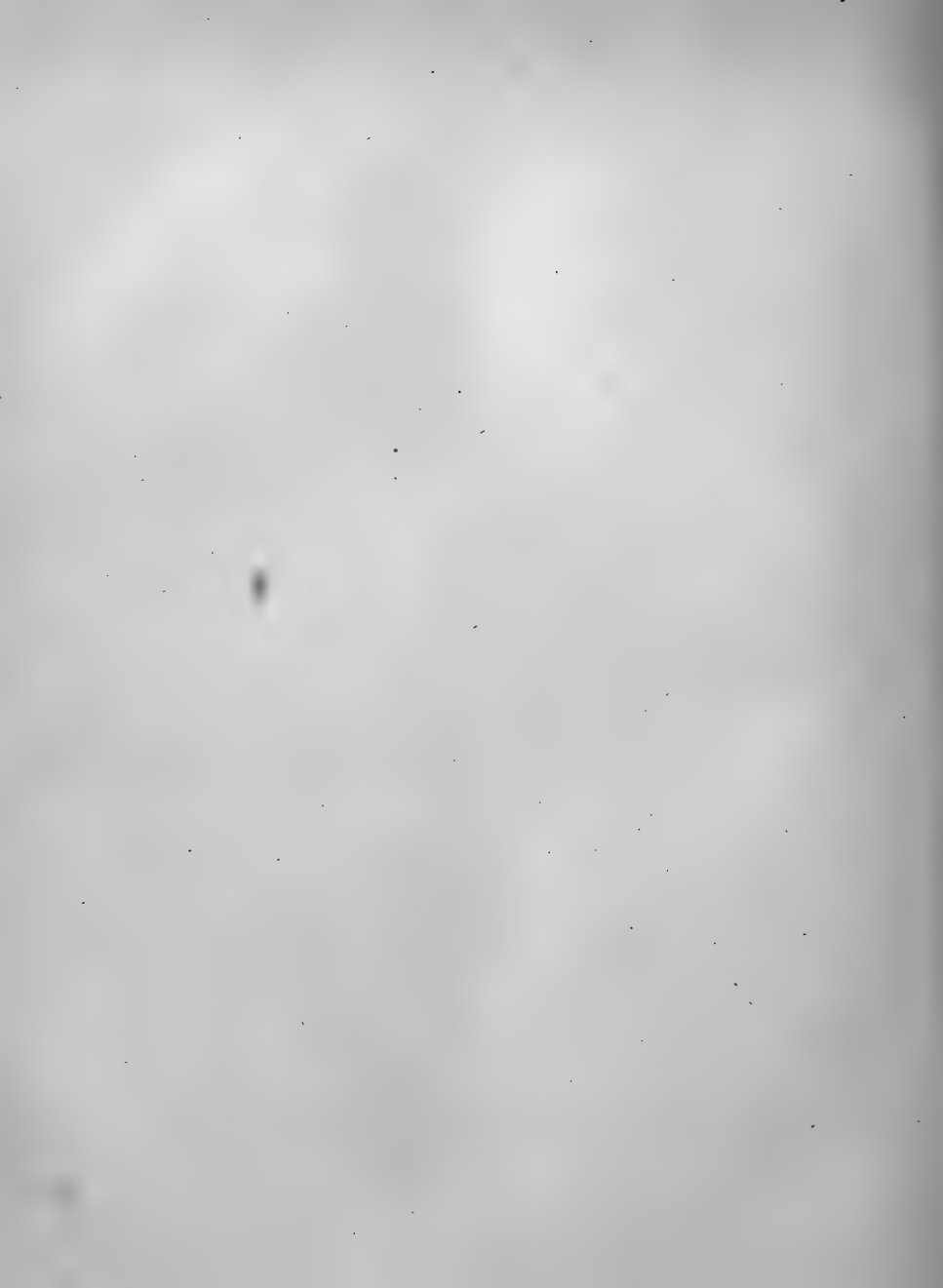




K.D. Vid. Selsk. Skr. 5te Raekke, natur- og math. Afd. 9de B. VIII. A. Colding, om Vandets Bevægelse i Jorden



Til Bergh's Indtast



Krystallografisk-optiske Undersøgelser,

med særligt Hensyn til isomorfe Stoffer.

AF

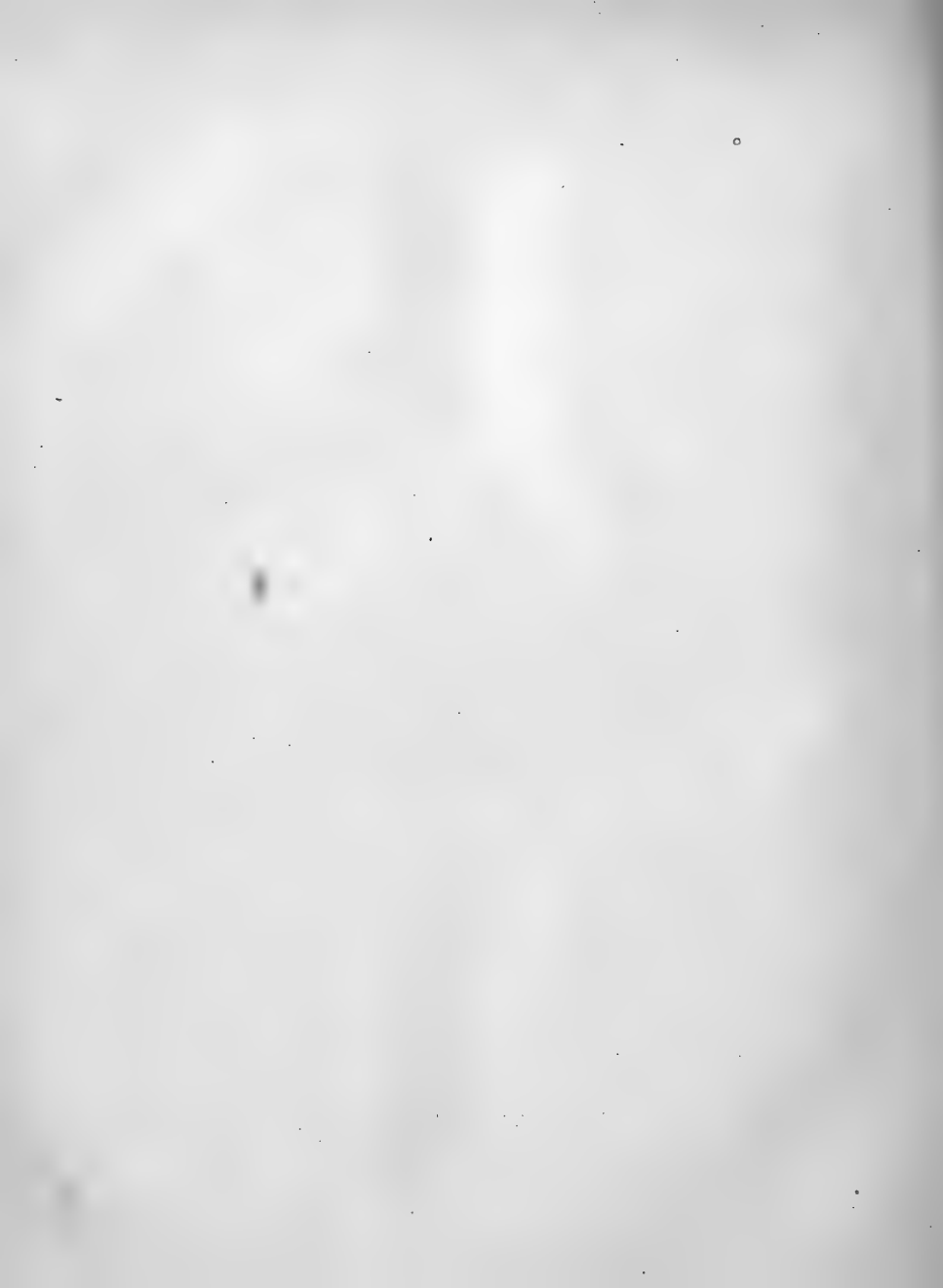
Haldor Topsøe og C. Christiansen.

Vidensk. Selsk. Skr. 5 Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. 9 B. IX.

Kjøbenhavn.

Bianco Lunos Bogtrykkeri ved F. S. Mølle.

1873.



Oversigt over de undersøgte Stoffer.

	Side		Side
1. $NH^3 J$	18.	25. $Ca S^2 O^6 + 4 H^2 O$	41.
2. KJ	19.	26. $Sr S^2 O^6 + 4 H^2 O$	42.
3. KBr	20.	27. $Pb S^2 O^6 + 4 H^2 O$	43.
4. $Sn Cl^4, 2 K Cl$	20.	28. $Zn Se O^4 + 6 H^2 O$	45.
5. $Si Fl^4, 2 Am Fl$	21.	29. $Ni Se O^4 + 6 H^2 O$	46.
6. $Pb N^2 O^6$	21.	30. $Ni SO^4 + 6 H^2 O$	47.
7. $Ba N^2 O^6$	23.	31. $Be SO^4 + 4 H^2 O$	48.
8. $Al^2 3 Se O^4, K^2 Se O^4 + 24 H^2 O$	23.	32. $Sn Cl^4, Mn Cl^2 + 6 H^2 O$	50.
9. $Fe^2 3 SO^4, K^2 SO^4 + 24 H^2 O$	24.	33. $Sn Cl^4, Co Cl^2 + 6 H^2 O$	50.
10. $\left. \begin{matrix} Fe^2 \\ Al^2 \end{matrix} \right\} 3 SO^4 \left. \begin{matrix} K^2 \\ Am^2 \end{matrix} \right\} SO^4 + 24 H^2 O$	24.	34. $Sn Cl^4, Ni Cl^2 + 6 H^2 O$	51.
11. $Fe^2 3 SO^4, Am^2 SO^4 + 24 H^2 O$	25.	35. $Pt Cl^4, Mn Cl^2 + 6 H^2 O$	51.
12. $Si Fl^4, Mg Fl^2 + 6 H^2 O$	26.	36. $Pt Cl^4, Co Cl^2 + 6 H^2 O$	51.
13. $Si Fl^4, Mn Fl^2 + 6 H^2 O$	27.	37. $Pt Cl^4, Ni Cl^2 + 6 H^2 O$	51.
14. $Si Fl^4, Ni Fl^2 + 6 H^2 O$	28.	38. $Pt Cl^4, Zn Cl^2 + 6 H^2 O$	51.
15. $Si Fl^4, Co Fl^2 + 6 H^2 O$	29.	39. $Pt Cl^4, Cd Cl^2 + 6 H^2 O$	51.
16. $Si Fl^4, Zn Fl^2 + 6 H^2 O$	30.	40. $Pt Cl^4, Mg Cl^2 + 12 H^2 O$	51.
17. $Si Fl^4, Cu Fl^2 + 6 H^2 O$	31.	41. $Pt Cl^4, Mn Cl^2 + 12 H^2 O$	51.
18. $Sn Cl^4, Mg Cl^2 + 6 H^2 O$	32.	42. $Pt Br^4, Mg Br^2 + 12 H^2 O$	51.
19. $Am H^2 As O^4$	32.	43. $Pt Br^4, Zn Br^2 + 12 H^2 O$	52.
20. $K H^2 As O^4$	34.	44. $Pt Br^4, Co Br^2 + 12 H^2 O$	52.
21. $Am H^2 P O^4$	36.	45. $Pt Br^4, Ni Br^2 + 6 H^2 O$	52.
22. $K H^2 P O^4$	38.	46. $Li^2 S^2 O^6 + 2 H^2 O$	53.
23. $K^2 S^2 O^6$	39.	47. $Ag^2 S^2 O^6 + 2 H^2 O$	55.
24. $Rb^2 S^2 O^6$	40.	48. $K^2 SO^4$	57.
		49. $K^2 Se O^4$	60.

	Side		Side
50. $K^2 Cr O^4$	63.	64. $Mg Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	95.
51. $Be Se O^4 + 4 H^2 O$	65.	65. $Zn Se O^4, Am Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	97.
52. $Mg Cr O^4 + 7 H^2 O$	68.	66. $Zn Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	98.
53. $Mg SO^4 + 7 H^2 O$	70.	67. $Co Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	100.
54. $Zn SO^4 + 7 H^2 O$	75.	68. $Co Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	102.
55. $Ni SO^4 + 7 H^2 O$	77.	69. $Ni Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	104.
56. $Cd Se O^4 + 2 H^2 O$	80.	70. $Ni Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	105.
57. $Mn Se O^4 + 2 H^2 O$	81.	71. $Fe Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	107.
58. $NH^4 H. C^4 H^3 O^6$	81.	72. $Cu Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	109.
59. $Sb O. NH^4. C^4 H^3 O^6 + \frac{1}{2} H^2 O$. . .	86.	73. $Cu Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	111.
60. $Sb O. K. C^4 H^3 O^6 + \frac{1}{2} H^2 O$	87.	74. $Mg SO^4, Am^2 SO^4 + 6 H^2 O$	113.
61. $Mg Se O^4 + 6 H^2 O$	90.	75. $Mg SO^4, K^2 SO^4 + 6 H^2 O$	115.
62. $Co Se O^4 + 6 H^2 O$	92.	76. $Fe SO^4, K^2 SO^4 + 6 H^2 O$	118.
63. $Mg Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. . .	93.		



Sénarmont har som bekjendt foretaget en Række optiske Undersøgelser med det Formaal, at afgjøre, om den krystallografiske Isomorfi nødvendig medfører Analogi i optisk Henseende. Resultatet af hans Arbeide var imidlertid, at en saadan Analogi ikke finder Sted; han siger selv (Ann. de Chimie 33. 1857): Les causes déterminantes de la forme géométrique sont d'un autre ordre que les causes mécaniques déterminantes des propriétés optiques biréfringentes, puisque cette forme demeure la même dans des groupes entiers de substances isomorphes tandis que les propriétés optiques éprouvent dans leurs éléments essentiels non seulement des modifications de quantité mais une inversion complète de grandeur relative.

Ved disse Undersøgelser har Sénarmont imidlertid indskrænket sig til at bestemme den optiske Axevinkel, Karakteren samt Elasticitetsaxernes Beliggenhed i Forhold til Krystalaxerne, hvorimod Brydningsforholdene i Reglen ikke ere tagne i Betragtning og, hvor det undtagelsesvis er sket, ere Bestemmelserne kun foretagne for Middelbrydningsforholdets Vedkommende, tilmed paa en saa lidet nøiagtig Maade, at selv meget haandgribelige Overensstemmelser kunne forsvinde; han var tilfreds, naar de af to forskjellige Prismer beregnede Brydningsforhold stemmede overens i anden Decimal. Den Omstændighed, at en saadan delvis Undersøgelse ikke har ført til noget Resultat, skulde nu opfordre til en fornyet Efterforskning, hvor der lægges Vægt paa en saavidt mulig fuldstændig Bestemmelse af de optiske Konstanter, der først gjør det muligt at se Sagen i den rette Belysning, at vise, hvad der er væsenligt og hvad der er uvæsenligt. Men uagtet der fra forskjellige Sider — Descloizeaux, Grailich, v. Lang, Schrauf o. Fl. — efter den Tid er foretaget et stort Antal optiske Undersøgelser, er man dog ikke endnu naaet saa vidt, at der foreligger noget Materiale til Stoffets videre Behandling. Vel er de optisk undersøgte Stoffers Tal

naet op i Hundreder, men af disse ere kun faa Procent fuldstændig undersøgte og kun en yderst ringe Del af dem tilhøre isomorfe Stoffer. Man har i Almindelighed ligesom før Sénarmonts Tid, indskrænket sig til at bestemme Orientation og Axevinkel, af hvilke endda den sidste Størrelse som et Forhold mellem Differenserne af Brydningsforholdenes Kvadrater, er en yderst sensibel Størrelse, der endog meget hyppig er forskjellig for forskjellige Krystaller af samme Stof. Spørgsmaalet ligger saaledes hen, som da Sénarmont forlod det; hvad der siden den Tid er indvundet, bekræfter kun hans Konsekvenser: at Orientation og Axevinkel ikke ere analoge hos isomorfe Stoffer, at altsaa en Relation mellem Sammensætning, Krystalform og optiske Forhold aldeles ikke er ioinefaldende.

De efterfølgende Undersøgelser dreie sig alle om isomorfe Stoffer, med Omhu er der valgt forskjellige Rækker mellem de samme Led, og saavidt muligt forskjellige sideløbende Rækker. Vort Formaal har været at give en efter Omstændighederne fuldstændig og efter Forholdene nøiagtig Undersøgelse af de optiske Forhold. Den nu foreliggende Samling — 11 regulære, 36 enaxede, 15 rhombiske og 18 monokliniske, ialt 80 Stoffer — maa kun betragtes som den første Samling af Materiale til Spørgsmalets Besvarelse; vi haabe efterhaanden ved et planmæssigt Valg at give Materialet et saadant Omfang, at Sagen kan betragtes under saa forskjellige Synspunkter, at den muligvis derved vil finde sin Afgjorelse.

De optiske Egenskaber, om hvilke der er Tale, ere Brydningsforholdene og Krystallens optiske Karakter, samt ved toaxede Stoffer Axevinklens Størrelse og Elasticitetsaxernes Beliggenhed i Forhold til Krystalaxerne.

Med Hensyn til de til Bestemmelse af Axevinkel og Orientation anvendte *Plader*, skulle vi kun bemærke, at de vare slebne ind i Krystallen efter Zonemaaling eller efter Maaling til naturlige Flader og at deres Planparallelisme blev undersøgt ved et Sfærometer. At det ikke er muligt ved Slibning paa fri Haand at drive det til nogen høi Grad af Nøiagtighed er indlysende, navnlig for de smaa og daarligt udviklede Krystallers Vedkommende. Men en saadan Nøiagtighed har i Virkelighed ogsaa kun Betydning, naar Pladerne skulle benyttes til Ringiagttagelser, da mindre Feil ikke mærkes synderligt ved Bestemmelsen af Axevinklen.

Derimod var det forbundet med betydelige Vanskeligheder at danne de til Brydningsforholdenes Bestemmelse fornødne *Prismer*. Heldigst vilde det være at benytte Krystallens naturlige Flader som det brydende Prisms Flader, men denne Methode, der hyppigst er anvendt i den senere Tid, kan kun bruges, naar man som almindeligt vælger Stofferne efter den Lethed, med hvilken de frembyde sig for den optiske Undersøgelse, uden Hensyn til Sammensætningen; naar Undersøgelsen derimod — som i det foreliggende Til-

fælde — er knyttet til Stoffer af bestemt Sættning, uden Hensyn til deres mere eller mindre tiltalende Ydre, beror det ganske paa Tilfældet, om man kan benytte Prismer, dannede ved Kombination af naturlige Flader. Som oftest ere de nemlig saa stribede og ujævne, at de ved Hjælp af dem dannede Prismer give dels intet, dels uendelig mange Spectra; medens paa den anden Side Flader, der have tilstrækkelig Glands, ofte danne en saa stor Vinkel med hinanden, at Lysstraalerne lide fuldstændig Tilbagekastning i dem. Vi have ganske vist henimod Arbeidets Slutning benyttet en ny Methode, der muliggjør Benyttelsen af saadanne Prismer, men under den største Del deraf have vi arbeidet paa sædvanlig Maade og derfor været nødte til at tilveiebringe Prismer med plane Flader og Kantvinkler, mindre end 70° .

Det normale har saaledes været, at Prismerne maatte dannes kunstigt af Krystallerne, hvilket i Hovedtræk er sket paa følgende Maade. Ved forsigtig Skraben tildannes et Prisme saavidt muligt af den rigtige Beliggenhed og med passende Kantvinkel; de ujævne, bølgeformige Flader slibes derpaa plane paa en med Olie befugtet plan Glasplade, med eller uden Smærgel. Under Slibningen giver man tillige, ved Maaling paa et Wollastonsk Gonio-meter, Prismet den rigtige Beliggenhed i Forhold til Krystalaxerne, idet man hertil benytter naturlige Flader, som maa lades uskadede tilbage i tilstrækkeligt Antal til enten ved Zone-maaling eller paa anden Maade at bestemme de konstige. I enkelte Tilfælde, hvor Prismet skal ligge i en Retning, der ikke nøiagtigt lader sig bestemme af de naturlige Flader, eller hvor disse aldeles maa borttages for at give et brugbart Prisme, maa man endog begynde med at slibe en konstig Flade, efter hvilken Prismefladerne da orienteres.

Efter at Prismerne saaledes, skjønt med en Del Besvær, ere slebne i den ønskede Retning, kunde man gaa to Veie: enten polere Fladerne eller belægge dem med Glasplader. Den første Methode, der dog kun kan anvendes ved Prismer af en vis Størrelse, kunde ved første Oiekast synes at maatte foretrækkes for den anden, om hvilken man a priori indser, at den kan give Anledning til Feil; men ved nærmere Undersøgelse vil det vise sig, at den første i Virkeligheden ikke lader sig benytte. Ved Polering blive Fladerne noget afrundede og give ikke skarpe Speilbilleder, ligesom Polituren for alle de konstige Salte kun kan drives til saa ringe en Fuldkommenhed, at Spectrene blive aldeles udviskede og egentlig ikke give noget som helst Holdpunkt for Indstillingen. Vi skulle kun minde om Grailichs Bestemmelser (Krystallographisch-optische Untersuchungen 1858), der helt igjennem ere foretagne paa denne Maade. Han vurderer Liniernes Beliggenhed i Spectrene, men naar dog tiltrods for sin store Færdighed ikke videre, end til at faa Differenser mellem Afvæjninger af Minimumsafvigelserne paa indtil 10 Minutter (l. c. p. 138); en Usikkerhed som ganske vist vil influere betydeligt paa Brydningsforholdet. Dette viser sig nu ogsaa ved de enkelte Stoffer, for hvilke han har anstillet flere end een lagtagelse. Saaledes finder han f. Ex. (l. c. p. 76) for Salmiak Værdier, der afvige 4 Enheder paa tredje Decimal fra hinanden. Som Følge heraf have

vi gennemgaaende benyttet den anden Methode, at belægge de konstigt slebne Prisme-flader med tynde plane Glasplader, der ved Hjælp af en ætherisk Opløsning af Canadisk Balsam med eller uden Tilsætning af lidt Mastix, — i enkelte Tilfælde lidt tyk Kanelolie — bringes til at slutte fuldkomment til de slebne Flader. Prismerne give nu i Reglen særdeles gode Spectra, men der kunde jo her opstaa Spørgsmaal, om de ere i Stand til at give Stoffets rette Brydningsforhold. Her er det naturligvis aldeles nødvendigt at de konstige Flader og Beklædningsglassene ere fuldstændigt plane, og endvidere at der kun anvendes et Minimum af Bindemidlet. Anvendes der ikke i disse Henseender den største Forsigtighed og Nøiagtighed, er Methodoen i ethvert Fald ubrugelig, men arbeides der med stadigt Hensyn hertil, er den ligesaa vist langt at foretrække for de andre, ved hvilke man ligeledes maa anvende konstige Flader. Vi kunde som Bevis paa den Nøiagtighed, hvortil vi ere naaede, indskrænke os til at henvise til den fortrinlige Samstemning, der i det Hele taget findes mellem vore Maalinger og de af dem beregnede Brydningsforhold for samme Stof ved Anvendelse af et større Antal Prismer, men for dog at give et mere positivt Bevis skulle vi anføre nogle Forsøg, der direkte vise, hvilken Nøiagtighed man kan opnaa ved en Methode, der saa fuldstændig afhænger af den anvendte Omhu.

For Svovlsur Kali og Salpetersur Baryt bestemtes Brydningsforholdene dels af konstige, dels af naturlige Prismer med fortrinligt speilende Flader. Resultaterne vare:

		Naturlig	Naturlig	Konstig
K^2SO^4 .	<i>C</i>	1.4960	1.4965	1.4960
	<i>D</i>	1.4984	”	1.4981
	<i>F</i>	1.5032	1.5029	1.5030
		Naturlig	Konstig	Konstig
$Ba N^2O^6$.	<i>C</i>	1.5657	1.5666	1.5665
	<i>F</i>	1.5821	1.5831	1.5820

Til disse Forsøg kunde vi endnu foie en Del andre; saaledes blev et Kogsaltprisme gjentagne Gange omslebet og omlagt, uden at give større Differenser mellem de deraf beregnede Brydningsforhold end 2 Enheder paa fjerde Decimal, og vi kunne saaledes fastholde, at vor Methode ved omhyggelig Anvendelse er langt sikkrere end den sædvanlige, og at vore Brydningsforhold ere rigtige paa tredie Decimal. For at give vore Værdier yderligere Garanti, have vi mangfoldiggjort Forsøgene efter en hidtil ukjendt Maalestok, idet vi for de fleste Stoffer have tre og for flere endog et større Antal Bestemmelser, saaledes at Middeltallets Nøiagtighed maa gaa paa et Par Enheder paa fjerde Decimal. Uagtet Bestemmelserne i det Hele taget stemme fortrinlig overens, er der dog enkelte Stoffer, der have givet Resultater, afvigende fra hinanden udover de Grændser for Feilene, som Methodoen kan give, saaledes som Svovlsur Kali, Tvevinsur Ammon og enkelte andre. Grunden hertil ligger

ganske vist hos Stoffet selv, hvis forskellige Individder have forskellige Brydningsforhold. I enkelte Tilfælde, som f. Ex. i Tvevinsur Ammon, hidrører dette igjen derfra, at Krystallerne stedse ere dannede ved Sammenvoxning af ikke fuldkommen parallelt leirede Individder, der saaledes ikke ere fuldstændig ens optisk orienterede. Dette have vi for det selensure Kalis Vedkommende ligefrem paavist ved efter Bestemmelsen af Brydningsforholdet at slibe Plader af Prismerne, lodret paa deres brydende Kanter. Disse Plader viste da aldeles tydeligt, at de paagjældende Prismer bestode af flere Prismer med forskjelligt beliggende Hovedsnit. I saadanne Tilfælde kunne selvfølgelig Bestemmelserne aldrig blive nøiagtige. Men i andre Tilfælde, hvor der ikke ere Tale om Tilstedeværelsen af saadanne krystallografiske Uregelmæssigheder, viser der sig hyppig temmelig betydelige Differenser mellem Brydningsforholdene for forskellige Individder. Det synes saaledes indlysende, at flere Stoffer kunne have Brydningsforhold, der variere indenfor visse Grændser, sandsynligvis som en Følge af Forandringer i de Betingelser, under hvilke de enkelte Individder ere udkrystalliserede. Heraf fremgaar da som en Nødvendighed, at Brydningsforholdene maa bestemmes paa saa stort et Antal Individder som muligt, for at Middeltallene skulle kunne siges at repræsentere Stoffets virkelige Brydningsforhold.

Til at undersøge de saaledes dannede Prismer anvendtes som *Lyskilde* et Geisslers Rør, som indeholdt Brint. En mindre Inductionsmaskine af Ruhmkorff, gjennem hvilken Strømmen af tre eller fire Bunsenske Elementer lededes, gjorde Røret meget stærkt lysende. Spectret var meget rent, det bestod af tre lyse Linier, en rød, en grøn og en blaa. De to første falde sammen med de Fraunhoferske Linier *C* og *F*; den tredie ligger i Nærheden af *G*, vi have betegnet den med *G'*, medens de to andre ere betegnede med *C* og *F*. Bølgebredden for den blaa Linie *G'* er efter Ångström 0.^{mm}000434.₁₀. Medens de to *C* og *F* og navnlig den første af dem vare stærkt lysende, var dette ikke Tilfældet med *G'*. Det var derfor kun i forholdsvis faa Tilfælde muligt at se den. Dette hidrørte især fra Lysets Svækkelse ved at gaa igjennem de ofte noget uklare Prismer, der tilmed ofte vare meget smaa.

Endvidere benyttedes Lyset fra en Spirituslampe, med opløst Kogsalt; dens Lys var ikke saa intensivt som Brintlinien *C*, men kunde dog iagttages i de allerfleste Tilfælde.

Bølgebrederne λ for de iagttagne Farver er altsaa

	λ _{mm}
<i>C</i>	0.000656
<i>D</i>	0.000589
<i>F</i>	0.000486
<i>G'</i>	0.000434

Disse Lyskilder ere i høi Grad at foretrække for de almindelig anvendte, naar man overhovedet vil bestemme Farveadspreddelsen for kunstigt dannede Stoffer. At benytte Sol-

lys lod sig ikke gjøre. Dels er man derved forhindret i at foretage Iagttagelserne paa hvilkensomhelst Tid og Sted, dels har man sjældent saa gode Prismer til sin Raadighed, at man kan iagttage de Fraunhoferske Linier igjennem dem; skal man altsaa rette sig efter Farverne alene, er det umuligt at opnaa nogensomhelst Nøjagtighed. Det samme gjælder om forskjellige andre Fremgangsmaader, der benytte Lyskilder, hvis Spectrum indeholder mørke Linier.

En Lyskilde, hvis Spectrum bestaar af faa, smalle og lyse Linier, kan derimod benyttes til Undersøgelse endog af mindre gode Prismer. Selv i dette Tilfælde ville Linierne være synlige; de kunne blive mindre skarpt begrændsede, men ville altid kunne skjælnes, da der ligger et større mørkt Mellemrum mellem dem.

Til at maale *den brydende Kant og Afvigelsen* anvendtes Babinets Goniometer; dets Collimator var forsynet med en snever Spalte, foran hvilken Lyskilden — det Geisslerske Rør eller Kogsaltflammen — stilledes. Apparatets Kreds tillod kun Aflæsning af hele Minutter, og som Følge deraf var Grændsen for Feilen under 0.001 for en enkelt Aflæsning.

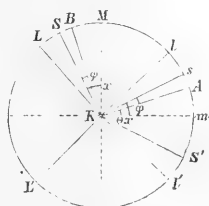
Til *Iagttagelser paa Plader* af en- og toaxede Krystaller, anvendtes det af Descloizeaux konstruerede Polarisationsmikroskop med lodret og vandret Opstilling. Lyset polariseres enten ved et Nicolsk Prisme eller ved et System Glasplader, der tilbagekaste Lyset under Polarisationsvinklen. Det træffer derefter et System af Lindser med lille Brændvide, i hvis fælles Brændpunkt Krystalpladen er anbragt. Selve Mikroskopet, som opfanger det af Krystallen udtrædende Lys og som har et Nicolsk Prisme ovenover Ocularet, har et Synsfelt af omtrent 130° , og det er derved i de fleste Tilfælde muligt at se de optiske Axer paa een Gang.

Endelig benyttedes det af Kobell konstruerede Stauroskop til at bestemme Hovedsnittene i Plader af det monokliniske System. Det bestaar i det væsentlige af to Nicolske Prismer, mellem hvilke der findes en Kalkspathplade, som er sleben lodret paa Axen. Det sorte Kors træder smukt frem, naar Prismerne stilles paa Morke, men anbringes mellem den første Nicol og Kalkspathpladen en Plade af en dobbeltbrydende Krystal, vil Korset i Almindelighed forsvinde; kun naar Pladens Hovedsnit falder sammen med Prismernes, sees det igjen i sin fulde Reenhed. Heraf kan, som man let indser, Hovedsnittenes Beliggenhed i Pladen findes.

I Fig. 1 er K den brydende Kant, Kl og Kl' Prismets Sideflader, $lKl' = p$ den brydende Vinkel. sK er en plan Bølge som bevæger sig i Retningen $SK \perp sK$; den danner med Prismets Halveringsplan Km en Vinkel $sKm = \alpha$, den samme som SK danner med Normalen MK til Planet mK . Vinklen imellem SK' og Normalen LK til lK er aabenbart $\frac{1}{2}p - \alpha$, medens Vinklen imellem $S'K$ og Normalen $L'K$ til Fladen $l'K$ er $\frac{1}{2}p + \alpha$. Kaldes endvidere de Vinkler, som Bølgenormalen danner med LK og $L'K$ for Bølgen træder ind i

Prismet og efter at den er traadt ud af samme i og i_1 og den Vinkel, den indtrædende Straale danner med den udtrædende α , Afvigelsen, haves

Fig. 1.



$$v \sin i = \sin(\frac{1}{2}p - x)$$

$$v \sin i_1 = \sin(\frac{1}{2}p + x)$$

$$i + i_1 = \alpha + p$$

idet v er Bølgens Hastighed i Prismet, naar dens Hastighed i Luft er 1. Heraf faaes

$$v \sin \frac{1}{2}(\alpha + p) \cos\left(i - \frac{\alpha + p}{2}\right) = \sin \frac{1}{2}p \cos x \quad (1)$$

$$v \cos \frac{1}{2}(\alpha + p) \sin\left(i - \frac{\alpha + p}{2}\right) = -\cos \frac{1}{2}p \sin x. \quad (2)$$

Heraf kan i elimineres, hvorved faaes

$$v^2 = \frac{\sin^2 \frac{1}{2}p}{\sin^2 \frac{1}{2}(\alpha + p)} \cos^2 x + \frac{\cos^2 \frac{1}{2}p}{\cos^2 \frac{1}{2}(\alpha + p)} \sin^2 x,$$

sættes heri

$$P = \frac{\sin \frac{1}{2}p}{\sin \frac{1}{2}(\alpha + p)}, \quad Q = \frac{\cos \frac{1}{2}p}{\cos \frac{1}{2}(\alpha + p)}$$

faaes

$$v^2 = P^2 \cos^2 x + Q^2 \sin^2 x$$

$$v^2 = \frac{1}{2}(P^2 + Q^2) + \frac{1}{2}(P^2 - Q^2) \cos 2x. \quad (3)$$

Er nu, som det er Tilfældet med de enkeltbrydende Stoffer, v konstant, bliver Betingelsen for at α er Minimum

$$x = 0$$

i hvilket Tilfælde de foregaaende Ligninger give

$$v^2 = \frac{\sin \frac{1}{2}p}{\sin \frac{1}{2}(\alpha + p)} \quad (31)$$

og

$$i = \frac{\alpha + p}{2}.$$

For de dobbeltbrydende Stoffer er v i Almindelighed en Function af Svingningsretningen, og i dette Tilfælde blive Forholdene langt mere indviklede. Kaldes Hastigheden for

Svingninger parallelle med de tre Elasticitetsaxer a , b og c og de Vinkler, en hvilkenksomhelst *Svingning* danner med disse Axer, l , m og n , have

$$v^2 = a^2 \cos^2 l + b^2 \cos^2 m + c^2 \cos^2 n. \quad (4)$$

Er Svingningsretningen lodret paa en af Elasticitetsaxerne, faar Udtrykket for v en simple Form. Er saaledes AK og BK Retningen af to af Elasticitetsaxerne som staa lodret paa den brydende Kant, A og B Hastigheden for Svingninger parallelle med AK og BK . Sættes $AKs = \varphi$, $AKm = \theta$ faaes Hastigheden for den plane Bølge Ks , hvis Svingningsretning er Ks , bestemt ved

$$\begin{aligned} v^2 &= A^2 \cos^2 \varphi + B^2 \sin^2 \varphi \\ &= \frac{1}{2}(A^2 + B^2) + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2\varphi \end{aligned}$$

eller da $\varphi + \theta = x$

$$v^2 = \frac{1}{2}(A^2 + B^2) + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2(x - \theta). \quad (5)$$

For at finde Minimumsbetingelsen for Afgigelsen a sættes de to Udtryk for $2v^2$ lige store

$$P^2 + Q^2 + (P^2 - Q^2) \cos 2x = A^2 + B^2 + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2(x - \theta). \quad (6)$$

Differentieres med Hensyn til x , faaes

$$(P^2 - Q^2) \sin 2x = (A^2 - B^2) \sin 2(x - \theta) \quad (7)$$

Af den sidste Ligning sees at

$$-tg 2x = \frac{(A^2 - B^2) \sin 2\theta}{P^2 - Q^2 - (A^2 - B^2) \cos 2\theta}. \quad (8)$$

Medens x var 0 i Hovedstillingen for de enkeltbrydende Legemer, i hvilke A og B ere lige store, er dette i Almindelighed ikke Tilfældet for de dobbeltbrydende. Kun for $\theta = 0^\circ$ eller $\theta = 90^\circ$ faaes $x = 0$, med andre Ord: naar Prismets Halveringslinie falder sammen med en af Elasticitetsaxerne, kan af Minimumsafvigelsen a og den brydende Vinkel den paagjældende Elasticitetsaxe beregnes ved den sædvanlige Formel (3¹).

Af (6) og (7) faaes ved Elimination af $P^2 - Q^2$

$$(P^2 + Q^2) \sin 2x = (A^2 + B^2) \sin 2x + (A^2 - B^2) \sin 2\theta,$$

som i Forbindelse med (7):

$$(P^2 - Q^2) \sin 2x = (A^2 - B^2) \sin 2(x - \theta)$$

giver

$$P^2 = \frac{1}{2}(A^2 + B^2) + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \frac{\cos(2\theta - x)}{\cos x}$$

$$Q^2 = \frac{1}{2}(A^2 + B^2) + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \frac{\sin(2\theta - x)}{\sin x}$$

eller

$$P^2 = \frac{1}{2}(A^2 + B^2) + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2\theta + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \sin 2\theta tg x \quad (9)$$

$$Q^2 = \frac{1}{2}(A^2 + B^2) - \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2\theta + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \sin 2\theta cot x. \quad (10)$$

Af det almindelige Udtryk for v^2 sees, at denne Størrelse for Svingninger parallelle med Prismets Halveringslinie er bestemt ved

$$\begin{aligned} V_i^2 &= A^2 \cos^2 \theta + B^2 \sin^2 \theta \\ &= \frac{1}{2}(A^2 + B^2) + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2\theta \end{aligned} \quad (11)$$

medens den for Svingninger lodret paa Halveringslinien er

$$V_{ii}^2 = \frac{1}{2}(A^2 + B^2) - \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2\theta . \quad (12)$$

Indsættes (11) og (12) i (9) og (10), faaes

$$P^2 = V_i^2 + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \sin 2\theta \operatorname{tg} x \quad (13)$$

$$Q^2 = V_{ii}^2 + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \sin 2\theta \operatorname{cot} x \quad (14)$$

Deraf faaes ved Elimination af x den fuldstændige Betingelse for Minimumsavgivelsen

$$(P^2 - V_i^2)(Q^2 - V_{ii}^2) = \frac{1}{4}(A^2 - B^2)^2 \sin^2 2\theta . \quad (15)$$

Ingtagelser paa to Prismer parallelle med samme Elasticitetsaxe med forskellige Værdier af θ give os to Ligninger mellem A og B , af hvilke disse Størrelser altsaa kunne beregnes. Dette vilde imidlertid blive temmelig vanskeligt og er ogsaa unødvendigt. I Hovedstillingen er x for de fleste dobbeltbrydende Stoffer meget lille, hvilket navnlig sees af (8), og man kan som Følge deraf i (13) sætte $x = 0$, hvilket giver

$$P = \frac{1}{2}(A^2 + B^2) + \frac{1}{2}(A^2 - B^2) \cos 2\theta , \quad (16)$$

men da P er bestemt ved a og p , have vi her en Ligning af første Grad mellem A^2 og B^2 .

Betydningen heraf er nu følgende. Ethvert Prisme af en enaxet og alle de Prismer, dannede af toaxede Krystaller, hvis Kanter ere parallelle med een af Elasticitetsaxerne, give en ordentlig og en eiendommelig brudt Straale. De tilsvarende Lysbølger inde i Prismet have forskellige Retninger, naar Prismet er i Hovedstillingen. For den ordentlig brudte Straale er Bølgen parallel med Prismets Halveringsplan, medens den for den eiendommelig brudte danner en Vinkel x med denne. Men denne Vinkel x er i de fleste Tilfælde saa lille, at den kan sættes lig 0, og den eiendommelig brudte Straales Svingningsretning falder altsaa sammen med Halveringslinien.

Dette kan nu udvides til at gjælde for Prismer, hvis brydende Kant har en hvilken-somhelst Beliggenhed, naar blot Dobbeltbrydningen er svag, hvilket er Tilfældet med næsten alle de Stoffer, vi have undersøgt.

De enkeltbrydende Stoffer undersøgte paa sædvanlig Maade; ved de dobbeltbrydende Stoffer var det derimod i mange Tilfælde nødvendigt at benytte nye Fremgangsmaader, for at naa det Maal vi havde foresat os, at bestemme alle Elasticitetsaxerne for de tre omtalte Farver.

Ved de *enaxede Stoffer* er det tilstrækkeligt at undersøge Prismer, hvis brydende Kant er parallel med den krystallografiske Hovedaxe, som tillige er den optiske Axe. Et saadant Prisme giver to Spectra, som adskilles fra hinanden ved Nicols Prisme. Det

Spectrum, hvis Svingningsretning er lodret paa Prismekanten er det ordinære; det andet, hvis Svingninger ere parallelle med denne, det extraordinære. De tilsvarende Brydningsforhold, som vi kalde ω og ε , bestemmes paa sædvanlig Maade af Afvigelsen i Hovedstillingen.

Man kan dog ogsaa benytte Prismer, hvis brydende Kanter ikke ere parallelle med Hovedaxen. Er IKL^1 Prismet, OK den optiske Axe, Km Halveringsplanet og MK dets Normal, saa vil den plane Bolge Km have to Svingningsretninger, af hvilke den ene er FK , Skjæringslinien mellem Bolgen og et Plan gennem MK og OK , den anden er lodret paa FK .

For den sidste, svarende til den ordentlig brudte Straale, er Hastigheden $\frac{1}{\omega}$, for den første FK er den $\frac{1}{\nu}$ bestemt ved

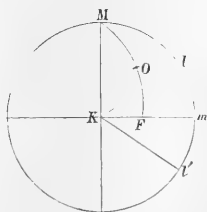
$$\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 OF}{\varepsilon^2} + \frac{\sin^2 OF}{\omega^2} \quad (17)$$

Denne Størrelse ν kalde vi det anomale Brydningsforhold. Det beregnes af Minimumsafvigelsen α_1 for den eiendommelig brudte Straale af

$$\nu = \frac{\sin \frac{1}{2} (\alpha_1 + \rho)}{\sin \frac{1}{2} \rho}$$

Da ω er bekjendt, kan ε beregnes. Dette sker lettest ved at sætte

Fig. 2



$$\left. \begin{aligned} \sin \psi &= \frac{\nu \sin OF}{\omega} \\ \varepsilon &= \frac{\nu \cos OF}{\cos \psi} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

da saa

Desuden have vi undersøgt Plader, der vare lodrette paa den optiske Axe. En saadan giver, anbragt i det almindelige Polarisationsapparat, et System af lyse og mørke Ringe omkring Axen selv. De to Nicolse Prismers Hovedsnit antydes, naar de ere stillede paa Mørke, ved det sorte Kors, der deler Axebilledet i fire lige store Sectorer. Hensigten med disse Plader var nærmest at undersøge om noget af Stofferne dreiede Polarisationsplanen, hvilket dog ikke var Tilfældet. Tillige undersøgte Stoffets Karakter, om Dobbeltbrydningen var positiv eller negativ. Dertil benyttedes et tyndt Glimmerblad, som anbragtes

mellem den første Nicol og Axepladen, saaledes at dets Axe, der er Forbindelseslinien mellem dens optiske Axer, dannede en Vinkel af 45° med Apparatets Hovedsnit. Derved omdannes Korset til en Hyperbel; hvis Toppunkternes Forbindelseslinie er parallel med Glimmerbladets Axe, er Krystallen negativ, i modsat Fald positiv.

For enkelte Stoffers Vedkommende maatte vi indskrænke os til at bestemme Karakteren, idet enten deres Uigjennemsigtighed eller deres ufuldstændige Udvikling gjorde det umuligt at danne Prismer af dem.

Til at bestemme alle tre Brydningsforhold for de *rhombiske Krystaller*, som have 3 ulige store Elasticitetsaxer a , b og c , udfordres i Reglen 3 Prismer, parallelle med de tre Axer. Det Spectrum, hvis Svingninger ere parallelle med den brydende Kant eller den tilsvarende Elasticitetsaxe, giver paa sædvanlig Maade Brydningsforholdet $\frac{1}{a}$, $\frac{1}{b}$ eller $\frac{1}{c}$, som vi betegne ved μ med Index a , b , c , eftersom den paagjældende Elasticitetsaxe er parallel med den ene eller den anden af de krystallografiske Axer a , b eller c .

Det er dog kun i de færreste Tilfælde muligt at faa Prismer parallelle med alle tre Axer, og man er da nødt til at gaae andre Veie. Er Prismet f. Ex. parallel Krystalaxen a , faaes ad sædvanlig Vei Brydningsforholdet μ_a . Det andet Spectrum, hvis Svingninger ere lodrette paa Prismekanten, har en Afbjælgelse i Hovedstillingen α_1 , deraf beregnes en Størrelse ν_a , det anomale Brydningsforhold, af

$$\nu_a = \frac{\sin \frac{1}{2}(\alpha_1 + p)}{\sin \frac{1}{2}p}$$

Er nu tillige Prismets Halveringslinie en af de to andre krystallografiske Axer b eller c , saa haves respektive

$$\mu_b = \nu_a \text{ eller } \mu_c = \nu_a$$

med den i det foregaaende omtalte Tilnærmelse.

Er Prismet vel parallel med en af Axerne, f. Ex. a , men er Hovedsnittets Beliggenhed vilkaarlig og kaldes den Vinkel, det danner med Halveringsplanen θ , haves ifølge (16)

$$\begin{aligned} \frac{1}{\nu_a^2} &= \frac{\cos^2 \theta}{\mu_b^2} + \frac{\sin^2 \theta}{\mu_c^2} \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\mu_b^2} + \frac{1}{\mu_c^2} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\mu_b^2} - \frac{1}{\mu_c^2} \right) \cos 2\theta \end{aligned} \quad (19)$$

Et andet Prisme med en anden Værdi for θ , altsaa ogsaa for ν_a , giver en Ligning til mellem μ_b og μ_c , og disse to Brydningsforhold kunne altsaa beregnes. I Almindelighed have vi dog benyttet flere Prismer end to og anvendt de mindste Quadraters Methode til Beregning af μ_b og μ_c . De store Fordele, dette medfører, ere indlysende.

I et enkelt Tilfælde have vi benyttet et Prisme, hvis Halveringsplan ikke indeholdt

nogen af Elasticitetsaxerne. Under den sædvanlige Forudsætning, at Vinklen mellem Lysbølgen og Halveringsplanet kan sættes = 0, naar Prismet er i Hovedstillingen, faaes heraf en Ligning mellem a og c . Kaldes de to anomale Brydningsforhold ν_1 og ν_2 , Vinklerne mellem de optiske Axer og Normalen paa Halveringsplanet t_1 og t_2 , haves sædvanlig, naar man tager tilbørligt Hensyn til Svingningsretningerne

$$\frac{1}{\nu_1^2} = \frac{1}{2}(a^2 + c^2) + \frac{1}{2}(a^2 - c^2) \cos(t_1 - t_2) \quad (20)$$

$$\frac{1}{\nu_2^2} = \frac{1}{2}(a^2 + c^2) + \frac{1}{2}(a^2 - c^2) \cos(t_1 + t_2) \quad (21)$$

hvoraf a og c kunne beregnes. Dette forudsætter dog, at man i Forveien kjender Axevinklen.

Endvidere undersøgtes Axeplader af disse Stoffer. Igjennem dem ser man i Polarizationsmikroskopet det saakaldte Axebillede, et System af Curver, der have omtrent samme Form som Cassinis Ellipser. Til disses Poler svare her de to «Oine», de Retninger i hvilke de optiske Axer ligge. For at faa dette Billede tydeligt at se, maa man i Stedet for hvidt Lys, som kun giver nogle faa Ringe, anvende Kogsaltlyset. Med dette fyldes hele Synsfeltet af afvælsende mørke og lyse Ringe, tidt ser man da flere Hundrede af dem paa en Gang; de ere smukkeste, naar Pladen er planparallel og nogenlunde tyk, helst et Par Millimetre.

Ved Hjælp af saadanne Plader bestemmes for det første Dobbeltbrydningens Karakter. Er det den største Elasticitetsaxe, der halverer den spidse Vinkel mellem de optiske Axer, kaldes Krystallen negativ, er det den mindste, kaldes den positiv. Om det ene eller andet er Tilfældet, sees ved at holde en Quartsplade, som er sleben lodret paa Hovedaxen, mellem Axepladen og den analyserende Nicol, parallel med Axepladen, og dreie den om en Linie, som er lodret paa Forbindelseslinien mellem Øinene i Axebilledet. Hvis da Ringene bevæge sig udad fra Midtpunktet, naar Pladen dreies, er Krystallen negativ, bevæge de sig indad, er den positiv.

Dernæst maales Axevinklen i Luft eller i Olie. Vinklen mellem den ene optiske Axe og den største Elasticitetsaxe a er bestemt ved

$$\operatorname{tg} \theta = \sqrt{\frac{b^2 - c^2}{a^2 - b^2}} \quad (22)$$

hvor b er den mellemste, c den mindste Elasticitetsaxe. For negative Krystaller er den spidse Axevinkel, som vi kalde AB ,

$$AB = 2\theta$$

for positive derimod haves

$$AB = 180 - 2\theta.$$

Axevinkler i Luft (AB) er udtrykt ved

$$b \sin \frac{1}{2}(AB) = \sin \frac{1}{2} AB. \quad (23)$$

I mangfoldige Tilfælde er AB dog saa stor og b saa lille, at Øinene ikke kunne sees i Luften; i dette Tilfælde maales Axevinklen ($\angle AB$) i et Kar med parallelle Sideflader som er fyldt med Olie, hvis Brydningsforhold n i Forveien er maalt. ($\angle AB$) er da forbundet med AB ved Ligningen

$$n b \sin \frac{1}{2} (\angle AB) = \sin \frac{1}{2} AB. \quad (24)$$

(AB) og ($\angle AB$) ere forskjellige for forskjellige Farver, og vi have derfor navnlig taget Hensyn til dens Værdi for gult Lys, og desuden angivet om den voxede eller aftog med aftagende Bølgebrede, det første Tilfælde er betegnet med $\rho < v$, det sidste med $v < \rho$.

Da Størrelsen af AB ikke saa meget afhænger af Brydningsforholdenes absolute Værdier som af deres Differens, have vi benyttet den til, naar to af Brydningsforholdene vare bekendte, at finde det tredje. Udtrykket for θ kan nemlig sættes under Formen

$$b^2 = \frac{1}{2} (a^2 + c^2) - \frac{1}{2} (a^2 - c^2) \cos 2\theta \quad (25)$$

eller

$$b^2 = a^2 \sin^2 \theta + c^2 \cos^2 \theta \quad (26)$$

og kan da benyttes i Forbindelse med Ligningerne (19) og (20).

Desuden have vi for næsten alle de undersøgte Stoffer benyttet Antallet af mørkeRinge, som ved Anvendelse af Kogsaltlys vare synlige omkring hvert af Øinene, til at finde Differensen mellem to af Brydningsforholdene. Denne Methode, som saavidt vi vide, ikke tidligere har været anvendt, fører til særdeles gode Resultater og er tillige meget bekvem at anvende. For de Retninger i Pladen, som svare til det mørke Punkt i Øinene, er Hastigheden for Straalerne ens, Veiforskjellen altsaa 0. For den første mørke Ring omkring Øjet er denne Forskjel en Bølgebrede λ , for den anden 2λ osv. Er Antallet af mørke Ringe mellem et af Øinene og Midtpunktet af Axebilledet N , saa er Veiforskjellen for de to Straaler, der bevæge sig i Retning af Halveringslinien, $N\lambda$. I en negativ Krystal er denne Linie a og Hastighederne for de to Straaler, som bevæge sig langs med den b og c , altsaa

$$\frac{e}{c} - \frac{e}{b} = N\lambda, \quad (27)$$

naar e er Pladens Tykkelse, udtrykt ligesom λ i Millimetre. Betegnes de til b og c svarende Brydningsforhold med μ_b og μ_c , er altsaa

$$e(\mu_c - \mu_b) = N\lambda. \quad (28)$$

Er nu b funden i Forveien, saa faaes heraf c og ved Hjælp af Axevinklen tillige a . For en positiv Krystal vilde man have havt

$$\frac{e}{b} - \frac{e}{a} = N\lambda, \quad (29)$$

som i Forbindelse med b og Axevinklen giver a og c . Man behøver altsaa kun et Prisme,

hvis brydende Kant er parallel med en af Elasticitetsaxerne, og en Axeplade, for at finde alle tre Elasticitetsaxer for gult Lys.

To Axeplader af samme Stof, den ene lodret paa α , den anden paa c , giver to Ligninger mellem α , β og c , medens Axevinklen giver en tredie; det er altsaa ogsaa muligt af to saadanne Plader at finde α , β og c .

Endelig er det ogsaa muligt at finde alle Elasticitetsaxerne af en eneste Plade ved nemlig foruden θ , N og e tillige at maale Afstanden mellem Øiet og de nærmeste mørke Ringe.

Undersøgelsen af *monokliniske Stoffer* adskiller sig kun fra de rhombiske deri, at de to Elasticitetsaxers Retning her er ubekjendt. En af dem falder altid sammen med Symmetriaxen, de to andre ligge i Symmetriplanet. Der blev derfor sleben en Plade parallel Symmetriplanet, og ved Hjælp af Stauroskopet bestemmes da Vinklen mellem en af Elasticitetsaxerne i Planet og en med Symmetriaxen parallel Plade.

Brydningsforholdenes Bestemmelse ved konstig slebne Prismer er forbunden med betydelige Vanskeligheder, da den brydende Kant, og i mange Tilfælde ogsaa selve Sidefladerne maa have en aldeles bestemt Beliggenhed i Forhold til Krystalaxerne. Langt bedre vilde det være, om man kunde benytte selve Krystallernes Flader som Prismets Sider, men dette er som ovenfor antydet kun i de færreste Tilfælde muligt. Ved at maale Axevinklerne i Olie bragtes vi paa den Tanke at maale Afgivelserne paa samme Maade. Det samme Kar, som blev anvendt til Axepladernes Undersøgelse, stillede vi paa Goniometrets Bord; ved en lignende Opstilling som den, ved hvilken Pladerne anbringes i Polarisationsapparatet, befæstes den naturlige Krystal, idet et Par af dens Flader først bragtes til at staa lodrette og derefter sænkedes den ned i Oliekarret. Den brydende Vinkel er da Supplementet til Kantvinklen, og Afgivelserne maales paa sædvanlig Maade. De ere naturligvis meget smaa; var Krystallens Brydningsforhold lig Oliens, vilde den være 0; Farveadspredelsen formindskedes ligeledes i høi Grad, men er Oliens Brydningsforhold n omhyggelig bestemt, findes Krystallens Brydningsforhold dog ad denne Vei med en Nøjagtighed, der idetmindste er ligesaa stor som ved Maaling i Luft. Paa denne Maade kan man benytte Prismer, hvis brydende Vinkel er langt over 100° .

Med Hensyn til Theorien for denne Methode vil det være tilstrækkeligt at bemærke, at Afgivelsen er den mindst mulige, naar Prismet er stillet saaledes inde i Karret, at dets Halveringsplan er parallel med Karrets Sider og Ind- og Udfaldsvinkel lige store. En Straale, som inde i Prismet forplanter sig i en Retning, der er lodret paa Halveringsplanet, vil træffe dets Sideflader under Vinklen $\frac{1}{2}p$ med Udfaldsperpendicularen. Er endvidere Prismets Brydningsforhold μ , saa er Udfaldsvinklen i bestemt ved

$$n \sin i = \mu \sin \frac{1}{2}p$$

Straalen træffer altsaa Karret under Indfaldsvinklen $i - \frac{1}{2} p$ og Udfaldsvinklen i Luft $\frac{1}{2} A$ bliver altsaa

$$\sin \frac{1}{2} A = n \sin (i - \frac{1}{2} p).$$

Sættes endelig

$$\frac{1}{2} a = i - \frac{1}{2} p,$$

haves til Bestemmelse af μ

$$\sin \frac{1}{2} A = n \sin \frac{1}{2} a, \quad n \sin \frac{1}{2} (a + p) = \mu \sin \frac{1}{2} p, \quad (30)$$

hvor A tillige er Minimumsafvigelsen.

Som Exempel skal anføres nogle Iagttagelser over Jerntveilte-Ammon-Alun. En Krystal, paa hvilken der fandtes et Par temmelig store Flader, der dannede en Vinkel af $70^\circ 28'$ med hinanden, blev opstillet saaledes, at disse Flader vare omtrent lodrette. Da de ikke vare speilende, kunde denne Opstilling dog kun ske efter Skjøn. I Oliekarret gav den alligevel et meget smukt og skarpt Spectrum, skjøndt Afvigelserne vare saa smaa, at det directe Billede af Spalten saaes samtidig med det i Kikkerten. Resultaterne vare som man ser af følgende Tabel, særdeles gode, uagtet den ufuldkomne Opstilling; dette fremgaar tydeligt ved Sammenligning med de under μ_1 og μ_2 anførte Brydningsforhold for samme Stof, fundne paa sædvanlig Maade af to andre Prismer.

	$2 A$	μ	μ_1	μ_2
<i>C</i>	$2^\circ 34'$	1.4822	1.4820	1.4822
<i>D</i>	$2^\circ 45.5'$	1.4853	1.4852	1.4856
<i>F</i>	$2^\circ 59'$	1.4940	1.4931	1.4936

I. Regulære Krystaller.

1. Am. J. Jodammonium.

Store farveløse — eller idetmindste kun paa Overfladen svagt gulfarvede — regelmæssigt uddannede Terninger med underordnede Oktaæderflader. Fortrinlige Gjennemgange efter Terningfladerne.

Vægtfylde = 2.495. (Boedecker).

Prismerne til Bestemmelsen af Brydningsforholdet bleve slebne paa sædvanlig Maade, men paa Grund af Stoffets store Brydningsforhold i Forbindelse med den Lethed, med hvilken det sønderdeltes ved Befugtning med ætherisk Opløsning af Canadisk Balsam, — en Omstændighed, der gjorde Fladerne brune — bleve Glaspladerne anbragte paa de slebne Prismer ved Hjælp af tyk Kanelolie. Paa denne Maade gave Prismerne med en temmelig stor brydende Kant særdeles gode Spectra.

Pr. Nr. 1.	$p = 44^{\circ} 28'.$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$70^{\circ} 31.5'$	1.6940	+ 2
<i>D</i>	$71^{\circ} 35.5'$	1.7035	+ 4
<i>F</i>	$74^{\circ} 19'$	1.7273	+ 4
Pr. Nr. 2.	$p = 52^{\circ} 6'.$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$88^{\circ} 5'$	1.6941	+ 3
<i>D</i>	$89^{\circ} 30'$	1.7035	+ 4
<i>F</i>	$93^{\circ} 6'$	1.7270	+ 1
Pr. Nr. 3.	$p = 45^{\circ} 25'.$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$72^{\circ} 26'$	1.6932	— 6
<i>D</i>	$73^{\circ} 30'$	1.7023	— 8
<i>F</i>	$76^{\circ} 20.5'$	1.7263	— 6

Dette sidste Prisme forandrede sig noget ved Henstand; dets Angivelser ere derfor neppe saa paalidelige som de to forstes.

Middeltal.

<i>C</i>	1.6938
<i>D</i>	1.7031
<i>F</i>	1.7269

2. *KJ.* Jodkalium.

Temmelig store, vandklare, regelmæssigt uddannede Terninger med fortrinlige Gjennemgange efter Hexæderfladerne. Krystallerne skyldes Dr. S. M. Jørgensen.

Vægtfylde = 3.051. (Middeltal af flere forskjellige Bestemmelser).

Prismerne, slebne som sædvanlig, bleve belagte med Glasplader ved Hjælp af Kanelolie og Canadisk Balsam; de sidste vare temmelig lyssvage.

Pr. Nr. 4.	$p = 41^{\circ} 12'.$			
		$2a$	n	Diff.
	<i>C</i>	$60^{\circ} 22.5'$	1.6583	— 1
	<i>D</i>	$61^{\circ} 12'$	1.6666	0
	<i>F</i>	$63^{\circ} 14'$	1.6869	— 2

Pr. Nr. 5.	$p = 43^{\circ} 12'.$			
		$2a$	n	Diff.
	<i>C</i>	$64^{\circ} 1.5'$	1.6578	— 6
	<i>D</i>	$64^{\circ} 54.5'$	1.6659	— 7
	<i>F</i>	$67^{\circ} 7'$	1.6866	— 5

Pr. Nr. 6.	$p = 35^{\circ} 5'.$			
		$2a$	n	Diff.
	<i>C</i>	$49^{\circ} 51'$	1.6592	+ 8
	<i>D</i>	$50^{\circ} 29.5'$	1.6673	+ 7
	<i>F</i>	$52^{\circ} 8'$	1.6877	+ 6

Bestemmelserne variere endel indbyrdes; Middeltallet maa imidlertid ansees for at give et ret godt Udtryk for Stoffets Brydningsforhold.

Middeltal.

<i>C</i>	1.6584
<i>D</i>	1.6666
<i>F</i>	1.6871

3. *K Br.* Bromkalium.

Temmelig store, farveløse og vandklare regelmæssige Hexaëdre med fortrinlige Gjennemgange parallel Hexaëderfladerne.

Vægtfylden = 2.681. (Middeltal af flere Iagttageres Bestemmelser). De benyttede Krystaller skyldes Dr. S. M. Jørgensen.

Pr. Nr. 7.	$p = 45^{\circ} 33'$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$56^{\circ} 56'$	1.5549	+ 3
<i>D</i>	$57^{\circ} 27'$	1.5595	+ 2
<i>F</i>	$58^{\circ} 48.5'$	1.5716	+ 1
<i>G'</i>	$59^{\circ} 56'$	1.5816	+ 2

Pr. Nr. 8.	$p = 43^{\circ} 45'$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$54^{\circ} 3'$	1.5539	- 7
<i>D</i>	$54^{\circ} 34.5'$	1.5592	- 1
<i>F</i>	$55^{\circ} 49.5'$	1.5713	- 2
<i>G'</i>	$56^{\circ} 53'$	1.5813	- 1

Pr. Nr. 9.	$p = 40^{\circ} 36'$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$49^{\circ} 24.5'$	1.5551	+ 5
<i>D</i>	$49^{\circ} 48.5'$	1.5593	+ 0
<i>F</i>	$50^{\circ} 58.5'$	1.5716	+ 1

Middeltal.

<i>C</i>	1.5546
<i>D</i>	1.5593
<i>F</i>	1.5715
<i>G'</i>	1.5814

4 *Sn Cl⁴.* 2 *K Cl.* Tinchlorid-Chlorkalium.

Ret anselige, farveløse og i Reglen fuldstændig gjennemsigtige regulære Oktaëdre med underordnede Terningflader. Fortrinlige Gjennemgange parallel Oktaëderfladerne.

Vægtfylde = 2.700. (Jørgensen).

Paa Grund af de fortrinlige Gjennemgange er Stoffet vanskeligt at behandle; som oftest smuldre Krystallerne aldeles hen under Slibningen. Efter en Del Vanskeligheder er det imidlertid lykkedes os at faa to nogenlunde store Prismer, der imidlertid gave temmelig

afvigende Resultater. Paa Grund af Stoffets store Brydningsforhold kunde de naturlige Gjennemgangslader ikke benyttes som Prismer. ($111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 70^\circ 32'$).

Pr. Nr. 10.	$p = 50^\circ 35'$.		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$78^\circ 27'$	1.6524	$\div 7$
<i>D</i>	$79^\circ 15'$	1.6581	$+ 7$
<i>F</i>	$81^\circ 16.5'$	1.6726	$+ 9$

Pr. Nr. 11.	$p = 42^\circ 36'$.		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$62^\circ 13'$	1.6511	$- 6$
<i>D</i>	$62^\circ 47.5'$	1.6567	$- 7$
<i>F</i>	$64^\circ 16.5'$	1.6708	$- 9$

Middeltal.

<i>C</i>	1.6517
<i>D</i>	1.6574
<i>F</i>	1.6717

5. *Si Fl*⁴. 2 *Am. Fl.* Fluorsilicium-Ammon.

Krystallerne vare ret anselige, vandklare Kombinationer af Oktaæder og Hexaæder med fortrinlige Gjennemgange efter Oktaæderfladerne.

Vægtfylde = 1.970. (H. Topsøe).

Prismerne vare dannede af naturlige Gjennemgangslader over Axens Endepunkt som f. Ex. Fladerne $111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1}$.

Pr. Nr. 12 og 13.	$p = 70^\circ 32'$.		
	$2a_f$	$2a_H$	n Middeltal.
<i>C</i>	$67^\circ 41'$	$67^\circ 41'$	1.3682
<i>D</i>	$67^\circ 58'$	$67^\circ 58'$	1.3696
<i>F</i>	$68^\circ 32'$	$68^\circ 34.5'$	1.3723

Det første Prisme gav ved Maaling noiagtig den beregnede Værdi $70^\circ 32'$; det andet Prismes brydende Kant lod sig derimod ikke bestemme med nogen Noiagtighed, da Fladerne gave brede og udviskede Speilbilleder.

6. *Pb N*² *O*⁶ Salpetersur Bly.

Krystallerne, der vare almindelige Kombinationer af Oktaæder og Hexaæder, vare næsten alle uklare; paa enkelte vare dog Kantpartierne klare og gjennemsigtige. Prismene bleve derfor slebne saaledes, at disse Dele af Krystallerne kunde benyttes, men dette var

paa Grund af deres ringe Størrelse kun muligt ved at give Prismerne saa lille en brydende Kant, at Bestemmelserne derved i sig indeholde mindre Garanti for fuldstændig Nøjagtighed end under andre Forhold. Prismerne bleve belagte med Glasplader, dels ved canadisk Balsam, dels ved Kanelolie.

Vægtfylde = 4.521. (Middeltal af flere Iagttageres Bestemmelser).

Pr. Nr. 14.	$p = 23^{\circ} 48'$		Diff.
	$2a$	n	
<i>C</i>	$38^{\circ} 11'$	1.7731	+ 1
<i>D</i>	$38^{\circ} 36'$	1.7813	— 7
<i>F</i>	$39^{\circ} 49.5'$	1.8055	— 10

Pr. Nr. 15.	$p = 29^{\circ} 20.5'$		Diff.
	$2a$	n	
<i>C</i>	$48^{\circ} 7'$	1.7741	+ 11
<i>D</i>	$48^{\circ} 41'$	1.7827	+ 7
<i>F</i>	$50^{\circ} 17.5'$	1.8076	+ 11

Pr. Nr. 16.	$p = 30^{\circ} 12'$		Diff.
	$2a$	n	
<i>C</i>	$49^{\circ} 33'$	1.7717	— 13
<i>D</i>	$50^{\circ} 14'$	1.7819	— 1

Spectret i dette sidste Prisme var meget lyssvagt.

Da Resultaterne af de kunstige Prismers vise saa stort indbyrdes Uoverensstemmelse, have vi gjentagne Gange søgt at benytte Prismers, dannede af naturlige Flader; de Resultater, der faaes paa denne Maade, ere imidlertid om muligt endnu mere usikre, thi dels give de naturlige Prismers brede, udvaskede Spectra og dels give de dobbelte og flerdobbelte Systemer af Linier, der ganske vist hvert for sig ere gode, men som dog lade det henstaa uafgjort, hvilket det er, der giver det rette Brydningsforhold. Som et enkelt Exempel herpaa skulle vi give Resultatet af det bedste af de maalte naturlige Prismers. Prismet bestaar af Fladerne 111 og 001; den brydende Kant var = $54^{\circ} 46'$ (beregnet Værdi $54^{\circ} 44'$); Spectret dobbelt; for den røde Linie *C* faaes $n = 1.7711$ og $n' = 1.7733$, af hvilke den sidste nærmer sig Middeltallet for de 3 kunstige Prismers, medens den første ogsaa har sin Tilsvarende i Værdien for Prisme Nr. 15.

Vi maa altsaa forelobig lade det bero ved Middeltallet af de 3 ovenfor anførte Prismers, nemlig

<i>C</i>	1.7730
<i>D</i>	1.7820
<i>F</i>	1.8065

7. $Ba N^2 O^6$. Salpetersur Baryt.

Krystallerne vare ikke meget store, men vandklare og regelmæssigt udviklede Kombinationer af Oktaæder og Hexaæder. Ingen tydelige Gjennemgange.

Vægtfylde = 3.255. (Middeltal af forskellige Iagttageres Bestemmelser).

Prismerne vare slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 17.	$p = 37^\circ 23'$		Diff.
	${}^2\alpha$	n	
<i>C</i>	$45^\circ 47'$	1.5665	0
<i>D</i>	$46^\circ 10.5'$	1.5712	+ 1
<i>F</i>	$47^\circ 11'$	1.5831	+ 6

Pr. Nr. 18.	$p = 23^\circ 6'$		Diff.
	${}^2\alpha$	n	
<i>C</i>	$26^\circ 55'$	1.5665	0
<i>D</i>	$27^\circ 8.5'$	1.5710	- 1
<i>F</i>	$27^\circ 40'$	1.5820	- 5

Som Bekræftelse paa disse Tal have vi bestemt Brydningsforholdet i et Prisme dannet af naturlige Flader, nemlig $111 : \bar{1}\bar{1}1$. (2 Oktaæderflader over Toppunktet). Da Fladerne imidlertid gav udviskede Speilbilleder, og man saaledes maa tage den theoretiske Værdi for den brydende Kant $p = 70^\circ 32'$, er Bestemmelsen ikke fuldstændig paalidelig i sidste Decimal. Resultatet var:

$$n_C = 1.5657 \quad n_F = 1.5821.$$

De ovenfor givne Brydningsforhold kunne saaledes ganske vist betragtes som temmelig nøiagtige.

Middeltal.	
<i>C</i>	1.5665
<i>D</i>	1.5711
<i>F</i>	1.5825.

8. $Al^2 3 Se O^4$. $K^2 Se O^4 + 24 H^2 O$. Selenysyre-Alun.

Krystallerne, der skyldes Dr. Jorgensen, vare meget smaa, ikke synderlig klare, men ret regelmæssigt udviklede Oktaæder. Da Fladerne paa de fleste af de forhaandenværende Krystaller ikke vare blanke, have vi kun været i Stand til at undersøge et enkelt Prisme, dannet af to naturlige Oktaæderflader ved Toppunktet:

Pr. Nr. 19.

$$p = 70^{\circ} 32'.$$

	$2a$	n
<i>C</i>	93° 3'	1.4773
<i>D</i>	93° 47'	1.4801
<i>F</i>	95° 30'	1.4568

Den brydende Kant gav ved Maaling nøiagtig den theoretiske Værdi.
Vægtfylden = 1.971. (Weber).

9. $Fe^2 3SO^4$. $K^2 SO^4 + 24 H^2 O$. **Jernveilte-Kali-Alun.**

Krystallerne vare store, fuldstændig klare, lidt violetfarvede regelmæssigt udviklede Oktaëdre med underordnede Hexaæderflader. Ingen tydelige Gjennemgange.

Vægtfylden = 1.831. (H. Topsøe).

Da Saltet ved lidt høiere Temperatur flyder hen under Tab af Vand, ere Bestemmelserne foretagne ved 5--6°.

Pr. Nr. 20.

$$p = 50^{\circ} 20'.$$

	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	55° 5'	1.4779	— 4
<i>D</i>	55° 30.5'	1.4812	— 5
<i>F</i>	56° 29'	1.4890	— 3

Pr. Nr. 21.

$$p = 48^{\circ} 40'.$$

	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	52° 49'	1.4787	— 4
<i>D</i>	53° 14'	1.4822	— 5
<i>F</i>	54° 8'	1.4897	+ 4
<i>G</i>	54° 50'	1.5039	0

Middeltal.

<i>C</i>	1.4783
<i>D</i>	1.4817
<i>F</i>	1.4893
<i>G</i>	1.5039

10. $\left. \begin{array}{l} \text{Leerjord} \\ \text{Jernveilte} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{Kali} \\ \text{Ammon} \end{array} \right\} - \text{Alun.}$

Denne isomorfe Blanding, der tilfældig er bleven fremstillet, krystalliserer i overmaade regelmæssige Oktaëdre; de ere fuldstændig klare og lidt gulfarvede.

Vægtfylden = 1.788. (H. Topsøe).

Pr. Nr. 22.	$p = 36^{\circ} 58'.$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$36^{\circ} 59'$	1.4677	+ 1
<i>D</i>	$37^{\circ} 12'$	1.4703	- 5
<i>F</i>	$37^{\circ} 47'$	1.4774	+ 2

Pr. Nr. 23.	$p = 40^{\circ} 18'.$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$40^{\circ} 52'$	1.4676	0
<i>D</i>	$41^{\circ} 11.5'$	1.4712	+ 4
<i>F</i>	$41^{\circ} 46'$	1.4773	+ 1

Pr. Nr. 24.	$p = 32^{\circ} 21.5'$		
	$2a$	n	Diff.
<i>C</i>	$31^{\circ} 50'$	1.4674	- 2
<i>D</i>	$32^{\circ} 4'$	1.4708	0
<i>F</i>	$32^{\circ} 30'$	1.4769	- 3

Middeltal.

<i>C</i>	1.4676
<i>D</i>	1.4708
<i>F</i>	1.4772

11. $Fe^2 3 SO^4. Am^2 SO^4 + 24 H^2 O.$ **Jernveitte-Ammon-Alun.**

Store, vel-udviklede, vandklare, men svagt violetfarvede regelmæssige Oktaëdre med underordnede Hexaëderflader.

Vægtfylden = 1.719. (H. Topsøe).

Pr. Nr. 25.	$p = 64^{\circ} 20'.$		
	$2a$	n	
<i>C</i>	$88^{\circ} 40'$	1.4820	- 1
<i>D</i>	$89^{\circ} 25.5'$	1.4852	- 2
<i>F</i>	$91^{\circ} 17'$	1.4931	- 3

Pr. Nr. 26.	$p = 64^{\circ} 0'.$		
	$2a$	n	
<i>C</i>	$79^{\circ} 3'$	1.4822	+ 1
<i>D</i>	$79^{\circ} 43.5'$	1.4856	+ 2
<i>F</i>	$81^{\circ} 19'$	1.4936	+ 2

Middeltal.

<i>C</i>	1.4821
<i>D</i>	1.4854
<i>F</i>	1.4934.

II. Enaxede Krystaller.

$Si Fl^4. Mg Fl^2 + 6 H^2 O.$ Fluorsilicium-Magnium.

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a: c = 1:0.5174.$ (H. Topsøe).

Optisk Karakter positiv.

Krystallerne ere vandklare, farvelose regelmæssigt udviklede Kombinationer af et hexagonalt Prisme af 2den Orden og et Rhomboëder paa $127^\circ 15'$. Fortrinlige Gjennemgange efter Prismefladerne; af disse ere navnlig tre, tilsammen dannende et tresidet Prisme (paa c. 60°) særligt fremtrædende. Ret interessant er det, at hverken Prisme- eller Gjennemgangsflader paa nogen af de undersøgte Krystaller have den theoretiske Vinkelværdi (120° og 60°), men vise en vis, nogenlunde konstant Forskjellighed, der fremtræder særdeles tydelig ved Undersøgelsen af Afgivelserne paa et af Gjennemgangsflader dannet 3-sidet Prisme. Det synes som om de tre Fladers indbyrdes Vinkler temmelig gjennemgaaende ere: en paa nøiagtig 60° , en paa $60^\circ 15' - 60^\circ 20'$ og en tredie paa $59^\circ 45' - 59^\circ 40'$. Afgivelserne der skulde være konstante, hvis Prismet virkelig var regelmæssigt, vise ogsaa betydelige Forskjelligheder — Noget som tydeligt vil fremgaa af omstaaende Tabel over Brydningsforhold, bestemte paa et af naturlige Gjennemgangsflader dannet tresidet Prisme. Paa Grund af de særdeles fremtrædende Gjennemgange havde vi ikke været istand til at slibe nogen Plade lodret paa Axen til nærmere Undersøgelse af Forholdet.

Vægtfylde = 1.761; Rumfylde = 155.6. (H. Topsøe).

Prisme Nr. 27.

Prisme parallel den optiske Axe.

Prismet bestod af 3 naturlige Gjennemgangsflader, der to og to dannede Prismer paa henholdsvis 60° , $60^\circ 20'$, $59^\circ 37'$; da Maalningerne af de brydende Kanter imidlertid ikke ere nøiagtige paa et Par Minuter som Følge af Ujevnhed paa en af Fladerne, beregnes Brydningsforholdet af de enkelte Prismer for en brydende Kant paa $60^\circ 0'$, og Middeltallet af de 3 Bestemmelser give da de under n opførte Værdier.

Pr. Nr. 27.	$\rho = 60^{\circ} 0'$			n	Svingsretning.
	$2a_1$	$2a_2$	$2a_3$		
<i>C</i>	48° 27.5'	48° 20.5'	49° 20'	1.3430	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	48° 39.5'	"	"	"	
<i>F</i>	48° 7.5'	49° 1'	50° 4.5'	1.3473	
<i>C</i>	50° 54'	50° 50'	51° 49.5'	1.3589	} parallel Kanten.
<i>D</i>	51° 10.5'	"	"	"	
<i>F</i>	51° 38'	51° 34'	52° 37'	1.3636	

Pr. Nr. 28.	$\rho = 60^{\circ} 19'$		Diff.	Parallel Hovedaxen.
	$2a$	n		Svingsretning.
<i>C</i>	49° 2'	1.3426	- 1	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	49° 16.5'	1.3441	+ 2	
<i>F</i>	49° 44'	1.3471	- 2	
<i>C</i>	51° 32'	1.3586	- 1	} parallel Kanten.
<i>D</i>	51° 46.5'	1.3600	- 2	
<i>F</i>	52° 18'	1.3634	0	

Pr. Nr. 29.	$\rho = 59^{\circ} 46'$		Diff.	Parallel Hovedaxen.
	$2a$	n		Svingsretning.
<i>C</i>	48° 24'	1.3426	- 1	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	48° 33'	1.3437	- 2	
<i>F</i>	49° 7.5'	1.3474	+ 1	
<i>C</i>	50° 52.5'	1.3586	- 1	} parallel Kanten.
<i>D</i>	51° 8'	1.3604	+ 2	
<i>F</i>	51° 36.5'	1.3633	- 1	

Middeltal.

ω_C	1.3427	ε_C	1.3587
ω_D	1.3439	ε_D	1.3602
ω_F	1.3473	ε_F	1.3634

13. *Si Fl^A. Mn Fl² + 6 H² O.* **Fluorsilicium-Mangan.***Hexagonal-Rhombödrisk* $a : c = 1 : 0.5043$. (Marignac).

Optisk Karakter positiv.

Krystallerne — Kombinationer af Prismet af 2den Orden og et Rhomböeder paa 128° 20' — ere svagt rødtligt farvede, vandklare, regelmæssigt udviklede. De ere i Reglen naalefor-

mige; alle soileformige ved Prismets Overvægt. De ere i Besiddelse af 3 fortrinlige Gjennemgange efter Prismet.

Vægtfylde = 1.858; Rumfylde = 164.2. (H. Topsøe).

Brydningsforholdet blev bestemt paa et 3-sidet Prisme, dannet af tre Gjennemgangsflader, hvis indbyrdes Vinkler nøiagtig vare $60^{\circ} 0'$. Afvigelserne faldt ogsaa fuldstændig sammen for dem alle.

Pr. Nr. 30.	$p = 60^{\circ} 0'$.		Parallel Hovedaxen.	
	$2a$	Middeltal.	Svingning.	
ω_C	$50^{\circ} 37'$	1.3552	} lodret paa Kanten.	
ω_D	$50^{\circ} 54'$	1.3570		
ω_F	$51^{\circ} 27'$	1.3605		
ε_C	$52^{\circ} 16'$	1.3721	} parallel Kanten.	
ε_D	$53^{\circ} 36.5'$	1.3742		
ε_F	$54^{\circ} 6'$	1.3774		

14. $SiFl^4. NiFl^2 + 6H^2 O$. Fluorsilicium-Nikkel.

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5136$. (Marignac).

Optisk Karakter positiv.

Krystallerne vare fuldstændig som Manganforbindelsen. Rhomboëdrets Polkantvinkel = $127^{\circ} 34'$. Gjennemgange fortrinlige efter Prismefladerne.

Vægtfylde = 2.109. Rumfylde = 146.4.

Krystallerne vare temmelig smaa og næsten alle opfyldte af Kanaler med Moderlud. Deres Spectra vare derfor kun lidet lyssterke, Linierne utydelige. Da Gjennemgangsfladerne og de naturlige Prismeflader aldrig vare plane, bleve Prismerne slebne og belagte som sædvanlig.

Pr. Nr. 31.	$p = 50^{\circ} 50'$.		Parallel Hovedaxen.	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
C	$44^{\circ} 21'$	1.3862	- 14	} lodret paa Kanten.
D	$44^{\circ} 50'$	1.3903	- 7	
F	$45^{\circ} 25'$	1.3949	- 1	
C	$46^{\circ} 24'$	1.4038	+ 2	} parallel Kanten.
D	$46^{\circ} 48'$	1.4060	- 6	
F	$47^{\circ} 21'$	1.4106	+ 1	

Pr. Nr. 32.	$p = 56^\circ 37'$		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
<i>C</i>	$51^\circ 26'$	1.3881	+ 5	} lodret paa Kantene.
<i>D</i>	$51^\circ 56'$	1.3916	+ 6	
<i>F</i>	$52^\circ 33'$	1.3958	+ 8	
<i>C</i>	$53^\circ 37'$	1.4031	- 5	} parallel Kantene.
<i>D</i>	$54^\circ 11'$	1.4072	+ 6	
<i>F</i>	$54^\circ 43'$	1.4112	+ 7	
Pr. Nr. 33.	$p = 42^\circ 6.5'$			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
<i>C</i>	$35^\circ 28'$	1.3884	+ 8	} lodret paa Kantene.
<i>F</i>	$36^\circ 1'$	1.3942	+ 8	
<i>C</i>	$36^\circ 56.5'$	1.4038	+ 2	} parallel Kantene.
<i>F</i>	$37^\circ 30'$	1.4098	- 7	
	Middeltal.			
ω_C	1.3876		ϵ_C	1.4036
ω_D	1.3910		ϵ_D	1.4066
ω_F	1.3950		ϵ_F	1.4105

15. $SiFl^3, CoFl^2 + 6H^2O$. **Fluorsilicium-Kobolt.**

Hexagonal-Rhombøedriske: $a : c = 1 : 0.5219$. (Grailich).

Optisk Karakter positiv.

Krystallerne ere overordentlig regelmæssigt udviklede Kombinationer af Prismet af 2den Orden og et Rhomboëder paa $126^\circ 59'$, med fremherskende Prisme. Gjennemgangene efter Prismefladerne ere særdeles gode.

Vægtfylde = 2.067. Rumfylde = 149.4.

Prismerne vare slebne og belagte paa almindelig Maade med Glaspladerne. Spectrene vare ikke meget lysstærke og bestode Rum af den røde Del.

Pr. Nr. 34.	$p = 60^\circ 25'$		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
<i>C</i>	$55^\circ 28.5'$	1.3825	+ 8	lodret paa Kantene.
<i>C</i>	$57^\circ 53'$	1.3976	+ 4	parallel Kantene.

Pr. Nr. 35.	$\rho = 54^\circ 22'.$			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
<i>C</i>	$47^\circ 44.5'$	1.3810	$\div 7$	lodret paa Kantene.
<i>D</i>	$49^\circ 53'$	1.3968	$\div 4$	parallel Kantene.
	Middeltal.			
ω_c	1.3817		ϵ_c	1.3972

16. *Si Fl⁴, Zn Fl² + 6 H² O.* **Fluorsilicium-Zink.**

Hexagonal-Rhombödrisk $a : c = 1 : 0.5173.$ (Marignac).

Optisk Karakter positiv.

Krystallerne vare vandklare, farveløse Kombinationer af Prismet af 2den Orden og et Rhomboëder paa $127^\circ 16'$. Fortrinlige Gjennemgange efter Prismet.

Vægtfylde = 2.104. Rumfylde = 149.5

Prismerne vare slebne og belagte paa sædvanlig Maade.

Pr. Nr. 36.	$\rho = 57^\circ 3'.$			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
<i>C</i>	$50^\circ 53'$	1.3805	$-- 3$	} lodret paa Kantene.
<i>D</i>	$51^\circ 8'$	1.3823	$-- 1$	
<i>F</i>	$51^\circ 40'$	1.3859	$-- 1$	
<i>C</i>	$52^\circ 47.5'$	1.3937	$-- 1$	} parallel Kantene.
<i>D</i>	$53^\circ 4.5'$	1.3955	$-- 1$	
<i>F</i>	$53^\circ 35'$	1.3991	$-- 1$	

Pr. Nr. 37.	$\rho = 58^\circ 3'.$			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
<i>C</i>	$52^\circ 11'$	1.3811	$+ 3$	} lodret paa Kantene.
<i>D</i>	$52^\circ 26.5'$	1.3826	$+ 2$	
<i>F</i>	$52^\circ 58.5'$	1.3862	$+ 2$	
<i>C</i>	$54^\circ 8'$	1.3940	$+ 2$	} parallel Kantene.
<i>D</i>	$54^\circ 23'$	1.3958	$+ 2$	
<i>F</i>	$54^\circ 55'$	1.3993	$+ 1$	

Middeltal.			
ω_C	1.3808	ε_C	1.3938
ω_D	1.3824	ε_D	1.3956
ω_F	1.3860	ε_F	1.3992

17. *Si Fl⁴. Cu Fl² + 6 H² O.* **Fluorsilicium-Kobber.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5395$. (Marignac).

Optisk Karakter negativ. Dobbeltbrydning meget svag.

Krystallerne ere smukke, vandklare, mørkeblaa Kombinationer af Prismet af 2den Orden og Rhomboëdret paa 125° 0'. De ere hyppigst meget fortrukne ved fremherskende Udvikling af to parallelle Rhomboëderflader. Rhomboëdret er sædvanlig overveiende. Gjen-nemgangene, der ved andre isomorfe Salte vare overordentlig fremtrædende, ere her neppe til at opdage.

Vægtfylde == 2.182. Rumfylde == 143.6.

Prismerne ere slebne paa sædvanlig Maade.

Pr. Nr. 38.	$p = 58^\circ 8'$		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
<i>C</i>	56° 4'	1.4060	- 2	} parallel Kanten.
<i>D</i>	56° 20'	1.4077	- 3	
<i>F</i>	56° 2.5'	1.4123	- 1	
<i>C</i>	56° 16'	1.4073	- 1	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	56° 34'	1.4093	+ 1	
<i>F</i>	57° 15'	1.4139	+ 1	

Pr. Nr. 39.	$p = 61^\circ 16'$		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
<i>C</i>	60° 34.5'	1.4064	+ 2	} parallel Kanten.
<i>D</i>	60° 53'	1.4083	+ 3	
<i>F</i>	61° 35'	1.4126	+ 2	
<i>C</i>	60° 43'	1.4074	0	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	61° 2'	1.4092	0	
<i>F</i>	61° 47.5'	1.4137	- 1	

Middeltal.			
ε_C	1.4062	ω_C	1.4074
ε_D	1.4080	ω_D	1.4092
ε_F	1.4124	ω_F	1.4138

18. $\text{Sn Cl}^4. \text{Mg Cl}^2 + 6\text{H}^2 \text{O}$. **Tinchlorid-Chlormagnium.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5083$. (Jørgensen).

Optisk Karakter positiv.

Krystallerne vare meget anselige, farveløse, vandklare Kombinationer af Prismet af 2den Orden og Rhomboëdret paa $128^\circ 0'$. Ved almindelig Temperatur er Saltet meget henflydende; Bestemmelserne — der foretoges med Prismer slebne og belagte paa almindelig Maade — vare derfor forbundne med Vanskeligheder, og Resultaterne, der ere indbyrdes meget afvigende, kunne derfor kun betragtes som rent approximative; de ere i Grunden ogsaa væsenligst foretagne for at faa et Begreb om Dobbeltbrydningens Størrelse ved et med den foregaaende Række isomorft Stof med forskellige elektronegative, men samme elektropositive Bestanddele. — Saltet er i Besiddelse af fortrinlige Gjennemgange efter Prismet.

Vægtfylde = 2.080. Rumfylde = 222.6.

Pr. Nr. 40.	$p = 37^\circ 55'$.			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
<i>C</i>	$47^\circ 8'$	1.573	+ 1.5	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	$48^\circ 38.5'$	1.591	+ 2.5	
<i>C</i>	$48^\circ 5.5'$	1.585	+ 2	} parallel Kanten.
<i>D</i>	"	"	"	
Pr. Nr. 41.	$p = 35^\circ 53'$.			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
<i>C</i>	$43^\circ 57'$	1.570	-- 1.5	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	$45^\circ 15'$	1.586	-- 2.5	
<i>C</i>	$44^\circ 49.5'$	1.581	-- 2	} parallel Kanten
<i>D</i>	$46^\circ 6.5'$	1.597	"	
	Middeltal.			
ω_C	1.5715		ε_C	1.583
ω_D	1.5885		ε_D	1.597

19. $\text{Am H}^2 \text{As O}^4$. **Arsensur Ammon.**

Tetragonal $a : c = 1 : 0.7096$. (H. Topsøe).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne ere vandklare, farveløse, ret anselige Kombinationer af et Prisme og en Pyramide paa $119^\circ 45'$. De ere hyppigt tavleformige efter et Prismefladepar. Ingen fremtrædende Gjennemgange.

Vægtfylde = 2.249. Rumfylde 70.7. (Schiff).

Sénarmont har tidligere (Ann. Chim. Phys. (3) XXXIII.) undersøgt dette Salt. Han fandt $\omega = 1.576-1.579$ $\varepsilon = 1.525-1.523$.

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 42.	$p = 40^\circ 22'$.		Diff.	Parallel Hovedaxen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$45^\circ 39.5'$	1.5187	+ 1	} parallel Kanten.
ε_D	$45^\circ 58.5'$	1.5219	+ 2	
ε_F	$46^\circ 41.5'$	1.5298	+ 2	
ω_C	$50^\circ 37.5'$	1.5719	- 2	} lodret paa Kanten.
ω_D	$51^\circ 5.5'$	1.5768	+ 2	
ω_F	$51^\circ 56'$	1.5856	- 3	

Pr. Nr. 43.	$p = 35^\circ 49'$.		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$39^\circ 45'$	1.5190	- 4	} parallel Kanten.
ε_D	$39^\circ 57'$	1.5217	0	
ε_F	$40^\circ 37'$	1.5299	+ 3	
ω_C	$43^\circ 55'$	1.5711	- 10	} lodret paa Kanten.
ω_D	$44^\circ 15.5'$	1.5754	- 12	
ω_F	$45^\circ 2'$	1.5849	- 10	

Pr. Nr. 44.	$p = 65^\circ 49'$.		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$90^\circ 37.5'$	1.5181	- 5	} parallel Kanten.
ε_D	$91^\circ 21.5'$	1.5214	- 3	
ε_F	$93^\circ 4'$	1.5291	- 5	
ω_C	$103^\circ 20.5'$	1.5734	+ 13	} lodret paa Kanten.
ω_D	$104^\circ 21.5'$	1.5777	+ 11	
ω_F	$106^\circ 41'$	1.5872	+ 13	

Middeltal.

ε_C	1.5186	ω_C	1.5721
ε_D	1.5217	ω_D	1.5766
ε_F	1.5296	ω_F	1.5859

Da to af de undersøgte Prismer gave Resultater, der vare temmelig fjernede fra Middeltallet, have vi — for at faa en Bekræftelse paa dettes Rigtighed, benyttet et 4de

Prisme, hvis Kant var lodret paa Axen, og som bestod af en Prismeflade og en modstaaende Pyramideflade (110 og $\bar{1}\bar{1}1$), belagte med Glasplader. Prismet gav saaledes umiddelbart det ordinære Brydningsforhold, medens det ekstraordinære faaes af det iagttagne anomale ved Benyttelsen af Formlen $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\varepsilon^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\omega^2}$, hvor R er Prismets Halveringslinie, c den krystallografiske Axe. I det foreliggende Tilfælde dannede Halveringslinien en Vinkel med c lig den halve brydende Kant. Resultatet var følgende:

Pr. Nr. 45.	$p = 43^\circ 44'$		Lodret paa Axen.
	$2a$	n	Svingning.
ν_C	$51^\circ 2'$	1.5256	} lodret paa Kanten
ν_D	$51^\circ 23'$	1.5290	
ν_F	$52^\circ 17.5'$	1.5387	
ω_C	$55^\circ 53'$	1.5720	} parallel Kanten.
ω_D	$56^\circ 22.5'$	1.5766	
ω_F	$57^\circ 20'$	1.5857	

og

$$\varepsilon_C = 1.5185 \quad \varepsilon_D = 1.5217 \quad \varepsilon_F = 1.5315$$

Begge Værdier stemme saaledes med det ovenfor givne Middeltal.

I Prismerne parallelle Hovedaxen vare gennemgaaende det ordinært brudte Spectrum langt mere intensivt end det ekstraordinære.

20. $KH^2 As O^4$. Arsensur Kalium.

Tetragonalt $a : c = 1 : 0.6633$. (H. Topsøe).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne vare ikke meget store; med Undtagelse af ganske smaa vare de uklare og havde ujevne, sribede Flader. Kombinationerne af Prismet og en Pyramide paa $122^\circ 8'$ vare som oftest tavleformige efter et Prismefladepar; i alle Tilfælde vare de langstrakte efter Hovedaxen.

Ingen fremtrædende Gjennemgange.

Vægtfylde = 2.832. Rumfylde = 63.53. (Schiff).

Saltet har tidligere været undersøgt i optisk Henseende af Sénarmont (Ann. Chim. Phys. (3) XXXIII), der fandt $\omega = 1.596 - 1.587$ og $\varepsilon = 1.538 - 1.534$ — et Resultat, der er ganske mærkeligt, da Ammonforbindelserne gennemgaaende have større Brydningsforhold end Kaliforbindelserne, medens det efter Sénarmonts Undersøgelse for de arsensure

Salte, vilde vise sig omvendt. Descloizeaux har ogsaa senere (Ann. min. (5) XIV. 353) vist, at den foreliggende Angivelse er urigtig. Han fandt for Rødt.

$$\omega_{\rho} = 1.564 \quad \varepsilon_{\rho} = 1.515$$

Resultaterne af vore Forsøg, anstillede — som Descloizeaux's — med Prismer lodrette paa Axen og dannede af en Prismeflade og en modstaaende Pyramideflade (110) (I I I), begge i naturlig Tilstand, ere følgende:

Pr. Nr. 46.	$\rho = 46^{\circ} 56'$.			Lodret paa Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_C	$55^{\circ} 15'$	1.5218	}	lodret paa Kanten.
ν_D	$55^{\circ} 34'$	1.5247		
ν_F	$56^{\circ} 26'$	1.5322		
ω_C	$59^{\circ} 57'$	1.5625	- 7	} parallel Kanten.
ω_D	$60^{\circ} 25'$	1.5666	- 8	
ω_F	$61^{\circ} 27'$	1.5755	- 7	
Pr. Nr. 47.	$p = 46^{\circ} 45'$.			Lodret paa Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_C	$55^{\circ} 4.5'$	1.5218	}	lodret paa Kanten.
ν_D	$55^{\circ} 31'$	1.5258		
ν_F	$56^{\circ} 21.5'$	1.5332		
ω_C	$59^{\circ} 52'$	1.5636	+ 4	} parallel Kanten.
ω_D	$60^{\circ} 21'$	1.5679	+ 5	
ω_F	$61^{\circ} 22.5'$	1.5765	+ 3	
Pr. Nr. 48.	$p = 46^{\circ} 47'$.			Lodret paa Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_C	$55^{\circ} 9.5'$	1.5223	}	lodret paa Kanten.
ν_D	$55^{\circ} 32'$	1.5255		
ν_F	$56^{\circ} 25'$	1.5332		
ω_C	$59^{\circ} 53.5'$	1.5634	+ 2	} parallel Kanten.
ω_D	$60^{\circ} 22'$	1.5675	+ 1	
ω_F	$61^{\circ} 25.5'$	1.5766	+ 4	

Af Middeltallet for de 3 Prismers anomale Brydningsforhold beregnes det extraordinære efter Formlen $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\varepsilon^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\omega^2}$, hvor Rc \therefore Halveringsliniens Vinkel til Axen er lig $23^{\circ} 24.5'$.

Saaledes faaes:

$$\varepsilon_C = 1.5146 \quad \varepsilon_D = 1.5179 \quad \varepsilon_F = 1.5252.$$

Middeltal.

ω_C	1.5632	ε_C	1.5746
ω_D	1.5674	ε_D	1.5179
ω_F	1.5762	ε_F	1.5252

Med disse Tal stemme Descloigeaux's særdeles godt overens. Det fortjener at fremhæves, hvor stor indbyrdes Afgivelse der er mellem de Brydningsforhold, de forskellige Krystaller have givet — et Forhold, der svarer til den krystallografiske Uoverensstemmelse mellem forskellige Individuer, ja mellem sammensvarende Vinkler paa samme Individ, som ligeledes er særdeles fremtrædende ved dette Stof. Paa Grund af Krystallernes ringe Størrelse og deres tavleformige Udvikling, have vi desværre ikke set os i Stand til at bestemme Brydningsforholdet for to paa hinanden lodrette Prismer af samme Krystal, f. Ex. dannede af Fladerne (110) ($\bar{1}\bar{1}1$) og ($\bar{1}10$) ($1\bar{1}1$), der gjennemgaaende give forskellige Vinkelværdier. I ethvert Tilfælde vil det her sees hvor nødvendigt det er til en paalidelig Bestemmelse af Brydningsforholdet ved konstigt fremstillede Krystaller at foretage det størst mulige Antal Forsøg paa forskellige Krystaller.

21. *Am H² P O⁴*. Fosforsur Ammon.

Tetragonalt $a:c = 1:0.7124$. (Mitscherlich).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne ligne i enhver Henseende det arsensure Salt; Pyramidens Polkantvinkel = $119^{\circ} 46'$.

Vægtfylde = 1.758. Rumfylde = 65.4. (Schiff).

Prismerne vare slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 49.	$p = 41^{\circ} 12.5'$		Diff.	Parallel Hovedaxen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$42^{\circ} 50'$	1.4768	0	} parallel Axen.
ε_D	$43^{\circ} 3.5'$	1.4793	+ 1	
ε_F	$43^{\circ} 34'$	1.4846	- 1	
ω_C	$47^{\circ} 4'$	1.5214	+ 2	} lodret paa Axen.
ω_D	$47^{\circ} 24'$	1.5249	+ 3	
ω_F	$48^{\circ} 1'$	1.5312	- 2	

Pr. Nr. 50.	$\rho = 59^{\circ} 8'$.		Parallel Hovedaxen.	
	$^2 a$	n	Diff.	Svingning.
ε_C	$68^{\circ} 15.5'$	1.4767	- 1	} parallel Axen.
ε_D	$68^{\circ} 36.5'$	1.4788	- 4	
ε_F	$69^{\circ} 31.5'$	1.4845	- 2	
ω_C	$75^{\circ} 33.5'$	1.5207	- 5	} lodret paa Axen.
ω_D	$76^{\circ} 7'$	1.5239	- 7	
ω_F	$77^{\circ} 17'$	1.5309	- 5	

Pr. Nr. 51.	$\rho = 37^{\circ} 24'$		Parallel Axen.	
	$^2 a$	n	Diff.	Svingning.
ε_C	$38^{\circ} 15'$	1.4774	+ 6	} parallel Axen.
ε_D	$38^{\circ} 28'$	1.4800	+ 8	
ε_F	$38^{\circ} 53.5'$	4.4852	+ 5	
$\varepsilon_{G'}$	$39^{\circ} 21'$	1.4906	+ 12	} lodret paa Axen.
ω_C	$41^{\circ} 57'$	1.5216	+ 4	
ω_D	$42^{\circ} 16'$	1.5253	+ 7	
ω_F	$42^{\circ} 49'$	1.5319	+ 5	
$\omega_{G'}$	$43^{\circ} 20'$	1.5380	+ 8	

Pr. Nr. 62.	$\rho = 39^{\circ} 20'$.		Parallel Axen.	
	$^2 a$	n	Diff.	Svingning.
ε_C	$40^{\circ} 31'$	1.4764	- 4	} parallel Kanten.
ε_D	$40^{\circ} 44'$	1.4788	- 4	
ε_F	$41^{\circ} 14'$	1.4844	- 3	
$\varepsilon_{G'}$	$41^{\circ} 34.5'$	1.4881	- 13	
ω_C	$44^{\circ} 31.5'$	1.5213	- 1	} lodret paa Kanten.
ω_D	$44^{\circ} 48.5'$	1.5243	- 3	
ω_F	$45^{\circ} 27.5'$	1.5317	+ 3	
$\omega_{G'}$	$45^{\circ} 54'$	1.5365	+ 7	

Middeltal.

ε_C	1.4768	ω_C	1.5212
ε_D	1.4792	ω_D	1.5246
ε_F	1.4847	ω_F	1.5314
$\varepsilon_{G'}$	1.4894	$\omega_{G'}$	1.5372

Dette Salt har tidligere været undersøgt af Sénarmont (Ann. Chim. Phys. (3) XXXIII.), der fandt $\omega = 1.512 - 1.519$ og $\varepsilon = 1.477 - 1.476$.

Som det vil sees, stemme hans Værdier for den ordinære aldeles ikke overens med vore; hans extraordinære nærme sig derimod mere.

22. $KH^2 PO^4$. Fosforsur Kalium.

Tetragonalt $a : c = 1 : 0.6640$. (Mitscherlich).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne vare meget smaa, tildels uigjennemsigtige Kombinationer af Prismet og en Pyramide paa $122^\circ 6'$; de vare alle forlængede i Retning af Hovedaxen, ofte endog naaleformige. Deres Flader vare matte og stribede, saa at ingen af dem kunde benyttes som Prismeflader til Bestemmelserne. Krystallerne maatte derfor slibes og belægges — Noget som var forbunden med en Del Vanskelighed paa Grund af deres ringe Størrelse.

Vægtfylde = 2.350. Rumfylde = 57.9. (Schiff).

Pr. Nr. 53.	$p = 39^\circ 15'$.		Diff.	Parallel Hovedaxen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$39^\circ 28.5'$	1.4658	— 6	} parallel Kanten.
ε_D	$39^\circ 37.5'$	1.4677	— 7	
ε_F	$40^\circ 6'$	1.4729	— 5	
ω_C	$43^\circ 8'$	1.5070	+ 6	} lodret paa Kanten.
ω_D	$43^\circ 25'$	1.5101	+ 6	
ω_F	$43^\circ 57'$	1.5162	+ 8	

Pr. Nr. 54.	$p = 29^\circ 30'$.		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$28^\circ 42.5'$	1.4666	+ 2	} parallel Kanten.
ε_D	$28^\circ 49.5'$	1.4687	+ 3	
ε_F	$29^\circ 11'$	1.4743	+ 9	
ω_C	$31^\circ 10'$	1.5057	— 7	} lodret paa Kanten.
ω_D	$31^\circ 22'$	1.5089	— 6	
ω_F	$31^\circ 43.5'$	1.5147	— 7	

Pr. Nr. 55.	$\rho = 33^\circ 43'$			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ε_C	$33^\circ 15.5'$	1.4668	+ 4	} parallel Kanten.
ε_D	$33^\circ 25'$	1.4688	+ 4	
ε_F	$33^\circ 44'$	1.4731	+ 3	
ω_C	$36^\circ 12.5'$	1.5066	+ 2	} lodret paa Kanten.
ω_D	$36^\circ 25'$	1.5096	+ 1	
ω_F	$36^\circ 50.5'$	1.5152	- 2	
Middeltal.				
ε_C	1.4664		ω_C	1.5064
ε_D	1.4684		ω_D	1.5095
ε_F	1.4734		ω_F	1.5154

Sénarmont har tidligere undersøgt dette Salt (Ann. Chim. (3) XXXIII), for hvilket han fandt $\omega = 1.510 - 1.505$ og $\varepsilon = 1.472 - 1.465$. Disse Værdier stemme ret godt med vore lagttagelser.

23. $K^2 S^2 O^6$. Svovlundensur Kalium.

Hexagonalt $a:c = 1:0.6466$. (Weiss).

Optisk Karakter. Positiv.

Heeren, der først har undersøgt dette Salt, angav dets Krystalform til rhombisk, endskjendt alle Vinkelværdierne og Symmetriforhold syntes at antyde hexagonale Former. Krystallerne ere langstrakte efter Hovedaxen; de ere hovedsagelig Kombinationer af et Prisme af 1ste og et af 2den Orden med en Pyramide paa $145^\circ 16'$. De noget store Krystaller ere stærkt sribede og riflede, medens de smaa have fuldstændig plane Flader af en betydelig Glands. De ere fuldstændig gjennemsigtige og selv de mindste give skarpe Spectra.

Vægtfylde = 2.277. (H. Topsøe).

Til Forsøgene er der benyttet naturlige Prismer — bestaaende af afvexlende Prisme-flader, Noget som er saa meget desto lettere fordi de smaa Krystaller kun have hveranden af disse Flader udviklede. De benyttede Prismer, der gave fortrinlige Spectra vare neppe 1^{mm} i Gjennemsnit.

Pr. Nr. 56-57.	$\rho = 60^\circ 0'$			Parallel Axen.	
	$2a_I$	$2a_{II}$	n	Diff.	Svingning.
ω_C	$66^\circ 24'$	$66^\circ 25.5'$	1.4532	0	} lodret paa Kanten.
ω_D	$66^\circ 42'$	$66^\circ 43'$	1.4550	0	
ω_F	$67^\circ 28'$	$67^\circ 29'$	1.4595	0	

	$2a_I$	$2a_{II}$	n	Diff.	Svingning.
ϵ_C	$76^\circ 27'$	$76^\circ 26'$	1.5120	+ 0.5	} parallel Kanten.
ϵ_D	$77^\circ 1'$	$77^\circ 3.5'$	1.5153	0	
ϵ_F	$78^\circ 34'$	$78^\circ 34'$	1.5240	+ 1	

De to Prismer vare forskellige Kanter paa samme Krystal, ligesom de to nedenfor opførte ogsaa tilhorte een Krystal.

Pr. Nr. 58—59.	$p = 60^\circ 0'$			Parallel Axen.	
	$2a_I$	$2a_{II}$	n	Svingning.	
ω_C	$66^\circ 24.5'$	$66^\circ 25.5'$	1.4532	0	} lodret paa Kanten.
ω_D	$66^\circ 42.5'$	$66^\circ 43'$	1.4550	0	
ω_F	$67^\circ 27.5'$	$67^\circ 27.5'$	1.4595	0	
ϵ_C	$76^\circ 26.5'$	$76^\circ 26.5'$	1.5119	— 0.5	} parallel Kanten
ϵ_D	$77^\circ 3'$	$77^\circ 1'$	1.5153	0	
ϵ_F	$78^\circ 31'$	$78^\circ 32'5'$	1.5238	— 1	

Middeltal.

ω_C	1.4532	ϵ_C	1.51195
ω_D	1.4550	ϵ_D	1.5153
ω_F	1.4595	ϵ_F	1.5239

24. $Rb^2 S^2 O^6$. Svovlundersur Rubidium.

Hexagonalt $a : c = 1 : 0.6307$. (Piccard.)

Optisk Karakter. Positiv.

Krystallerne have fuldstændig samme Flader og Habitus som Kalisaltet (Pyramidens Polkantsvinkel = $145^\circ 47'$). Fladerne ere blanke og speilende og Krystallerne fuldstændig klare. De skyldes Dr. Jørgensen.

Til Bestemmelserne anvendtes naturlige Prismer -- parallelle Axen.

Pr. Nr. 60.	$p = 30^\circ 0'$			Svingning.
	$2a$	n	Diff.	
ω_C	$28^\circ 29'$	1.4554	— 2	} lodret paa Kanten.
ω_D	$28^\circ 35'$	1.4570	— 4	
ω_F	$28^\circ 55'$	1.4622	— 1	
ϵ_C	$31^\circ 34.5'$	1.5036	— 5	} parallel Kanten.
ϵ_D	$31^\circ 49'$	1.5075	— 3	
ϵ_F	$32^\circ 25'$	1.5169	+ 2	

Prismet var dannet ved Kombination af en Flade af det hexagonale Prisme af 2den Orden med en af Prismet af 1ste Orden.

Pr. Nr. 61.	$p = 60^\circ 0'$		Parallel Axen.	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ω_C	$66^\circ 50.5'$	1.4558	+ 2	} lodret paa Kanten.
ω_D	$67^\circ 10.5'$	1.4578	+ 4	
ω_F	$67^\circ 57'$	1.4624	+ 1	
ε_C	$75^\circ 10.5'$	1.5046	+ 5	} parallel Kanten.
ε_D	$76^\circ 45'$	1.5080	+ 2	
ε_F	$77^\circ 14.5'$	1.5165	- 2	
Middeltal.				
ω_C	1.4556		ε_C	1.5041
ω_D	1.4574		ε_D	1.5078
ω_F	1.4623		ε_F	1.5167

25. $Ca S^2 O^8 + 4 H^2 O$. Svolvundersur Calcium.

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1.500$.

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne vare tynde Plader, begrændsede af Rhomboëdrflader. Gjennemgang parallel Basen.

Vægtfylde = 2.180. (H. Topsøe).

Paa Grund af Krystallernes Tavleform — de tykkeste af Pladerne vare ikke 1^{mm} tykke — er det vanskeligt at tilदानe dem til Prismer, medens paa den anden Side de naturlige Randkantflader ere for sribede til at kunne benyttes umiddelbart. Prismerne bleve slebne lodret paa Hovedaxen med Basen som den ene Flade; paa denne Maade lykkes det imidlertid ikke at faa Straalerne skilte ad, da Dobbeltbrydningen er ringe. Forsøgene give saaledes kun det ordinære Brydningsforhold:

Pr. Nr. 62.	$p = 41^\circ 51'$		Lodret paa Axen.
	$2a$	a	
ω_C	$50^\circ 23$	1.5463	
ω_D	$50^\circ 41$	1.5493	
ω_F	$51^\circ 26$	1.5570	

Dette Prisme gav et dobbelt Spectrum, der imidlertid ikke forandredes ved Dreining med en Nicol. Grunden til denne Dobbeltthed maa søges deri, at den benyttede

Krystal, der var omtrent 1^{mm} tyk, rimeligvis var dannet ved ikke fuldstændig parallel Sammenleiring eller Tvillingdannelse af to Individier. Det andet Spectrum var langt svagere, det gav Værdierne

ω_C	1.5493	$\omega_D = 1.5526$	ω_F	1.5600
Pr. Nr. 63.		$p = 28^\circ 20'$		Lodret paa Axen.
		$2a$	n	
ω_C	$32^\circ 19,5'$		1.5472	
ω_D	$32^\circ 30'$		1.5499	
ω_F	$32^\circ 58'$		1.5576	

Som Middeltal af Pr. Nr. 62 og den første Værdi i Pr. 61 have

$\omega_C = 1.5468$	$\omega_D = 1.5496$	$\omega_F = 1.5573.$
---------------------	---------------------	----------------------

26. $SrS^2O^6 + 4H^2O$. Svovlundersur Strontium.

Hexagonal-Rhombödrisk $a:c = 1:1.5024$. (Heeren).

Optisk Karakter. Negativ. Dobbeltbrydningen yderst ringe.

Krystallerne vare som Kalksaltet regelmæssige sexsidede Tavler med to sammen-
svarende Rhombödre som Randkantflader. Tavlerne vare tykkere end hos Kalksaltet.
Gjennemgang parallel Basen.

Vægtfylden = 2.373. (H. Topsøe).

Prismerne vare slebne lodret paa Axen; kun paa en enkelt tyk Plade er det lykkedes os at faa de to Straaler adskilte, da Dobbeltbrydningen er saa svag, at der udfordres en stor brydende Kant, selv om Basen er den ene Prismeflade.

Pr. Nr. 64.		$p = 29^\circ 22'$		Lodret paa Axen.
		$2a$	n	Diff. Svingning.
ω_C	$32^\circ 21'$	1.5273	+ 7	} parallel Kanten.
ω_D	$32^\circ 32'$	1.5302	+ 6	
ω_F	$33^\circ 1'$	1.5378	+ 7	
Pr. Nr. 65.		$p = 58^\circ 28'$		Lodret paa Axen.
		$2a$	n	Diff.
ω_C	$75^\circ 50'$	1.5262	- 4	} parallel Kanten.
ω_D	$76^\circ 22,5'$	1.5294	- 2	
ω_F	$77^\circ 33,5'$	1.5366	- 5	

I det førte Prisme var Basen den ene Flade, i det andet vare begge Flader omtrent symmetriske mod Basen.

Pr. Nr. 66.	$\rho = 56^{\circ} 56'$.		Lodret paa Axen.	
	$2a$	u	Dif.	Svingning.
ν_C	$72^{\circ} 44.5'$	1.5256	"	} lodret paa Kanten.
ν_D	$73^{\circ} 12.5'$	1.5285	"	
ν_F	$74^{\circ} 19.5'$	1.5356	"	
ω_C	$72^{\circ} 51'$	1.5263	— 3	} parallel Kanten.
ω_D	$73^{\circ} 21.5'$	1.5295	— 1	
ω_F	$74^{\circ} 32'$	1.5369	— 2	

Af de anomale Brydningsforhold i det sidste Prisme beregnes efter den almindelige Formel $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\varepsilon^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\omega^2}$ det extraordinære, idet $Rc = 61^{\circ} 32'$. (Den ene Prismeflade var Basen). Den beregnede Værdi $\varepsilon_C = 1.5232$, $\varepsilon_D = 1.5252$, $\varepsilon_F = 1.5312$ er imidlertid ikke i Besiddelse af nogen stor Noiagtighed, da Halveringslinien ligger kun 30° fra den Stilling, der giver det ordinære Brydningsforhold, og Differentsten mellem dette og det anomale er saa lille.

Middeltal.

ω_C	1.5266	ε_C	1.5232
ω_D	1.5296	ε_D	1.5252
ω_F	1.5371	ε_F	1.5312

27. *Pb S² O⁶*. **Svovlundersur Bly.**

Hexagonal-Rhombödrisk $a:c = 1:1.4696$. (Heeren).

Optisk Karakter. Positiv.

Krystallerne ere vandklare, anselige, regelmæssigt udviklede Kombinationer af et Rhomböeder paa $111^{\circ} 48'$ Polkantvinkel med det omvendte med dobbelt saa lang Axe, og den basiske Endeflade. Meget hyppig findes begge sammensvarende Rhomböedre, men af deres Flader, der tilsammen vilde danne den hexagonale Pyramide, ere da kun 3 parallelle Fladepar tilstede, dannende en tresidet Pyramide, stærkt afskaaret af Basen. Denne Form — som tresidede Tavler — er den almindeligste; de ere ganske overordentlig regelmæssigt udviklede. Fladerne ere i Besiddelse af en stærk Glands, men Rhomböederfladerne ere hyppig fint sribede parallel Basen. Ingen tydelige Gjennemgange.

Vægtfylden = 3.245. (H. Topsøe).

De til Bestemmelsen af Brydningsforholdet anvendte Prismer vare dannede dels af 2 naturlige Flader, dels af en naturlig og en sleben, belagt Flade. Alle tre Prismer

vare lodrette paa Axen. Det første, Nr. 67, bestod af to naturlige modstaaende Rhomboëderflader; Axen falder her sammen med Halveringslinien, saa at de Straaler, der svinge lodret paa Prismets brydende Kant umiddelbart give det extraordinære Brydningsforhold.

Pr. Nr. 67.	$p = 58^{\circ} 54'$		Lodret paa Axen.	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ω_C	$95^{\circ} 3.5'$	1.6290	— 5	} parallel Kanten.
ω_D	$96^{\circ} 7.5'$	1.6346	— 5	
ω_F	$98^{\circ} 37'$	1.6476	— 5	
ε_C	$98^{\circ} 44'$	1.6484	— 8	} lodret paa Kanten.
ε_D	$99^{\circ} 38'$	1.6529	— 2	
ε_F	$102^{\circ} 12'$	1.6661	— 5	

Pr. Nr. 68.	$p = 60^{\circ} 37'$		Lodret paa Axen.	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ω_C	$100^{\circ} 7.5'$	1.6300	+ 5	} parallel Kanten.
ω_D	$101^{\circ} 11.5'$	1.6352	+ 1	
ω_F	$103^{\circ} 54'$	1.6483	+ 2	
ν_C	$101^{\circ} 5'$	1.6346	"	} lodret paa Kanten.
ν_D	$102^{\circ} 11'$	1.6400	"	
ν_F	$104^{\circ} 50'$	1.6527	"	

Pr. Nr. 69.	$p = 60^{\circ} 14'$		Lodret paa Axen.	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ω_C	$99^{\circ} 2'$	1.6301	+ 6	} parallel Kanten.
ω_D	$100^{\circ} 8.5'$	1.6355	+ 4	
ω_F	$102^{\circ} 47'$	1.6486	+ 5	
ν_C	$100^{\circ} 1'$	1.6349	"	} lodret paa Kanten.
ν_D	$101^{\circ} 5.5'$	1.6403	"	
ν_F	$103^{\circ} 42.5'$	1.6530	"	

De to sidste Prismer bestode af en naturlig Rhomboëderflade og g Basen eftersleben og belagt. De vare paa samme Krystal. Af Middeltallet af de anomale Brydningsforhold beregnes efter den almindelige Formel det extraordinære, idet Halveringsliniens Vinkel til Axen (for begge Prismer tagen under Et) er lig $59^{\circ} 47'$. Paa denne Maade faaes

$$\varepsilon_C = 1.6500 \quad \varepsilon_D = 1.6533 \quad \varepsilon_F = 1.6670.$$

Middeltal.			
ω_C	1.6295	ε_C	1.6492
ω_D	1.6351	ε_D	1.6531
ω_F	1.6481	ε_F	1.6666

28. $ZnSeO_4 + 6H^2O$. Selensur Zink.

Tetragonal $a:c = 1:1.8949$. (H. Topsøe).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne ere vandklare, fortrinligt uddannede Kombinationer af Basen med tre Pyramider (Hovedformens Polkantvinkel = $97^\circ 1'$) og et Prisme: (001), (111), (112), (011), (100). Fortrinlige Gjennemgange parallel Basen.

Vægtfylde = 2.325; Rumfylde = 136.2. (H. Topsøe).

Prismerne ere slebne parallel Axen; de ere belagte som sædvanlig.

Pr. Nr. 70.	$p = 45^\circ 32'$		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$50^\circ 53'$	1.5000	- 4	} parallel Kanten.
ε_D	$51^\circ 15.5'$	1.5037	- 2	
ε_F	$52^\circ 1.5'$	1.5107	- 1	
ε_G'	$52^\circ 37.5'$	1.5161	- 4	
ω_C	$53^\circ 37.5'$	1.5252	- 3	} lodret paa Kanten.
ω_D	$54^\circ 3.5'$	1.5292	- 1	
ω_F	$54^\circ 51'$	1.5365	- 2	
ω_G'	$55^\circ 33'$	1.5425	- 2	

Pr. Nr. 71.	$p = 59^\circ 40'$		Diff.	Parallel Axen.
	$2a$	n		Svingning.
ε_C	$73^\circ 52'$	1.5009	+ 5	} parallel Kanten.
ε_D	$74^\circ 26'$	1.5041	+ 2	
ε_F	$75^\circ 36'$	1.5109	+ 1	
ε_G'	$76^\circ 37.5'$	1.5169	+ 4	
ω_C	$78^\circ 12'$	1.5259	+ 4	} lodret paa Kanten.
ω_D	$78^\circ 45.5'$	1.5291	0	
ω_F	$80^\circ 9'$	1.5369	+ 2	
ω_G'	$81^\circ 12.5'$	1.5429	+ 2	

Middeltal.

ε_C	1.5004	ω_C	1.5255
ε_D	1.5039	ω_D	1.5291
ε_F	1.5108	ω_F	1.5367
ε_G'	1.5165	ω_G'	1.5427.

29. $NiSeO_4 + 6H^2O$. Selensur Nikkel.

Tetragonal $a:c = 1:1.8364$. (H. Topsøe).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystalformen som Zinksaltets; dog er her ikke iagttaget Pyramiden (112) og Prismet (100). Krystallerne i Reglen noget forkortede i Retning af Axen. Fortrinlig Gjennemgang parallel Basen.

Vægtfylde = 2.314. Rumfylde = 134.1. (H. Topsøe).

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 72.	$p = 52^\circ 12'$.			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ε_C	$62^\circ 0'$	1.5091	+ 2	} parallel Kanten.
ε_D	$62^\circ 26.5'$	1.5123	- 2	
ε_F	$63^\circ 27'$	1.5200	+ 4	
ε_G'	$64^\circ 18'$	1.5261	+ 3	
ω_C	$65^\circ 36.5'$	1.5356	- 1	} lodret paa Kanten.
ω_D	$66^\circ 7'$	1.5395	+ 2	
ω_F	$67^\circ 14.5'$	1.5476	+ 3	
ω_G'	$68^\circ 7'$	1.5541	+ 2	

Pr. Nr. 73.	$p' = 67^\circ 0$.			Parallel Axen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ε_C	$91^\circ 32.5'$	1.5088	- 1	} parallel Kanten.
ε_D	$97^\circ 26'$	1.5127	+ 2	
ε_F	$93^\circ 58.5'$	1.5193	- 3	
ε_G'	$95^\circ 24.5'$	1.5255	- 3	
ω_C	$97^\circ 50'$	1.5358	+ 1	} lodret paa Kanten.
ω_D	$98^\circ 38.5'$	1.5391	- 2	
ω_F	$100^\circ 34'$	1.5471	- 2	
ω_G'	$102^\circ 9.5'$	1.5537	- 2	

Middeltal			
ε_C	1.5089	ω_C	1.5357
ε_D	1.5125	ω_D	1.5393
ε_F	1.5196	ω_F	1.5473
ε_G'	1.5258	ω_G'	1.5539.

30. $NiSO_4 + 6H^2O$. **Svovlsur Nikkel.**

Tetragonal $a : c = 1 : 1.9062$. (Mitscherlich).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne ere fuldstændig som de selensure Salte; dog forekommer foruden de hos $ZnSeO_4 + 6H^2O$ angivne Former tillige Pyramiden (023). Hovedpyramidens Polkantvinkel = $96^\circ 57'$. Fortrinlig Gjennemgang parallel Basen. Krystallerne ere noget forkortede efter Hovedaxen, undertiden endog tavleformige. De her benyttede Krystaller ere fremstillede ved at sætte en større Mængde Svovlsyre til en Opløsning af Svovlsurt Nikkel og lade Vædsken fordampe ved almindelig Temperatur.

Vægtfylde = 2.074. (H. Topsøe).

Prismerne ere slebne og belagte med Glasplader.

Pr. Nr. 74.	$p = 50^\circ 53.5'$		Diff.	Parallel Axen. Svingning.
	2α	n		
ε_C	$56^\circ 43.5'$	1.4844	"	} parallel Kanten.
ε_D	$57^\circ 5.5'$	1.4873	"	
ε_F	$57^\circ 50.5'$	1.4930	"	
ω_C	$59^\circ 45.5'$	1.5080	+ 2	} lodret paa Kanten.
ω_D	$60^\circ 9'$	1.5110	+ 1	
ω_F	$60^\circ 59.5'$	1.5175	+ 2	
ω_G'	$61^\circ 43'$	1.5230	+ 2	
Pr. Nr. 75.	$p = 39^\circ 23.5'$		Diff.	Parallel Axen. Svingning.
	2α	n		
ε_F	$42^\circ 3'$	1.4929	- 1	parallel Kanten.
ω_F	$44^\circ 12'$	1.5168	- 5	lodret paa Kanten.

To Prismer, slebne lodret paa Axen, gave følgende Værdier for de Straaler, hvis Svingninger ere parallelle Kanten.

Pr. Nr. 76.	$p = 42^\circ 19.5'$		Diff.	Lodret paa Axen. Svingning.
	$2a$	n		
ω_C	$47^\circ 14.5'$	1.5074	- 4	} parallel Kanten.
ω_D	$47^\circ 33.5'$	1.5108	- 1	
ω_F	$48^\circ 11'$	1.5173	0	
$\omega_{G'}$	$48^\circ 45.5'$	1.5230	+ 2	

Pr. Nr. 77.	$p = 48^\circ 14.5'$		Diff.	Lodret paa Axen. Svingning.
	$2a$	n		
ω_C	$55^\circ 42'$	1.5081	+ 3	} parallel Kanten.
ω_D	$56^\circ 1'$	1.5108	- 1	
ω_F	$56^\circ 48'$	1.5173	0	
$\omega_{G'}$	$57^\circ 23.5'$	1.5223	- 5	

De anomale Brydningsforhold — med Svingningerne lodret paa Kanten — ere ikke anførte ved disse to Prismer, da de ikke ret vel kunde benyttes til Beregning af det extraordinære Brydningsforhold. Begge Prismernes Beliggenhed var nemlig en saadan, at Halveringslinien dannede en Vinkel af $67-68^\circ$ mod Axen — altsaa kun var $22-23^\circ$ fjernet fra den Stilling, i hvilken det anomale Brydningsforhold bliver lig det ordinære.

Middeltal.			
ϵ_C	1.4844	ω_C	1.5078
ϵ_D	1.4873	ω_D	1.5109
ϵ_F	1.4930	ω_F	1.5173
$\epsilon_{G'}$	"	$\omega_{G'}$	1.5228.

31. $BeSO_3 + 4H^2O$. Svovlsur Beryllium.

Tetragonal $a:c = 1:0.9461$. (H. Topsøe).

Optisk Karakter. Negativ.

Krystallerne vare farveløse, klare, ret anselige Kombinationer af en Pyramide paa $93^\circ 10.5'$ og et underordnet Prisme af 2den Orden. Fladerne, der vare i Besiddelse af god Glands, vare næsten stedse hos de større Individuer krummede og aftavlede. Tvillingdannelse iagttoges hyppig: Tvillingaxe Normalen til en Pyramideflade, denne selv Sammenvoxningsflade.

Ingen tydelige Gjennemgange.

Vægtfylde = 1.725. (H. Topsøe).

Prismerne, der ere slebne og belagte paa almindelig Maade, laa dels lodrette paa Axen, dels skjævt paa den, da det ikke var muligt at tildanne Prismers parallele Axen paa Grund af de naturlige Fladers Udvikling. De anvendte Prismers Orientation er her ei heller saa sikker som ved andre Salte, da de store Krystaller, af hvilke Prismerne maatte skjæres, alle have saa stærkt krummede Flader, at det neppe var muligt med nogenlunde Sikkerhed ved at gaa ud fra dem at bestemme de konstige Prismefladers Beliggenhed. Til denne Omstændighed, der i ethvert Tilfælde gjør de ekstraordinære Brydningsforhold upaalidelige, kommer at næsten alle Krystaller vare sammenvoxede og mere eller mindre paavirkede af Tvillingdannelsen, saa at der ogsaa kommer en Del Usikkerhed over Bestemmelsen af de ordinære Brydningsforhold.

Pr. Nr. 78.	$p = 38^{\circ} 22'.$		Diff.	Lodret paa Axen. Svingning.
	$2a$	n		
ν_C	$38^{\circ} 5'$	1.4617	"	} lodret paa Kanten.
ν_D	$38^{\circ} 19.5'$	1.4646	"	
ν_F	$38^{\circ} 49.5'$	1.4704	"	
ω_C	$38^{\circ} 39.5'$	1.4684	— 7	} parallel Kanten.
α_D	$38^{\circ} 55.5'$	1.4723	— 3	
ω_F	$39^{\circ} 25.5'$	1.4773	— 6	
Pr. Nr. 79.	$p = 42^{\circ} 20'.$		Diff.	Lodret paa Axen. Svingning.
	$2a$	n		
ν_C	$42^{\circ} 58'$	1.4638	"	} lodret paa Kanten.
ν_D	$43^{\circ} 14'$	1.4666	"	
ν_F	$43^{\circ} 47.5'$	1.4724	"	
ω_C	$43^{\circ} 27'$	1.4689	— 2	} parallel Kanten.
ω_D	$43^{\circ} 42.5'$	1.4713	— 7	
ω_F	$44^{\circ} 19'$	1.4778	— 1	

Begge Prismers bestode af en Pyramideflade og en Flade sleben i Zonen (001) (111); deres Orientation bestemt ved Pyramideflader.

Pr. Nr. 80.	$p = 65^{\circ} 49'.$		Diff.	Parallel Hovedaxen. Svingning.
	$2a$	n		
ν_C	$78^{\circ} 13'$	1.4595	"	} lodret paa Kanten.
ν_D	$78^{\circ} 44.5'$	1.4621	"	
ν_F	$79^{\circ} 53'$	1.4676	"	

	2α	n	Dif.	Svingning
ω_C	$80^\circ 22'$	1.4700	+ 9	} parallel Kanten.
ω_D	$80^\circ 53'$	1.4725	+ 5	
ω_F	$82^\circ 9'$	1.4785	+ 6	

Dette Prisme var dannet af to Pyramideflader efterleebue og belagte; Prismet var symmetrisk mod (100). Af de anomale Brydningsforhold for de tre Prismer beregnes ϵ efter den almindelige Formel $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\epsilon^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\omega^2}$, hvor Rc har følgende Værdier: I Prisme 79 og 78, der ligge paa samme Maade, er $Rc = 63^\circ 37.5'$ som Middelværdi, medens det tilsvarende Middeltal for ν er $\nu_C = 1.4628$, $\nu_D = 1.4656$ og $\nu_F = 1.4714$. Heraf faaes da $\epsilon_C = 1.4367$, $\epsilon_D = 1.4391$, $\epsilon_F = 1.4450$.

I Prisme 80 er $Rc = 56^\circ 11'$, der giver $\epsilon_C = 1.4381$, $\epsilon_D = 1.4399$, $\epsilon_F = 1.4450$, der svarer ret godt med de af de to andre Prismer beregnede Værdier.

Middeltal.			
ϵ_C	1.4374	ω_C	1.4691
ϵ_D	1.4395	ω_D	1.4720
ϵ_F	1.4450	ω_F	1.4779

Disse Resultater — navnlig for ϵ 's Vedkommende — ere dog som alt ovenfor fremhævet, ikke i Besiddelse af nogen stor Nøiagtighed.

Tillæg til de enaxede Krystaller.

Følgende Salte, hvis Henflyden, Mangel paa Gjennemsigtighed eller mangelfulde Udvikling ikke tillade nogen nærmere optisk Bestemmelse ere — da de høre til en af de ovenfor nærmere undersøgte Rækker isomorfe Stoffer — blevne undersøgte i Polarisationmikroskopet, for dog idetmindste at have deres optiske Karakter fastslaaet.

32. Sn Cl^4 . $\text{Mn Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Tinchlorid-Chlormangan.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5194$. $R = 127^\circ 7'$. (Jørgensen).

Gjennemgange efter Prismet. Optisk Karakter positiv. Svag Dobbeltbrydning.

33. Sn Cl^4 . $\text{Co Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Tinchlorid-Chlorkobolt.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5103$. $R = 127^\circ 50'$. (Jørgensen).

Optisk Karakter positiv. Fortrinlige Gjennemgange efter Prismet.

34. $\text{Sn Cl}^4, \text{Ni Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Tinchlorid-Chlornikkel.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5048$. $R = 128^\circ 17'$. (Jørgensen).

Optisk Karakter positiv. Svag Dobbeltbrydning. Gjennemgangene ikke saa tydelige som ved de andre isomorfe Salte.

35. $\text{Pt Cl}^4, \text{Mn Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinchlorid-Chlormangan.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5310$. $R = 126^\circ 10'$.

Optisk Karakter positiv. Gode Gjennemgange efter Prismet.

36. $\text{Pt Cl}^4, \text{Co Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinchlorid-Chlorkobolt.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5140$. $R = 127^\circ 32'$.

Optisk Karakter positiv. Gode Gjennemgange efter Prismet.

37. $\text{Pt Cl}^4, \text{Ni Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinchlorid-Chlornikkel.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5161$. $R = 127^\circ 22'$.

Optisk Karakter positiv. Fortrinlige Gjennemgange efter Prismet.

38. $\text{Pt Cl}^4, \text{Zn Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinchlorid-Chlorzink.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5173$. $R = 127^\circ 18$.

Optisk Karakter positiv. Fortrinlige Gjennemgange efter Prismet.

39. $\text{Pt Cl}^4, \text{Cd Cl}^2 + 6 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinchlorid-Chloreadmium.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.5235$. $R = 126^\circ 46'$.

Optisk Karakter positiv. Fortrinlige Gjennemgange efter Prismet.

40. $\text{Pt Cl}^4, \text{Mg Cl}^2 + 12 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinchlorid-Chlormagnium.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.7057$. $R = 113^\circ 40'$.

Optisk Karakter positiv.

41. $\text{Pt Cl}^4, \text{Mn Cl}^2 + 12 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinchlorid-Chlormangan.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.7073$. $R = 113^\circ 34'$.

Optisk Karakter positiv.

42. $\text{Pt Br}^2, \text{Mg Br}^2 + 12 \text{H}^2 \text{O}$. **Platinbromid-Brommagnium.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a : c = 1 : 0.6974$. $R = 114^\circ 12'$.

Optisk Karakter positiv.

43. $PtBr^4, ZnBr^2 + 12H^2O$. **Platinbromid-Bromzink.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a:c = 1:0.6989$. $R = 114^\circ 6'$.

Optisk Karakter positiv.

44. $PtBr^4, CoBr^2 + 12H^2O$. **Platinbromid-Bromkobalt.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a:c = 1:0.6953$. $R = 114^\circ 0'$.

Optisk Karakter positiv.

45. $PtBr^4, NiBr^2 + 6H^2O$. **Platinbromid-Bromnikkel.**

Hexagonal-Rhomboëdrisk $a:c = 1:0.5136$. $R = 127^\circ 34'$.

Optisk Karakter positiv. Dobbeltbrydningen meget ringe.

III. Toaxede Krystaller.

46. $Li^2 S^2 O^6 + H^2 O$. **Svovlundersur Lithium.**

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9657 : 0.5779$. (Rammelsberg).

Saltet, som Rammelsberg fornyligt har beskrevet (Pogg. Ann. 128. 320), krystalliserer i farveløse, gjennemsigtige, temmelig anselige Kombinationer af et Prisme (011) ($Rb's p$), hvis stumpe Kant afstumpes af Fladeparret (010) ($Rb's b$) og som for Enderne begrændses af Prismet (110) ($Rb's q$). Krystallerne ere langstrakte efter Prismet (011) og have hyppig Parret (010) godt udviklede.

$$0\bar{1}1 : 011 = 61^\circ 48'; 110 : \bar{1}10 = 88^\circ 0'.$$

Gjennemgang parallel Fladeparret (010).

Vægtfylde = 2.158. Rumfylde = 97.3. (H. Topsøe).

Axeplanet ligger i Længderetningen af Prismet (011), lodret paa Fladen (010), altsaa parallel Axerne $a : b$; Karakteren positiv.

Altsaa Orientationen

$a \quad c \quad b$

Paa Grund af Saltets Henflyden ved almindelig Temperatur ere Bestemmelserne — paa konstigt slebne Prismer — mindre nøjagtige.



Pr. Nr. 81.

$p = 40^\circ 43.5'$.

Prisme parallel Axen a .

		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_a	C	$48^\circ 43'$	1.5459	— 3	} parallel Kanten.
	D	$48^\circ 57'$	1.5484	— 3	
	F	$49^\circ 32'$	1.5545	— 3	
ν_a	C	$49^\circ 58'$	1.5591	"	} lodret paa Kanten.
	D	$50^\circ 17'$	1.5624	"	
	F	$51^\circ 3'$	1.5708	"	

Den ene Prismeflade var sleben parallel (010), den anden i Zonen (011) (010). Heraf faaes dets Orientation: $R : a = 0$, $R : c = 20^\circ 22'$, $R : b = 69^\circ 38'$.

Pr. Nr. 82.		$p = 58^{\circ} 20'$		Diff.	Parallel α Axen.
		2α	n		Svingning.
μ_a	C	$78^{\circ} 58.5'$	1.5465	+ 3	} parallel Kanten.
	D	$79^{\circ} 25'$	1.5491	+ 4	
	F	$80^{\circ} 27'$	1.5552	+ 4	
ν'_a	C	$81^{\circ} 39.5'$	1.5622	"	} lodret paa Kanten.
	D	$82^{\circ} 12.5'$	1.5653	"	
	F	$83^{\circ} 36.5'$	1.5734	"	

Prismet bestod som Nr. 81 af en Flade parallel (010) og en Flade i (011)-Zonen.

Altsaa:

$$R : a = 0 \quad R : c = 29^{\circ} 10' \quad R : b = 60^{\circ} 50'.$$

Pr. Nr. 83.		$p = 35^{\circ} 39'$		Diff.	Parallel Axen c .
		2α	n		Svingning.
ν_c	C	$42^{\circ} 4'$	1.5509	"	} lodret paa Kanten.
	D	$42^{\circ} 15.5'$	1.5534	"	
	F	$42^{\circ} 49'$	1.5602	"	
μ_c	C	$42^{\circ} 31'$	1.5565	"	} parallel Kanten.
	D	$42^{\circ} 48.5'$	1.5600	"	
	F	$43^{\circ} 26'$	1.5680	"	

Prismet bestod af en Flade sleben parallel (110) samt en anden sleben i Zonen (010).(110). Altsaa Orientationen:

$$R : c = 0 \quad R : a = 26^{\circ} 11' \quad R : b = 63^{\circ} 50'.$$

Axevinklen blev maalt i Olie; Axepladerne slebne parallelt (010).

1ste Plade $((AB)) = 84^{\circ} 13'$. Pladens Tykkelse $e = 1.200 \text{ mm}$; ved Kogsaltflammen taltes 24 mørke Ringe mellem Axeøinene.

2den Plade $((AB)) = 84^{\circ} 6'$ $e = 0.800 \text{ mm}$; 16 mørke Ringe mellem Axeøinene.

Af disse Iagttagelser beregnes det 3die ubekjendte Brydningsforhold paa følgende Maade: Af Ringiagttagelser faaes efter Formlen $(\mu_a - \mu_c) e = N \cdot 0.000589$, hvor N er Ringenes Antal, e Pladernes Tykkelse (altsaa $e = 2.000 \text{ mm}$, $N = 40$), $\mu_c - \mu_a = 0.0118$, altsaa idet μ_a er bestemt ved to Iagttagelser, medens c kun haves umiddelbart bestemt ved et Prisme

$$\mu_c = 1.5605 \text{ for } D\text{-Striben.}$$

Denne Bestemmelse passer særdeles godt med den i Prisme 83 fundne 1.5600, saa at det kan antages, at det direkte fundne μ_c er temmelig paalidelig.

Af de to umiddelbart fundne μ_a og μ_c beregnes nu af Prismerne 81 og 82 samt 83 μ_b efter Formlen $\frac{1}{\nu_a^2} = \frac{\cos^2 Rb}{\mu_b^2} + \frac{\sin^2 Rb}{\mu_c^2}$ gjældende for de første Prismer og $\frac{1}{\nu_c^2} = \frac{\cos^2 Rb}{\mu_b^2} + \frac{\sin^2 Rb}{\mu_a^2}$ for det sidste. Middeltallene af disse 3 beregnede Værdier ere

$$\begin{array}{ccc} C & D & F \\ \mu_b = & 1.5763, & 1.5788, & 1.5887. \end{array}$$

Af Axevinklen $((AB))_D = 84^\circ 10'$ beregnes ligeledes ved Hjælp af μ_a og μ_c , μ_b for D -Straalen = 1.5776. Denne Værdi passer ikke godt med den ovenfor beregnede, ligesom de af de anomale Værdier for Prismerne enkeltvis beregnede Størrelser ogsaa vise en temmelig betydelig indbyrdes Uoverensstemmelse. Dette lader sig imidlertid let forklare ved den Omstændighed, at Saltet er temmelig henflydende og at Prismernes Orientation derved ikke kan blive nøiagtig.

Af Middeltallet $((AB))_D = 84^\circ 10'$ faaes

$$(AB)_D = 159^\circ 49' \text{ og } AB_D = 78^\circ 16'.$$

Middeltal.

	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.5462	1.5763	1.5565
<i>D</i>	1.5487	1.5788	1.5602
<i>F</i>	1.5548	1.5887	1.5680

47. $Ag^2 S^2 O^6 + H^2 O$. Svølundersur Sølv.

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9850 : 0.5802$. (Heeren).

Krystallerne ere farveløse, vandklare Kombinationer af Prismet (110), hvis Kanter afstumpes af Fladeparrene (100) og (010). Prismet ender i Pyramiden (111), hvis stumpe Polkanter afstumpes af (011). Meget underordnet træffes Pyramiden 211.

$$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 90^\circ 52' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 61^\circ 6'.$$

Fortrinlige Gjennemgange parallel Prismet (110).

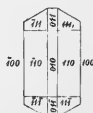
Vægtfylde = 3.605. Rumfylde 114.3. (H. Topsøe).

Axeplanet lodret paa Prismet (110)s Længderetning parallel Axerne ab . Bissectrix parallel Axen a ; Karakteren negativ.

Altsaa den optiske Orientation

$\underline{a} \quad c \quad \underline{b}$

Krystallfladerne vare i Besiddelse af en fortrinlig Glands; de til Bestemmelsen af Brydningsforholdene anvendte Prismer kunde derfor dannes ved Kombination af naturlige Flader.



Pr. Nr. 84, 85.	$p = 45^\circ 26'$.				Parallel Axen c .
	$2a$		n	Diff.	Svingning.
ν_c C	$68^\circ 5'$	$68^\circ 1'$	1.6552	"	} lodret paa Kantene.
F	$69^\circ 55.5'$	$69^\circ 47.5'$	1.6709	"	
μ_c C	$68^\circ 20.5'$	$68^\circ 13'$	1.6571	— 2	} parallel Kantene.
F	$70^\circ 23'$	$70^\circ 9'$	1.6743	— 5	

Begge Prismer bestode af en Flade $\bar{1}10$ og 100 ; deres brydende Kanter vare fuldstændig af samme, og lig den beregnede Vinkel.

Prismernes Orientation var altsaa følgende:

$$R : c = 0 \quad R : b = 22^\circ 43' \quad R : a = 67^\circ 17'.$$

Pr. Nr. 86.	$p = 44^\circ 34'$.				Parallel Axen c .
	$2a$		n	Diff.	Svingning.
ν_c C	$63^\circ 47.5'$	$63^\circ 16'$	1.6321	"	} lodret paa Kantene.
F	$65^\circ 16'$	$65^\circ 16'$	1.6453	"	
μ_c C	$66^\circ 37.5'$	$66^\circ 37'$	1.6576	+ 3	} parallel Kantene.
F	$68^\circ 37'$	$68^\circ 37'$	1.6753	+ 5	

Prismet bestod af en Flade 110 og $0\bar{1}0$. Dets Orientation er altsaa:

$$R : c = 0 \quad R : a = 22^\circ 17' \quad R : b = 67^\circ 43'.$$

Pr. Nr. 87, 88. Parallele Axen a , symmetriske mod \bar{b} .

	$p = 60^\circ 51' \quad p = 60^\circ 54'$.			
	$2a_I$	$2a_{II}$	n_I	n_{II}
μ_a C	$100^\circ 14.5'$	$100^\circ 24.5'$	1.6271	1.6271
F	$103^\circ 6'$	$103^\circ 2'$	1.6409	1.6399
	} parallel Kantene.			
μ_b C	$107^\circ 10'$	$107^\circ 19'$	1.6601	1.6601
F	$110^\circ 56'$	$111^\circ 1'$	1.6775	1.6771
	} lodret paa Kantene.			

Begge Prismerne bestode af to naturlige Prismeflader (011) , $(0\bar{1}\bar{1})$ over Axen \bar{b} . De vare altsaa parallelle Axen a , medens deres Halveringslinier faldt sammen med Axen \bar{b} .

Axevinklen maalt i Olie gennem to naturlige Prismefladepar ved Axen a :

$$\left. \begin{array}{l} \text{1ste Prisme } ((A_1 B_1)) = 23^\circ 27' \\ \text{2det Prisme } ((A_1 B_1)) = 23^\circ 15' \end{array} \right\} \text{Middeltal. } 23^\circ 21'.$$

Af de to anomale Brydningsforhold ν_c i Prismerne 84, 85 og 86 beregnes de to Hovedbrydningsforhold μ_a og μ_b efter den almindelige Formel. Saaledes faaes:

	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>R</i> : <i>c</i>	<i>R</i> : <i>b</i>	<i>R</i> : <i>a</i>	
μ_b	1.6601	1.6764	0	0° 0'	90° 0'	beregnet af ν' erne
ν_c	1.6552	1.6709	0	22° 43'	67° 17'	Pr. 84, 85.
	1.6321	1.6453	0	67° 43'	22° 17'	Pr. 86.
μ_a	1.6275	1.6403	0	90° 0'	0°	beregnet af ν' erne

Disse beregnede Værdier stemme fortrinligt med de direkte iagttagne.

Middeltal.

	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.6272	1.6601	1.6573
<i>F</i>	1.6404	1.6770	1.6748

Af disse Tal beregnes Axevinklen:

$$(AB)_C = 56^\circ 48' \quad [(AB)_F = 47^\circ 59'];$$

$$AB_C = 33^\circ 21' \quad AB_F = 28^\circ 6'$$

som det vil sees, er Dispersionen betydelig og $q > v$.

Af den beregnede Axevinkel beregnes den Vinkel, under hvilken Axerne træde ud gennem det naturlige Prisme (110) ved Axen *a* nemlig: $\mu_b \sin B : (110) = n \sin B_1 : 100$, hvor *n* er Oliens Brydningsforhold, *B* den virkelige optiske Axe, *B*₁ Axens Retning ved Udrædningen af Prismefluden. Heraf faaes den søgte Vinkel

$$((A_1 B_1))_C = 25^\circ 0' \quad ((A_1 B_1))_F = 18^\circ 12',$$

medens den direkte for hvidt Lys iagttagne Vinkel er 23° 21.

48. $K^2 SO^4$. **Svovlsur Kalium.**

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.7464 : 0.5727$. (Mitscherlich).

Krystallerne ere dels langstrakte efter *b* Axen, dels efter Hovedaxen. De sidste ere tillige hyppig tavleformige efter (100). De almindeligste Former ere Prismerne (110) og (210), Doma'et 101 samt Pinakoidfladerne (100) og (010). Pyramiden (111) forekommer stedse, (121) undertiden.

$$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 106^\circ 32' \quad 101 : 10\bar{1} = 120^\circ 24'.$$

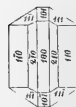
Gjennemgange findes parallelt (100) og (010), dog ere de ei meget fremtrædende. Tvillingdannelsen er meget hyppig, dels knæformige efter Prismet (110), dels arragonitagtige Tvillinger grupperede om *b* Axen og dannende sexsidede Prismer, der neppe ere til at skjelne fra de enkelte, ofte hexagonalt udviklede Individuer.

Vægtfylde = 2.648. Rumfylde = 65.8.

Axeplanet parallelt Axerne a b , Bissectrix parallel Axen b . Karakteren positiv, altsaa den optiske Orientation

$$\alpha \zeta \beta$$

Prismerne ere med Undtagelse af Pr. 93 òg 92 slebne og belagte paa almindelig Maade.



Pr. Nr. 89.		$p = 61^\circ 34'$.		Parallel Axen c .
		2α	n	Diff. Svingning.
μ_c	C	$76^\circ 6.5'$	1.4926	- 2
	D	$76^\circ 27'$	1.4946	0
	F	$77^\circ 17'$	1.4991	- 1

} parallel Kanten.

Prismet havde en med Hensyn til Axerne α og β ubekendt Beliggenhed.

Pr. Nr. 90.		$p = 63^\circ 50'$.		Parallel Axen c , symmetrisk mod b .
		2α	n	Diff. Svingning.
μ_c	C	$80^\circ 43'$	1.4924	- 4
	D	$81^\circ 6.5'$	1.4944	- 2
	F	$82^\circ 0.5'$	1.4989	- 3
μ_b	C	$81^\circ 14'$	1.4951	- 8
	D	$81^\circ 41.5'$	1.4974	- 6
	F	$82^\circ 37'$	1.5020	- 9

} parallel Kanten.
} lodret paa Kanten.

Pr. Nr. 91.		$p = 34^\circ 25'$.		Parallel Axen c .
		2α	n	Diff. Svingning.
μ_c	C	$36^\circ 1.5'$	1.4933	+ 5
	D	$36^\circ 9'$	1.4948	+ 2
	F	$36^\circ 31'$	1.4997	+ 5
	G'	$36^\circ 50'$	1.5038	"

} parallel Axen.

Pr. Nr. 92.		$p = 60^\circ 22'.5$		Parallel Axen b .
		2α	n	Diff. Svingning.
μ_b	C	$74^\circ 22.5'$	1.4960	+ 1
	D	$74^\circ 48'$	1.4984	+ 4
	F	$75^\circ 37.5'$	1.5032	+ 3

} parallel Kanten.

Pr. Nr. 93.		$p = 60^{\circ} 11'$.			Parallel Axen b .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_b	C	$74^{\circ} 5'$	1.4965	+ 6	} parallel Kanten.
	D	"	"	"	
	F	$75^{\circ} 13'$	1.5029	0	

Prismerne Nr. 92 og 93 bestode af naturlige Flader i Zonen (100) $\bar{1}01$.

Pr. Nr. 94.		$p = 64^{\circ} 7'$.			Parallel Axen b .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_b	C	$82^{\circ} 2'$	1.4960	+ 1	} parallel Kanten.
	D	$82^{\circ} 27'$	1.4981	+ 1	
	F	$83^{\circ} 25.5'$	1.5030	+ 1	

Axevinklen maalt i Olie; Axepalderne slebne dels paralel Fladeparret (100), altsaa lodret paa den stumpe Bissectrix, dels parallel (010), altsaa lodret paa den spidse Bissectrix.

1ste Plade $((A'B)) = 115^{\circ} 40'$ $e = 0.750$ $N = 3.5$ for Kogsaltlys.

2den Plade $((A'B)) = 115^{\circ} 35'$ $e = 1.025$ $N = 4.75$.

3die Plade $((AB))_D = 68^{\circ} 10'$ $e = 1.295$ (± 0) $N = 2.75$.

Af $((A'B)) = 115^{\circ} 37'$ faaes $AB = 67^{\circ} 28'$, medens $((AB))_D = 68^{\circ} 10'$ giver $AB_D = 66^{\circ} 40'$ og $(AB)_D = 110^{\circ} 49'$.

Da vi ikke have nogen Anledning til paa Grund af Pladernes Slibning at foretrække nogen enkelt af disse Maalinger, der ingenlunde stemme indbyrdes*), tage vi til Beregningen

$$\begin{array}{c} \text{Middeltallet} \\ AB = 67^{\circ} 4' \text{ og } (AB) = 111^{\circ} 19'. \end{array}$$

Af Ringiagttagelserne om den stumpe Bissectrix faaes, da Axerne b og c falde i Pladernes Plan, ($e = 17.75$ $N' = 8.25$): $(\mu_b - \mu_c)_D = 0.00274$ eller ved $\beta_D = 1.4980$.

$$\mu_c = 1.4953 \text{ for } D.$$

Af Ringiagttagelserne om den spidse Bissectrix faaes, da a og b falde i Pladens Plan, $\mu_c - \mu_a = 0.00125$ eller ved at benytte den fundne $\mu_c = 1.4946$

$$\mu_a = 1.4933 \text{ for } D.$$

*) Denne Mangel paa Overensstemmelse mellem de to forskjellige Maalinger staar forresten i Samklang med Descloizeaux's tidligere Angivelser, efter hvilke Axevinklen for dette Stof varierer mellem $(AB) = 107^{\circ} - 109^{\circ}$, hvortil han i den sidste Tid har foiet en Vinkel paa $110^{\circ} 20'$. En Feil i Slibningen af de to Plader om den stumpe Bissectrix skulde ogsaa naermost bevirke, at den spidse Vinkel beregnet af den iagttagne stumpe blev for lille, medens det omvendte in casu er Tilfaeldet.

Af Axevinklen $AB = 67^\circ 4'$ i Forbindelse med de direkte fundne μ_c og μ_b beregnes følgende Værdier for μ_a , af hvilke Værdien for D -Straalen falder sammen med den ovenfor af μ_c og Ringiagttagelserne beregnede:

	C	D	F
$\mu_a =$	1.4911	1.4932	1.4976.

Denne Methode til Beregningen af μ_a , der i Almindelighed kun kan benyttes for D -Straalen, er i det foreliggende Tilfælde berettiget, da Axevinklen for de forskellige Farver kun viser indbyrdes Aftagelse i Minuter (Descloizeaux fandt Forskjellen mellem $(AB)_c$ og $(AB)_{\beta\lambda} = 0^\circ 11'$.

	Middeltal.		
	μ_a	μ_b	μ_c
C	1.4911	1.4959	1.4928
D	1.4932	1.4980	1.4946
F	1.4976	1.5029	1.4992

Tidligere Undersøgelser: Sénarmont (Ann. chim. (3) XXXIII) fandt $\beta = 1.494$ $AB = 66^\circ 54'$; Descloizeaux fandt for gult Lys: $\alpha = 1.4970$ $\beta = 1.4935$ $\gamma = 1.4920$; heraf $AB = 66^\circ 30'$ og $(\Delta B) = 109^\circ 57'$. Direkte fandt han $(AB) = 107^\circ - 108^\circ$ samt undertiden 109° og $\rho > v$. (Ann. min. (5) XIV. 359). Senere (Mém. des. sav. étrangers XVIII. 608) $(AB)_c = 110^\circ 15'$ $(AB)_{\beta\lambda} = 110^\circ 26'$.

49. $K^2 Se O^4$. Selensurt Kalium.

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.7296 : 0.5724$. (Mitscherlich).

Krystallerne ere forlængede dels efter b -Aksen, dels efter Hovedaxen. De første have fuldstændig Udseende som en Kombination af det hexagonale Prisme med en hexagonal Pyramide, ligesom Vinklerne nærme sig meget til den hexagonale Symmetri. De efter Hovedaxen langstrakte Krystaller ere tillige tavleformige ved Udvikling af Fladeparret 100. De almindelige Former ere Prismerne (110). (210). (101) samt Fladeparrene (100) og (010). Af Pyramider forekommer (111) hyppigt og (121) undertiden.

$$2\bar{1}0 : 210 = 68^\circ 12' \quad 101 : \bar{1}01 = 59^\circ 35'$$

Gjennemgange findes efter 100 og 010, dog ikke stærkt fremtrædende. Tvillingdannelse iagttages hyppigt; dels de almindelige knæformige, som træffes hos det svovlsure Salt, Tvillingflade (101), dels forekommer overordentlig hyppigt arragonitagtige Trillinger, der navnlig viser sig ved de Krystaller, der have den hexagonale Habitus. Denne Tvillingdannelse der aldeles ikke kan sees paa selve Krystallen, som ligner et fuldstændigt udviklet

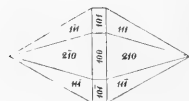
Individ, vanskeliggjør i høi Grad en noiaigt Bestemmelse af Brydningsforholdene. I Polarisationsmikroskopet sees Tvillingdannelsen særdeles smukt paa Plader slebne lodret paa b -Aksen (σ : lodret paa det tilsyneladende hexagonale Prisme), idet de enkelte Individuers Polarisationsplaner (og Axepalaner) danne Vinkler med hinanden. Derved vise de enkelte forskjelligt orienterede Individuer sig som lysere og mørke Segmenter, hvis Sammensætningsflader vise smukke Interferensfarver.

Vægtfylde = 3.052. Rumfylde = 72.6.

Axeplanet parallel Krystallerne ab , (lodret paa 100 og 210). Den spidse Bissectrix parallel Axen b . Karakteren positiv.

Altsaa den optiske Orientation:

$a \quad \xi \quad b$



Pr. Nr. 95.	$p = 67^\circ 45'$			Parallel Axen b .	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.	
ν_b	C	$100^\circ 9.5'$	1.5365	"	} lodret paa Kanten.
	D	$100^\circ 52'$	1.5393	"	
	F	$102^\circ 42'$	1.5466	"	
μ_b	C	$101^\circ 49'$	1.5431	+ 9	} parallel Kanten.
	D	$102^\circ 32'$	1.5460	+ 10	
	F	$104^\circ 25'$	1.5534	+ 11	

Prismet bestod af en Flade parallel 101, samt en Flade sleben ind i Vinklen (101) ($\bar{1}01$) ved Axen c . Prismet Orientation er altsaa følgende:

$$R:b = 0 \quad R:c = 26^\circ 20' \quad R:a = 63^\circ 40'$$

Pr. Nr. 96.	$p = 42^\circ 45'$			Parallel Axen b .	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.	
ν_b	C	$50^\circ 18'$	1.5323	"	} lodret paa Kanten.
	D	$50^\circ 35.5'$	1.5353	"	
	F	$51^\circ 15.5'$	1.5419	"	
μ_b	C	$51^\circ 12'$	1.5412	- 10	} parallel Kanten
	D	$51^\circ 30.5'$	1.5442	- 8	
	F	$52^\circ 12.5'$	1.5511	- 12	

Prismet bestod af en Flade sleben ind i Vinklen (101). ($10\bar{1}$) ved Axen a . Dets Orientation er da:

$$R:b = 0 \quad R:a = 8^\circ 25' \quad R:c = 81^\circ 35'$$

Pr. Nr. 97.		$p = 69^\circ 29'$		Parallel Axen \bar{b} .
		$2a$	n	Diff. Svingning.
ν_b	D	$105^\circ 53'$	1.5379	lodret paa Kantene.
μ_b	D	$107^\circ 49'$	1.5449	— 1 parallel Kantene.

Prismet, i hvilket de røde og grønne Linier vare utydelige, var sleben ind i en Krystal saaledes, at den ene Flade skar Axen c under en Vinkel $7^\circ 33'$, den anden under Vinklen $77^\circ 2'$ (slebet ind i Prismet (101) i dets ved Axen c beliggende Kant). Dets Orientation er saaledes:

$$R:b = 0 \quad R:c = 42^\circ 17.5' \quad R:a = 47^\circ 42.5'$$

Pr. Nr. 98.		$p = 65^\circ 20'$		Parallel \bar{b} -Axen.
		$2a$	n	Diff. Svingning.
ν_b	C	$92^\circ 21'$	1.5354	} lodret paa Axen.
	D	$92^\circ 59'$	1.5384	
	F	$94^\circ 34.5'$	1.5455	
μ_b	C	$93^\circ 57'$	1.5423	} parallel Axen.
	D	$94^\circ 28.5'$	1.5451	
	F	$96^\circ 5'$	1.5523	

Prismet bestod af en parallel 100 sleben Flade og en anden sleben ind i Prismet (101) ved Axen c . Orientationen er følgende;

$$R:b = 0 \quad R:c = 32^\circ 30' \quad R:a = 57^\circ 30'$$

Axevinklen blev maalt i Olie; Axepalderne vare slebne parallelt Fladeparret 100, altsaa lodrette paa den stumpe Bissectrix; Karakteren Negativ.

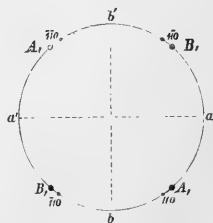
1ste Plade $((A'B))_D = 110^\circ 47' \quad e = 1.095^{\text{mm}} (\pm 0.002) \quad N = 10.5$ ved D-lys.

2den Plade (ikke fuldstændig lodret paa Bissectrix) $((A'B))_D = 111^\circ 5' \quad c = 0.485^{\text{mm}} (\pm 0.010) \quad N = 4.5$ ved D-lys.

I et naturligt Prisme (110) iagttoges Axernes Udtræden gennem Prismefladerne ved Axen \bar{b} nemlig: $((A_1B_1))_D = 77^\circ 1'$. Heraf beregnes den virkelige Axevinkel paa følgende Maade: $n \sin [\frac{1}{2} A_1B_1 - (\bar{b}:110)] = \mu_b \sin [\frac{1}{2} AB - (\bar{b}:110)]$, hvor n er Oliens Brydningsforhold, A_1B_1 den iagttagne Vinkel, $\bar{b}:110 = 36^\circ 44'$.

Heraf faaes $AB_D = 76^\circ 50'$.

Af de anomale Brydningsforhold ν_b i Forbindelse med Middeltallet af de direkte fundne μ_b , faaes ved Benyttelsen af de mindste Kvadraters Methode gfter



den almindelige Formel Værdier for de to andre Brydningsforhold μ_a og μ_c . Disse forholde sig til de anomale som angivet i nedenstaaende Tabel:

	<i>O</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>R</i> : <i>b</i>	<i>R</i> : <i>c</i>	<i>R</i> : <i>a</i>	
μ_b	1.5373	1.5402	1.5475	0	0° 0'	90° 0'	beregnet
ν_b	1.5365	1.5393	1.5460	0	26° 20'	63° 40'	Pr. 95.
	1.5354	1.5384	1.5455	0	32° 30'	57° 30'	Pr. 98.
	•	1.5379	•	0	42° 17.5'	47° 42.5'	Pr. 97.
	1.5323	1.5353	1.5419	0	81° 35'	8° 25'	Pr. 96.
μ_a	1.5323	1.5353	1.5419	0	90° 0'	0'	beregnet.

Paa den anden Side kunne de to ubekjendte μ_a , μ_c faaes ved Hjælp af Pladeiagttagelserne. Saaledes giver Ringantallet ($\mu_b - \mu_c$), idet Pladerne ligge i Planet *bc*, og heraf faaes da ved at gaa ud fra den umiddelbart fundne μ_b en ny Værdi for μ_c for Straalen *D*. Saaledes faaes, idet *N* og *e* tages som Middeltal af begge Plader (*N* = 15, *e* = 1.580^{mm}) $\mu_b - \mu_c = 0.0056$ og

$$\mu_c = 1.5394 \text{ for } D.$$

Af Axevinklen kan man ved Hjælp af den nu bekjendte μ_c i Forbindelse med μ_b faa en Korrektionsværdi for μ_a

$$\mu_a = 1.5360 \text{ for } D.$$

Disse Værdier stemme særdeles godt med de ovenfor af ν_b 'erne beregnede.

Middeltal.

	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.5323	1.5422	1.5373
<i>D</i>	1.5353	1.5450	1.5402
<i>F</i>	1.5417	1.5523	1.5475

Af Middeltallet for Axevinklen af Plade *I* og Prismet faaes

$$(AB)_D = 145^\circ 52'$$

$$AB_D = 76^\circ 40'$$

5. K^2CrO^4 . Chromsurt Kalium.

Rhombisk $a:b:c = 1:0.7297:0.5695$. (Mitscherlich).

Krystallerne ere fuldstændig som det svovlsure Kali, hyppigst forlængede efter Hovedaxen. De almindelige Former ere (110), (101), (111), (210).

$$110:\bar{1}10 = 72^\circ 14' \quad 101:\bar{1}01 = 59^\circ 19'$$

Vægtfylde = 2.687. Rumfylde 72.27. (Middeltal af flere Iagttageres Bestemmelser).

Axeplanet er lodret paa Prismet (110); Bissectrix falder sammen med Axen a . Karakteren negativ.

Altsaa den optiske Orientation

$a \quad c \quad b$



Krystallerne ere kun som ganske smaa Exemplarer nogenlunde gjennemtsigtige. Bestemmelserne vare derfor forbundne med en Del Vanskeligheder, da de Krystaller, af hvilke Prismerne maatte slibes, kun vare mellem 1 og 2^{mm} i Tvermaal, medens de naturlige Flader overalt vare saa stribede, at der ikke kunde være Tale om at benytte dem som Prismeflader. De slebne Prismere give kun et Brydningsforhold — da deres Orientation ikke lod sig bestemme med nogensomhelst Noaigtighed — og selv dette er neppe sikkert, idetmindste at domme efter de store Afgigelser mellem Bestemmelserne.

Pr. Nr. 99–100.	$p = 41^\circ 29'$	$p = 43^\circ 21'$	Parallele Axen c .	
	$2a_I$	$2a_{II}$	n_I	n_{II}
$\mu_c \quad C$	$66^\circ 6'$	$70^\circ 33.5'$	1.7098	1.7155
D	$67^\circ 28'$	$72^\circ 7'$	1.7231	1.7296
F	$72^\circ 20'$		1.7703	

Pr. Nr. 101, 102, 103.	$p = 39^\circ 48.5'$	$44^\circ 10'$	$43^\circ 6'$	Parallele Axen c .		
	$2a_I$	$2a_{II}$	$2a_{III}$	n_I	n_{II}	n_{III}
$\mu_c \quad C$	$62^\circ 52.5'$	$69^\circ 40'$	$72^\circ 19.5'$	1.7106	1.7121	1.7153
D	$64^\circ 9'$	"	"	1.7236	"	"

Middeltal.

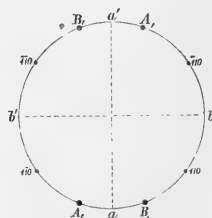
	C	D	F
μ_c	1.7131	1.7254	1.7703.

Axevinklen blev bestemt ved Maaling gennem det naturlige Prisme (110) i Olie. Prismets Kant: $110 : \bar{1}10 = 72^\circ 40'$; Axerne ud om a -Axen.

$$\left. \begin{array}{l} 1 \quad ((A_1 B_1)) = 40^\circ 51' \\ 2 \quad ((A' B_1)) = 40^\circ 45' \end{array} \right\} \text{Middeltal } 40^\circ 48'.$$

Axedispersionen overordentlig stærk; $q > v$.

Da Axerne sees gennem Prismefladerne $110 \bar{1}10$ og $\bar{1}10 : \bar{1}10$, beregnes den virkelige Axevinkel paa følgende Maade; $110 : a = 53^\circ 40'$ $A_1 : a = 20^\circ 24'$, altsaa Indfaldsvinklen $i = 33^\circ 16'$; n Oliens Brydnings-



forhold, μ_c det chromsure Kalis Middelbrydningsforhold: $n \sin i = \mu_c \sin(53^\circ 40' - \frac{1}{2} AB)$.
 Heraf faaes

$$AB = 51^\circ 40' \text{ og} \\ (AB) = 97^\circ 30'.$$

Tidligere Undersøgelser over dette Salt have givet følgende Resultater:

Sénarmont (Ann. chim. (3) XXXIII.) gav dets Orientation og bestemte $\beta = 1.722$,
 $AB = 49^\circ 32'$, $(AB) = 92^\circ 20'$.

Grailich og v. Lang fandt $(AB) = 92^\circ 0'$ $\rho > v$. (Sitzungsber. XXVII. 22).

Descloizeaux (Ann. min. (5) XIV. 380) fandt $(AB)_\rho = c 105^\circ 0'$ $(AB)_r = 94^\circ 40'$.

Med denne sidste Bestemmelse passe vore Resultater særdeles godt.

51. $Be Se O^4 + 4 H^2 O$. Selensur Beryllium.

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9602 : 0.9027$. (H. Topsøe).

Krystallerne ere regelmæssigt udviklede Kombinationer af to næsten retvinklede Prismer (011) og (101). De ere gjennemsigtige og Fladerne i Besiddelse af en stærk Glæds. Fladerne (101) som oftest krumme. Tvillingdannelsen hyppig; korsformige Gjennemvoxningstvingler om Hovedaxen. Ingen tydelige Gjennemgange. Krystallerne langstrakte efter Prismet (011).

$$011 : 01\bar{1} = 93^\circ 32' \quad 101 : 10\bar{1} = 95^\circ 51'$$

Vægtfylde = 2.029; Rumfylde = 110.6. (H. Topsøe).

Axeplanet parallel Prismet (011)'s Længderetning, Bissectrix Axen c.

Karakteren negativ. Altsaa den optiske Orientation

$$c \quad b \quad a$$



Prismerne til Bestemmelsen af Brydningsforholdene ere slebne og belagte paa almindelig Maade; da næsten alle de større Krystaller ere dannede ved parallel Sammenvoxning af flere Individuer, kommer der nogen Usikkerhed over Resultaterne, paa hvilken der imidlertid er bødet ved at forøge Antallet af undersøgte Prismer.

Pr. Nr. 104.	$p = 44^\circ 19'$		Diff.	Parallel Axen a.
	$2a$	n		Svingning.
ν_a C	$48^\circ 19.5'$	1.4919	"	} lodret paa Kanten.
D	$48^\circ 39'$	1.4949	"	
F	$49^\circ 28'$	1.5029	"	
μ_a C	$49^\circ 1.5'$	1.4986	- 6	} parallel Kanten.
D	$49^\circ 25.5'$	1.5024	- 3	
F	$50^\circ 12.5'$	1.5097	- 4	

Prismet bestod af en Flade parallel 011 og en Flade slebet ind i Kanten ved b (Kanten 011.01 $\bar{1}$). Dets Orientation er altsaa:

$$R : a = 0 \quad R : b = 21^\circ 35' \quad R : c = 58^\circ 56.5'$$

Pr. Nr. 105.	$p = 42^\circ 35'$			Parallel Axen a .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_a C	46° 9.5'	1.4932	"	} lodret paa Kanten.
D	46° 27.5'	1.4962	"	
F	47° 11.5'	1.5036	"	
μ_a C	46° 48'	1.4996	+ 4	} parallel Kanten.
D	47° 9.5'	1.5032	+ 5	
F	47° 54.5'	1.5106	+ 5	

Dette Prismes Beliggenhed var som det forrige, altsaa:

$$R : a = 0 \quad R : b = 21^\circ 55.5' \quad R : c = 58^\circ 4.5'$$

Pr. Nr. 106.	$p = 42^\circ 0'$			Parallel Axen a .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_a C	45° 21.5'	1.4928	"	} lodret paa Kanten.
D	45° 39.5'	1.4959	"	
F	46° 24.5'	1.5034	"	
μ_a C	46° 1.5'	1.4997	+ 5	} parallel Kanten.
D	46° 22.5'	1.5031	+ 4	
F	47° 4'	1.5104	+ 3	

Den ene Prismeflade en Flade (011), den anden sleben ned i Kanten (011).(01 $\bar{1}$).

Altsaa:

$$R : a = 0 \quad R : b = 22^\circ 13' \quad R : c = 57^\circ 47'$$

Pr. Nr. 107.	$p = 61^\circ 30'$			Parallel Axen a .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_a C	71° 3'	1.4651	"	} lodret paa Kanten.
D	71° 32'	1.4678	"	
F	72° 41'	1.4743	"	
μ_a C	76° 57.5'	1.4981	- 11	} parallel Kanten.
D	77° 33.5'	1.5013	- 14	
F	78° 55'	1.5087	- 14	

Prismet bestod af en Flade (011) og en Flade sleben ind i Kanten (011).($\bar{0}\bar{1}\bar{1}$) ved *c*. Dets Orientation altsaa:

$$R : a = 0 \quad R : c = 16^\circ 2' \quad R : b = 73^\circ 58'.$$

Pr. Nr. 108.		$p = 38^\circ 25'.$			Parallel Axen <i>a</i> .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_a	<i>C</i>	$38^\circ 59.5'$	1.4716	°	} lodret paa Kanten.
	<i>D</i>	$39^\circ 16.5'$	1.4748	°	
	<i>F</i>	$39^\circ 48.5'$	1.4809	°	
μ_a	<i>C</i>	$41^\circ 28.5'$	1.5002	+ 10	} parallel Kanten.
	<i>D</i>	$41^\circ 45.5'$	1.5036	+ 9	
	<i>F</i>	$42^\circ 26.5'$	1.5113	+ 12	

Prismet bestod af en Flade (011) og en Flade sleben ind i Vinklen ved *c*, altsaa:

$$R : a = 0 \quad R : c = 27^\circ 34.5' \quad R : b = 62^\circ 25.5'.$$

Pr. Nr. 109.		$p = 42^\circ 29.5'.$			Parallel Axen <i>b</i> .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_b	<i>C</i>	$46^\circ 30'$	1.4978	+ 5	} parallel Kanten.
	<i>D</i>	$46^\circ 49.5'$	1.5011	+ 6	
	<i>F</i>	$47^\circ 35.5'$	1.5089	+ 5	
Pr. Nr. 110.		$p = 41^\circ 5'.$			Parallel Axen <i>b</i> .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_b	<i>C</i>	$44^\circ 32'$	1.4965	— 8	} parallel Kanten.
	<i>D</i>	$44^\circ 52'$	1.5000	— 7	
	<i>F</i>	$45^\circ 33'$	1.5079	— 5	

Begge disse Prismer vare slebne parallel Prismet (101)'s Længderetning; deres Orientation kunde imidlertid ikke med Sikkerhed bestemmes, saa at de anomale Brydningsforhold ikke komme til Anvendelse.

Axevinklen bestemt i Luft; Axepladerne slebne lodret paa Axen *c*.

$$1\text{ste } (\Delta B) = 40^\circ 44'.$$

$$2\text{den } (\Delta B) = 40^\circ 41.5'.$$

Af de anomale Brydningsforhold ν_a beregnes efter de mindste Kvadraters Methode Brydningsforholdene μ_b og μ_c , idet Værdierne ν_a for Pr. 105—107 tages under Et paa Grund af Prismernes fuldstændig analoge Beliggenhed ($R : b = 21^\circ 3.5' - 22^\circ 13'$). Paa denne Maade haves følgende Overgange for de beregnede μ_b og μ_c :

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>R: a</i>	<i>R: b</i>	<i>R: c</i>	
μ_b	1.4977	1.5009	1.5085	0°	0°	90°	beregnet
ν_a	1.4926	1.4957	1.5033	0°	21° 44'	68° 16'	Pr. 104—106
	1.4716	1.4748	1.4809	0°	62° 25.5'	27° 34.5'	Pr. 108
	1.4651	1.4678	1.4743	0°	73° 58'	16° 2'	Pr. 107
μ_c	1.4635	1.4663	1.4725	0°	90° 0'	0°	beregnet.

Ved at beregne det ubekjendte 3die Brydningsforhold μ_c af de iagttagne μ_b i Forbindelse med de tre ν_a faaes (efter den almindelige Formel) som Middell af de tre Rækker

$$\mu_c = 1.4643 \quad 1.4665 \quad 1.4726,$$

der stemme fortrinligt med de ovenfor kun af ν_a 'erne beregnede Værdier.

Af de fundne μ_a og μ_b (nemlig for *D* 1.5027 og 1.5007) i Forbindelse med Akevinklen beregnes endelig $\mu_c = 1.4556$ for *D*-Straalen.

Af Ringiagttagelser paa en Plade ($e = 0.820^{\text{mm}}$ $N = 2.75$) faaes, da Axepladen er parallel Planet ab , $\mu_a - \mu_b = 0.0020$; altsaa

$$\mu_b = 1.5007$$

der falder fuldstændig sammen med den af ν_a 'erne beregnede Værdi for *D*-Straalen.

Efter disse Resultater maa Middeltallene for Brydningsforholdene ansees for noigtige.

Middeltal.

	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.4992	1.4973	1.4637
<i>D</i>	1.5027	1.5007	1.4664
<i>F</i>	1.5101	1.5084	1.4725

Akevinklen ($\angle B$) = 40° 43' giver $\angle A = 26° 48'$.

52. *Mg. Cr O⁴ + 7 H² O. Chromsur Magnium.*

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9901 : 0.5735$. (Murmman).

Krystallerne, der ere fuldstændig isomorfe med det svovlsure Magnesia, ere Kombinationer af et næsten retvinklet Prisme (110) og Fladeparret (100), begrændsede for Enden af en Pyramide, der imidlertid næsten stedse er tilstede som Tetraæder \times (111). Krystallerne, der ere lysegule, ere langstrakte efter Prismet (110). Fladerne ere gjennemædte og uden Glands. Fortrinlig Gjennemgang efter 100.

Vægtfylde = 1.695. Rumfylde = 157. (Middell af Kopps og Boedeckers Bestemmelser).

Axeplanet lodret paa Prismet (110)'s Længderetning og paa (100).



Bissectrix parallel Axen a : Karakteren negativ; altsaa den optiske Orientation

$$\underline{a} \quad c \quad \underline{b}$$

Prismerne, der ere benyttede til de nedenforstaaende Bestemmelser, vare slebne og belagte paa almindelig Maade. Paa Grund af Stoffets mindre heldige Beskaffenhed maa Resultaterne imidlertid ansees for rent aproximative.

Pr. Nr. 111—112.	$p = 40^\circ 50'$		$p = 39^\circ 41'$		Parallel Axen c .
	$2a_I$	$2a_{II}$	n	Diff.	Svingning.
ν_c C	$46^\circ 11'$	$45^\circ 24'$	1.5215	"	} lodret paa Kantene.
D	$46^\circ 53'$	$46^\circ 4.5'$	1.5289	"	
μ_c C	$48^\circ 4'$	$47^\circ 14'$	1.5415	0	} parallel Kantene.
D	$48^\circ 50.5'$	$48^\circ 2.5'$	1.5500	"	

Prismerne bestode af en Prismeflade (110) og en Flade sleben omtrent lodret paa Gjennemgangen. Deres Orientation — som Middeltal af begge — er:

$$R : c = 0 \quad R : a = 24^\circ 35' \quad R : b = 65^\circ 25'.$$

Pr. Nr. 113.	$p = 36^\circ 22'$		Parallel Hovedaxen.
	$2a$	n	Diff. Svingning.
μ_c C	$42^\circ 17.5'$	1.5415	0 parallel Axen.
ν_o C	$43^\circ 11.5$	1.5525	" lodret paa Kantene.

Prismet bestod af en Flade 110 og en Flade omtrent parallel Gjennemgangen; altsaa:

$$R : c = 0 \quad R : b = 27^\circ 6' \quad R : a = 62^\circ 54'.$$

Axevinklen maalt i Olie: Axepaladerne parallelle Gjennemgangen

$$\left. \begin{array}{l} \text{1ste Plade } ((AB)) = 80^\circ 24' \\ \text{2den Plade } ((AB)) = 80^\circ 30' \end{array} \right\} \text{Middeltal } 80^\circ 27'.$$

Hyperblerne vare grønne indvendig, altsaa $q < v$; Dispersionen stærk. Af ν_c for C-Straalen, beregnes efter Formel $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\mu_a^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\mu_b^2}$, hvor ν_c henholdsvis er 1.5215 og 1.5525 Værdier μ_a og μ_b for C, der ere beliggende paa følgende Maade til ν 'erne:

	C	R : c	R : b	R : a	
μ_b	1.5633	0	0°	90° 0'	beregnet
ν_c	1.5525	0	27° 6'	62° 54'	Pr. 113
	1.5215	0	65° 25'	24° 34'	Pr. 111, 112
μ_a	1.5131	0	90° 0'	0°	beregnet.

Af Axevinklen i Forbindelse med μ_c og ν_c (Pr. 111.112) kan paa den anden Side beregnes Værdier for μ_a og μ_b for *D*-Straalen, nemlig

$$\mu_a = 1.5211 \quad \mu_b = 1.5680$$

for *D*, saaledes at de samlede Brydningsforhold blive:

	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.5131	1.5633	1.5415
<i>D</i>	1.5211	1.5680	1.5500

der dog selvfølgelig kun ere rent approximative.

$$\text{Af } (\angle AB) = 80^\circ 27' \text{ faaes}$$

$$(\angle AB) = 143^\circ 6' \text{ og } \angle AB = 75^\circ 28'.$$

Grailich og v. Lang fandt $(\angle AB) = c 70^\circ$ og $\varrho < \nu$ (Sitzungsber. XXVII. 25).

53. $MgSO^4 + 7H^2O$. Svoilsur Magnium.

Rhombisc $a : b : c = 1 : 1.9901 : 0.5709$. (Brooke).

Krystallerne vare vandklare, regelmæssige, næsten retvinklede Prismer (110), hvis spidse Kant afstumpes af Fladeparret (100). Prismet ender i en Pyramide (111), der hyppig kun er tilstede som Tetraæder. Pyramidens stumpe Polkant afstumpes af (011).

$$110 : \bar{1}10 = 89^\circ 26' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 56^\circ 56'.$$

Fortrinlig Gjennemgang parallel (100).

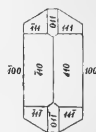
Vægtfylde = 1.694. Rumfylde = 145.2. (Middeltal af forskjellige Iagttagelser).

Axeplanet lodret paa (100) og parallel Basen; spidse Bissectrix parallel med Axen *a*; Karakteren negativ. Altsaa optisk Orientation

$$a \quad c \quad b$$

Prismerne ere slebne og belagte som almindelig.

Pr. Nr. 114.		$p = 56^\circ 36'$	Diff.	Parallel Axen <i>c</i> . Svingning.
ν_c	<i>C</i>	$57^\circ 50'$	1.4320	} parallel Kanten.
	<i>D</i>	$58^\circ 9'$	1.4340	
	<i>F</i>	$58^\circ 50'$	1.4388	
μ_c	<i>C</i>	$60^\circ 54'$	1.4536	} lodret paa Kanten.
	<i>D</i>	$61^\circ 16'$	1.4551	
	<i>F</i>	$62^\circ 3'$	1.4604	



Prismet bestod af en Flade parallel 110 samt en Flade sleben ind i det naturlige Prismes Kant 110:110. Dets Orientation altsaa:

$$R:c = 0 \quad R:a = 16^\circ 25' \quad R:b = 73^\circ 35'.$$

Pr. Nr. 115.	$p = 60^\circ 33.5'$		Diff.	Parallel Axen c .
	$2a$	n		Svingning.
μ_c C	$67^\circ 20'$	1.4530	0	} parallel Kanten.
D	$67^\circ 44'$	1.4554	0	
F	$69^\circ 28.5'$	1.4609	+ 2	
ν_c C	$67^\circ 57'$	1.4566	"	} lodret paa Kanten.
D	$68^\circ 22.5'$	1.4591	"	
F	$69^\circ 17'$	1.4644	"	

Prismet bestod af Fladerne (110) og en Flade sleben ind i Prismet (110) ved Axen \tilde{b} . Altsaa:

$$R:c = 0 \quad R:b = 15^\circ 0' \quad R:a = 75^\circ 0'.$$

Pr. Nr. 116.	$p = 42^\circ 31'$		Diff.	Parallel Axen c .
	$2a$	n		Svingning.
$\mu_c = \nu_c$ C	$42^\circ 5'$	1.4524	- 6	} Straalerne faldt sammen i Hovedstillingen.
D	$42^\circ 19.5'$	1.4551	- 3	
F	$42^\circ 49.5'$	1.4602	- 5	

Prismets Orientation (da den ene Flade er (110), den anden sleben ind i Kanten ved \tilde{b})

$$R:c = 0 \quad R:b = 24^\circ 1.5' \quad R:a = 65^\circ 58.5'.$$

Da begge Straaler faldt sammen i Hovedstillingen, er Retningen lodret paa Halveringslinien lig den optiske Axes Retning i Krystallen. Dennes Vinkel med a -Axen = $24^\circ 1.5'$, altsaa faaes heraf (approximativt selvfølgelig) $AB = 48^\circ 3'$.

Pr. Nr. 117.	$p = 70^\circ 59'$		Diff.	Parallel Axen c .
	$2a$	n		Svingning.
ν_c C	$82^\circ 44.5'$	1.4309	"	} lodret paa Kanten.
D	$83^\circ 15'$	1.4331	"	
F	$84^\circ 26.5'$	1.4380	"	
μ_c C	$88^\circ 10.5'$	1.4532	+ 2	} parallel Kanten.
D	$88^\circ 46.5'$	1.4556	+ 2	
F	$90^\circ 7.5'$	1.4611	- 4	

Orientationen:

$$R:c = 0 \quad R:b = 80^\circ 46.5' \quad R:a = 9^\circ 13.5'$$

(Prismeflade 110 og Flade sleben ind i Kanten ved *a*).

Pr. Nr. 118.	$p = 59^\circ 47.5'$		Diff.	Parallel Axen <i>c</i> .
	$2a$	n		Svingning.
ν_c <i>C</i>	65° 31'	1.4499	"	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	65° 56'	1.4523	"	
<i>F</i>	66° 45.5'	1.4574	"	
μ_c <i>C</i>	66° 10.5'	1.4538	+ 8	} parallel Kanten.
<i>D</i>	66° 32'	1.4560	+ 6	
<i>F</i>	67° 26'	1.4614	+ 7	

Prismet bestod af to Flader slebne ind i det naturlige Prisme og bestemte ved deres Beliggenhed til de naturlige Flader (110), med hvilke de vare slebne i Zone. Dets Orientation er:

$$R:c = 0 \quad R:b = 33^\circ 49' \quad R:a = 56^\circ 11'$$

Pr. Nr. 119.	$p = 49^\circ 12'$		Diff.	Parallel Axen <i>c</i> .
	$2a$	n		Svingning.
μ_c <i>C</i>	50° 23.5'	1.4523	- 7	} parallel Kanten.
<i>D</i>	50° 40.5'	1.4546	- 8	
<i>F</i>	51° 21'	1.4602	- 5	
ν_c <i>C</i>	50° 35'	1.4541	"	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	50° 54'	1.4565	"	
<i>F</i>	51° 34.5'	1.4615	"	

Prismets Orientation:

$$R:c = 0 \quad R:b = 20^\circ 41' \quad R:a = 69^\circ 19'$$

det bestaaer af en Prismeflade og en Flade sleben ind i Prismekanten ved *b*.

Pr. Nr. 120.	$p = 73^\circ 3'$		Diff.	Parallel Axen <i>c</i> , symmetrisk mod <i>a</i> .
	$2a$	n		Svingning.
μ_a <i>C</i>	87° 17.5'	1.4303	- 2	} lodret paa Kanten.
<i>D</i>	87° 50.5'	1.4324	- 1	
<i>F</i>	89° 8.5'	1.4373	- 1	
μ_c <i>C</i>	93° 17.5'	1.4527	- 3	} parallel Kanten
<i>D</i>	93° 55'	1.4552	- 2	
<i>F</i>	95° 25.5'	1.4607	0	

Prismet bestod af to konstige Flader slebne ind i Prismekanten 110 : 110, saa at Axen a næsten faldt sammen med Halveringslinien. De konstige Fladers Beliggenhed til de naturlige $\bar{1}10$ og $\bar{1}10$ gav nemlig som Prismets Orientation

$$R : c = 0 \quad R : a = 0^\circ 20' \quad R : b = 89^\circ 40';$$

Prismet er saaledes saa symmetrisk beliggende om a , som man overhovedet er i Stand til at komme ved konstig slebne Flader.

Pr. Nr. 121.		$p = 47^\circ 53'$			Parallel Axen c , næsten symmetrisk mod a .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
(μ_a)	C	$46^\circ 16'$	1.4313	o	} lodret paa Kanten.
	D	$46^\circ 30'$	1.4333	a	
	F	$47^\circ 4.5'$	1.4383	-	
	μ_c				} parallel Kanten.
	C	$48^\circ 47.5'$	1.4533	+ 3	
	D	$49^\circ 8'$	1.4562	+ 8	
		F	$49^\circ 42.5'$	+ 5	

Prismet er slebet paa samme Maade som Nr. 120; her danner dog Halveringslinien en noget større Vinkel mod a end ved det foregaaende, idet Orientationen er:

$$R : c = 0 \quad R : a = 0^\circ 47' \quad R : b = 89^\circ 13'.$$

Pr. Nr. 122.		$p = 49^\circ 13'$			Parallel Axen c , symmetrisk mod b .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
	μ_c				} parallel Kanten.
	C	$50^\circ 31'$	1.4533	+ 3	
	D	$50^\circ 46'$	1.4553	- 1	
	μ_b				} lodret paa Kanten.
	C	$51^\circ 11'$	1.4589	+ 6	
	D	$51^\circ 28.5'$	1.4611	+ 3	

Prismet er slebet ned i den naturlige Kant (110). ($\bar{1}10$), saa at Axen b faldt sammen med Halveringslinien. Prismets Orientation — bestemt ved dets Fladers Beliggenhed til de naturlige Prismeflader — er nemlig:

$$R : c = 0 \quad R : b = 0^\circ 20' \quad R : a = 89^\circ 40'.$$

Axevinklen bestemt i Luften; Axepalderne slebne lodret paa Axen a , parallel Gjennemgangen (100). Iagttagelser paa syv Plader gave Resultaterne:

$$\left. \begin{array}{l} (AB) = 78^\circ 30', \quad 78^\circ 26', \quad 78^\circ 23', \\ 78^\circ 15', \quad 78^\circ 15', \quad 78^\circ 11', \quad 78^\circ 9'. \end{array} \right\} \text{Middeltal } (AB) = 78^\circ 18'.$$

En af Axepalderne viste med Kogsaltlys 8 mørke Ringe; dens Tykkelse $e = 0.865^{\text{mm}}$.

Da Pladens Plan er parallel med Axerne c og b , faaes efter Formlen $(\mu_b - \mu_c) e = N \cdot 0.000589$, $\mu_c - \mu_b = 0.0055$, eller ved at tage Middeltalet af de umiddelbart iagttagne μ_c :

$$\mu_b = 1.4609$$

der stemmer fortrinligt med den for D -Straalen direkte fundne (Pr. 122).

Af de anomale Brydningsforhold ν_b beregnes efter den almindelige Formel ved Hjælp af de mindste Kvadraters Methode Værdier for Hovedbrydningsforholdene μ_a og μ_b . Beliggenheden af disse i Forhold til de anomale Brydningsforhold med deres tilsvarende Svingningsretningers Vinkel til Axerne a og b , sees i følgende Tabel:

	C	D	F	$R:c$	$R:a$	$R:b$	
μ_a	1.4307	1.4325	1.4374	0	0°	90°	beregnet
ν_c	1.4313	1.4333	1.4383	0	0° 47'	89° 13.5'	Pr. 121.
	1.4309	1.4331	1.4380	0	9° 13'	80° 46.5'	Pr. 117.
	1.4320	1.4340	1.4388	0	16° 25'	73° 35'	Pr. 114.
	1.4499	1.4523	1.4574	0	56° 11'	33° 49'	Pr. 118.
	1.4524	1.4551	1.4602	0	65° 58.5'	24° 1.5'	Pr. 116.
	1.4541	1.4565	1.4615	0	69° 19'	20° 41'	Pr. 119.
	1.4566	1.4591	1.4644	0	75° 0'	15° 0'	Pr. 115.
μ_b	1.4577	1.4605	1.4657	0	90° 0'	0°	beregnet.

De umiddelbart (i Prisme 120, 122) fundne μ_a og μ_b samt den af Ringantallet beregnede μ_b ere:

	C	D	F
μ_a	1.4303	1.4324	1.4373
μ_b	1.4589	1.4611	"
μ_b	"	1.4609	"

der udvise den ønskeligste Overensstemmelse med de af de anomale Brydningsforhold beregnede Værdier.

Middeltalet.

	μ_a	μ_b	μ_c
C	1.4305	1.4583	1.4530
D	1.4325	1.4608	1.4554
F	1.4374	1.4657	1.4607

Af Axevinklen (AB) = 78° 18' faaes

$$AB = 51° 25'.$$

Optiske Undersøgelser over dette Salt ere foretagne tidligere af:

Sénarmont (Ann. chim. (3) XXXIII.), der bestemte Orientationen, samt fandt (AB) = 56° 56' $AB = 38° 14'$ $\beta = 1.454-1.459$;

Miller fandt $\beta = 1.4817$ $(AB) = 79^\circ 2'$ $AB = 50^\circ 52'$;

Grailich og v. Lang (Sitzungsber. XXVII, 23) fandt $(AB) = 56^\circ 50'$ $v > e$;

Descloizeaux (Ann. min. (5) XIV. 375) fandt $(AB)_e = 77^\circ 59' - 78^\circ 11'$,
 $(AB)_o = 77^\circ 43' - 78^\circ 3'$. Altsaa $e > v$.

54. $ZnSO_4 + 7H_2O$. Svovlsur Zink.

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9804 : 0.5631$. (Brooke).

Fuldstændig isomorf med Magnesia-Saltet; Krystallerne optræde med samme Flader udviklede paa samme Maade som hos hint. Dog træffes Pyramiden her hyppigere fuldtallig.

$$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 91^\circ 7' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 59^\circ 44'.$$

Fortrinlig Gjennemgang parallel 100.

Vægtfylde = 2.008. Rumfylde = 143. (Middeltal af forskellige Iagttagelser).

Axeplanet lodret paa 100, parallel Basen; Axen a parallel den spidse Bissectrix; Karakteren negativ; altsaa optisk Orientation:

a c b

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade:

Pr. Nr. 123.		$p = 40^\circ 16'$.		Parallel Axen c.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c C	$30^\circ 31.5'$	1.4756	"	} lodret paa Kanten.
D	$30^\circ 34.5'$	1.4778	"	
F	$30^\circ 43'$	1.4840	"	
μ_c C	$30^\circ 34'$	1.4775	- 1	} parallel Kanten.
D	$30^\circ 37.5'$	1.4800	- 1	
F	$30^\circ 45.5'$	1.4858	- 2	

Prismet bestod af en Flade af det naturlige Prisme, samt en Flade sleben ind i dets Kant ved Axen b (Kanten $110.\bar{1}\bar{1}0$). Dets Orientation er altsaa:

$$R : c = 0 \quad R : b = 25^\circ 25.5' \quad R : a = 64^\circ 34.5'.$$

Pr. Nr. 124.		$p = 78^\circ 11'$.		Parallel Axen c.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_c C	$118^\circ 13'$	1.4770	- 6	} parallel Kanten.
D	$119^\circ 15'$	1.4797	- 4	
F	$121^\circ 37.5'$	1.4855	- 5	



		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c	C	$119^\circ 42'$	1.4807	"	} lodret paa Kanten.
	D	$120^\circ 46'$	1.4833	"	
	F	$123^\circ 14.5'$	1.4893	"	

Prismet bestod af en Flade parallel en naturlig Prismeflade, samt en Flade sleben ind i Kanten ved Axen b . Altsaa er dets Orientation:

$$R : a = 0 \quad R : b = 6^\circ 28' \quad R : c = 83^\circ 32'.$$

Pr. Nr. 125.		$2a$	n	Diff.	Parallel Axen c . Svingning.
	ν_c	C	$82^\circ 52.5'$	1.4552	} lodret paa Kanten.
		D	$83^\circ 23.5'$	1.4576	
		F	$84^\circ 36.5'$	1.4630	
	μ_c	C	$87^\circ 57.5'$	1.4776	} parallel Kanten.
		D	$88^\circ 34.5'$	1.4802	
		F	$89^\circ 56.5'$	1.4860	

Prismet bestod af en Flade parallel 110 og en Flade sleben ind i Kanten ved α -Axen. Dets Orientation er altsaa:

$$R : c = 0 \quad R : a = 10^\circ 12' \quad R : b = 79^\circ 48'.$$

Pr. Nr. 126.		$2a$	n	Diff.	Parallel Axen c . Svingning.
	$\mu_c = \nu_c$	C	$54^\circ 34'$	1.4783	} I Hovedstillingen faldt begge Straaler sammen.
		D	$54^\circ 53'$	1.4807	
		F	$55^\circ 37'$	1.4867	

Prismet bestod af en Flade parallel 110 og en Flade sleben ind i Kanten ved β . Dets Orientation er altsaa:

$$R : c = 0 \quad R : b = 20^\circ 35.5' \quad R : a = 69^\circ 24.5'.$$

Axevinklen blev bestemt i Luft; Axepalderne slebne parallel Gjennemgangsfladen (100). Karakteren negativ; ingen kjendelig Dispersion.

$$\left. \begin{array}{l} 1. \text{ Plade } (AB) = 70^\circ 58' \\ 2. \text{ Plade } (AB) = 71^\circ 8' \end{array} \right\} \text{ Middeltal } (AB) = 71^\circ 3'$$

Af de anomale Brydningsforhold beregnes ved de mindste Kvadraters Methode af den almindelige Formel de to Hovedbrydningsforhold μ_a og μ_b . Deres Beliggenhed til de anomale ν_c sees af følgende Oversigt:

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>R</i> : <i>c</i>	<i>R</i> : <i>a</i>	<i>R</i> : <i>b</i>	
μ_b	1.4812	1.4836	1.4897	0	90°	0°	beregnet
ν_c	1.4807	1.4833	1.4893	0	83° 32'	6° 28'	Pr. 124.
	1.4783	1.4807	1.4867	0	69° 24'	20° 36'	Pr. 126.
	1.4756	1.4778	1.4840	0	64° 34'	25° 26'	Pr. 123.
	1.4552	1.4576	1.4630	0	10° 12'	79° 48'	Pr. 125.
μ_a	1.4544	1.4568	1.4620	0	0°	90° 0'	beregnet.

Af den beregnede μ_a og μ_b for *D*-Straalen i Forbindelse med Axevinklen beregnes $\mu_c = 1.4794$, der er 0.0007 mindre end Middeltallet. Beliggenheden af Prismene er imidlertid ikke saa heldig som ønskeligt til en fuldstændig nøiagtig Beregning af μ_a og μ_b , da de fleste af dem give ν_c 'er, hvis Værdier ligge μ_b temmelig nær, saaledes at der i Beregningen kommer langt større Vægt henimod denne ved μ_b bestemte Grændse.

	Middeltal.		
	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.4544	1.4812	1.4776
<i>D</i>	1.4568	1.4836	1.4801
<i>F</i>	1.4620	1.4897	1.4860

Af Axevinklen $(AB)_D = 71^\circ 3'$ beregnes

$$AB_D = 46^\circ 14'.$$

Tidligere Undersøgelser af dette Stofs optiske Forhold:

Sénarmont fandt (Ann. chim. (3) XXXIII) $\beta = 1.483 - 1.486$ $(AB) = 64^\circ 18'$, og $AB = 44^\circ 2'$.

Descloizeaux (Ann. min. (5) XIV. 376) fandt $(AB)_D = 70^\circ 23'$ $(AB)_v = 70^\circ 6'$, altsaa $\rho > v$ i Modsætning til Grailich og v. Lang, der tidligere havde angivet Dispersionen til $\rho < v$. (Sitzungsber. XXVII. 24).

55. $NiSO_4 + 7H^2O$. Svovlsur Nikkel.

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9815 : 0.5656$. (Marignac).

Saltet er fuldstændig isomorf med de to tidligere, og optræder med lignende Habitus og Former.

$$110 : 110 = 91^\circ 4' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 59^\circ 54'.$$

Fortrinlige Gjennemgange parallel 100.

Vægtfylde = 1.982. Rumfylde = 141.7. (Kopp og Schiff.)

Axeplanet beliggende som i de to andre isomorfe Salte parallel Basen, spidse Bissectrix parallel a ; Karakteren negativ.

Altsaa optisk Orientation

$$\underline{a} \quad c \quad \underline{b}$$

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 127.		$p = 68^\circ 58'$			Parallel Hovedaxen.
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_c	D	$91^\circ 50.5'$	1.4887	- 1	} parallel Kanten.
	F	$93^\circ 23'$	1.4952	+ 3	
ν_c	D	$92^\circ 24.5'$	1.4910	"	} lodret paa Kanten.
	F	$93^\circ 54.5'$	1.4972	"	

Prismet bestod af en Flade parallel Prismefluden 110 og en Flade sleben ind i Kanten ved Axen b . Altsaa:

$$R : c = 0 \quad R : b = 11^\circ 3' \quad R : a = 78^\circ 57'.$$

Pr. Nr. 128.		$p = 71^\circ 22'$			Parallel Axen c .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_c	D	$98^\circ 20'$	1.4886	- 2	} parallel Kanten.
	F	$99^\circ 39.5'$	1.4948	- 1	
ν_c	D	$99^\circ 0'$	1.4911	"	} lodret paa Kanten.
	F	$100^\circ 40'$	1.4972	"	

Prismets Beliggenhed som det foregaaende:

$$R : c = 0 \quad R : b = 9^\circ 51' \quad R : a = 80^\circ 9'.$$

Pr. Nr. 129.		$p = 71^\circ 22'$			Parallel Axen.
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c	D	$92^\circ 41'$	1.4672	"	} lodret paa Kanten.
	F	$94^\circ 10.5'$	1.4737	"	
μ_c	D	$98^\circ 22'$	1.4887	- 1	} parallel Kanten.
	F	$100^\circ 2.5'$	1.4949	0	

Prismet slebet i Kanten (110).($\bar{1}\bar{1}0$) ved a ; dets Orientation:

$$R : c = 0 \quad R : b = 81^\circ 13' \quad R : a = 8^\circ 47'.$$

Pr. Nr. 130.		$p = 37^\circ 18'$.		Parallel Axen.
		$2a$	n	Svingning.
ν_c	D	$38^\circ 23.5'$	1.4801	} lodret paa Kanten.
	F	$38^\circ 50'$	1.4853	
μ_c	D	$39^\circ 10'$	1.4893	} parallel Kanten.
	F	$39^\circ 38.5'$	1.4949	

Prismet bestod af 2 Flader slebne ind i Kanten ved b .

$$R : c = 0 \quad R : b = 44^\circ 29' \quad R : a = 45^\circ 31'.$$

Axevinklen maalt i Luften; Axepaladerne slebne parallelt (100).

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. $(AB) = 64^\circ 16'$ | } Middeltal $(AB) = 64^\circ 22'$. |
| 2. $(AB) = 64^\circ 29'$ | |
| 3. $(AB) = 64^\circ 20'$ | |

Af de anomale Brydningsforhold beregnes efter den almindelige Formel ved de mindste Kvadraters Methode de to ubekjendte Hovedbrydningsforhold μ_a og μ_b . Deres Forhold til de varierende anomale ν_c sees af følgende Oversigt.

	D	F	$R : c$	$R : b$	$R : a$	
μ_b	1.4921	1.4981	0	0°	90°	beregnet
ν_c	1.4910	1.4972	0	$11^\circ 3'$	$78^\circ 57'$	Pr. 127.
	1.4911	1.4972	0	$9^\circ 51'$	$80^\circ 9'$	Pr. 128.
	1.4801	1.4853	0	$44^\circ 29'$	$45^\circ 31'$	Pr. 130.
	1.4672	1.4737	0	$81^\circ 13'$	$8^\circ 47'$	Pr. 129.
μ_a	1.4669	1.4729	0	$90^\circ 0'$	0°	beregnet.

Af den givne μ_c og de to beregnede μ_a , μ_b beregnes den virkelige Axevinkel $AB = 41^\circ 56'$, der falder fuldstændig sammen med den, der faaes af den i Luften iagttagne Vinkel.

Middeltal.

	μ_a	μ_b	μ_c
D	1.4669	1.4921	1.4888
F	1.4729	1.4981	1.4949

Af $(AB) = 64^\circ 22'$ faaes

$AB = 41^\circ 56'$.

Tidligere Undersøgelser: Brewster fandt $AB = 42^\circ 4'$.

v. Lang (Sitzungsber. 31.99) fandt $(AB) = 64^\circ 12'$, samt $\rho > v$. $\beta_\rho = 1.4660$
 $\beta_\gamma = 1.4672$ $\beta_{\gamma\rho} = 1.4700$ og heraf faaes $AB = 42^\circ 28'$. Dette Resultat er, som det vil

sees, ganske vist altfor lavt. Til Sikkerhed have vi undersøgt det til vore Forsøg benyttede Salt, der viste sig fuldstændig rent, naar man ser bort fra et ubetydeligt Spor af Kobalt.

Descloizeaux (Ann. min. (5) XIV. 376) fandt $AB_e = 64^\circ 24'$ $AD_e = 63^\circ 45'$.

56. $CdSeO_4 + 2H_2O$. **Selensurt Kadmium.**

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9753 : 0.8764$. (H. Topsøe).

Krystallerne ere tavleformige efter (100), der begrændses af en Pyramide (111). Foruden disse Randkantflader iagttages Prismet (021) dog aldrig stærkt udviklet.

Gjennemgang utydelig efter 100.

Vægtfylde = 3.622. Rumfylde = 80.2. (H. Topsøe).

Axeplanet staar lodret paa (100) og parallel Kombinationskanten $021 : 0\bar{2}\bar{1}$ σ : Axeplanet parallel Axerne ab . Den stumpe Bisectrix falder sammen med Axen a ; Karakteren i den stumpe Vinkel positiv, altsaa optisk Orientation



$c \ \alpha \ b$

Paa Grund af Krystallernes ringe Dimension navnlig i Retning af a -Axen, er det umuligt at tildanne Prismer, ja selv at slibe Plader i den spidse Axevinkel. Vi have saaledes maattet indskrænke os til at maale den stumpe Axevinkel i Olie; Karakteren positiv.

1. Plade $((A'B)) = 131^\circ 6'$. Tykkelsen $e = 0.525 (\pm 5)$; ved Kogsaltlys iagttages 8 mørke Ringe.
2. " $((A'B)) = c 133^\circ 12'$; Iagttagelsen usikker, da Øinene vare utydelige $e = 0.765 (\pm 10)$; 11.5 Ringe.
3. " $((A'B)) = 130^\circ 58'$.
4. " $((A'B)) = c 131^\circ 8'$.

Som Middeltal faaes — idet dog kun Værdien for 1. og 3. Plade benyttes:

$$((A'B)) = 131^\circ 2',$$

der er saa stor, at den ikke kan komme ud i Luften.

Af Ringiagttagelserne faaes — idet Axerne b og c ligge i Axepladernes Plan og $\mu_c > \mu_b$

$$(\mu_c - \mu_b), 1.290^{mm} = 19.5 \ 0.000589 \text{ eller}$$

$$\mu_c - \mu_b = 0.0089 \text{ for } D\text{-Striben.}$$

57. $MnSeO^4 + 2H^2O$. Selensur Mangan.

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.9959 : 0.8849$. (H. Topsøe).

Krystallerne have fuldstændig samme Habitus som Kadmiumsaltet, de ere dog langt mindre og ufuldkomnere. Prismet (021) forekommer ikke, hvorimod Pyramidens Polkanter afstumpes af yderst smalle Flader af Formerne (011) og (101). Krystallerne have ingen tydelige Gjennemgange.

Vægtfylde = 2.949. Rumfylde 79.5.

Axeplanet ligger som hos Kadmiumsaltet lodret paa Fladeparret 100; i Axerne $a\bar{b}$. Axen a stumpes Bissectrix. Karakteren i den stumpede Vinkel positiv.

Altsaa optisk Orientation

$c \perp b$

Da Mangansaltets Krystaller ere endnu mindre end Kadmiumsaltets, forøges her Vanskelighederne ved den optiske Undersøgelse, der som ved hint har indskrænket sig til Maaling af den stumpede Axevinkel. Denne er endnu større her end hos Kadmiumforbindelsen; Maalingen blev derfor foretaget i Kanelolie, da Oinene i Olie ikke viste sig skarpe.

1. Plade $[A'B] = 118^\circ 42'$; $e = 0.545$; 11.5 Ringe iagttoget ved Kogsaltlys.

2. Plade $[A'B] = 118^\circ 25'$; $e = 0.530$; 11 Ringe.

Af Middeltallet for Axevinklen i Kanelolie beregnes Axevinklen i Olie til

$$([A'B]) = 139^\circ 30',$$

en Vinkel der er saa stor, at Axerne aldeles ikke træde ud i Luften.

Af Ringiagttagelser faaes — da Axeplanerne ere parallelle b og c og $\mu_c > \mu_b$ ($\mu_c - \mu_b$) $1.075^{mm} = 22.5 \times 0.000589$, eller

$$\mu_c - \mu_b = 0.0123 \text{ for } D\text{-Striben,}$$

en Værdi, der er en Del større end den for Kadmiumsaltet fundne. Dette Forhold mellem Differentsten svarer tillige til Axevinklens Forøgelse.

58. $NH^4H.C^4H^4O^6$. Trevinsurt Ammon.

Rhombisk $a : b : c = 1 : 0.7086 : 0.6933$. (De la Provostaye).

Krystallerne ere langstrakte, riflede Prismer parallelle Hovedaxen. De fremherskende Former ere (110).(210).(310).(100) i Prismezone og (101) samt Pyramiden (111). Krystallerne ere vandklare, men stærkt riflede. Flåderne ere i Besiddelse af stærk Glands, men kun (101) og (111)-Flåderne give nogenlunde enkelte Speilbilleder.

$$101 : \bar{1}01 = 69^\circ 28' \quad 110 : \bar{1}10 = 70^\circ 38'.$$



Fortrinlige Gjennemgange parallel (010).

Vægtfylde = 1.680. Rumfylde = 99.4. (Schiff).

Axeplanet parallelt Prismet (110)'s Længderetning, lodret paa Planet 100. Bissectrix parallel a -Aksen; Karakteren negativ.

Altsaa optisk Orientation

$a \quad b \quad c$

Prismere ere belagte og slebne paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 131.	$p = 70^\circ 12.5'$			Parallel Axen c .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c C	$114^\circ 9.5'$	1.5582	"	} lodret paa Kanten.
D	$115^\circ 9.5'$	1.5616	"	
F	$117^\circ 37.5'$	1.5698	"	
μ_c C	$122^\circ 26'$	1.5851	— 10	} parallel Kanten.
D	$124^\circ 44.5'$	1.5921	— 11	
F	$127^\circ 42'$	1.6011	— 11	

Prismet bestod af 2 Flader slebne ind i det naturlige Prisme (110) ved Axen b , dens Orientation

$$R:a = 88^\circ 45' \quad R:b = 1^\circ 15' \quad R:c = 0.$$

Prismet er altsaa næsten symmetrisk mod Axen b , saa at de anomale Brydningsforhold skulle ligge μ_b meget nær — hvad de i Virkeligheden ogsaa gjøre.

Pr. Nr. 132.	$p = 32^\circ 29.5'$			Parallel Axen c .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c C	$37^\circ 59.5'$	1.5526	"	} lodret paa Kanten.
D	$38^\circ 12.5'$	1.5554	"	
F	$38^\circ 48.5'$	1.5638	"	
G'	$39^\circ 13.5'$	1.5699	"	
μ_c C	$40^\circ 20.5'$	1.5852	— 9	} parallel Kanten.
D	$40^\circ 39'$	1.5897	— 13	
F	$41^\circ 14.5'$	1.5978	— 22	
G'	$41^\circ 46.5'$	1.6052	"	

Prismet bestod af en Flade parallel Axeplanet bc samt en Flade sleben ind i den naturlige Prismekant ved Axen b .

$$R:c = 0 \quad R:b = 16^\circ 15' \quad R:a = 73^\circ 45'.$$

Pr. Nr. 133.		$p = 34^{\circ} 39'$			Parallel Axen c .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c	C	$40^{\circ} 59.5'$	1.5545	"	} lodret paa Kantene.
	D	$41^{\circ} 13.5'$	1.5575	"	
	F	$41^{\circ} 51.5'$	1.5658	"	
μ_c	C	$43^{\circ} 32'$	1.5873	+ 12	} parallel Kantene.
	D	$43^{\circ} 51'$	1.5914	+ 4	
	F	$44^{\circ} 31.5'$	1.6002	+ 2	

Prismet var beliggende som det foregaaende; dets Orientation er

$$R:c = 0 \quad R:b = 17^{\circ} 20' \quad R:a = 72^{\circ} 40'.$$

Pr. Nr. 134.		$p = 53^{\circ} 36'$			Parallel Axen c .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c	C	$66^{\circ} 59'$	1.5280	"	} lodret paa Kantene.
	D	$67^{\circ} 24'$	1.5309	"	
	F	$68^{\circ} 23'$	1.5378	"	
μ_c	C	$75^{\circ} 41.5'$	1.5880	+ 19	} parallel Kantene.
	D	$76^{\circ} 17.5'$	1.5921	+ 11	
	F	$77^{\circ} 39.5'$	1.6012	+ 12	

Den ene Prismeflade var sleben parallel Axepneet ac , den anden ind i den naturlige Prismekant ved Axen a . Dets Orientation er saaledes

$$R:a = 26^{\circ} 48' \quad R:b = 63^{\circ} 12' \quad R:c = 0.$$

Pr. Nr. 135.		$p = 56^{\circ} 7.5'$			Parallel Axen c .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν_c	C	$71^{\circ} 1'$	1.5244	"	} lodret paa Kantene.
	D	$71^{\circ} 27'$	1.5271	"	
	F	$72^{\circ} 29'$	1.5338	"	
μ_c	C	$80^{\circ} 54'$	1.5868	+ 7	} parallel Kantene.
	D	$81^{\circ} 32.5'$	1.5907	- 3	
	F	$83^{\circ} 1'$	1.5998	- 2	

Prismet bestod som det foregaaende af en Flade parallel (010) og en Flade sleben ind i den naturlige Prismekant ved a -Axen. Altsaa dets Orientation

$$R:c = 0 \quad R:a = 28^{\circ} 4' \quad R:b = 61^{\circ} 56'.$$

Pr. Nr. 136.		$p = 70^{\circ} 21'.$		Parallel Axen δ .	
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_b	C	$114^{\circ} 36'$	1.5579	+ 2	} parallel Kanten.
	F	$118^{\circ} 7.5'$	1.5696	+ 4	
ν_b	C	$120^{\circ} 56'$	1.5785	"	} lodret paa Kanten.
	D	$124^{\circ} 54.5'$	1.5907	"	

Prismet bestod af en naturlig Flade af Prismet 101 og en konstig sleben ind ved Axen c i Zonen 101.100. Dets Orientation er altsaa:

$$R:b = 0 \quad R:c = 20^{\circ} 6.5' \quad R:a = 69^{\circ} 53.5'.$$

Pr. Nr. 137.		$p = 54^{\circ} 59'.$		Parallel Axen δ .	
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
μ_b	C	$73^{\circ} 55'$	1.5576	- 1	} parallel Kanten.
	F	$75^{\circ} 40'$	1.5690	- 2	
ν_b	C	$75^{\circ} 58'$	1.5710	"	} lodret paa Kanten.
	F	$77^{\circ} 49'$	1.5830	"	

Prismet bestod af en naturlig Flade af 101, samt en Flade sleben omtrent parallel 100. Orientationen

$$R:b = 0 \quad R:c = 27^{\circ} 30' \quad R:a = 62^{\circ} 30'.$$

Axevinklen maalt i Olie; Axepalderne slebne parallelt (100). Ingen betydelig Dispersion.

1. Plade $((AB)) = 86^{\circ} 4'$ $e = 0.655$; 32 mørke Ringe ved Kogsaltlys.
2. Plade $((AB)) = 86^{\circ} 3'$ foruden de rigtige Øine med Ringsystemer iagttages i denne Plade to andre. Dette Forhold, der er iagttaget ved et stort Antal Plader, antyder — hvad ogsaa Uoverensstemmelsen mellem Brydningsforholdene viser — at de større Krystaller ere dannede ved Sammenvoxning af flere Individuer.
3. Plade $((AB)) = 86^{\circ} 0$ $e = 0.500$; i 25 Ringe; dog Midten noget utydelig som Følge af, at Pladen var noget prismatisk.

Som Middeltal faaes

$$((AB)) = 86^{\circ} 3'.$$

Som ovenfor bemærket udvise Brydningsforholdene en overordentlig stor indbyrdes Uoverensstemmelse som Følge af Krystallernes Uregelmæssighed. Hertil kommer nu for de anomale Brydningsforholds Vedkommende, at Vinklen, som Straalernes Svingningsretning (ρ : Prismernes Halveringslinier) danner med de krystallografiske Axer, ikke lader sig bestemme

med nogen stor Noiagtighed for de Prismer, der ligge i Hovedzonen (110), da Stribningen og Riflingen i Fladerne ved Orientationsmaalingerne give en Usikkerhed paa Grader. Vi have imidlertid søgt at modvirke i det mindste den sidste Aarsag til Unoigtighed i Brydningsforholdenes Bestemmelse ved at forøge Antallet af Forsøgene. Vi mene derfor, at endskjøndt de enkelte Resultater fjerne sig sørgelig langt fra Middeltallene, ville disse dog give et ret paalideligt Udtryk for Stoffets virkelige Brydningsforhold.

Beregningen er foretaget paa følgende Maade:

At μ_b i Forbindelse med alle ν_c beregnes efter den almindelige transformerede Formel $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\mu_a^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\mu_b^2}$ Værdier for det ubekjendte 3die Hovedbrydningsforhold samt for den direkte iagttagne μ_b , nemlig

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
$\mu_b =$	1.5577	(1.5608)	1.5689
$\mu_a =$	1.5153	(1.5188)	1.5277

hvor Værdierne for *D*-Straalerne ere interpolerede af Forholdet $\frac{\nu_D - \nu_C}{\nu_F - \nu_C}$ for alle ν_c 'er og det fundne $\mu_F - \mu_C$ for μ_b .

At denne Interpolation som Tilnærmelse kan benyttes, sees nu af Differentsten for *D*-Straalen mellem μ_c og μ_b beregnet af Ringiagttagelserne. Da nemlig Axepfadernes Plan er parallel \bar{b}_c , faaes $(\mu_c - \mu_b)$ 1.155^{mm} = 57 \times 0.000589 eller $\mu_c - \mu_b = 0.0290$, der med den direkte iagttagne μ_c fører til

$$\mu_b = 1.5620 \text{ for } D.$$

I følgende Tabel*) sees Forholdet mellem μ_a , og de til Beregningen benyttede ν_c og μ_b .

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>R : c</i>	<i>R : b</i>	<i>R : a</i>	
μ_b	1.5577	(1.5608)	1.5692	0	0°	90°	Pr. 136, 137.
}	1.5582	1.5616	1.5698	0	1° 15'	88° 45'	Pr. 131.
	ν_c 1.5536	1.5564	1.5648	0	16° 47'	73° 13'	Pr. 132, 133.
	1.5262	1.5290	1.5353	0	62° 34'	27° 26'	Pr. 134, 135.
μ_a	1.5153	(1.5138)	1.5277	0	90°	0°	beregnet.

Af den fundne μ_b i Forbindelse med ν_b beregnes paa lignende Maade, idet det anomale Brydningsforhold bliver lig Middelbrydningsforholdet, naar Straalernes Svingsnings-

*) Prismerne Nr. 132 og 133, samt 134 og 135 ere tagne som Middell, da deres Beliggenhed var meget nær den samme.

retning staar lodret paa den optiske Axe, altsaa i det foreliggende Tilfælde, naar Halveringsliniens Vinkel med α bliver lig Complementet til $\frac{1}{2} AB$ — følgende Værdier for μ_a og μ_c :

	<i>C</i>	<i>F</i>
$\mu_a =$	1.5184	1.5280
$\mu_b =$	1.5868	1.5995

der stemme meget godt med den ovenfor beregnede μ_a og Middeltallet af de direkte iagttagne μ_c .

Overgangen mellem μ_a , μ_c , μ_b og ν_b ses af følgende Tabel:

	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>R:b</i>	<i>R:c</i>	<i>R:a</i>	
μ_c	1.5868	1.5995	0	0°	90° 0'	beregnet
ν_b	1.5785	1.5907	0	20° 6.5'	69° 53.5'	Pr. 136.
	1.5710	1.5830	0	27° 30'	62° 30'	Pr. 137.
μ_b	1.5577	1.5692	0	23° 48'	66° 42'	Pr. 136, 137.
μ_a	1.5184	1.5280	0	90° 0'	0°	beregnet.

Middeltal.

	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.5168	1.5577	1.5861
<i>D</i>	1.5188	1.5614	1.5910
<i>F</i>	1.5279	1.5689	1.6000

Af Akevinklen $((AB)) = 86^\circ 2'$ faacs (AB) imaginer og

$$AB_D = 79^\circ 54'.$$

Tidligere Undersøgelser:

v. Lang fandt dets Orientation i Overensstemmelse med os samt $((AB)) = 85^\circ 20'$ og $\varrho > \nu$. (Sitzungsber. LV.)

59. $2(NH^4. SIO. C^4 H^4 O^6) + H^2 O$. Ammon-Brækvinsten.

Rhombisk-Hemiædrisk $a:b:c = 1:0.9259:0.8261$. (De la Provostaye).

Krystallerne ere Tetraædre (Vinklen ved α -Aksen = $63^\circ 18'$) i Kombination med (100), der afskærer den spidse kiledannede Kant, samt det omvendte Tetraæder og Prismet (011) — begge lidet udviklede — afstumpende de tresidede Hjørner.

Fortrinlig Gjennemgang parallel (100).

Vægtfylde = 2.324. (Rumfylde = 138.5.) (H. Topsøe).

Axeplanet parallel Axerne \tilde{b} og c ; spidse Bissectrix parallel \tilde{b} . Karakteren negativ:

$\tilde{b} \quad \alpha \quad c$

Paa Grund af Krystallernes ringe Størrelse samt den fortrinlige Gjennemgang, var det vanskeligt at tildanne Prismes; vi maatte indskrænke os til kun at benytte to naturlige Tetraæderflader ved Axen a , efterslebne og belagte. Af disse faaes Bestemmelsen for Middalbrydningsforholdet, da a -Axen faldt sammen med Prismernes Halveringslinie.

Pr. Nr. 138.		$p = 63^{\circ} 13.5'$	Halveringslinien a .
	$2a$	n	
μ_a C	$106^{\circ} 49'$	1.6233	Svingninger lodrette paa Kanten.
Pr. Nr. 139.		$p = 62^{\circ} 35.5'$	
	$2a$	n	
μ_a C	$101^{\circ} 36'$	1.6225	Svingninger lodrette paa Kanten.

Heraf faaes altsaa:

$$\mu_a \text{ for } C = 1.6229.$$

Axevinklen maalt i Olie. Pladerne slebne i Tetraæder-Kanten ved b -Axen. Paa Grund af den fremtrædende Gjennemgang parallel 100 var det yderst vanskeligt at faa Plader af en nogenlunde brugelig Størrelse og i det Hele taget af en nogenlunde nøiagtige Beliggenhed. En enkelt Plade, der var temmelig sikkert orienteret, gav $((AB)) = 76^{\circ} 28'$, og viste en stærk Dispersion $\varrho > v$.

$$(AB) = 130^{\circ} 46' \text{ og}$$

$$AB = 68^{\circ} 8'.$$

Saa vel denne Værdi som Middalbrydningsforholdet maa imidlertid kun betragtes som Approximationer.

60. 2 ($K. SbO. C^1 H^1 O^3$) + $H^2 O$. **Kali-Brøkvinsten.**

Rhombisk-Hemiædrisk $a : b : c = 1 : 0.9049 : 0.8645$. (Brooke).

Krystallerne ere Tetraædre i Kombination med Fladeparret (100), der afstumper Tetraædets kileformige Kant, samt det omvendte Tetraæder og et Prisme (011) — begge meget lidet udviklede.

Fortrindlig Gjennemgang efter (100), mindre god efter de to andre Fladepar (010) og (001).

Vægtfylde = 2.597. Rumfylde = 132.1.

Axeplanet parallelt Axerne b og c , denne sidste den stumpe Bissectrix; Karakteren negativ. Stærk Farvespredning.

Altsaa den optiske Orientation:

$$b \quad a \quad c$$

Prismerne, som benyttedes, vare slebne saavidt muligt parallelt de givne Flader, nemlig Tetraëderfladerne og Fladeparret (100). De naturlige Flader lode sig paa Grund af deres stærke Stribning aldeles ikke benytte.

Pr. Nr. 140.		$p = 63^\circ 31'$.		Axen a , Halveringslinie.	
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν	C	$107^\circ 51'$	1.6238	a	} parallel Kanten
	D	$109^\circ 2'$	1.6288	a	
	F	$112^\circ 9.5'$	1.6421	a	
μ_a	C	$109^\circ 30'$	1.6308	$- 2$	} lodret paa Kanten.
	D	$110^\circ 40'$	1.6362	$- 2$	
	F	$114^\circ 2.5'$	1.6498	$- 1$	

Pr. Nr. 141.		$p = 63^\circ 10'$.		Axen a , Halveringslinie.	
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
ν	C	$106^\circ 40.5'$	1.6237	a	} parallel Kanten.
	D	$107^\circ 50.5'$	1.6288	a	
	F	$110^\circ 55'$	1.6420	a	
μ_a	C	$108^\circ 11'$	1.6303	$- 3$	} lodret paa Kanten.
	D	$109^\circ 28.5'$	1.6358	$- 2$	
	F	$112^\circ 42'$	1.6496	$- 1$	

Begge Prismer bestode af efterslebne og belagte Pyramideflader ved a -Axens Endepunkt; Prismet var altsaa symmetrisk mod a . Prismets Orientation med Hensyn til de andre Axer var: Halveringsplanet dannede Vinklen $43^\circ 42'$ med b .

Pr. 142, 143, 144.		$p = 53^\circ 5'$		$62^\circ 56'$	$58^\circ 4'$	n	indbyrdes Diff.
ν_I	C	$78^\circ 53'$	$104^\circ 20.5'$	$90^\circ 34'$	1.6167	± 2	
	D	$79^\circ 39.5'$	$105^\circ 29'$	$91^\circ 27'$	1.6218	± 4	
	F	$81^\circ 36'$	$108^\circ 23.5'$	$93^\circ 48.5'$	1.6347	± 3	
ν_{II}	C	$81^\circ 6'$	$107^\circ 52.5'$	$93^\circ 15.5'$	1.6318	± 5	
	D	$81^\circ 54'$	$109^\circ 7'$	$94^\circ 14.5'$	1.6372	$+ 5, - 6$	
	F	$84^\circ 0.5'$	$112^\circ 18'$	$96^\circ 41'$	1.6508	$- 8, + 6$	

Middeltal af de brydende Kanter = $58^\circ 2'$. Disse 3 Prismer, dannede hver af en Tetraëderflade og Basen efterslebne og belagte, ere tagne under Et, da deres Brydnings-

forhold varierer saa ubetydeligt. Den beregnede Kantværdi er $58^{\circ} 0'$, der falder sammen med Middeltallet. Straalernes Svænginger dannede en Vinkel paa c. 45° mod Kanten.

Axevinklen maalt i Olie. Pladen sleben parallel Tetraæderkanten paa $71^{\circ} 44'$, altsaa lodret paa b . Axedisersionen meget stærk: $\rho < v$.

$$1. ((AB)) = 47^{\circ} 50' \quad e = 1.620^{mm} \quad N = 6.5$$

$$2. ((AB)) = 47^{\circ} 31' \quad e = 0.695^{mm} \quad N = 2.$$

Af Middelværdien $((AB)) = 47^{\circ} 40'$ faaes,

$$(AB) = 72^{\circ} 50' \quad \text{og} \quad AB = 42^{\circ} 34'.$$

Af Ringiagttagelserne faaes (da a og c ligge i Pladernes Plan) og $e = 2.315$, $N = 8.5$ $(\mu_c - \mu_a)_D = 0.00217$ Altsaa af μ_a

$$\mu_c = 1.6387 \quad \text{for} \quad D$$

Af Axevinklen i Forbindelse med den direkte fundne μ_a og den beregnede μ_c faaes

$$\mu_b = 1.6196.$$

Af de anomale Brydningsforhold i Prisme 140 og 141 i Forbindelse med den af Ringiagttagelserne beregnede μ_c faaes endelig efter den almindelige Formel $\mu_b = 1.6203$, der stemme særdeles godt ovenens med den ad anden Vei fundne Værdi.

Af de anomale ν_I og ν_{II} i Pr. 142—144 i Forbindelse med Axevinklen, beregnes endelig de to ubekjendte Brydningsforhold fuldstændig, nemlig

$$\mu_b \quad 1.6148 \quad 1.6199 \quad 1.6325$$

$$\mu_c \quad 1.6322 \quad 1.6375 \quad 1.6511,$$

der stemme fortrinligt med alle de ovenfor beregnede Værdier:

Middeltal.

	μ_a	μ_b	μ_c
<i>C</i>	1.6306	1.6148	1.6322
<i>D</i>	1.6360	1.6199	1.6375
<i>F</i>	1.6497	1.6325	1.6511

$$(AB) = 72^{\circ} 50' \quad AB = 42^{\circ} 34'.$$

Tidligere Undersøgelser ere foretagne af:

v. Lang (Sitzungsber. XXXI. 110), der angav Orientationen som ovenfor og fandt $(AB) = 75^{\circ} 30'$, Dobbeltbrydning og Axedisersion ringe. $\rho > v$.

Descloizeaux (Mém. des savants étrangers XVIII. 566) fandt derimod $(AB)_\rho = 85^{\circ} 20'$ $(AB)_{\beta\lambda} = 83^{\circ} 10'$ samt kraftig Dobbeltbrydning.

Grunden til at Descloizeaux har fundet saa stor Axevinkel kan ligge i, at hans Materiale (Handelsvare fra en fransk Fabrikant) har indeholdt Ammoniak-Brækvinsten, hvis Axevinkel, som ovenfor vist, er langt større end Kalisaltets.

IV. Toaxet-Monokliniske Krystaller.

61. $Mg Se O^4 + 6 H^2 O$. Selensur Magnium.

Monoklinisk. $a : b : c = 1.3853 : 1 : 1.6850$. $\angle ac = 81^\circ 28'$.

Krystallerne ere ret godt udviklede Kombinationer af Formerne
 (001) , (110) , $(\bar{1}12)$, $(\bar{2}21)$, $(\bar{1}01)$, $(\bar{2}01)$,

med Basen stærkt udviklet.

$$\bar{1}10 : 110 = 107^\circ 75' \qquad 001 : \bar{1}01 = 55^\circ 44'$$

Fortrinlig Gjennemgang parallel $\bar{1}01$.

Vægtfylde = 1.928. Rumfylde = 142.8.

Axeplanet parallelt Symmetriplanet; Karakteren negativ; Dobbeltbrydningen svag. Staurosopiske Undersøgelser gave følgende Værdier:

1. Plade $\alpha : (001) = 35^\circ 4'$
2. Plade $\alpha : (001) = 35^\circ 15'$
3. Plade $\alpha : (001) = 36^\circ 28'$.

Middelværdien:

$$\alpha : (001) = 35^\circ 36' \qquad c : (100) = 27^\circ 4'.$$

Den optiske Orientation er saaledes:

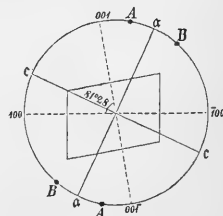
$$\alpha \text{ } \bar{1} \text{ } 001 = 35^\circ 36'.$$

Axevinklen maalt i Olie; Axepalderne slebne ind i Vinklen (100) , (001) under en Vinkel af c. 35° med (001) . Stærk Axedispersion; Øinene røde indvendig $\rho > v$.

1. Plade $((AB)) = 28^\circ 42'$ $e = 1.310 (\pm 10)$ 4.5 mørke Ringe ved Kogsaltlys.
2. Plade $((AB)) = 28^\circ 33'$ $e = 1.310 (\pm 10)$ $N = 4.5$.

$$\text{Middeltallet } ((AB)) = 28^\circ 37'.$$

Prismerne slebne og belagte som almindelig.



Pr. Nr. 145.		$p = 35^{\circ} 56'$		Parallel Axen δ .	
		2α	n	Diff.	Svingning.
ν	C	$37^{\circ} 6.5'$	1.4841	"	} lodret paa Axen.
	D	$37^{\circ} 23'$	1.4877	"	
	F	$37^{\circ} 52.5'$	1.4936	"	
β	C	$37^{\circ} 19'$	1.4869	+ 5	} parallel Axen.
	D	$37^{\circ} 32'$	1.4894	+ 2	
	F	$38^{\circ} 9'$	1.4970	+ 5	

Pr. Nr. 146.		$p = 35^{\circ} 48'$		Parallel Axen δ .	
		2α	n	Diff.	Svingning.
ν	C	$36^{\circ} 55'$	1.4838	"	} lodret paa Kantene.
	D	$37^{\circ} 10'$	1.4867	"	
	F	$37^{\circ} 41.5'$	1.4935	"	
β	C	$37^{\circ} 8'$	1.4863	- 1	} parallel Kantene.
	D	$37^{\circ} 19.5'$	1.4889	- 3	
	F	$37^{\circ} 54.5'$	1.4966	+ 1	

Pr. Nr. 147.		$p = 55^{\circ} 22'$		Parallel Axen δ .	
		2α	n	Diff.	Svingning.
ν	C	$63^{\circ} 40.5'$	1.4844	"	} lodret paa Kantene.
	F	$65^{\circ} 14'$	1.4950	"	
β	C	$64^{\circ} 0'$	1.4867	+ 3	} parallel Kantene.
	F	$65^{\circ} 32'$	1.4970	+ 5	

Pr. Nr. 148.		$p = 47^{\circ} 12'$		Parallel Axen δ .	
		2α	n	Diff.	Svingning.
ν	C	$51^{\circ} 26.5'$	1.4841	"	} lodret paa Kantene.
	F	$52^{\circ} 44.5'$	1.4955	"	
β	C	$51^{\circ} 38.5'$	1.4858	- 6	} parallel Kantene.
	F	$52^{\circ} 44.5'$	1.4955	- 10	

Som Middelværdier af disse Iagttagelser faaes:

$$\beta_C = 1.4864$$

$$\beta_D = 1.4892$$

$$\beta_F = 1.4965.$$

$$\text{Af } (\angle AB) = 28^\circ 37' \quad \text{faaes } (AB) = 42^\circ 33' \quad \text{og} \\ AB = 28^\circ 12'.$$

Af Ringiagttagelserne faaes, da Karakteren er negativ ($e = 2.620$ og $N = 9.25$) Differentsen $(\gamma - \beta)_D = 0.0021$, og heraf

$$\gamma_D = 1.4911.$$

Af denne Værdi i Forbindelse med β_D og AB beregnes atter

$$\alpha_D = 1.4856.$$

Som en Korrektion kunne de anomale Brydningsforhold i Forbindelse med β benyttes til Beregningen af α ; Prismernes Beliggenhed var imidlertid ikke nøiagtig bestemt (saa at de ikke kunde benyttes til den almindelige Beregning af begge Hovedbrydningsforholdene) Prisme 145 og 146 give beregnede under Et $\alpha_D = 1.4850$; 147 og 148 derimod $\alpha_D = 1.4866$, hvis Middeltal er $\alpha_D = 1.4858$, der falder sammen med den ovenfor beregnede Værdi. Paa den sidste Beregning ved Hjælp af de anomale ν bør der imidlertid ikke lægges stor Vægt.

$$\alpha = \frac{1}{a} \quad \beta = \frac{1}{b} \quad \gamma = \frac{1}{c}.$$

62. $CoSeO_4 + 6H^2O$. Selensur Kobolt.

Monoklinisk $a:b:c = 1.3709:1:1.6815$. $ac = 81^\circ 46'$.

Krystallerne ere daarligt udviklede Kombinationer:

$$(001), (110), (1\bar{1}1), (\bar{1}12), (\bar{2}23), (\bar{2}21), (\bar{1}01), (\bar{2}01), (100)$$

af hvilke Basen stedse og $(\bar{2}01)$ undertiden er ret fremtrædende. Fladerne ujevne og gjen-nemædte; Krystallerne hyppig uklare og opfyldte af Kanaler med Moderlud.

Fortrinlig Gjennemgang parallel $\bar{1}01$.

Vægtfylden = 2.175. Rumfylde = 142.6

Axeplanet parallel Symmetriplanet; Karakteren negativ. Dobbeltbrydningen yderst svag.

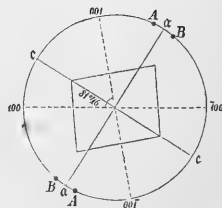
Staurosopisk Undersøgelse af en Plade parallel Symmetriplanet gav:

$$a: (001) = 42^\circ 56' \quad \text{altsaa } c:(100) = 34^\circ 42'$$

Den optiske Orientation er følgelig

$$a \text{ b } (001) = 42^\circ 56'.$$

Paa Grund af Krystallernes daarlige Udvikling og den Lethed, med hvilke de smuldre hen, er det for-



bundet med betydelige Vanskeligheder at slibe en paa Bissectrix lodret Axeplade. Maalingerne ere derfor foretagne paa naturlige Plader, nemlig Fladeparret (001) og Gjennemgangsplader efter ($\bar{1}01$).

1. Plade (001) negativ ((A_1B_1)) = $8^\circ 34'$ $e = 1.410$ 0.5 mørk Ring.

Dens Orientation var $001:a = 42^\circ 56'$. Altsaa den virkelige Axevinkel $AB = 7^\circ 8'$.

2. Plade ($\bar{1}01$) negativ ($(A_{11}B_{11})_D$) = $7^\circ 27'$. Hyperblerne stærkt røde indvendig.

Dens Orientation $a:\bar{1}01 = 12^\circ 52'$. Altsaa $AB = 7^\circ 18'$.

Middeltallet $AB_D = 7^\circ 13'$ og heraf $(AB)_D = 11^\circ 0'$.

Prismerne slebne og belagte som sædvanlig, Orientationen ubestemt.

Pr. Nr. 149.		$p = 50^\circ 57'$.		Parallel Axen b .
		$2a$	n	Diff. Svingning.
β C	$61^\circ 14.5'$	1.5187	- 4	} parallel Axen.
D	$61^\circ 44'$	1.5225	0	

Pr. Nr. 150.		$p = 58^\circ 15'$.		Parallel Axen b .
		$2a$	n	Diff. Svingning.
β C	$74^\circ 16'$	1.5194	- 11	} parallel Axen.
D	$74^\circ 46'$	1.5225	0	

Pr. Nr. 151.		$p = 54^\circ 56.5'$.		Parallel Axen b .
		$2a$	n	Diff. Svingning.
β C	$67^\circ 44'$	1.5169	- 14	

Som Middelværdi faaes:

$$\beta_C = 1.5183$$

$$\beta_D = 1.5225.$$

Af Ringiagttagelser faaes som Maximumsværdi $(\gamma - \beta)_D = 0.0002$, altsaa

$$\gamma_D = 1.5227,$$

eller begge de to Brydningsforhold svarende til til Axerne c og b næsten lige store. Det 3die Brydningsforhold lod sig under disse Omstændigheder aldeles ikke beregne.

63. $MgSeO^4$. $Am^2SeO^4 + 6H^2O$. Selensur Magnium-Ammon.

Monoklinisk $a:b:c = 0.7414:1:0.4968$. $ac = 73^\circ 23'$. (H. Topsøe).

Krystallerne ere Kombinationer af Formerne (110). (001). (011). (201). (010). ($\bar{1}11$) af hvilke (110) og (001) ere fremherskende.

$$110:110 = 70^\circ 47' \quad 011:0\bar{1}1 = 50^\circ 54.5'$$

Gjennemgang ret god parallel ($\bar{2}01$).

Vægtfylde = 2.035. Rumfylde = 223.5.

De optiske Axer ligge i Symmetriplanet; Karakteren positiv; Bissectrix danner en lille Vinkel med Axen a . I Staurosopet findes følgende Værdier for Vinklerne, som Svingningsaxerne danne med Fladenormalerne.

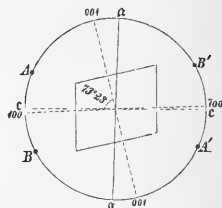
1. Plade $a:(001) = 16^\circ 24'$

2. Plade $a:(001) = 17^\circ 50'$.

Middelværdi: $a:001 = 17^\circ 7'$ og $c:100 = 0^\circ 30'$.

Altsaa optisk Orientation

$$(001) \text{ b } c = 72^\circ 53'.$$



Axevinklen maalt i Olie; Axepalderne slebne under en Vinkel af henholdsvis 106° og $106\frac{1}{2}^\circ$ med Flader (001) . Karakteren positiv; Axedispersionen svag; det ene Øie farveløst, det andet indvendigt rødt.

1. Plade $((AB)) = 55^\circ 27'$ $e = 1.130 \text{ mm } (\pm 0.010)$ 3.5—3.75 Ringe med Kogsaltlys.

2. Plade $((AB)) = 55^\circ 8'$ $e = 2.265 \text{ mm } (\pm 0.005)$ 7.5 mørke Ringe.

Middeltal $((AB)) = 55^\circ 17'$.

Prismerne, hvis Orientation med Hensyn til Axerne a og c er ubekjendt, vare slebne og belagte.

Pr. Nr. 152.

$$p = 46^\circ 23'.$$

Parallel Symmetriaxen.

		$2a$	n	Diff.	Swingning.
β	C	$52^\circ 30.5'$	1.5041	— 5	} parallel Axen.
	D	$52^\circ 49.5'$	1.5069	— 6	
	F	$53^\circ 37'$	1.5136	— 10	

Pr. Nr. 153.

$$p = 47^\circ 45'.$$

Parallel Symmetriaxen.

		$2a$	n	Diff.	Swingning.
β	C	$54^\circ 34.5'$	1.5046	0	} parallel Kanten.
	D	$54^\circ 56.5'$	1.5078	+ 3	
	F	$55^\circ 47'$	1.5152	+ 6	

Pr. Nr. 154.	$p = 49^\circ 41'$		Parallel Symmetriaxen.	
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
C	$57^\circ 29.5'$	1.5050	+ 4	} parallel Kanten.
D	$57^\circ 51.5'$	1.5079	+ 4	
F	$58^\circ 45'$	1.5147	+ 1	

Som Middeltal af disse 3 Rækker Forsøg faaes Middelbrydningsforholdet:

$$\beta_C = 1.5047$$

$$\beta_D = 1.5075$$

$$\beta_F = 1.5146.$$

Af Axevinklen ((AB)) = $55^\circ 17'$ og β_D faaes

$$AB_D = 53^\circ 44' \text{ og } (AB) = 85^\circ 56'.$$

Af Ringiagttagelserne faaes — da Axepadernes Plan indeholdt Axerne b og a :
 $(\beta - \alpha) e = N \times 0.000598$, hvor $e = 3.395$, $N = 11$ altsaa

$$\beta - \alpha = 0.0019 \text{ og idet man gaaer ud fra det fundne } \beta:$$

$$\alpha_D = 1.5056.$$

Af Axevinklen i Forbindelse med den direkte fundne β og den nu beregnede α_D faaes

$$\gamma_D = 1.5150.$$

64. $MgSeO^4$. $K^2SeO^4 + 6H^2O$. Selensur Magnium-Kalium.

Monoklinisk $a : b : c = 0.7447 : 1 : 0.5014$ $ac = 75^\circ 43.5'$.

Iagttagne Krystalformer: (110) , (001) , $(\bar{2}01)$, (011)

af hvilke (110) , (001) ere fremherskende.

Ret tydelig Gjennemgang parallel $(\bar{2}01)$.

Vægtfylde = 2.336. Rumfylde = 212.8.

Axeplanet parallel Symmetriplanet; begge
 Elasticitetsaxer ligge i den stumpe Kant (100) , (001) .
 Karakteren positiv; Dobbeltbrydningen svag.

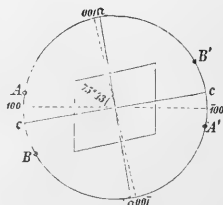
Stauroskopiske Iagttagelser gave for Vinklerne
 mellem Axerne og Fladenomalen Resultaterne:

1. Plade $100 : c = 12^\circ 55'$ altsaa $a : 001 = 1^\circ 21'$

2. Plade $a : 001 = 2^\circ 39'$.

Som Middelværdi af Iagttagelserne paa begge Plader haves altsaa:

$$a : 001 = 2^\circ 0' \text{ og } c : 100 = 12^\circ 16'.$$



Den optiske Orientation bliver altsaa

$$(001) \text{ } \zeta \xi = 88^\circ 0'.$$

Axevinklen maalt i Olie; Axepalderne slebne under en Vinkel af 93° med (001). Karakteren positiv; ingen synlig Axedispersion.

1. Plade $((AB)) = 41^\circ 20'$ $e = 0.750^{\text{mm}}$ (± 0.020) 2.5 mørke Ringe ved Kogsaltlys.

2. Plade $((AB))_D = 41^\circ 10'$ $e = 0.715^{\text{mm}}$ (± 0.020) 2.5 mørke Ringe.

Som Middelværdi af begge Iagttagelser faaes:

$$((AB)) = 41^\circ 15'.$$

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade. Deres Orientation med Hensyn til Axerne a og c var ubekjendt.

Pr. Nr. 155.		$p = 42^\circ 31'.$		Parallel Symmetriaxen.	
		$2a$	n	Diff. Svingning.	
β	C	$46^\circ 10.5'$	1.4941	- 1	} parallel Kanten.
	D	$46^\circ 26'$	1.4968	- 2	
	F	$47^\circ 7.5'$	1.5039	0	

Pr. Nr. 156.		$p = 52^\circ 48'.$		Parallel Symmetriaxen.	
		$2a$	n	Diff. Svingning.	
β	C	$60^\circ 58'$	1.4944	+ 2	} parallel Kanten.
	D	$61^\circ 21.5'$	1.4973	+ 3	
	F	$62^\circ 17'$	1.5040	+ 1	

Som Middeltal af begge Rækker faaes

$$\beta_C = 1.4942$$

$$\beta_D = 1.4970$$

$$\beta_F = 1.5039$$

Af Ringiagttagelserne faaes — da Pladerne indeholde Axerne b og a — efter den almindelige Formel, hvor $e = 1.465$, $N = 5$

$$(\beta - \alpha)_D = 0.0020 \text{ og heraf i Forbindelse med den fundne } \beta_D$$

$$\alpha_D = 1.4950.$$

Af denne samt β_D og Axevinklen, beregnes endelig

$$\gamma_D = 1.5120.$$

Axevinklen $((AB))_D = 41^\circ 10'$ giver

$$(AB)_D = 62^\circ 12' \text{ og } AB_D = 40^\circ 22'.$$

65. *Zn Se O⁴. Am² Se O⁴ + 6 H² O. Selensur Zink-Ammon.*

Monoklinisk $a : b : c = 0.7416 : 1 : 0.5062$. $ac = 73^\circ 49'$.

De almindelige Former ere (110).(001).(011).($\bar{2}$ 01).(010).(120) blandt hvilke (001) og (110) ere fremherskende.

$$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 70^\circ 55' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 51^\circ 52'$$

Gjennemgang ret tydelig parallel ($\bar{2}$ 01).

Vægtfylde = 2.200. Rumfylde = 225.5.

Axeplanet er parallelt med Symmetriplanet; begge Svingningsaxer ligge i den stumpe Vinkel (100).(001). Karakteren positiv. Dobbeltbrydningen svag.

Stauroskopiske lagtagelser paa 2 Plader, slebne parallel Symmetriplanet, gave følgende Værdier for Svingningsaxernes Vinkler med Fladenormalerne:

1. Plade $a : (001) = 13^\circ 7'$

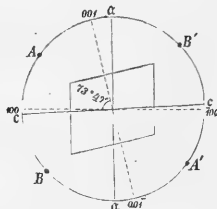
2. Plade $a : (001) = 13^\circ 2'$

Middelværdierne ere altsaa $a : (001) = 13^\circ 4'$;
(100) : $c = 3^\circ 7'$.

Den optiske Orientation bliver altsaa

$$(001) \zeta = 76^\circ 56'.$$

Axevinklen maalt i Olie. Pladerne slebne under en Vinkel af $102-103^\circ$ mod (001). Karakteren positiv. Axedisersionen svag; dog det ene Øie farveløst, det andet grønt indvendig.



1. Plade $((AB)) = 85^\circ 18'$ $e = 1.035 \text{ mm } (\pm 0.005)$; 10.25 mørke Ringe med Kogsaltlys.

2. Plade $((AB)) = 85^\circ 42'$ $e = 0.820 \text{ mm } (\pm 0.010)$; 8.25 mørke Ringe.

Som Middelværdi faaes

$$((AB)) = 85^\circ 30'.$$

Prismerne ere slebne og belagte som sædvanlig; deres Beliggenhed med Hensyn til a og c ubekjendt.

Pr. Nr. 157.

$$p = 40^\circ 30'.$$

Parallel Symmetriaxen.

	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$46^\circ 29.5'$	1.5256	- 3	} parallel Kanten.
D	$46^\circ 48'$	1.5289	- 3	
F	$47^\circ 31.5'$	1.5367	+ 1	

Pr. Nr. 158.		$p = 47^\circ 28'$			Parallel Symmetriaxen.
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$56^\circ 35'$	1.5260	+ 1	} parallel Kanten.
	D	$56^\circ 57.5'$	1.5288	- 4	
	F	$57^\circ 50.5'$	1.5362	- 4	

Pr. Nr. 159.		$p = 44^\circ 55.5'$			Parallel Symmetriaxen.
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$52^\circ 50.5'$	1.5261	+ 2	} parallel Kanten.
	D	$53^\circ 14'$	1.5298	+ 6	
	F	$53^\circ 59.5'$	1.5369	+ 3	

Som Middeltal af de tre Rækker Iagttagelser høves

$$\beta_C = 1.5259$$

$$\beta_D = 1.5292$$

$$\beta_F = 1.5360.$$

Af β_D i Forbindelse med Ringiagttagelserne faaes — idet Axerne a og b ligge i Pladerne — af den almindelige Formel, hvor $e = 1.855$, $N = 18.5$, $(\beta - \alpha)_D = 0.0058$ og

$$\alpha_D = 1.5233.$$

Af den her fundne α_D i Forbindelse med den iagttagne β_D og Axevinklen $((AB)) = 85^\circ 30'$ faaes

$$\gamma_D = 1.5372.$$

Af Axevinklen i Olie beregnes $(AB)_D = 171^\circ 20'$ og $AB_D = 81^\circ 22'$.

66. $Zn SeO^4$. $K^2 SeO^4 + 6H^2 O$. Selenur Zink-kalium.

Monoklinisk $a : b : c = 0.7441 : 1 : 0.5075$. $ac = 75^\circ 46'$.

Krystallerne som de andre isomorfe Salte: (110) . (001) . (011) . $(\bar{2}01)$:

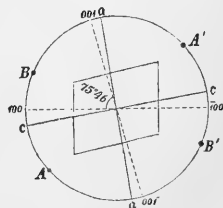
$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 71^\circ 36'$ $011 : 0\bar{1}1 = 52^\circ 23'$.

Gjennemgang temmelig god parallel (201) .

Vægtfylde = 2.538. Rumfylde = 212.0.

Axeplanet parallel Symmetriplanet; begge Svingningsaxer ligge i den stumpe Vinkel (100) . (001) . Karakteren positiv; Dobbeltbrydningen svag.

Staurosopiske Undersøgelser foretagne paa 2 Plader gave følgende Resultater for Vinklerne mellem Axerne og Fladenormalerne:



1. Plade $\alpha : (001) = 0^\circ 47'$

2. Plade $\alpha : (001) = 2^\circ 36'$

Middeltallene ere altsaa $\alpha : (001) = 1^\circ 41'$; $(100) : c = 12^\circ 33'$.

Den optiske Orientation α :

$(001) b c = 88^\circ 19'$.

Axevinklen maalt i Olie; Karakteren positiv; Axedispersionen tydelig; Hyperblerne begge grønne til samme Side.

1. Plade $((AB)) = 68^\circ 53'$ $e = 0.700 (\pm 0.020)$ $N = 6.75$ med Kogsaltlys.

2. Plade $((AB)) = 68^\circ 56'$ $((AB))_D = 68^\circ 38'$ $e = 1.225 (\pm 5)$; $N = 13$.

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade; da deres Orientation med Hensyn til α - og b -Aksene var ubekjendt, kunde kun Brydningsforholdet for Straaler, der svinge parallel Kanten benyttes:

Pr. Nr. 160.	$p = 44^\circ 28'$.			Parallel Axen δ .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$50^\circ 55'$	1.5146	- 2	} parallel Kanten
D	$51^\circ 14.5'$	1.5175	- 2	
F	$51^\circ 58.5'$	1.5244	- 8	
G'	$52^\circ 36 5'$	1.5303	- 5	

Pr. Nr. 161.	$p = 50^\circ 3'$.			Parallel Axen δ .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$59^\circ 20'$	1.5151	+ 3	} parallel Kanten.
D	$59^\circ 43'$	1.5182	+ 5	
F	$60^\circ 35'$	1.5251	- 1	
G'	$61^\circ 24'$	1.5314	+ 6	

Pr. Nr. 162.	$p = 39^\circ 45'$.			Parallel Hovedaxen.
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$44^\circ 28.5'$	1.5146	- 2	} parallel Kanten.
D	$44^\circ 43.5'$	1.5175	- 2	
F	$45^\circ 30'$	1.5260	- 8	

Som Middeltal af disse Bestemmelser have:

$\beta_c = 1.5148$

$\beta_D = 1.5177$

$\beta_F = 1.5252$

$\beta_{G'} = 1.5308$.

Af Ringiagttagelser faaes efter den almindelige Formel, hvor $e = 1.925$, $N = 20.25$, $(\beta - \alpha)_D = 0.0062$ og af β_D

$$\alpha_D = 1.5116.$$

Af denne i Forbindelse med β_D og Axevinklen $((AB))_D$ beregnes

$$\gamma_D = 1.5327.$$

Axevinklen $((AB))_D = 68^\circ 38'$ giver

$$(\angle AB)_D = 111^\circ 50' \quad \text{og} \quad AB_D = 66^\circ 8'.$$

67. *CoSeO₄. Am²SeO₄ + 6H²O. Selensur Kobolt-Ammon.*

Monoklinisk $a : b : c = 0.7414 : 1 : 0.5037$ $ac = 73^\circ 37'$.

Krystallerne ere ikke meget godt udviklede; Fladerne sribede og Krystallerne hyp-pig indvendig uklare. Formerne ere (110).(001).(011).($\bar{2}01$).(010).($\bar{1}11$).

$$110 : 110 = 70^\circ 51' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 51^\circ 35'.$$

Ret god Gjennemgang parallel ($\bar{2}01$).

Vægtfylden = 2.212. Rumfylde = 221.3.

Axeplanet er parallel Symmetriplanet; begge Svingsaxer ligge i den stumpe Vinkel (100).(001). Karakteren positiv; Dobbeltbrydningen svag.

Stauroskopiske Undersøgelser gave følgende Værdier for Vinklerne mellem Axerne og Fladenormalerne:

1. Plade $a : (001) = 13^\circ 36'$ altsaa $(100) : c = 2^\circ 47'$,
 2. Plade $(100) : c = 2^\circ 35'$, altsaa $a : (001) = 13^\circ 48'$.
- Middeltallet er: $a : (001) = 13^\circ 42'$; $(100) : c = 2^\circ 41'$.

Den optiske Orientation er:

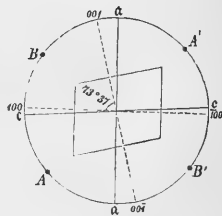
$$(001) \zeta = 76^\circ 18'$$

Axevinklen maalt i Olie; for den spidse Vinkel er Karakteren positiv;

1. Plade dannede Vinkel paa 104° med (001). $e = 0.970^m$ (± 0.000); ved Kog-saltlys iagttoes 11 mørke Ringe $((AB)) = 86^\circ 34'$.

2. Plade næsten parallel med (001); Pladen altsaa lodret paa den stumpe Bissec-trix. Karakteren negativ $e = 0.765^m$; $N = 11$ $((A'B))_D = 104^\circ 0'$.

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade. Med Undtagelse af Pr. Nr. 163 var deres Orientation ubekjendt.



Pr. Nr. 163.		$p = 50^{\circ} 8'$			Parallel Axen \bar{b} .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$61^{\circ} 8'$	1.5282	+ 2	} parallel Kanten.
	D	$61^{\circ} 33'$	1.5313	+ 2	
	F	$62^{\circ} 30.5'$	1.5289	- 3	
ν	C	$61^{\circ} 46'$	1.5331	"	} lodret paa Kanten.
	D	$62^{\circ} 11'$	1.5366	"	
	F	$63^{\circ} 12'$	1.5444	"	

Prismet laa i den stumpe Kant (001).(100); dets Halveringslinie dannede Vinklen $25^{\circ} 54'$ med Axen c og Vinklen $64^{\circ} 6'$ med Axen a .

Pr. Nr. 164.		$p = 38^{\circ} 8'$			Parallel Symmetriaxen.
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$43^{\circ} 27'$	1.5275	- 5	} parallel Kanten.
	D	$43^{\circ} 45'$	1.5306	- 5	
	F	$44^{\circ} 27.5'$	1.5391	- 1	
	G'	$45^{\circ} 0.5'$	1.5452	- 3	

Pr. Nr. 165.		$p = 39^{\circ} 19'$			Parallel Symmetriaxen.
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$45^{\circ} 7'$	1.5284	+ 4	} parallel Axen.
	D	$45^{\circ} 24'$	1.5313	+ 2	
	F	$46^{\circ} 9'$	1.5395	+ 3	
	G'	$46^{\circ} 41.5'$	1.5458	+ 3	

Af lagttagelserne for de tre Prismer faaes Middelværdierne:

$$\beta_C = 1.5280$$

$$\beta_D = 1.5311$$

$$\beta_F = 1.5392$$

$$\beta_{G'} = 1.5455.$$

Af Ringiagttagelserne om den spidse Bissectrix faaes (idet a og b ligge i Pladens Plan) ved i den almindelige Formel at indsætte $e = 0.970$ $N = 11$ $(\beta - \alpha)_D = 0.0067$ og heraf i Forbindelse med den fundne β_D

$$\alpha_D = 1.5244.$$

Af Ringiagttagelserne om den stumpe Bissectrix faaes ($e = 0.765$, $N = 11$) $(\gamma - \beta)_D = 0.0085$. Altsaa

$$\gamma_D = 1.5396.$$

Af ν i Prisme 163 beregnes efter Formlen $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\alpha^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\gamma^2}$, hvor $\alpha = 1.5244$ fundet af Ringiagttagelserne

$$\gamma_D = 1.5396.$$

Af Middelværdien for Axevinklen $AB = 82^\circ 1'$ beregnes endelig af den direkte iagttagne β_D og den ad to Veie beregnede γ følgende Værdi for α :

$$\alpha_D = 1.5248.$$

Middeltallene blive saaledes

$$\alpha_D = 1.5246, \quad \gamma_D = 1.5396.$$

Af den stumpe Axevinkel i Olie beregnes $AB = 81^\circ 46'$, af den spidse derimod $AB = 82^\circ 16'$; medens Axerne ikke kunne træde ud i Luften. Middelværdien er

$$AB = 82^\circ 1',$$

68. $CoSeO^4$. $K^2SeO^4 + 6H^2O$. Selensur Kobolt-Kalium.

Monoklinisk $a : b : c = 0.7379 : 1 : 0.5056$. $ac = 75^\circ 50'$.

Krystallerne som de tidligere beskrevne isomorfe Salte. Krystallerne ere smaa; ofte indvendig uklare; Fladerne stribede. Formerne ere: (110) , (001) , (011) , $(\bar{2}01)$, (010) .

$$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 71^\circ 10' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 52^\circ 14'.$$

Gjennemgang parallel $(\bar{2}01)$.

Vægtfylde = 2.514. Rumfylde = 211.5

Axeplanet parallel Symmetriplanet; begge Svingsaxer ligge i den stumpe Kant (100) , (001) , Karakteren positiv. Dobbeltbrydningen svag.

Svingsaxerne danne følgende Vinkler med Fladenormalerne:

$$1. \text{ Plade } (100) : c = 10^\circ 2' \text{ altsaa } a : (001) = 4^\circ 8'$$

$$2. \text{ Plade } a : (001) = 2^\circ 42'$$

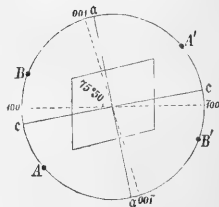
Middelværdierne ere: $a : (001) = 3^\circ 25'$;

$(100) : c = 10^\circ 45'$.

Den optiske Orientation:

$$(001) \xi \zeta = 86^\circ 35'.$$

Axevinklen maalt i Olie; Karakteren positiv; Pladerne ere slebne under en Vinkel af $93\frac{1}{2}^\circ$ med (001) .



1. Plade $((AB)) = 66^\circ 11'$ $e = 1.425$ $N = 14.5$ for Kogsaltlys.

2. Plade $((AB)) = 66^\circ 30'$ $e = 0.740$ $N = 7.5$.

3. Plade sleben omtrent parallel (001), altsaa lodret paa den stumpe Bissectrix.

Karakteren negativ. $((A'B)) = 124^\circ 29'$ $e = 0.670$ (± 0.020) $N = 18.5$. Pladen ikke fuldkommen god. Axevinklen derfor mindre paalidelig.

Prismerne ere slebne og belagte som sadvanlig; deres Orientation ubekjendt

Pr. Nr. 166.		$p = 57^\circ 24'$.		Parallel Axen \bar{b} .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$72^\circ 8'$	1.5163	+ 1	} parallel Kantene.
D	$72^\circ 35.5'$	1.5192	- 3	
F	$73^\circ 46.5'$	1.5265	- 5	

Pr. Nr. 167.		$p = 55^\circ 54'$.		Parallel Axen \bar{b} .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$69^\circ 26'$	1.5167	+ 5	} parallel Kantene.
D	$69^\circ 55.5'$	1.5200	+ 5	
F	$71^\circ 0'$	1.5270	0	

Pr. Nr. 168.		$p = 44^\circ 14'$.		Parallel Axen \bar{b} .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$50^\circ 42'$	1.5155	- 7	} parallel Kantene.
D	$51^\circ 5.5'$	1.5193	- 2	
F	$51^\circ 58'$	1.5276	+ 6	

Som Middeltal af de tre Rækker faaes

$$\beta_C = 1.5162$$

$$\beta_D = 1.5195$$

$$\beta_F = 1.5270.$$

Af Middeltallet af Axevinkelmaalingen om spidse Bissectrix, nemlig $((AB)) = 66^\circ 20'$ faaes

$$AB = 63^\circ 52' \quad \text{og} \quad (AB) = 106^\circ 58'.$$

Af Ringiagttagelserne om den spidse Bissectrix faaes ($N = 22$, $e = 2.165$)
 $(\beta - \alpha)_D = 0.0060$ og heraf

$$\alpha_D = 1.5135.$$

Af Ringiagttagelserne om den stumpe Bissectrix faaes (idet $N = 18.5$ $e = 0.670$)

$$\gamma_D = 1.5358.$$

Af Axevinklen $AB = 63^\circ 52'$ beregnes endelig ved β_D og α_D ovenfor fundne

$$\gamma_D = 1.5354,$$

der stemme fortrinligt med den ovenfor beregnede. Begge give Middeltallet

$$\gamma_D = 1.5356.$$

69. $NiSeO_4$. $Am^2 SeO + 6H^2 O$. **Selensur Nikkel-Ammon.**

Monoklinisk $a : b : c = 0.7378 : 1 : 0.5042$. $ac = 73^\circ 41'$.

Krystallerne — med Kombinationerne (110) . (001) . (011) . $(\bar{2}01)$ — ere sjældent godt udviklede; deres Flader ere som oftest sribede og ujævne.

$$110 : 110 = 70^\circ 36' \quad 011 : 011 = 51^\circ 38.5'$$

Gjennemgang parallel $(\bar{2}01)$.

Vægtfylde = 2.228. Rumfylde = 219.7.

Axeplanet er parallel Symmetriplanet; begge Svingsnings-Axer ligge i den stumpe Kant (100) . (100) ; Karakteren positiv; Dobbeltbrydningen ringe.

Axerne danne efter staurosopiske Undersøgelser følgende Vinkler mod Normalerne til Fladerne (001) , (100) :

1. Plade $a : (001) = 16^\circ 36'$

2. Plade $a : (001) = 17^\circ 12'$

Som Middelværdi

$$a : (001) = 16^\circ 54' \quad c : (100) = 0^\circ 36'$$

Den optiske Orientation er saaledes

$$(001) \text{ b } c = 73^\circ 6'$$

Axevinklen bestemt i Olie; Karakteren positiv. Axepladerne slebne under en Vinkel af $99-100^\circ$ mod (001) . Ingen synlig Dispersion.

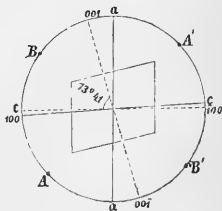
1. Plade $((AB))_D = 91^\circ 20'$. $e = 0.615$ $N = 8.5$.

2. Plade $((AB)) = 91^\circ 19'$. $e = 0.616$ $N = 8.5-9$. Midten usikker.

Som Middelværdi

$$((AB)) = 91^\circ 19.5'$$

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade. Deres Orientation ubekjendt.



Pr. Nr. 169.		$p = 34^\circ 24'$		Parallel Axen b .
		$2a$	n	Svingning.
β	C	$39^\circ 4'$	1.5335	+ 1
	D	$39^\circ 23.5'$	1.5379	+ 7
	F	$39^\circ 57'$	1.5449	+ 8
				} parallel Kanten.
Pr. Nr. 170.		$p = 24^\circ 0.5'$		Parallel Axen b .
		$2a$	n	Svingning.
β	C	$26^\circ 21.5'$	1.5335	+ 1
	D	$26^\circ 32.5'$	1.5368	- 4
	F	$26^\circ 54.5'$	1.5440	- 1
				} lodret paa Kanten.
Pr. Nr. 171.		$p = 33^\circ 38'$		Parallel Axen b .
		$2a$	n	Svingning.
β	C	$38^\circ 3'$	1.5333	- 1
	D	$38^\circ 21'$	1.5669	- 3
	F	$38^\circ 50.5'$	1.5436	- 5
				} lodret paa Kanten.

Som Middelværdi af disse 3 Rækker Forsøg faaes for Middelværdningsforholdet

$$\beta_C = 1.5334$$

$$\beta_D = 1.5372$$

$$\beta_F = 1.5441.$$

Af Ringantallet i Axepaladerne faaes, idet $e = 1.230$, $N = 17$, $(\beta - \alpha)_D = 0.00814$ eller af β_D

$$\alpha_D = 1.5291,$$

og af denne Værdi i Forbindelse med β_D og Axevinklen faaes

$$\gamma_D = 1.5466,$$

Af $((AB))_D = 91^\circ 19'$ beregnes

$$AB_D = 86^\circ 14'.$$

Axerne kunne ikke træde ud i Luften.

70. $NiSeO^4$, $K^2SeO^4 + 6H^2O$. Selensur Nikkel-Kalium.

Monoklinisk $a : b : c = 0.7454 : 1 : 0.5060$. $ac = 75^\circ 7'$. (v. Rath).

Saltet er fuldstændig isomorft med de tidligere beskrevne; dets Krystaller ere smaa; uregelmæssigt udviklede, ofte indvendig uklare. Fladerne ere ujevne.

(001). (110). (011). (201)

$$110 : 1\bar{1}0 = 71^\circ 32' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 52^\circ 7'.$$

Gjennemgang parallel ($\bar{2}01$) ret tydelig.

Vægtfylde = 2.539. Rumfylde = 209.5.

Axeplanet parallelt Symmetriplanet; begge Elasticitetsaxer ligge i den stumpe Kant (100). (001). Karakteren positiv; Dobbelbrydning ringe.

En enkelt Plade sleben parallel-Symmetriplanet gav Værdien

$$a : (001) = 6^\circ 57' \text{ altsaa } 100 : c = 7^\circ 56'.$$

Den optiske Orientation bliver følgende

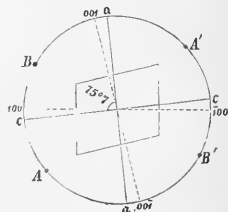
$$(001) \text{ b } \zeta = 83^\circ 3'.$$

Axevinklen maalt i Ole, Axepladen sleben under en Vinkel af 97° med 001. Ingen synlig Axedispersion.

1. Plade (ikke meget god) gav $((AB)) = 77^\circ 15'.$ 2. Plade $((AB)) = 76^\circ 10', \quad e = 0.480\text{mm},$

$N_D = 4.$ Den Værdi for $((AB))$, som denne Plade gav, er udelukkende benyttet ved Beregningen.

Prismerne ere slebne og belagte som sædvanlig.



Pr. Nr. 172.

$$p = 34^\circ 18'.$$

Parallel Axen δ .

	$2a$	n	Diff.	
β C	$38^\circ 1'$	1.5211	+ 4	} parallel Kanten.
D	$38^\circ 16.5'$	1.5246	- 2	
F	$38^\circ 48'$	1.5317	+ 2	

Pr. Nr. 173.

$$p = 30^\circ 57'.$$

Parallel Axen δ .

	$2a$	n	Diff.	
β C	$33^\circ 46'$	1.5194	- 13	} parallel Kanten.
F	$34^\circ 31'$	1.5308	- 7	

Pr. Nr. 174.

$$p = 39^\circ 54'$$

Parallel Axen δ .

	$2a$	n	Diff.	
β C	$45^\circ 17.5'$	1.5215	+ 8	} parallel Kanten.
D	$45^\circ 38.5'$	1.5251	+ 3	
F	$46^\circ 17'$	1.5321	+ 6	

Middelværdierne blive altsaa:

$$\beta_c = 1.5207$$

$$\beta_D = 1.5248$$

$$\beta_F = 1.5315.$$

Af Ringantallet paa Axepladen faaes da Axerne \bar{b} og a ligge i Pladens Plan (idet $e = 0.480$ $N = 4$) $(\beta - \alpha)_D = 0.0049$ og

$$\alpha_D = 1.5199.$$

Af denne Værdi i Forbindelse med β_D og Axevinklen faaes

$$\gamma_D = 1.5339.$$

Endelig giver $((AB)) = 76^\circ 16'$ $(AB) = 129^\circ 56'$ og

$$AB = 72^\circ 56'.$$

71. $FeSeO_4$, $Am^2SeO_4 + 6H^2O$. Selenur Jern-Ammon.

Monoklinisk $a : b : c = 0.7405 : 1 : 0.5012$. $ac = 73^\circ 47'$.

Krystallerne ere store, vandklare, regelmæssigt udviklede Kombinationer (001). (110). (201). (011). ($\bar{1}11$), blandt hvilke (201) er langt stærkere udviklet end almindeligt hos de andre Salte.

$$110 : \bar{1}10 = 70^\circ 50' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 51^\circ 24'.$$

Gjennemgang parallel ($\bar{2}01$).

Vægtfylden = 2.160. Rumfylde = 225.4.

Axeplanet parallel Symmetriaxen; begge Svingningsaxer ligge i den stumpe Kant (100). (001). Karakteren positiv; Dobbeltbrydningen svag.

Stauroskopiske lagtagelser paa 2 Plader gawe følgende Værdier:

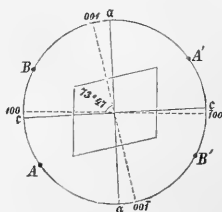
$$1. \text{ Plade } \alpha : (001) = 10^\circ 14'$$

$$2. \text{ Plade } \alpha : (00\bar{1}) = 8^\circ 32'.$$

Middelværdien $\alpha : (001) = 9^\circ 23'$ $(100) c = 6^\circ 50'$, der giver den optiske Orientation

$$(001) \bar{b} c = 80^\circ 37'.$$

Axevinklen maalt i Olie; Karakteren positiv. Axepladerne slebne i Kanten (100). (001) under en Vinkel af 101° med (001). Ingen stærk Dispersion.



1. Plade $((AB)) = 80^\circ 22'$ $e = 2.325 (\pm 5)$ $N_D = 23$.

2. Plade $((AB)) = 80^\circ 23'$, $e = 0.810 (\pm 5)$ $N_D = 8$. Øinene vare grønne mod Centrum; altsaa $e > v$.

Prismerne vare slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 175.		$p = 49^\circ 37'$.			Parallel Axen b .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$59^\circ 34.5'$	1.5226	0	} parallel Kantene.
	D	$60^\circ 0.5'$	1.5259	- 1	
	F	$60^\circ 57'$	1.5333	- 1	
ν	C	$60^\circ 38'$	1.5309	"	} lodret paa Kantene.
	D	$61^\circ 6'$	1.5346	"	
	F	$62^\circ 5'$	1.5423	"	

Prismets ene Flade var parallel (001), den anden sleben ind i den stumppe Vinkel (100).(001). Orientationen altsaa:

$$R:b = 0 \quad R:c = 15^\circ 25' \quad R:a = 74^\circ 35'.$$

Pr. Nr. 176.		$p = 53^\circ 30'$.			Parallel Axen b .
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$66^\circ 1.5'$	1.5226	0	} parallel Kantene.
	D	$66^\circ 31'$	1.5261	+ 1	
	F	$67^\circ 35'$	1.5336	+ 2	
ν	C	$66^\circ 53'$	1.5284	"	} lodret paa Kantene.
	D	$67^\circ 23'$	1.5321	"	
	F	$68^\circ 29'$	1.5396	"	

Prismets ene Flade omtrent parallel $(\bar{2}01)$; den anden sleben ind i Vinklen $(\bar{2}01).(00\bar{1})$. Dets Orientation

$$R:b = 0 \quad R:c = 28^\circ 17' \quad R:a = 61^\circ 43'.$$

Af de anomale Brydningsforhold beregnes efter to Formler $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\gamma^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\alpha^2}$ hvor Rc er $15^\circ 25'$ og $28^\circ 17'$ Værdier for α og γ , der kommer til at ligge paa følgende Maade til de anomale ν .

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>R: a</i>	<i>R: b</i>	<i>R: c</i>	
γ	1.5339	1.5358	1.5436	0°	0°	90°	beregnet
ν	1.5309	1.5346	1.5423	0°	15° 25'	74° 35'	Pr. 175
	1.5284	1.5321	1.5396	0°	28° 17'	61° 43'	Pr. 176
α	1.5177	1.5199	1.5263	0°	90° 0'	0°	beregnet.

Uagtet Prismerne ingenlunde ligge saa heldigt som ønskeligt for Beregningen — navnlig af α — maa Værdierne for α og γ dog betragtes som gode, da Prismerne i enhver Henseende vare fortrinlige til nøiagtig Bestemmelse af Brydningsforholdene.

Dette bekræftes nu ogsaa ved følgende Værdier for α og γ , som faaes ad anden Vei.

Af Ringiagttagelserne faaes, idet $e = 3.135$, $N = 31$, $(\beta - \alpha)_D = 0.00582$ eller ved at gaa ud fra den iagttagne β_D

$$\alpha_D = 1.5202,$$

der viser den ønskeligste Overensstemmelse med den af ν beregnede α .

Af Akevinklen i Forbindelse med $\alpha_D = 1.5202$ faaes

$$\gamma_D = 1.5353,$$

der ligeledes viser god Samstemning med den anden beregnede Værdi.

Af Akevinklen $((AB)) = 80^\circ 22.5'$ beregnes $(AB) = 142^\circ 50'$ og

$$AB = 76^\circ 48'.$$

Middeltallene af de 3 Hovedbrydningsforhold.

	α	β	γ
<i>C</i>	1.5177	1.5226	1.5339
<i>D</i>	1.5201	1.5260	1.5356
<i>F</i>	1.5263	1.5334	1.5436

72. *CuSeO⁴. Am²SeO⁴ + 6H²O. Selensur Kobber-Ammon.*

Monoklinisk $a : b : c = 0.7488 : 1 : 0.5126$. $ac = 74^\circ 27.5'$.

Krystallerne ere ikke godt udviklede; i Reglen ere de uigjennemsigtige og deres Flader sribede og ujevne. (110) , (001) , (011) , $(\bar{2}01)$, (120) , $(\bar{1}11)$.

$$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 71^\circ 37' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 52^\circ 34'.$$

God Gjennemgang parallel $(\bar{2}01)$.

Vægtfylde = 2.221. Rumfylde = 222.5.

Axeplanet er parallelt Symmetriaxen; den ene Svingningsaxe ligger i den stumpe Vinkel (100).(001). Karakteren negativ.

1. Plade (100) $c = 12^\circ 16'$

2. Plade (100) $c = 12^\circ 24'$.

Middelværdien

(100) $c = 12^\circ 20'$ og $a:(001) = 3^\circ 12'$,

og den optiske Orientation

$a b(001) = 3^\circ 12'$.

Axevinklen maalt i Olie; Pladerne om den stumpe Bissectrix positiv, sleben under en Vinkel 93° mod (001). Axevinklen for disse Plader mindre paa-lidelig, da Øinene vare dobbelte.

1. Plade $e' = 0.530 (\pm 30)$ $N'_D = 13$. Øinene indvendig grønne,

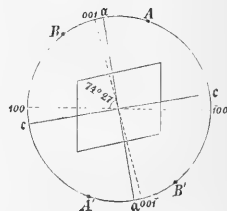
2. Plade $e' = 0.620 (\pm 10)$ $N'_D = 15$ $((A'B)) = c 127^\circ 10'$,

3. Plade $e' = 0.505 (\pm 15)$ $N'_D = 12$ $((A'B)) = c 130^\circ$,

4. Plade om spidse Bissectrix. Karakteren negativ. Pladen sleben under en Vinkel 3° mod (001) i den stumpe Kant (001).(100).

$((AB))_D = 58^\circ 9'$ $e = 0.695 (\pm 15)$ $N_D = 4.75$.

Prismerne ere slebne og belagte som sædvanlig.



Pr. Nr. 177.		$p = 59^\circ 8'$		Parallel Axen b .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$78^\circ 8'$	1.5318	+ 1	} parallel Kanten.
D	$78^\circ 44.5'$	1.5353	- 2	
F	$80^\circ 13'$	1.5437	0	

Pr. Nr. 178.		$p = 32^\circ 41'$		Parallel Axen c .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$36^\circ 45'$	1.5315	- 2	} parallel Kanten.
D	$37^\circ 2'$	1.5357	- 2	
F	$37^\circ 36'$	1.5436	- 1	

Af disse Jagttagelser faaes Middelmiddelværdier

$\beta_C = 1.5317$

$\beta_D = 1.5355$

$\beta_F = 1.5437$.

Af den enkelte Maaling for den spidse Axevinkel $(\angle AB) = 58^\circ 9'$ faaes

$$(AB)_D = 91^\circ 6' \quad AB_D = 55^\circ 24'.$$

Af Ringiagttagelserne for Plade I—III faaes, idet Axerne a og b ligge i Axepladernes Plan og $e' = 1.660$, $N_D = 40$, $(\beta - \alpha)_D = 0.0142$ og $\alpha_D = 1.5213$.

Af Ringiagttagelserne om den negative Axevinkel (Pl. IV) faaes, idet Axerne b og c ligge i Pladens Plan $e = 0.695$ $N = 4.75$ $(\gamma - \beta)_D = 0.0040$ og heraf

$$\gamma_D = 1.5395.$$

Af Axevinklen i Forbindelse med den iagttagne β_D og den ovenfor fundne α faaes atter

$$\gamma_D = 1.5395,$$

der falder fuldstændig sammen med den af Ringiagttagelserne beregnede.

73. $Cu Se O^4$, $K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$. **Selensur Kobber-Kalium.**

Monoklinisk $a : b : c = 0.7489 : 1 : 0.5230$. $ac = 76^\circ 41$.

Krystallerne ere daarligt udviklede; de ere smaa og deres Flader ujevne. Formerne ere: (110) , (001) , (011) , $(\bar{2}01)$, (100) , (120) .

$$110 : 1\bar{1}0 = 72^\circ 10' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 53^\circ 56'.$$

Gjennemgang parallel (201) .

Vægtfylde = 2.527. Rumfylde = 212.3.

Axeplanet parallelt Symmetriplanet; begge Svingsaxer ligge i den stumpe Kant. Karakteren negativ.

En enkelt Plade gav ved staurosopisk Undersøgelse følgende Værdier:

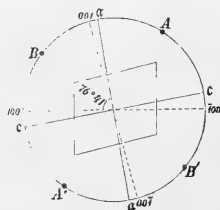
$$a : 001 = 2^\circ 26' \quad 100 : c = 10^\circ 53'.$$

Altsaa den optiske Orientation

$$\alpha \text{ b } (001) = 2^\circ 26'.$$

Axevinklen maalt i Olie; Axepladerne lodrette

paa den spidse Bissectrix vare negative (slebne omtrent parallel 001); de lodrette paa den stumpe Bissectrix derimod positive (slebne under Vinkel 91° mod (001) i den stumpe Kant (100) , (001)).



1. Plade positiv $((A'B))_D = 96^\circ 16'$ $e' = 0.830 (\pm 5)$ $N'_D = 19.5$
 2. Plade negativ $((AB))_D = 92^\circ 53'$ $e = 0.700 (\pm 20)$ $N' = c 16$. Denne

Plade var ikke god. Øinene noget utydelige.

Af $((A'B))_D$ faaes $A'B_D = 91^\circ 48'$ (positiv), altsaa $AB_D = 88^\circ 12'$.

Af $((AB))_D$ faaes $AB_D = 88^\circ 40'$ (negativ). Axerne kunne ikke træde ud i Luften.

Prismerne ere slebne og belagte som sædvanlig.

Pr. Nr. 179.	$p = 38^\circ 35'$			Parallel Axen b .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$43^\circ 24.5'$	1.5199	- 4	} parallel Kanten.
D	$43^\circ 42.5'$	1.5233	- 5	
F	$44^\circ 25.5'$	1.5317	- 2	
β C	$44^\circ 21.5'$	1.5309	"	} lodret paa Kanten.
D	$44^\circ 40'$	1.5343	"	
F	$45^\circ 23.5'$	1.5427	"	

Pr. Nr. 160.	$p = 48^\circ 47'$			Parallel Axen b .
	$2a$	n	Diff.	Svingning.
β C	$58^\circ 2.5'$	1.5206	+ 3	} parallel Kanten.
D	$58^\circ 23'$	1.5236	+ 1	
F	$59^\circ 27'$	1.5324	+ 4	
β C	$59^\circ 6'$	1.5294	"	} lodret paa Kanten.
D	$59^\circ 36'$	1.5334	"	
F	$60^\circ 26'$	1.5402	"	

I begge Prismer var den ene Flade parallel (001). Da de anomale Brydningsforhold ligge hinanden saa nær, ere begge Prismer tagne under Et; deres Middell-Orientation er derfor

$$R : b = 0 \quad R : c = 24^\circ 16' \quad R : a = 65^\circ 44'.$$

Middeltallene for Middellbrydningsforholdet ere:

$$\beta_C = 1.5203$$

$$\beta_D = 1.5235$$

$$\beta_F = 1.5320.$$

Ringigttagelserne om den positive Axevinkel (Pl. I) give; da b og a ligge i Pladens Plan ($e = 0.830$, $N' = 19.5$) ($\beta - \alpha)_D = 0.0158$ og

$$\alpha_D = 1.5096.$$

Ringigttagelserne om den negative (spidse) Axevinkel give paa samme Maade $\gamma_D = 1.537$; denne Værdi er imidlertid ikke paalidelig, da Pladen var meget mangelfuld.

Af Axevinklen $((A'B))_D = 96^\circ 16'$ i Forbindelse med den ovenfor beregnede α_D faaes en mere paalidelig Værdi for γ_D , nemlig

$$\gamma_D = 1.5385;$$

denne Værdi falder fuldstændig sammen med den, der beregnes af det anomale Brydningsforhold efter Formlen $\frac{1}{\nu_D^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\gamma_D^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\alpha_D^2}$, hvor $Rc = 24^\circ 16'$, ν_D i Middel af begge Prismer = 1.5338, α_D den ovenfor beregnede Værdi. Saaledes faaes

$$\gamma_D = 1.5389.$$

Resultatet er altsaa

$$AB_D = 88^\circ 12', \\ \alpha_D = 1.5096 \quad \gamma_D = 1.5387.$$

74. $MgSO^4$. $Am^2 SO^4 + 6H^2 O$. Svolvur Magnium-Ammon.

Monoklinisk $a : b : c = 0.7376 : 1 : 0.4891$. $ac = 72^\circ 54'$. (Murmans og Rotter).

Krystallerne som oftest regelmæssigt udviklede Kombinationer af de almindelige Former med (001) og (110) fremherskende.

$$110 : 1\bar{1}0 = 70^\circ 22' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 50^\circ 6'.$$

God Gjennemgang parallel $(\bar{2}01)$.

Vægtfylde = 1.720. Rumfylde = 209.3.

Axeplanet parallel Symmetriplanet; begge Axer i den stumpe Kant (100).(001). Karakteren positiv. Dobbeltbrydningen svag.

Stauroskopiske Undersøgelser have givet os følgende Værdier:

$$(100) : c = 5^\circ 55' \text{ altsaa } a : (001) = 11^\circ 11'$$

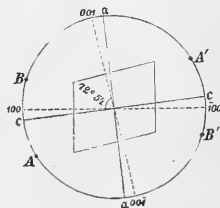
Den optiske Orientation er følgelig

$$(001) \bar{b} \zeta = 78^\circ 49'.$$

Murmans og Rotter (Sitzungsber. 34.147) fandt $(001) \bar{b} \zeta = 77^\circ 50'$;

Sénarmont derimod $81^\circ 19' - 80^\circ 59'$

Axevinklen maalt i Olie. Axepladerne slebne i den stumpe Kant (100).(001) under Vinkel 101° med (001). Karakteren positiv; Axedispersionen mærkelig; det ene Øie ufarvet, det andet indvendigt rødt.



1. Plade $((AB)) = 50^\circ 38'$; $e = 1.445 (\pm 0.005)$ 3 mørke Ringe.

2. Plade $((AB)) = 51^\circ 0'$; $e = 1.527 (\pm 0.005)$ $N = 3.5$.

Som Middeltal faaes $((AB)) = 50^\circ 49'$.

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 181.	$p = 52^\circ 44'$.			Parallel Axen \bar{b} .
	2α	n	Diff.	Svingning.
ν C	$57^\circ 29.5'$	1.4696	"	} lodret paa Kantene.
D	$57^\circ 50'$	1.4721	"	
F	$58^\circ 34.5'$	1.4775	"	
β C	$57^\circ 41'$	1.4710	+ 3	} parallel Kantene.
D	$58^\circ 0.5'$	1.4733	+ 5	
F	$58^\circ 46'$	1.4790	+ 3	

Prismet bestod af 2 Flader slebne ind over $00\bar{1}$. Dets Orientation er:

$$R:b = 0 \quad R:a = 7^\circ 34' \quad R:c = 82^\circ 26'.$$

Pr. Nr. 182.	$p = 44^\circ 53'$.			Parallel Axen.
	2α	n	Diff.	Svingning.
β C	$46^\circ 49'$	1.4704	— 3	} parallel Kantene.
D	$47^\circ 2.5'$	1.4724	— 4	
F	$47^\circ 40.5'$	1.4784	— 3	
ν C	$47^\circ 8.5'$	1.4731	"	} lodret paa Kantene.
D	$47^\circ 24'$	1.4759	"	
F	$48^\circ 1'$	1.4817	"	

Prismet bestod af en Flade parallel Basen og en Flade sleben ind i den spidse Kant (001) . Dets Orientation er altsaa:

$$R:b = 0 \quad R:c = 33^\circ 38' \quad R:a = 56^\circ 22'.$$

Af de anomale Brydningsforhold beregnes de to ubekjendte Hovedbrydningsforhold af to Ligninger $\frac{1}{\nu^2} = \frac{\cos^2 Rc}{\alpha^2} + \frac{\sin^2 Rc}{\gamma^2}$, hvor Rc ere de to Vinkler $82^\circ 26'$ og $33^\circ 38'$.

Resultaterne i deres Forhold til de anomale Brydningsforhold sees af efterfølgende Oversigt:

	C	D	F	R:b	R:c	R:a	
α	1.4698	1.4719	1.4774	0	$90^\circ 0'$	0°	beregnet
ν {	1.4696	1.4721	1.4775	0	$82^\circ 25'$	$7^\circ 35'$	Pr. 181.
	1.4734	1.4759	1.4817	0	$33^\circ 37'$	$56^\circ 22'$	Pr. 182.
γ	1.4751	1.4786	1.4837	0	0°	$90^\circ 0'$	beregnet.

Af Ringiagttagelserne faaes idet $e = 2.972$ $N = 6.5$ $(\beta - \alpha)_D = 0.00129$ og
 $\alpha_D = 1.4715$

og af denne i Forbindelse med β_D og Akevinklen $((AB)) = 50^\circ 49'$,

$$\gamma_D = 1.4796.$$

Af Akevinklen i Olie beregnes $(AB) = 78^\circ 4.5'$ og $AB = 50^\circ 40'$.

Middeltal.

	α	β	γ
<i>C</i>	1.4698	1.4707	1.4751
<i>D</i>	1.4717	1.4728	1.4791
<i>F</i>	1.4774	1.4787	1.4837

Tidligere Iagttagelser ere foretagne af

Brewster, der fandt $AB = 51^\circ 22'$, $\beta = 1.483$.

Sénarmont, $AB = 51^\circ 4'$, $\beta = 1.476 - 1.483$.

Heusser, $AB_\rho = 50^\circ 27'$, $AB_\gamma = 50^\circ 14'$, $AB_{\gamma\rho} = 49^\circ 47'$, $AB_\nu = 48^\circ 54'$,

$$\beta_\rho = 1.4677 \quad \beta_\gamma = 1.4737 \quad \beta_{\gamma\rho} = 1.4787 \quad \beta_\nu = 1.4846.$$

Murmann & Rotter $AB = 50^\circ 22'$,

$$\beta_\rho = 1.469 \quad \beta_\gamma = 1.471 \quad \beta_{\gamma\rho} = 1.473 \quad \beta_\nu = 1.475.$$

75. $MgSO^4 \cdot K^2SO^4 + 6H^2O$. Svoilsur Magnium-Kalium.

Monoklinsk $a : b : c = 0.7420 : 1 : 0.5005$, $ac = 75^\circ 5'$. (Murmann & Rotter).

Krystallerne ere regelmæssigt uddannede Kombinationer af Formerne
 $(110) \cdot (001) \cdot (011) \cdot (\bar{2}01) \cdot (100) \cdot (\bar{1}11)$. Basen hyppigt stærkt udviklet.

$$110 : \bar{1}\bar{1}0 = 71^\circ 17' \quad 011 : 0\bar{1}1 = 51^\circ 36'.$$

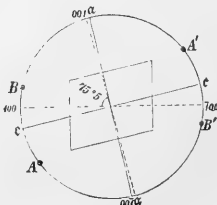
Gjennemgang meget tydelig efter $(\bar{2}01)$.

Vægtfylde = 2.024. Rumfylde = 198.7.

Axeplanet er parallelt Symmetriplanet; begge
 Svingninger ligge i den stumpe Kant $(001) \cdot (100)$. Karakteren positiv. Dobbeltbrydningen svag.

Axerne danne efter stauroskopiske Undersøgelser paa en enkelt Plade følgende Vinkler med Fladenormalerne:

$$a : (001) = 0^\circ 30' \quad \text{altsaa} \quad (100)c = 14^\circ 25'.$$



Den optiske Orientation er:

$$(001) \text{ b } \zeta = 89^\circ 30'.$$

Efter Murmann & Rotter er Vinklen lig $89^\circ 0'$.

Axepladerne ere dels slebne parallel (001), altsaa lodret paa den stumpe Bisectrix, dels under en Vinkel paa 91° med (001) i Kanten (001).(100).

1. Plade positiv $((AB)_D = 47^\circ 56'$ $e = 1.030 (\pm 0.005)$ $N = 4.5$. Det ene Øie farveløst, det andet indvendigt rødt.

2. Plade negativ $((A'B)_D = 131^\circ 21'$ $e = 1.857 (\pm 0.008)$ $N = 40$.

3. Plade negativ $((A'B)_D = 130^\circ 48'$ $e = 0.775 (\pm 0.003)$ $N = 16$.

Begge Øie udvendig grønne.

Af Plade I faaes $AB = 48^\circ 8'$; af II og III $47^\circ 54'$.

$$\text{Middeltallet } AB_D = 48^\circ 1' \quad \text{og } (AB)_D = 73^\circ 5'$$

Prismerne ere slebne og belagte paa almindelig Maade.

Pr. Nr. 183.		$p = 70^\circ 59'$.		Diff.	Parallel Axen δ .
		$2a$	n		Svingning.
β	C	$90^\circ 4.5'$	1.4608	- 2	} parallel Kanten.
	D	$90^\circ 39'$	1.4632	- 1	
	F	$91^\circ 56'$	1.4682	0	
ν	C	$92^\circ 4'$	1.4687	"	} lodret paa Kanten.
	D	$92^\circ 41'$	1.4712	"	
	F	$94^\circ 3.5'$	1.4765	"	

Prismet bestod af en Flade parallel (001) samt en Flade sleben ind i den stumpe Vinkel (001).(100). Dets Orientation er altsaa

$$R : b = 0 \quad R : c = 35^\circ 0' \quad R : a = 55^\circ 0'.$$

Pr. Nr. 184.		$p = 72^\circ 44'$.		Diff.	Parallel Axen δ .
		$2a$	n		Svingning.
β	C	$94^\circ 14'$	1.4613	+ 3	} parallel Kanten.
	D	$95^\circ 19'$	1.4634	+ 1	
	F	$96^\circ 45.5'$	1.4687	+ 5	
ν	C	$96^\circ 37.5'$	1.4082	"	} lodret paa Kanten.
	D	$97^\circ 15'$	1.4704	"	
	F	$98^\circ 45'$	1.4758	"	

Prismet bestod af en Flade parallel Basen og en Flade sleben ind i den spidse Vinkel (001). (100). Dets Orientation

$$R:b = 0 \quad R:c = 36^\circ 52' \quad R:a = 53^\circ 8'.$$

Pr. Nr. 185.		$p = 46^\circ 8.5'$			Parallel Axen b .
		2α	n	Diff.	Svingning.
β	C	$47^\circ 30'$	1.4617	+ 7	} parallel Kanten.
	D	$47^\circ 45'$	1.4640	+ 7	
	F	$48^\circ 18.5'$	1.4690	+ 8	
ν	C	$47^\circ 49'$	1.4646	"	} lodret paa Kanten.
	D	$48^\circ 4'$	1.4669	"	
	F	$48^\circ 40'$	1.4723	"	

Prismet bestod af en Flade parallel ($\bar{1}00$) og en Flade sleben ind i den spidse Kant (001). ($\bar{1}00$). Dets Orientation er

$$R:b = 0 \quad R:a = 37^\circ 29' \quad R:c = 52^\circ 31'.$$

Pr. Nr. 186.		$p = 36^\circ 18'$			Parallel Axen b .
		2α	n	Diff.	Svingning.
ν	C	$35^\circ 25.5'$	1.4578	"	} lodret paa Kanten.
	D	$35^\circ 36.5'$	1.4599	"	
	F	$35^\circ 58'$	1.4644	"	
β	C	$35^\circ 38'$	1.4603	- 7	} parallel Kanten.
	D	$35^\circ 49'$	1.4626	- 7	
	F	$36^\circ 10'$	1.4669	- 13	

Prismet bestod af en Flade parallel ($\bar{1}00$) og en Flade sleben ind i den stumpe Vinkel. Dets Orientation

$$R:b = 0 \quad R:a = 1^\circ 22' \quad R:c = 88^\circ 38',$$

altsaa er det anomale Brydningsforhold meget nær lige stor med Hovedbrydningsforholdet α .

Af Ringiagttagelserne om den spidse Bissectrix faaes, idet $e = 1.030$, $N = 4.5$, $(\beta - \alpha)_D = 0.0026$ og heraf

$$\alpha_D = 1.4607.$$

Af Ringiagttagelserne for den stumpe Axevinkel faaes, idet $e = 2.632$, $N = 56$, $(\gamma - \beta)_D = 0.0125$, og heraf

$$\gamma_D = 1.4758.$$

Af de anomale Bøjningsforhold beregnes ved Hjælp af de mindste Kvadraters Methode efter den almindelige Formel, de to ubekjendte Hovedbøjningsforhold α og γ . Deres Forhold til de anomale med de tilsvarende Orientationer i Forhold til Elasticitets-axerne sees af følgende Oversigt.

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>R</i> : <i>b</i>	<i>R</i> : <i>a</i>	<i>R</i> : <i>c</i>	
γ	1.4743	1.4768	1.4827	0	90° 0'	0°	beregnet
ν	1.4687	1.4712	1.4765	0	55° 0'	35° 0'	Pr. 183.
	1.4682	1.4701	1.4758	0	53° 8'	36° 52'	Pr. 184.
	1.4646	1.4669	1.4723	0	37° 29'	52° 31'	Pr. 185.
	1.4578	1.4599	1.4644	0	1° 22'	88° 38'	Pr. 186.
α	1.4582	1.4602	1.4649	0	0°	90° 0'	beregnet.

Som det sees, stemme disse Værdier ret vel overens med de overfor for *D* beregnede.

Middeltal.

	α	β	γ
<i>C</i>	1.4582	1.4610	1.4743
<i>D</i>	1.4602	1.4633	1.4768
<i>F</i>	1.4649	1.4682	1.4827

$$AB_D = 48^\circ 1', \quad (AB)_D = 73^\circ 5'.$$

Murmann & Rotter (Sitzungsber. 34. 144) fandt $(AB) = 74^\circ 2'$, $AB = 48^\circ 21'$ og $\beta_D = 1.468$ $\beta_\gamma = 1.470$ $\beta_{D\gamma} = 1.474$ $\beta_{\beta\lambda} = 1.476$.

Som det vil sees, falde deres Værdier næsten fuldstændig sammen med de for Ammoniaksaltet fundne, medens de fjerne sig temmelig meget fra vore. At der imidlertid maa være begaaet en Feil — eller Feiltagelse — fra deres Side, er høist sandsynligt, da Kaliforbindelsernes Middelbøjningsforhold baade i den svovlsure og i den selensure Rækkes Salte ellers gjennemgaaende er langt mindre end Ammonsaltenes.

76. $FeSO^4. K^2SO^4 + 6H^2O$. Svovlsur Jern-Kalium.

Monoklinisk $a : b : c = 0.7512 : 1 : 0.5111$. $ac = 75^\circ 44'$. (Murmann & Rotter).

Smukt udviklede, klare, lysegrønne Kombinationer :

$$(001). (110). (011). (\bar{2}01). (100). (120). (\bar{1}11). (\bar{1}21).$$

Fladen (001) i Reglen fremherskende.

$$110:110 = 72^\circ 7' \quad 011:0\bar{1}1 = 52^\circ 42'$$

Gjennemgang parallel $(\bar{2}01)$.

Vægtfylde = 2.189. Rumfylde = 198.4. (Schiff).

Axeplanet parallelt Symmetriplanet, begge Svingningsaxer ligge i den stumpe Kant (100) . (001) . Karakteren positiv. Dobbeltbrydningen svag.

Ved stauroskopiske Undersøgelser have vi fundet følgende Vinkler mellem Axerne og Fladenormalerne.

$$1. \text{ Plade } a:(001) = 4^\circ 14'$$

$$2. \text{ Plade } a:(001) = 3^\circ 14'.$$

Middeltallet bliver

$$a:(001) = 3^\circ 44' \text{ altsaa } (100):c = 10^\circ 32'.$$

Den optiske Orientation er altsaa

$$(001)\bar{b}c = 86^\circ 16'.$$

Miller fandt $(001)c = 81^\circ 9'$; Murmann & Rötter $87^\circ 14'$.

Axevinklen maalt i Olie. Pladen, lodret paa den spidse Bissectrix, er sleben i den stumpe Kant (001) . (100) under en Vinkel 94° med (001) ; den, lodret paa den stumpe Bissectrix, under en Vinkel af $3-4^\circ$ med (001) .

1. Plade positiv $((AB)) = 67^\circ 48'$ $e = 2.700^{\text{mm}}$ (± 0.010); ved Kogsaltlys 29.5 mørke Ringe.

2. Plade $((A'B)) = 114^\circ 7'$ $e = 1.315$ (± 0.010); $N' = 31.5$, denne Plade var ikke fuldkommen saa god som den første; Axeinene noget utydelige og dobbelte.

Af $((AB)) = 67^\circ 5'$ og $(AB) = 110^\circ 2'$; af den stumpe Vinkel faaes -derimod $AB = 67^\circ 32'$. Middeltallet giver

$$AB = 67^\circ 18' \quad \text{og } (AB) = 110^\circ 32'.$$

Af Ringiagttagelserne i den spidse Axevinkel faaes, idet Axerne b og a ligge i Pladens Plan, $(\beta-\alpha)_D = 0.0064$ og af β_D direkte funden

$$\alpha_D = 1.4768.$$

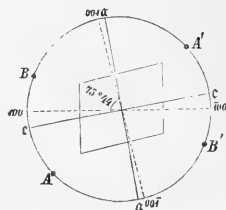
Af Ringiagttagelserne om den stumpe Bissectrix faaes, idet b og c ligge i Pladens Plan $(\gamma-\beta)_D = 0.0141$ og heraf atter

$$\gamma_D = 1.4973.$$

Af Axevinklen $AB = 67^\circ 18'$ i Forbindelse med de to β_D og α_D beregnes atter

$$\gamma_D = 1.4976.$$

Prismerne ere slebne og belagte som sædvanlig.



Pr. Nr. 187.		$p = 35^{\circ} 5'$.		Parallel Axen \bar{b} .	
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$35^{\circ} 48.5'$	1.4800	- 6	} parallel Kanten.
	D	$36^{\circ} 1'$	1.4829	- 3	
	F	$36^{\circ} 29.5'$	1.4891	+ 1	
ν	C	$36^{\circ} 43.5'$	1.4921	"	} lodret paa Kanten.
	D	$36^{\circ} 58'$	1.4951	"	
	F	$37^{\circ} 27.5'$	1.5016	"	

Pr. Nr. 188.		$p = 39^{\circ} 23'$.		Parallel Axen \bar{b} .	
		$2a$	n	Diff.	Svingning.
β	C	$40^{\circ} 57.5'$	1.4809	+ 3	} parallel Kanten.
	D	$41^{\circ} 12'$	1.4835	+ 3	
	F	$41^{\circ} 42'$	1.4891	+ 1	
ν	C	$41^{\circ} 58'$	1.4921	"	} lodret paa Kanten.
	D	$42^{\circ} 14'$	1.4951	"	
	F	$42^{\circ} 48'$	1.5014	"	

I begge Prismer var den ene Flade parallel Basen, den anden sleben ind i den spidse Vinkel (001).($\bar{1}00$). Pr. 187's Orientation var

$$R:b = 0 \quad R:c = 21^{\circ} 16' \quad R:a = 68^{\circ} 44'.$$

Pr. 188's Orientation

$$R:b = 0 \quad R:c = 23^{\circ} 26' \quad R:a = 66^{\circ} 34'.$$

Pr. Nr. 189.		$p = 50^{\circ} 35'$.		Næsten parallel Axen c .	
		$2a$	n	Diff.	Symmetrisk mod \bar{b} .
β	C	$55^{\circ} 45.5'$	1.4805	- 1	} lodret paa Kanten.
	D	$56^{\circ} 5'$	1.4828	- 4	
	F	$56^{\circ} 46.5'$	1.4884	- 6	
ν_c	C	$57^{\circ} 32'$	1.4944	"	} parallel Kanten.
	D	$57^{\circ} 54.5'$	1.4973	"	
	F	$58^{\circ} 41'$	1.5034	"	

Prismet var slebet næsten parallel med Axen c , medens \bar{b} faldt sammen med Halveringslinien. Dets Orientation var

$$R:b = 0 \quad R:a = 3^{\circ} 44' \quad R:c = 86^{\circ} 16'.$$

Pr. Nr. 190.		$p = 70^\circ 30'$			Symmetrisk mod δ .	
		$2a$	n	Diff.	Swingning.	
ν_a	C	$92^\circ 33.5'$	1.4756	"	} parallel Kanten.	
	D	$93^\circ 11.5'$	1.4781	"		
	F	$94^\circ 39.5'$	1.4839	"		
	β	C	$93^\circ 55.5'$	1.4810	+ 4	} lodret paa Kanten.
		D	$94^\circ 34'$	1.4835	+ 3	
		F	$96^\circ 4'$	1.4893	+ 3	

Prismet var slebet symmetrisk mod δ , i Prismezone. Dets Orientation er:

$$R:b = 0 \quad R:a = 10^\circ 32' \quad R:c = 79^\circ 28'.$$

Af de anomale Brydningsforhold beregnes efter den almindelige Formel ved Hjælp af de mindste Kvadraters Methode de to ubekjendte Brydningsforhold, idet Pr. 187 og 188 ere tagne under Et paa Grund af deres næsten identiske Beliggenhed. Forholdet mellem de beregnede Værdier og de givne anomale Brydningsforhold med deres tilsvarende Orientation, sees af følgende Oversigt:

	C	D	F	$R:b$	$R:c$	$R:a$	
α	1.4751	1.4775	1.4833	0	90°	0°	beregnet
ν	1.4756	1.4781	1.4839	0	$79^\circ 28'$	$10^\circ 32'$	Pr. 190.
	1.4921	1.4951	1.5015	0	$22^\circ 21'$	$67^\circ 39'$	Pr. 187, 188.
	1.4944	1.4973	1.5034	0	$3^\circ 44'$	$86^\circ 16'$	Pr. 189.
γ	1.4947	1.4973	1.5041	0	0°	$90^\circ 0'$	beregnet.

Disse Resultater stemme, som det vil sees, fortrinligt med de af Ringigttagelserne i Forbindelse med β_D beregnede Værdier.

Middeltal.

	α	β	γ
C	1.4751	1.4806	1.4947
D	1.4775	1.4832	1.4973
F	1.4833	1.4890	1.5041
AB	$= 67^\circ 18'$	$(AB) = 110^\circ 32'$	

Murmann & Rotter (Sitzungsber. 34, 153) fandt

$$\beta_C = 1.478 \quad \beta_\gamma = 1.480 \quad \beta_{\gamma C} = 1.484 \quad \beta_\nu = 1.489$$

$$\text{og } (AB) = 111^\circ 56' \quad AB = 68^\circ 4'.$$

Oversigt over de i det Foregaaende anvendte forkortede Betegnelser.

Krystallografiske Betegnelser:

I det tetragonale og hexagonale System betegnes Hovedaxen med c og Bixaxerne med a . I det rhombiske ere Axerne $a > b > c$; denne sidste den vertikale. I det monokliniske System er b Symmetriaxen, a og c Axerne i Symmetriplanet; som Axevinklen αc er anført Vinklen mellem Normalerne til Fladerne (001).(100); ligesom overhovedet alle med Fladesymboler betegnede Kantvinkler ere Vinklerne mellem Fladenormalerne.

Optiske Betegnelser:

α Minimumsafvigelsen. p den brydende Kant. R Prismernes Halveringsplan.
 ω og ε ordinære og ekstraordinære Brydningsforhold.
 $a > b > c$ Elasticitetsaxerne.

$$\left. \begin{matrix} \alpha \\ \mu_a \end{matrix} \right\} = \frac{1}{a} \quad \left. \begin{matrix} \beta \\ \mu_b \end{matrix} \right\} = \frac{1}{b} \quad \left. \begin{matrix} \gamma \\ \mu_c \end{matrix} \right\} = \frac{1}{c} \quad \text{altsaa } \alpha < \beta < \gamma.$$

$\mu_a \mu_b \mu_c$ Brydningsforholdene svarende til de krystallografiske Axer.

$\nu_a \nu_b \nu_c$ de anomale Brydningforhold.

N og N' Antallet af Ringe omkring Axevæinene. e og e' Tykkelsen af Axepaladerne.

AB den indre Axevinkel, (AB) Axevinklen i Luft, $((AB))$ Axevinklen i Olie,

$A'B$ $(A'B)$ $((A'B))$ de tilsvarende Størrelser for den stumpe Axevinkel.

(A_1B_1) $((A_1B_1))$ angive Vinklerne mellem Axerne, udtrædende gennem Flader, der ikke ere lodrette paa Bissectrix.

Ved $\varrho > \nu$ betegnes Axedispersionen.

I det rhombiske System have vi benyttet den af Grailich og v. Lang (se Sitzungsber. 27 p. 3) først foreslaaede Betegnelse for Elasticitetsaxernes Beliggenhed i Forhold til de krystallografiske Axer, ligesom vi for det monokliniske Systems Vedkommende have benyttet de af Murmann og Rotter (Sitzungsber. 34 p. 135) først anvendte Orientationsschemata.

Brydningsforholdene for den til Axevinkelbestemmelserne benyttede Olie ere:

C	1.4666
D	1.4690
F	1.4753

I. Regulære Krystaller.

Nr.	Sammensætning	Brydningsforhold			Vægtfyldte	Rumfyldte	Refraktionsækvivalent		
		<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>			<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
3	<i>K Br</i>	1.5546	1.5593	1.5715	2.681	44.4	24.64	24.85	25.40
2	<i>K J</i>	1.6584	1.6666	1.6871	3.051	54.4	35.84	36.29	37.41
1	<i>Am J</i>	1.6938	1.7031	1.7269	2.498	58.1	40.27	40.81	42.20
5	<i>Si Fl³, 2 Am Fl</i>	1.3682	1.3696	1.3723	1.970	90	33.14	33.26	33.50
4	<i>Sn Cl⁴ 2 K Cl</i>	1.6517	1.6574	1.6717	2.700	151.5	98.73	99.60	101.80
7	<i>Ba N² O⁶</i>	1.5665	1.5711	1.5825	3.255	80.2	45.40	45.80	46.70
6	<i>Pb N² O⁶</i>	1.7730	1.7820	1.8065	4.521	73.2	56.60	57.26	59.05
8	<i>Al² 3 Se O⁴, K² Se O⁴ + 24 H² O</i>	1.4773	1.4801	1.4868	1.971	577.7	275.96	277.35	281.22
9	<i>Fe² 3 SO⁴, K² SO⁴ + 24 H² O</i>	1.4783	1.4817	1.4893	1.829	550.0	263.07	264.93	269.12
11	<i>Fe² 3 SO⁴, Am² SO⁴ + 24 H² O</i>	1.4821	1.4854	1.4934	1.719	560.8	270.42	272.32	276.75
10	Blandet Alun	1.4676	1.4708	1.4772	1.788	"	"	"	"

II. Enaxede

Nr.	Sammensætning	Krystalssystem	Brydningsforhold		
			<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
17	$CuFl^2, SiFl^4 + 6H^2O$	Hexagonal	{ 1.4074	1.4092	1.4138
			{ 1.4062		
14	$NiFl^2, SiFl^4 + 6H^2O$	Hexagonal	{ 1.3876	1.3910	1.3950
			{ 1.4036		
16	$ZnFl^2, SiFl^4 + 6H^2O$	Hexagonal	{ 1.3808	1.3824	1.3860
			{ 1.3938		
15	$CoFl^2, SiFl^4 + 6H^2O$	Hexagonal	{ 1.3817	"	"
			{ 1.3972		
12	$MgFl^2, SiFl^4 + 6H^2O$	Hexagonal	{ 1.3427	1.3439	1.3473
			{ 1.3587		
13	$MnFl^2, SiFl^4 + 6H^2O$	Hexagonal	{ 1.3552	1.3570	1.3605
			{ 1.3721		
18	$MgCl^2, SnCl^4 + 6H^2O$	Hexagonal	{ 1.5715	1.5885	"
			{ 1.583			1.597	"
22	KH^2PO_4	Tetragonal	{ 1.5064	1.5095	1.5154
			{ 1.4664			1.4684	1.4734
20	KH^2AsO_4	Tetragonal	{ 1.5682	1.5674	1.5762
			{ 1.5146			1.5179	1.5252

*) Brydningsforholdene for de ordinære Straaler ere opførte øverst for hvert enkelt Stof.

Krystaller*):

Optisk Karakter	Vægtfylde	Rumfylde	$\left(\frac{\omega}{\varepsilon}\right)_D$	Krystalaxe	Refraktionsækvivalent		
					<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
$\omega > \varepsilon$	2.182	143.5	1.0009	0.5395	58.50 58.33	58.76 58.60	59.42 59.22
$\varepsilon > \omega$	2.109	146.4	0.9889	0.5136	56.74 59.10	57.26 59.53	57.83 60.10
$\varepsilon > \omega$	2.104	149.5	0.9905	0.5173	56.93 58.87	57.17 59.14	57.71 59.68
$\varepsilon > \omega$	2.067	149.4	0.9889 (<i>C</i>)	0.5219	57.02 59.34	" "	" "
$\varepsilon > \omega$	1.761	155.6	0.9880	0.5174	53.32 55.81	53.51 56.05	54.04 56.54
$\varepsilon > \omega$	1.858	164.2	0.9875	0.5043	58.32 61.10	58.62 61.44	59.20 61.97
$\varepsilon > \omega$	2.080	222.6	0.9925	0.5083	127.22 129.78	131.04 132.90	" "
$\omega > \varepsilon$	2.350	57.9	1.0280	0.6640	29.30 27.00	29.48 27.11	29.83 27.40
$\omega > \varepsilon$	2.832	63.53	1.0325	0.6633	35.78 32.69	36.05 32.90	36.61 33.37

Nr.	Sammensætning	Krystalssystem	Brydningsforhold		
			<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
21	$Am H^2 \frac{1}{2} P O^4$	Tetragonal	1.5212	1.5246	1.5314
			1.4768	1.4792	1.4847
19	$Am H^2 As O^4$	Tetragonal	1.5721	1.5766	1.5859
			1.5186	1.5217	1.5296
23	$K^2 S^2 O^6$	Hexagonal	1.4532	1.4550	1.4595
			1.5119	1.5153	1.5239
24	$Rb^2 S^2 O^6$	Hexagonal	1.4556	1.4574	1.4623
			1.5041	1.5078	1.5167
25	$Ca S^2 O^6 + 4 H^2 O$	Hexagonal	1.5468	1.5496	1.5573
			"	"	"
26	$Sr S^2 O^6 + 4 H^2 O$	Hexagonal	1.5266	1.5296	1.5371
			1.5232	1.5252	1.5312
27	$Pb S^2 O^6 + 4 H^2 O$	Hexagonal	1.6295	1.6351	1.6481
			1.6492	1.6531	1.6666
30	$Ni SO^4 + 6 H^2 O$	Tetragonal	1.5078	1.5109	1.5173
			1.4844	1.4873	1.4930
29	$Ni Se O^4 + 6 H^2 O$	Tetragonal	1.5357	1.5393	1.5473
			1.5089	1.5125	1.5196
28	$Zn Se O^4 + 6 H^2 O$	Tetragonal	1.5255	1.5291	1.5367
			1.5004	1.5039	1.5108
31	$Be S O^4 + 4 H^2 O$	Tetragonal	1.4691	1.4720	1.4779
			1.4374	1.4395	1.4450

Optisk Karakter	Vægtfylde	Rumfylde	$\left(\frac{\omega}{\epsilon}\right)_D$	Krystalaxe	Refraktionsækvivalent		
					C	D	F
$\omega > \epsilon$	1.758	65.4	1.0307	0.7124	34.10	34.31	34.75
					31.20	31.34	31.70
$\omega > \epsilon$	2.249	70.7	1.0361	0.7096	40.45	40.78	41.42
					36.66	36.90	37.44
$\epsilon > \omega$	2.277	104.6	0.9602	0.6466	47.40	47.60	48.06
					53.55	53.80	54.80
$\epsilon > \omega$	"	"	0.9666	0.6307	"	"	"
					"	"	"
$\omega > \epsilon$	2.180	124.7	"	1.500	68.20	68.54	69.50
					"	"	"
$\omega > \epsilon$	2.373	134.7	1.0029	1.5024	70.93	71.31	72.51
					70.48	70.73	71.55
$\epsilon > \omega$	3.245	135.3	0.9891	1.4696	85.17	85.93	87.69
					87.84	88.36	90.11
$\omega > \epsilon$	2.074	126.7	1.0159	1.9062	64.34	64.73	65.54
					61.37	61.74	62.43
$\omega > \epsilon$	2.314	134.1	1.0177	1.8364	71.84	72.32	73.40
					68.24	68.73	69.70
$\omega > \epsilon$	2.325	136.2	1.0168	1.8949	71.67	72.07	73.27
					68.16	68.53	69.60
$\omega > \epsilon$	1.725	102.8	1.0226	0.9461	48.22	48.52	49.11
					44.96	45.20	45.75

III. Rhombisk-toaxede

Nr.	Sammensætning	Brydningsforhold			Orientation	Vægtfylde
		C	D	F		
46	$Li^2 S^2 O^6 + 2H^2 O$	1.5462	1.5487	1.5548	a c b	2.158
		1.5763	1.5788	1.5887		
		1.5565	1.5602	1.5680		
47	$Ag^2 S^2 O^6 + 2H^2 O$	1.6272	"	1.6404	a c b	3.605
		1.6601	"	1.6770		
		1.6573	"	1.6748		
48	$K^2 S O^4$	1.4911	1.4932	1.4976	a c b	2.648
		1.4959	1.4980	1.5029		
		1.4928	1.4946	1.4992		
49	$K^2 Se O^4$	1.5323	1.5353	1.5417	a c b	3.052
		1.5422	1.5450	1.5523		
		1.5373	1.5402	1.5475		
50	$K^2 Cr O^4$	"	"	"	a c b	2.687
		"	"	"		
		1.7131	1.7254	1.7703		
57	$Mn Se O^4 + 2H^2 O$	$\mu_c - \mu_b$	$= 0.0123$	"	c a b	2.949
56	$Cd Se O^4 + 2H^2 O$	$\mu_c - \mu_b$	$= 0.0089$	"	c a b	3.632

*) Brydningsforholdene for de enkelte Stoffer ere opførte i den Orden, i hvilken de svare til de krystallografiske Nr. 46, 47, der gjælder for O-Straalen.

Krystaller*).

Rumfylde	Axevinkel	Elasticitetsaxer	Krystalaxer	Refraktionsækvivalent		
				<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
97.2	$AB = 78^\circ 16'$ $(AB) = 159^\circ 49'$	$1 : 0.9809 : 0.9934$	$1 : 0.9657 : 0.5779$	53.09 56.02 54.09	53.33 56.29 54.45	53.93 57.22 55.21
91.1	$\left\{ \begin{array}{l} AB_C = 33^\circ 21' \\ AB_F = 28^\circ 6' \\ (AB)_C = 56^\circ 48' \\ (AB)_F = 47^\circ 59' \end{array} \right.$	$1 : 0.9802 : 0.9819$	$1 : 0.9850 : 0.5802$	57.14 60.14 58.52	" " "	58.34 60.76 61.44
65.8	$AB = 67^\circ 4'$ $(AB) = 111^\circ 19'$	$1 : 0.9968 : 0.9991$	$1 : 0.7461 : 0.5727$	32.31 32.63 32.43	32.45 32.77 32.54	32.75 33.06 32.85
72.6	$AB = 76^\circ 40'$ $(AB) = 145^\circ 52'$	$1 : 0.9937 : 0.9986$	$1 : 0.7296 : 0.5721$	38.65 39.36 39.01	38.86 39.57 39.22	39.34 40.10 39.75
72.3	$AB = 51^\circ 40'$ $(AB) = 97^\circ 30'$	" "	$1 : 0.7297 : 0.5695$	" " 51.56	" " 52.45	" " 55.70
79.5	$((A'B))_D = 139^\circ 30'$	" "	$1 : 0.9959 : 0.8849$	"	"	"
80.2	$((A'B))_D = 131^\circ 2'$	" "	$1 : 0.9753 : 0.8764$	"	"	"

Axer, altsaa μ_a , μ_b , μ_c . Forholdet mellem Elasticitetsaxerne er beregnet for *D* med Undtagelse af det for

Nr.	Sammensætning	Brydningsforhold			Orientation	Vægtfylde
		C	D	F		
51	$Be Se O^4 + 4 H^2 O$	1.4992	1.5027	1.5101	c b a	2.029
		1.4973	1.5007	1.5084		
		1.4639	1.4667	1.4725		
55	$Ni SO^4 + 7 H^2 O$	"	1.4669	1.4729	a c b	1.982
		"	1.4921	1.4981		
		"	1.4888	1.4949		
54	$Zn S O^4 + 7 H^2 O$	1.4514	1.4568	1.4620	a c b	2.008
		1.4812	1.4836	1.4897		
		1.4776	1.4801	1.4860		
53	$Mg S O^4 + 7 H^2 O$	1.4305	1.4325	1.4374	a c b	1.694
		1.4583	1.4608	1.4657		
		1.4530	1.4554	1.4607		
52	$Mg Cr O^4 + 7 H^2 O$	1.5131	1.5211	"	a c b	1.695
		1.5633	1.5680	"		
		1.5415	1.5500	"		
60	$K Sb O. C^4 H^4 O^8 + \frac{1}{2} H^2 O$	1.6306	1.6360	1.6497	b a c	2.697
		1.6148	1.6199	1.6325		
		1.6322	1.6375	1.6511		
59	$Am Sb O. C^4 H^4 O^6 + \frac{1}{2} H^2 O$	¹⁴ 1.6229	"	"	b a c	2.324
58	$Am H. C^4 H^4 O^6$	1.5168	1.5188	1.5279	a b c	1.680
		1.5577	1.5614	1.5689		
		1.5861	1.5910	1.6000		

Rumfylde	Axevinkel	Elasticitetsaxer	Krystalaxer	Refraktionsækvivalent		
				<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
110.6	$AB = 26^\circ 48'$	1 : 1.0129 : 1.0248	1 : 0.9602 : 0.9027	55.19	55.60	56.43
	$(AB) = 40^\circ 43'$			55.00	55.38	56.23
				51.29	51.60	52.26
141.7	$AB = 41^\circ 56'$	1 : 0.9830 : 0.9852	1 : 0.9815 : 0.5656	"	66.16	67.01
	$(AB) = 64^\circ 22'$			"	69.73	70.58
				"	69.26	70.13
143.0	$AB = 46^\circ 14'$	1 : 0.9819 : 0.9843	1 : 0.9804 : 0.5631	65.00	65.32	66.07
	$(AB) = 71^\circ 3'$			68.82	69.16	70.03
				68.30	68.66	69.40
145.2	$AB = 51^\circ 25'$	1 : 0.9806 : 0.9843	1 : 0.9901 : 0.5709	62.54	62.80	63.51
	$(AB) = 78^\circ 18'$			66.46	66.87	67.62
				65.78	66.13	66.89
157.1	$AB = 75^\circ 28'$	1 : 0.9701 : 0.9814	1 : 0.9901 : 0.5735	80.61	81.87	"
	$(AB) = 143^\circ 6'$			88.50	89.23	"
				85.07	86.41	"
128.6	$AB = 42^\circ 34'$	1 : 1.0099 : 0.9991	1 : 0.9049 : 0.8645	81.09	81.79	83.55
	$(AB) = 72^\circ 50'$			79.06	79.72	81.34
				81.30	81.98	83.73
134.7	$AB = 68^\circ 8'$	" "	1 : 0.9259 : 0.8261	83.91	"	"
99.4	$AB = 79^\circ 54'$	1 : 0.9727 : 0.9546	1 : 0.7086 : 0.6933	51.37	51.57	52.47
	(AB) imaginær			55.44	55.80	56.55
				58.26	58.75	59.69

IV. Monoklinisk-

Nr.	Sammensætning	Brydningsforhold			Orientation	Vægtfylde
		C	D	F		
61	$Mg Se O^4 + 6 H^2 O.$	"	1.4856	"	$a \bar{b} (001) = 35^\circ 36'$	1.928
		1.4864	1.4892	1.4965		
		"	1.4911	"		
62	$Co Se O^4 + 6 H^2 O.$	"	"	"	$a \bar{b} (001) = 42^\circ 56'$	2.175
		1.5183	1.5225	"		
		"	(1.5227)	"		
70	$Ni Se O^4. K^2 Se O^4 + 6 H^2 O.$	"	1.5199	"	$(001) \bar{b} \zeta = 83^\circ 3'$	2.539
		1.5207	1.5248	1.5315		
		"	1.5339	"		
68	$Co Se O^4. K^2 Se O^4 + 6 H^2 O.$	"	1.5135	"	$(001) \bar{b} \zeta = 86^\circ 35'$	2.514
		1.5162	1.5195	1.5270		
		"	1.5356	"		
66	$Zn Se O^4. K^2 Se O^4 + 6 H^2 O.$	"	1.5115	"	$(001) \bar{b} \zeta = 88^\circ 19'$	2.538
		1.5148	1.5177	1.5252		
		"	1.5327	"		
64	$Mg Se O^4. K^2 Se O^4 + 6 H^2 O.$	"	1.4950	"	$(001) \bar{b} \zeta = 88^\circ 0'$	2.336
		1.4942	1.4970	1.5039		
		"	1.5120	"		
73	$Cu Se O^4. K^2 Se O^4 + 6 H^2 O.$	"	1.5096	"	$a \bar{b} (001) = 2^\circ 26'$	2.527
		1.5203	1.5235	1.5320		
		"	1.5387	"		

*) Brydningsforholdene for de enkelte Stoffer ere opførte i Ordenen $\alpha < \beta < \gamma$ svarende til $a > b > c$.

toaxede Krystaller*).

Rumfylde	Axevinkel	Krystalaxer	Refraktionsækvivalent			
			<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	
142.8	$AB = 28^\circ 12'$	1.3853 : 1 : 1.6850 $81^\circ 28'$	}	"	69.34	"
	$(AB) = 42^\circ 33'$			69.46	69.86	70.90
142.6	$AB = 7^\circ 13'$	1.3709 : 1 : 1.6815 $81^\circ 46'$	}	"	"	"
	$(AB) = 11^\circ 0'$			73.91	74.51	"
209.5	$AB = 72^\circ 56'$	0.7454 : 1 : 0.5060 $75^\circ 7'$	}	"	108.92	"
	$(AB) = 129^\circ 56'$			109.09	109.94	111.35
211.5	$AB = 63^\circ 52'$	0.7379 : 1 : 0.5056 $75^\circ 50'$	}	"	108.61	"
	$(AB) = 106^\circ 58'$			109.18	109.98	111.46
212.0	$AB = 66^\circ 8'$	0.7441 : 1 : 0.5075 $75^\circ 46'$	}	"	108.44	"
	$(AB) = 111^\circ 50'$			109.14	109.75	111.34
212.8	$AB = 40^\circ 22'$	0.7447 : 1 : 0.5014 $75^\circ 43.5'$	}	"	105.21	"
	$(AB) = 62^\circ 12'$			105.17	105.76	107.23
212.3	$AB = 88^\circ 12'$	0.7489 : 1 : 0.5230 $76^\circ 41'$	}	"	108.19	"
	(AB) imaginær			110.46	111.14	112.94
				"	114.37	"

Nr.	Sammensætning	Brydningsforhold			Orientation	Vægtfylde
		C	D	F		
69	$NiSeO^4, Am^2SeO^4 + 6H^2O.$	"	1.5291	"	(001) b ζ = 73° 6'	2.228
		1.5334	1.5372	1.5441		
		"	1.5466	"		
67	$CoSeO^4, Am^2SeO^4 + 6H^2O.$	"	1.5246	"	(001) b ζ = 76° 18'	2.212
		1.5280	1.5311	1.5392		
		"	1.5396	"		
63	$MgSeO^4, Am^2SeO^4 + 6H^2O.$	"	1.5056	"	(001) b ζ = 72° 53'	2.035
		1.5046	1.5075	1.5146		
		"	1.5150	"		
65	$ZnSeO^4, Am^2SeO^4 + 6H^2O.$	"	1.5233	"	(001) b ζ = 76° 56'	2.200
		1.5259	1.5292	1.5366		
		"	1.5372	"		
71	$FeSeO^4, Am^2SeO^4 + 6H^2O.$	1.5177	1.5201	1.5263	(001) b ζ = 80° 37'	2.160
		1.5226	1.5260	1.5334		
		1.5339	1.5356	1.5436		
72	$CuSeO^4, Am^2SeO^4 + 6H^2O.$	"	1.5213	"	a b (001) = 3° 12'	2.221
		1.5317	1.5355	1.5437		
		"	1.5395	"		
74	$MgSO^4, Am^2SO^4 + 6H^2O.$	1.4698	1.4717	1.4774	(001) b ζ = 78° 49'	1.720
		1.4707	1.4728	1.4787		
		1.4751	1.4791	1.4837		
75	$MgSO^4, K^2SO^4 + 6H^2O.$	1.4582	1.4602	1.4649	(001) b ζ = 89° 30'	2.024
		1.4610	1.4633	1.4682		
		1.4743	1.4768	1.4827		
76	$FeSO^4, K^2SO^4 + 6H^2O.$	1.4751	1.4775	1.4833	(001) b ζ = 86° 16'	2.189
		1.4806	1.4832	1.4890		
		1.4947	1.4973	1.5041		

Rumfylde ¹	Axeinkel	Krystalaxer	Refraktionsækvivalent		
			<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>
219.7	$AB = 86^\circ 14'$	0.7378 : 1 : 0.5042 $73^\circ 41'$	"	116.14	"
	(<i>AB</i>) imaginær		117.08	117.92	119.43
221.3	$AB = 82^\circ 1'$	0.7414 : 1 : 0.5037 $73^\circ 37'$	"	119.98	"
	(<i>AB</i>) imaginær		116.05	116.05	"
223.5	$AB = 82^\circ 1'$	0.7414 : 1 : 0.5037 $73^\circ 37'$	"	117.53	119.33
	(<i>AB</i>) = $85^\circ 56'$		119.41	"	
225.5	$AB = 53^\circ 44'$	0.7414 : 1 : 0.4968 $73^\circ 23'$	"	113.0	"
	(<i>AB</i>) = $85^\circ 56'$		112.78	113.43	115.01
225.5	$AB = 81^\circ 22'$	0.7416 : 1 : 0.5062 $73^\circ 49'$	"	115.10	"
	(<i>AB</i>) = $171^\circ 20'$		117.85	117.85	"
225.4	$AB = 76^\circ 48'$	0.7405 : 1 : 0.5012 $73^\circ 47'$	118.43	119.20	120.84
	(<i>AB</i>) = $142^\circ 50'$		120.98	"	
222.5	$AB = 76^\circ 48'$	0.7405 : 1 : 0.5012 $73^\circ 47'$	116.69	117.23	118.65
	(<i>AB</i>) = $142^\circ 50'$		117.80	118.56	120.23
209.3	$AB = 55^\circ 24'$	0.7488 : 1 : 0.5126 $74^\circ 27.5'$	120.34	120.72	122.53
	(<i>AB</i>) = $91^\circ 6'$		"	115.99	"
198.7	$AB = 50^\circ 40'$	0.7376 : 1 : 0.4891 $72^\circ 54'$	118.31	119.15	120.97
	(<i>AB</i>) = $78^\circ 4.5'$		"	120.04	"
198.7	$AB = 50^\circ 40'$	0.7376 : 1 : 0.4891 $72^\circ 54'$	98.33	98.73	99.92
	(<i>AB</i>) = $78^\circ 4.5'$		98.52	98.96	100.16
198.4	$AB = 48^\circ 1'$	0.7420 : 1 : 0.5005 $75^\circ 5'$	99.44	100.30	101.24
	(<i>AB</i>) = $73^\circ 5'$		91.05	91.44	92.38
198.4	$AB = 67^\circ 18'$	0.7512 : 1 : 0.5111 $75^\circ 44'$	91.60	92.06	93.03
	(<i>AB</i>) = $110^\circ 32'$		94.24	94.74	95.91
198.4	$AB = 67^\circ 18'$	0.7512 : 1 : 0.5111 $75^\circ 44'$	94.38	94.74	95.87
	(<i>AB</i>) = $110^\circ 32'$		95.35	95.87	97.02
			98.15	98.67	100.01

Ved Betragtning af de ovenfor fremstillede Resultater af den foreliggende Række Undersøgelser viser det sig nu ganske vist, at det, paa Basis af de for Øieblikket undersøgte Stoffer, ikke er muligt at paavise Tilstedeværelsen af et simpelt og klart Forhold mellem de krystallografiske og de optiske Konstanter — udtrykt i et vist Sammenhæng mellem Længden af Krystalaxerne og Svingningsaxerne, saaledes at f. Ex. de førstes Variationer gennem Leddene i en isomorf Række, skulde medføre en kontinuerlig Bevægelse hos den anden Størrelse. At en saadan Forbindelse mellem dem ikke kan paavises af de ovenfor fremførte Data, giver sig ved første Øiekast tilkjende; det er imidlertid muligt at videre Undersøgelser ville vise, at Grunden hertil ligger deri, at de krystallografiske Elementer i de fleste Tilfælde ikke ere bestemte med saa stor Noiagtighed, at de anførte Værdier virkelig give Stoffets krystallografiske Konstanter. Det er jo nemlig en bekjendt Sag, at Kantvinklerne hos forskellige Krystaller af samme Stof variere indenfor temmelig vide Grændser, saaledes at der til at ramme den rette Middelværdi maa tages et saa stort Antal Maalinger paa forskellige Individuer, som man har anset for uødvendigt kun med det Formaal for Øie at vise det paagjældende Stofs almindelige Analogi med et eller flere andre. Det kan saaledes synes nødvendigt, for at gaa Sagen ret tillivs, enten at underkaste de Stoffer, hvis optiske Egenskaber man vil bestemme, en samtidig meget omhyggelig krystallografisk Undersøgelse, eller — hvad der maaske er det eneste korrekte — at bestemme de krystallografiske Forhold paa selve de Individuer, som benyttes til de optiske Bestemmelser. Hvad der taler for den sidste — rigtignok meget besværlige Fremgangsmaade — er den Omstændighed, at det i mange Tilfælde synes som om de optiske Forhold variere fra Krystal til Krystal hos samme Stof, og at disse Variationer — hvad det er lykkedes os at paavise i enkelte Tilfælde — staa i nøie Sammenhæng med Kantvinklernes Forandringer. Vi skulle her minde om de for det arsensure Kali (Nr. 20) fundne Brydningsforhold, der variere betydeligt samtidig med Pyramidekanterne. — Prismer dannede af naturlige Flader 110. $\bar{1}\bar{1}$ 1 gæve her for ω følgende Værdier:

	$p = 46^{\circ} 45'$	$p = 46^{\circ} 47'$	$p = 46^{\circ} 56'$
ω_C	1.5636	1.5634	1.5625
ω_D	1.5679	1.5675	1.5666
ω_F	1.5765	1.5766	1.5755

hvor de to Prismers Værdier næsten falde sammen, hvorimod det 3die, hvis krystallografiske Forhold ere betydelig forandrede, samtidig giver et andet Brydningsforhold. Men foruden dette tidligere berørte Tilfælde, skulle vi anføre et enkelt, der viser Forholdet paa en noget anden Maade: Axevinklen for det chromsure Kalium blev bestemt ved at maale Vinklen for Axernes Udræden gennem de naturlige Prismeflader 110.110, hvis indbyrdes Vinkel blev maalt omhyggelig iforveien:

	I	II	III
$p =$	$72^{\circ} 40'$	$72^{\circ} 40'$	$72^{\circ} 35'$
$((A_1B_1)) =$	$40^{\circ} 51'$	$40^{\circ} 45'$	$41^{\circ} 16'$

hvor altsaa Axevinklen har lidt en efter Omstændighederne betydelig Forandring, der ikke gaar i samme Retning som den forandrede Kantvinkel og som synes at antyde Forandringer i den indre molekulære Bygning, der kun i ringe Grad have influeret paa den ydre Form. Dette iagttages nu ogsaa ganske karakteristisk hos enkelte regulære Stoffer, hvor der ikke kan være Tale om nogen væsenlig Forandring i Krystalformen uden at Symmetrien ophæves og at Stoffet som Følge heraf maa ophøre at være enkeltbrydende — Noget, som imidlertid ikke er paavist i noget Tilfælde. Men her iagttages dog fra den ene Krystal til den anden en ikke ubetydelig Forandring i Brydningsforholdet, som vil sees af følgende Forsøg.

Graulich (Krystallographisch-optische Unters. p. 78) fandt saaledes paa tre fortrinlige Kogsaltprismer følgende Værdier:

μ_C	1.5384	1.5388	1.5403
μ_D	1.5429	1.5433	1.5437
μ_F	1.5505	1.5520	1.5536

ligesom vi paa fire særdeles rene Stensaltprismer iagttog:

μ_C	1.5399	1.5415	1.5426	1.5423
μ_D	1.5428	1.5450	1.5462	1.5462
μ_F	1.5528	1.5543	1.5556	1.5555

hvis Middeltal næsten falde sammen med de af Baden Powell bestemte Værdier

$$\mu_C = 1.5415 \quad \mu_D = 1.5448 \quad \mu_F = 1.5541.$$

Det vil heraf fremgaa, hvor vanskeligt det i mange Tilfælde vil være at paavise noget nærmere indbyrdes Forhold mellem Krystaldimensionerne og Brydningsforholdene, da

Forandringer i den indre molekylære Bygning — vistnok stedse ledsagede af Forandringer i Tætheden — ofte ikke medføre en tilsvarende Forandring i den ydre Form, saaledes at man maaske neppe engang kan vente at kunne paavise noget i enkelte Rækker af isomorfe Stoffer, men navnlig maa have Opmærksomheden henvendt paa sideløbende Rækker, som f. Ex. den monokliniske $MR O^3$. $Alk^2 R O^3 + 6 H^2 O$ hvor M er de bivalente Metaller af Magniumrækken, Alk : Kali og Ammon og R Svovl og Selen. Af disse have vi, som det vil sees i det Foregaaende, undersøgt to Rækker, nemlig hvor $R = Se$ og $Alk = K, Am$.

Betragter man nærmere disse to Rækker, da vil det nu vise sig, at der dog i optisk Henseende er Antydning af en vis Analogi svarende til de krystallografiske Forhold og Rumfyldeforholdene. I den efterfølgende Tabel er der saaledes opført de tre Hovedkantvinkler, Rumfylden og den optiske Orientation.

	Rumfylde	Orientation	001 : 100	010 : 110	010 : 011
$Ni S O^4 . K^2 S O^4 + 6 H^2 O$	209.5	(001) $b \zeta = 83^\circ 3'$	$75^\circ 7'$	$54^\circ 14'$	$63^\circ 56.5'$
$Co Se O^4 . K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	211.5	(001) $b \zeta = 86^\circ 35'$	$75^\circ 50'$	$54^\circ 25'$	$63^\circ 53'$
$Zn Se O^4 . K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	212.0	(001) $b \zeta = 88^\circ 19'$	$75^\circ 46'$	$54^\circ 12'$	$68^\circ 48.5'$
$Mg Se O^4 . K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	212.8	(001) $b \zeta = 88^\circ 0'$	$75^\circ 43.5'$	$54^\circ 11'$	$65^\circ 5'$
$Cu Se O^4 . K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	212.3	$a b (001) = 2^\circ 26'$	$76^\circ 40.5'$	$53^\circ 55'$	$64^\circ 20'$
$Ni Se O^4 . Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	219.7	(001) $b \zeta = 73^\circ 6'$	$73^\circ 41'$	$54^\circ 42'$	$64^\circ 11'$
$Co Se O^4 . Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	221.3	(001) $b \zeta = 76^\circ 18'$	$73^\circ 37'$	$54^\circ 34.5'$	$64^\circ 12'$
$Zn Se O^4 . Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	225.2	(001) $b \zeta = 76^\circ 56'$	$73^\circ 49'$	$54^\circ 33'$	$64^\circ 4'$
$Mg Se O^4 . Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	223.5	(001) $b \zeta = 72^\circ 53'$	$73^\circ 23'$	$54^\circ 36.5'$	$64^\circ 33'$
$Cu Se O^4 . Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	222.5	$a b (001) = 3^\circ 12'$	$74^\circ 27.5'$	$54^\circ 12.5'$	$63^\circ 43'$

Her viser sig en umiskjendelig Overensstemmelse mellem de to Rækkers Orientationsvinkel, deres krystallografiske Vinkler og Rumfylderne, idet Kaliumsaltene gjenne-
gaende have mindst Rumfylde, størst Orientationsvinkel og størst Axxvinkel, medens man selvfølgelig paa Grund af de med Svingningsretningernes Bestemmelse forbundne Feilkilder ikke tør betragte de enkelte Orientationsvinklers Variationer som Udtryk for Forandringer i Svingningsaxernes Beliggenhed. Da imidlertid de af Murmann og Rotter (Sitzungsber. 34, 135) undersøgte svovlsure Salte, af hvilke vi have undersøgt nogle enkelte, vise et fuldstændig analogt Forhold ved Overgangen fra Kalium-Salte til Ammon-Salte, — hvad man vil se i omstaaende Oversigt —, kan man ikke Andet end antage, at Svingningsaxernes Beliggenhed i Forhold til Krystalaxerne ved nærmere Undersøgelser vil kunne vise et vist Forhold til de krystallografiske Elementer, som foreløbig ikke kan sees for Svingningsaxernes relative Længder.

	Rumfylde	Orientation	001 : 100	010 : 110	010 : 011
$NiSO^4 \cdot Am^2SO^4 + 6H^2O$	206.2	(001) b ζ = 79° 2'	72° 56'	54° 50'	64° 19'
$CoSO^4 \cdot Am^2SO^4 + 6H^2O$	210.8	(001) b ζ = 79° 0'	73° 4'	54° 44'	64° 30'
$ZnSO^4 \cdot Am^2SO^4 + 6H^2O$	210.1	(001) b ζ = 81° 27'	73° 19'	54° 46'	64° 22'
$MgSO^4 \cdot Am^2SO^4 + 6H^2O$	214.3	(001) b ζ = 78° 49'	72° 54'	54° 49.5'	64° 57'
$FeSO^4 \cdot Am^2SO^4 + 6H^2O$	216.2	(001) b ζ = 82° 55'	73° 12'	54° 26.5'	64° 39'
$CuSO^4 \cdot Am^2SO^4 + 6H^2O$	216.6	(001) b α = 2° 33'	73° 54'	54° 28'	63° 50'
$NiSO^4 \cdot K^2SO^4 + 6H^2O$	205.8	(001) b ζ = 84° 34'	74° 57'	54° 32.5'	64° 23'
$CoSO^4 \cdot K^2SO^4 + 6H^2O$	202.9	(001) b ζ = 85° 11'	75° 17'	54° 55'	°
$ZnSO^4 \cdot K^2SO^4 + 6H^2O$	206	(001) b ζ = 85° 17'	74° 33'	54° 20'	63° 50'
$MgSO^4 \cdot K^2SO^4 + 6H^2O$	201.6	(001) b ζ = 89° 30'	75° 5'	54° 21.5'	64° 12'
$FeSO^4 \cdot K^2SO^4 + 6H^2O$	198.4	(001) b ζ = 86° 16'	75° 44'	53° 56.5'	63° 39'
$CuSO^4 \cdot K^2SO^4 + 6H^2O$	206.7	(001) b ζ = 94° 23'	71° 56'	53° 47.5'	64° 52'

Hvad der yderligere bestyrker denne Antagelse af Tilstedeværelsen af et vist Forhold mellem Elasticitetsaxernes Beliggenhed og de krystallografiske Elementer, er den Forskjel, som iagttages mellem de svovlsure og selensure Salte. Dette vil tydelig sees ved at betragte Middelværdierne for alle fire Rækker, der for de svovlsure Salte giver

a) Kalisaltene (001).(100) = 74° 35' Orientationsvinkel 84° 34'—89° 30'

b) Ammonsaltene (100).(001) = 73° 4' Orientationsvinkel 79° 0'—82° 55',

medens de selensure Salte vise henholdsvis for Kali- og Ammonforbindelserne:

(100).(001) = 75° 49' med Orientationsvinkel 83° 3'—88° 19' og

(100).(001) = 73° 48' med Orientationsvinkel 72° 53'—76° 56'.

Der er, som bemærket, en tydelig Forskjel mellem de fire Rækker, ganske vist størst ved Forandring i Alkalimetallerne, men dog ogsaa for Syrernes Vedkommende stor og gennemgaaende nok til at tyde paa, at her virkelig er Mere tilstede end en paa usikre Iagttagelser baseret Tilfeldighed.

Den betydelige Forskjellighed, der i den ovenstaaende Række viser sig mellem de to Alkalimetallers Forhold, staar nu i det Hele taget i Samklang med den Afgivelse, som iagttages ogsaa i deres andre Forbindelser. v. Lang har nemlig (Sitzungsber. 55. 1) vist for et større Antal enkelte Kali- og Ammonsalte, at deres optiske Orientation i de rhombiske Former næsten gennemgaaende er forskjellig — og det ikke blot med Hensyn til deres Karakter, men med Hensyn til alle tre Elasticitetsaxers Beliggenhed til Krystalaxerne. Denne Iagttagelse, der stemmer med den betydelige Forskjel mellem alle deres Forbindelser Rumfylder, synes navnlig at gjælde de Salte, i hvilke Kali eller Ammon ifølge deres Atomtals Størrelse udgjør den overveiende eller dog meget væsentlige Bestanddel (Sitzungsber. XXXIII. 69), hvorimod deres Indfyldelse synes at svækkes jo mere sammensat Forbindelsen

er eller jo høiere Atomtal de andre i Forbindelsen indgaaende Bestanddele have. Heraf kan man da maaske forklare, at Orientationen i alle Led af de fire Rækker er den samme og kun Orientationsvinklen lider Forandringer ved Indtræden af Kalium for Ammonium og omvendt. I Modsætning til den Mangel paa optisk Overensstemmelse, som disse to Metaller — og i Grunden hele den univalente Alkalirække — udvise i deres Forbindelser, kan fremhæves den store Konstans i Forbindelser af de bivalente Magnium-Rækkens Metaller, der aller svarer til den ubetydelige Svingning i deres Rumfylder. Dette Forhold, som vil sees i en stor Del af de af os undersøgte Stoffer, viser sig nu med enkelte Undtagelser aldeles gjennemgaaende i alle deres hidtil undersøgte Forbindelser. Som Undtagelser, der vise sig i de ovenfor beskrevne Salte, skulle vi fremhæve de to monokliniske Kobberdobbeltsalte $CuSeO^4$. $Al^2SeO^4 + 6H^2O$, hvis optiske Orientation er temmelig forskjellig fra alle de andre Saltes. Svingningsaxen danner nemlig i alle Ammonforbindelserne en Vinkel af $9^\circ - 13^\circ$ med Normaler til Fladen (001) og i Kalisalten en Vinkel paa $1 - 5^\circ$; for Kobberforbindelserne ere Vinklerne henholdsvis $3^\circ 12'$ og $2^\circ 26'$, og tillige skifter Karakteren, idet Axevinklen kommer til at ligge over den længste Axe, medens den i de andre Salte ligger om den korteste Elasticitetsaxe. Et lignende Forhold iagttages nu ogsaa hos det svovlsure Ammon-Kobber: (001) $\beta \alpha = 2^\circ 33'$, medens det svovlsure Kobber-Kalium vel beholder den samme Karakter som de øvrige Dobbeltsalte, men dog udviser en betydelig Forandring i Orientationsvinklen: (001) $\beta \zeta = 94^\circ 23'$. Disse anomale Forhold staa tillige i Sammenhæng med Afbølgelser i de krystallografiske Elementer, som for alle de fire Kobbersalte vise sig i store Forskjelligheder fra de analoge Salte med Hensyn til Axevinklen (001):(100). Denne Iagttagelse faar nu yderligere Betydning, naar man ser hen til en anden af de af os undersøgte Rækker, nemlig Fluorsiliciumsaltene, $SiFl^4$. $R^2Fl^2 + 6H^2O$ i hvilken Kobberet ogsaa indgaar. Alle disse Salte ere nemlig enaxede og positive σ : $\varepsilon > \omega$, ene med Undtagelse af Kobbersaltet, der er negativt, og i krystallografisk Henseende ogsaa fjerner sig fra de øvrige. Værdien for $\frac{\omega}{\varepsilon}$ er nemlig for de andre Salte beliggende mellem Grændserne 0.9580 og 0.9925; deres Rhomboëdres Polkantvinkler variere mellem $127^\circ 15'$ og $128^\circ 20'$, deres Rumfylder mellem 149.3 og 155.5, hvorimod $SiFl^4$ $CuFl^2 + 6H^2O$ har Værdien $\frac{\omega}{\varepsilon} = 1.0009$ $R = 125^\circ 30'$ og Rumfylde 143.6. Hertil kommer endelig, at alle Fluorsiliciumsaltene ere i Besiddelse af ganske fortrinlige Gjennemgange parallel Prismefladerne ene med Undtagelse af Kobbersaltet, der neppe viser Spor af Spaltning. Disse enkelte Tilfælde, i hvilke Kobberets Indtræden i Stedet for et andet af Magniumrækkens Metaller fremkalder en samtidig Forandring af optiske og krystallografiske Forhold, svare nu ganske til dette Metals noget exceptionelle Stilling mellem de bivalente Metaller, fra hvilke det i det Hele taget fjerner sig betydeligt i ren kemisk Henseende, ligesom der ogsaa kun enkeltvis

iagttages Isomorfier mellem Kobberforbindelserne og de andre Metaller's Forbindelser, og selv i saadanne Tilfælde iagttages en lige saa betydelig Forskjel i de krystallografiske Konstanter, som i de ovenfor anførte*). Den optiske Uoverensstemmelse synes saaledes at staa i Forbindelse med Kobberets hele afvigende Forhold. Et lignende Tilfælde iagttages ogsaa for Blyets Vedkommende. Dette Metal optræder jo som bekendt i en Del Forbindelser som Led af Calcium-Baryumrækken, medens det dog i det Hele taget staar Rækken noget fjernt. Blandt de af os undersøgte Salte findes disse Metaller i en enkelt Gruppe, nemlig Calcium-Strontium og Bly-Saltene af Svovlundersyren. Her er vel krystallografisk Isomorfi — $c = 1.500$, 1.5024 for Sr.- og Ca.-Saltene og $c = 1.4696$ for Pb.-Saltet — men Blyet fjerner sig dog ikke lidet baade i Henseende til Axforholdet og i Henseende til Gjennemgangene, der i Kalk og i Strontiansalten ere parallelle Basen, men svage, hvorimod Blysaltet aldeles ingen Gjennemgang besidder, og disse Afvigelser gjenfindes da ogsaa i de optiske Forhold, idet Blysaltet er positivt $\frac{\omega}{\varepsilon} = 0.9891$, medens de to andre ere negative; for Strontiumsaltet $\frac{\omega}{\varepsilon} = 1.0029$.

Man kan altsaa i de bivalente Metaller's Række i det Hele taget fremhæve den ganske overordentlige Analogi i den optiske Orientation, svarende til næsten identiske krystallografiske Konstanter, og i de enkelte Tilfælde, i hvilke Orientationen forandres, vil det vise sig, at det paagjældende Metal ogsaa i andre Henseender fjerner sig fra Rækkens øvrige Led og dels staar isoleret, dels danner Overgang til andre Rækker. Vi tvivle ikke om, at der saaledes vil vise sig lignende Anomalier ved Undersøgelse f. Ex. af Kadmium- og Berylliumforbindelser, som de, der ovenfor bleve fremhævede for Kobbersaltene.

I Modsætning til denne Række staa derimod Alkalimetallerne — og i det Hele taget de univalente Grundstoffer —, hvis optiske Orientation vexler i næsten alle de simple sammensatte Grundsalte.

En iagttagelse, der fortjener at fremhæves blandt Undersøgelsernes enkelte Resultater, er den hos de to Beryllsalte forekommende Isomorfi endskjendt Saltene hver tilhøre sit Krystalsystem. Det svovlsure Beryllium $BeSO^1 + 4H^2O$ krystalliserer som Awejew allerede tidligere har vist i tetragonale Pyramider, hvis Hjørner afstumpes af Formen (100). Det selensure Beryllium, der ikke tidligere har været fremstillet, har samme Sammensætning og tilsyneladende samme Krystalform, der dog ved en nøiere Undersøgelse viste sig afgjort rhombisk, men paa en saadan Maade, at Vinkler, der i den tetragonale

*) Her kan anføres $CuSO^4 + 5H^2O$ og $CuSeO^4 + 5H^2O$, isomorfe med Mangan og Koboltsalte, dog visende store Afvigelser fra dem, navnlig i Henseende til Axeplanernes Heldning.

Form skulde være lige store, her vise en Differents af et Par Grader. Den rhombiske Kombination (011).(101) svarer med Hensyn til Fladernes Beliggenhed fuldstændig til den tetragonale Pyramide af 2den Orden (011).

Vinklerne hos de to Salte ere følgende:

$Be Se O^4 + 4 H^2 O$		$Be SO^4 + 4 H^2 O$	
011 : 011	93° 32'	93° 10.5'	
101 : 101	95° 51'	93° 10.5'	
011 : 101	57° 13'	58° 19.5'	

eller begge Former næsten identiske. De vise tillige samme Tvillingdannelse, Fladerne have fuldstændig samme Udseende; deres Rumfylder ere analoge — nemlig for $Be SO^4 + 4 H^2 O$ 102.8, for det selensure Salte 110.6 — altsaa med en Differents svarende til den almindelige mellem svovlsure og selensure Salte; kort sagt, de ere fuldstændig isomorfe. Betragter man nu deres optiske Forhold, da er det svovlsure Salt optisk enaxet, negativt, og $\frac{\omega}{\epsilon} = 1.0226$. Det selensure Salt er tydeligt toaxet, dets Orientation er $c b a$, dets Axevinkel i Luften er 40° 43', den virkelige Axevinkel 26° 48'; Forholdet mellem dets Elasticitetsaxer er 1 : 1.0129 : 1.0248, hvor altsaa den største svarer til den optiske Axe hos det tetragonale svovlsure Salt, medens de to andre Axer nærme sig til at blive lige store. Her synes saaledes aldeles ikke at være nogen Tvivl om de to Saltes Isomorfi endskjönt de høre til de forskjellige Systemer, og de optiske Forhold vise tillige en umiskjendelig Analogi.

Vi have endelig sammenlignet de af os fundne Brydningsforhold med Brydningsforholdene for de samme og analoge Forbindelser saavel i Oplosning som i fast Tilstand. Det er nemlig fra flere Sider blevet udtalt, at *Refraktionsækvivalentet* for et givet Legeme er uafhængig af Tilstandsformen og at det ei heller forandres, naar Stoffet indtræder i kemisk Forbindelse med andre, idet da den dannede Forbindelses Refraktionsækvivalent er Summen af Værdierne for de enkelte Stoffer. Der har imidlertid været meget delte Meninger om, hvilken Funktion dette Refraktionsækvivalent er af Brydningsforholdene. Det Udtryk, som synes at stemme bedst med Kjendsgjerningerne, er det af Gladstone og Dale anvendte

$$\frac{\mu-1}{\alpha} \cdot P = R,$$

hvor μ er Brydningsforholdet, α Legemets Tæthed og P dets Molekuletal. De nævnte Forfattere have offentliggjort flere betydelige Rækker Undersøgelser herover, og vi have saa meget mere ment at burde benytte den af dem anvendte Beregnings- og Fremgangsmaade,

som en stor Del af de af os undersøgte Stoffer tillige ere undersøgte af dem i vandige Opløsninger. Deres Bestemmelser ere simpelthen foretagne ved at opløse et Molekule af Stoffet i n Molekuler Vand, maale Brydningsforholdet for de tre Fraunhoferske Linier A , D og F samt bestemme Opløsningens Vægtfylde. De fundne Størrelser, indsatte i den ovenstaaende Formel give da umiddelbart Refraktionsækvivalentet. Subtraheres fra denne Størrelse det n -dobbelte af Vandets Refraktionsækvivalent, faaes Værdien for det i Vand opløste Stof. I nedenstaaende Tabel er anført Værdien af R beregnet af vore lagttagelser og desuden de af Gladstone*) fundne Værdier for samme Stof.

	Stofferne	i fast	i opløst Tilstand	
	$Na Cl$	14.85	15.40	15.33
Gräilich	}	$Am Cl$	22.63	22.33
		$K Cl$	18.18	18.83
		$K Br$	24.96	25.09
		$K J$	36.52	35.72
		$Am J$	41.09	38.90.

Som man ser, stemme de ad saa forskjellige Veie fundne Værdier for R saa godt overens, som det kunde ventes, naar man tager Hensyn dels til de forskjellige Kilder til Feil som f. Ex. den Usikkerhed, der findes hos Vægtfylden af faste Stoffer, dels til den Omstændighed, at vore Brydningsforhold ere bestemte for andre Farver i Spektret end Gladstones. Kun for Jodammonium er Uoverensstemmelsen saa stor, at der er tilstrækkelig Grund til at antage, at den hidrører fra andre Aarsager.

Det kunde nu være af stor Interesse at erfare, hvilken Indflydelse Dobbeltbrydningen har paa Refraktionsækvivalentet, navnlig om dennes Middelværdi for et dobbeltbrydende Legeme er den samme som Værdien for det opløste Stof. Kun for ganske faa af de undersøgte Salte er imidlertid Refraktionsækvivalentet i Opløsning bekjendt, men det kan dog i flere Tilfælde beregnes ved de af Gladstone undersøgte Stoffer. I efterfølgende Tabel gives Værdierne afledede af Middeltallene for de to eller tre Hovedbrydningsforhold, disses samlede Middelværdi**), samt de af Gladstones Forsøg beregnede Størrelser.

Enaxede	R_{ω}	R_{ϵ}	R	beregnet	
$K^2 S^2 O^6$	47.68	54.05	49.80	52	$K^2 S O^4 + S O^2 = K^2 S^2 O^6$
$Ni S O^4 + 6 H^2 O$	64.87	61.85	63.86	63.74	$(Ni S O^4) + (6 H^2 O) = Ni S O^4 + 6 H^2 O$

*) Philosophical Transactions 1870.

**) For de Enaxede er det ordinære Refraktionsækvivalent taget dobbelt.

Rhombiske:	R_a	R_b	R_c	R	Gladstone
$K^2 SO^4$	32.5	32.82	32.61	32.64	33.11
$K^2 Or O^4$	•	•	53.24	•	51.50
$Ni SO^4 + 7 H^2 O$	66.16	69.73	69.26	68.38	69.67 = ($Ni SO^4$) + ($7 H^2 O$)
$Mg SO^4 + 7 H^2 O$	62.95	66.98	66.27	65.40	65.69 = ($Mg SO^4$) + ($7 H^2 O$)
Monokliniske:	R_a	R_b	R_c	R	beregnet
$Mg SO^4, Am^2 SO^4 + 6 H^2 O$	98.99	99.21	100.33	99.53	99.39
$Mg SO^4, K^2 SO^4 + 6 H^2 O$	91.63	92.23	94.96	92.94	92.87
$Fe SO^4, K^2 SO^4 + 6 H^2 O$	95.00	96.08	98.94	96.71	97.48

De beregnede erholdte ved Addition af de 3 Bestanddele $RSO^4, M^2 SO^4 + 6 H^2 O$.

Sandsynligvis vilde man erholde det samme Resultat, hvis man undersøgte Opløsninger af de øvrige af os bestemte Stoffer. Et indirekte Bevis herfor er følgende:

Betegnes Refraktionsækvivalentet for et givet Stof ved dets Formel i Parenthes, findes f. Ex. for de regulære Kali- og Ammonialuner:

$$(Al^2 3 SO^4, Am^2 SO^4 + 24 H^2 O) - (Al^2 3 SO^4, K^2 SO^4 + 24 H^2 O) = (Am^2) - (K^2) = 7.08,$$

$$(Fe^2 3 SO^4, Am^2 SO^4 + 24 H^2 O) - (Fe^2 3 SO^4, K^2 SO^4 + 24 H^2 O) = (Am^2) - (K^2) = 7.45,$$

$$\text{eller som Middelværdi } (Am) - (K) = 3.6,$$

medens Gladstone af analoge Forbindelser i Opløsning finder

$$(Am) - (K) = 3.3 - 3.6.$$

Analoge Værdier faaes paa samme Maade af den monokliniske Række $M^2 Se O^4, R Se O^4 + 6 H^2 O$, der er anført i følgende Oversigt:

	R_a	R_b	R_c	Middeltal
$Ni Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	108.92	109.94	111.85	110.24
$Co Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	108.61	110.0	113.28	110.63
$Zn Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	108.44	109.75	112.93	110.37
$Mg Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	105.21	105.76	108.95	106.64
$Cu Se O^4, K^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	108.19	111.14	114.37	111.23
$Ni Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	116.14	117.92	119.98	118.01
$Co Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	116.05	117.53	119.41	117.66
$Zn Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	117.85	119.20	120.98	119.34
$Mg Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	113.0	113.43	115.1	113.84
$Fe Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	117.52	118.86	121.20	119.19
$Cu Se O^4, Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	115.99	119.15	120.04	118.39

Ved simpel Subtraktion faaes af disse Dobbeltsalte to og to følgende Værdier for Differentseen $(Am) - (K)$:

	3.51	3.60	3.88	4.48	3.68
eller som Middell	$(Am) - (K) = 3.72.$				

Den foranstaende Tabel giver nu paa en lignende Maade Differentseen mellem Refraktionsækvivalenterne for de bivalente Metaller af Magniumrækken, idet f. Ex. $(Co) - (Ni) = (Co Se O^4, M^2 Se O^4 + 6 H^2 O) - (Ni Se O^4, M^2 Se O^4 + 6 H^2 O)$, hvor man ved at tage for M^2 Kalium eller Ammonium faaer to Værdier for samme Different. Vi have imidlertid desuden undersøgt en anden Række Forbindelser mellem samme Metaller, nemlig de hexagonale Fluorsiliciumforbindelser $R Fl^2, Si Fl^4 + 6 H^2 O$, der give følgende Værdier:

	R_{ω}	R_{ϵ}	Middell
$Cu Fl^2, Si Fl^4 + 6 H^2 O$	58.88	58.71	58.82
$Ni Fl^2, Si Fl^4 + 6 H^2 O$	57.28	59.57	58.04
$Zn Fl^2, Si Fl^4 + 6 H^2 O$	57.27	59.23	57.92
$Mg Fl^2, Si Fl^4 + 6 H^2 O$	53.62	56.13	54.46
$Mn Fl^2, Si Fl^4 + 6 H^2 O$	58.71	61.50	59.64

Af disse Salte samt de ovenfor opførte monokliniske selensure Salte, beregnes nu følgende Værdier for Differentserne mellem Kobberets og de andre Metaller Refraktionsækvivalenter:

	$R Se O^4, M^2 Se O^4 + 6 H^2 O$	$Si Fl^4, R Fl^2 + 6 H^2 O$	Middell	Gladstone
	$M = K$	$M = Am$		
$(Cu - Ni)$	0.99	0.38	0.78	1.2
$(Cu - Zn)$	0.86	— 0.95	0.90	1.4
$(Cu - Co)$	0.60	0.73	"	0.8
$(Cu - Mg)$	5.41	4.55	4.36	4.6
$(Cu - Mn)$	"	"	— 0.82	— 0.6
$(Cu - Fe)$	"	— 0.80	"	0.4

Heraf fremgaar nu ret tydeligt — naar man tager tilbørlig Hensyn til de tidligere berørte Feilkilder — at Refraktionsækvivalenternes Middelværdier ikke væsentlig afhænge af Krystalformen, men nogenlunde stemme overens med Værdierne udledte af Stofferne i Opløsning.

Vi skulle imidlertid ikke opholde os videre herved, men endnu kun fremhæve nogle af vore Bestemmelser, der kunne give Refraktionsækvivalentet for et Par Stoffer, for hvilke det tidligere ikke har været kjendt, nemlig Fosfor og Selen.

Til Bestemmelsen af Fosfor haves Rækken

	R_w	R_s	Middel
$K H^2 P O^4$	29.57	27.17	28.77
$K H^2 As O^4$	36.11	32.96	35.06
$Am H^2 P O^4$	34.38	31.37	33.38
$Am H^2 As O^4$	51.88	37.00	40.25

Heraf faaes $(K H^2 As O^4) - (K H^2 P O^4) = 6.29$

$(Am H^2 As O^4) - (K H^2 As O^4) = 6.87.$

Eller som Middelværdi

$$(As) - (P) = 6.58.$$

Til Bestemmelse af Selenets Værdi haves et stort Antal Stoffer, som give $(Se) - (S)$, nemlig

I Regulær:

$$Al^2 3 Se O^4. K^2 Se O^4 + 24 H^2 O = 278.18$$

$$Al^2 3 S O^4. K^2 S O^4 + 24 H^2 O = 250.45.$$

II Enaxet:	R_w	R_s	Middel
$Ni Se O^4 + 6 H^2 O$	72.52	68.88	71.31
$Ni S O^4 + 6 H^2 O$	64.87	61.85	63.86

III Rhombiske:				Middel
$K^2 Se O^4$	38.95	39.68	39.33	39.32
$K^2 S O^4$	32.50	32.82	32.61	32.64

IV: de monokliniske Rækker:

$$Mg Se O^4. Am^2 Se O^4 + 6 H^2 O = 113.84$$

$$Mg S O^4. Am^2 S O^4 + 6 H^2 O = 99.53.$$

$$Mg Se O^4. K^2 Se O^4 + 6 H^2 O = 106.64$$

$$Mg S O^4. K^2 S O^4 + 6 H^2 O = 92.87.$$

Disse give nu for $(Se) - (S)$ Værdierne:

	I	II	III	IV	
$(Se) - (S)$	7.18	7.45	6.72	7.15	6.88

eller i Middel

$$(Se) - (S) = 7.07.$$

Alle de i det foreliggende Arbeide foretagne Axemaalinger ere udførte ved Hjælp af et Polarisationsmikroskop, til hvis Anskaffelse Midlerne ere os bevilgede af det kgl. danske Videnskabernes Selskab. De andre Instrumenter, der ere benyttede under Arbeidet, bleve stillede til vor Raadighed af Hr. Professor Holten, der med en sjelden Imødekommenhed har anskaffet et Stauroskop foruden en Del mindre Apparater udelukkende med vore Undersøgelser for Øie. Arbeidet selv er for største Delen foretaget i Universitetets kemiske Laboratorium, i hvilket et hensigtsmæssigt indrettet Lokale blev stillet til vor Raadighed af Hr. Professor Thomsen, der har omfattet vort Arbeide med velvillig Interesse og paa forskjellig Maade har bidraget til dets hurtige Tilendebringelse.

Det maa være os tilladt her at udtale vor oprigtige Tak for al den Interesse og Understøttelse, der saaledes er bleven os ydet.

Kjøbenhavn den 13. Mai 1871.

Rettelser.

Side 24,	5	Lin.	fra oven	læs	$\mu_F = 1.4968.$
— 36,	4	·	—	·	$\epsilon_C = 1.5146.$
— 53,	2	·	—	·	$L^2 S^2 O^6 + 2 H^2 O.$
— 54,	10	·	fra neden	·	24 mørke Ringe om Aloxinene.
— 54,	9	·	—	·	16 mørke Ringe om Aloxinene.
— 55,	19	·	fra oven	·	$Ag^2 S^2 O^6 + 2 H^2 O.$
— 68,	15	·	fra neden	·	μ_C for C-Straalen 1.4639.
— 85,	5	·	—	·	μ_a for D-Straalen 1.5188.
— 95,	7	·	fra oven	·	$\beta_C = 1.5046.$
— 98,	14	·	—	·	$\beta_F = 1.5366.$

