



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

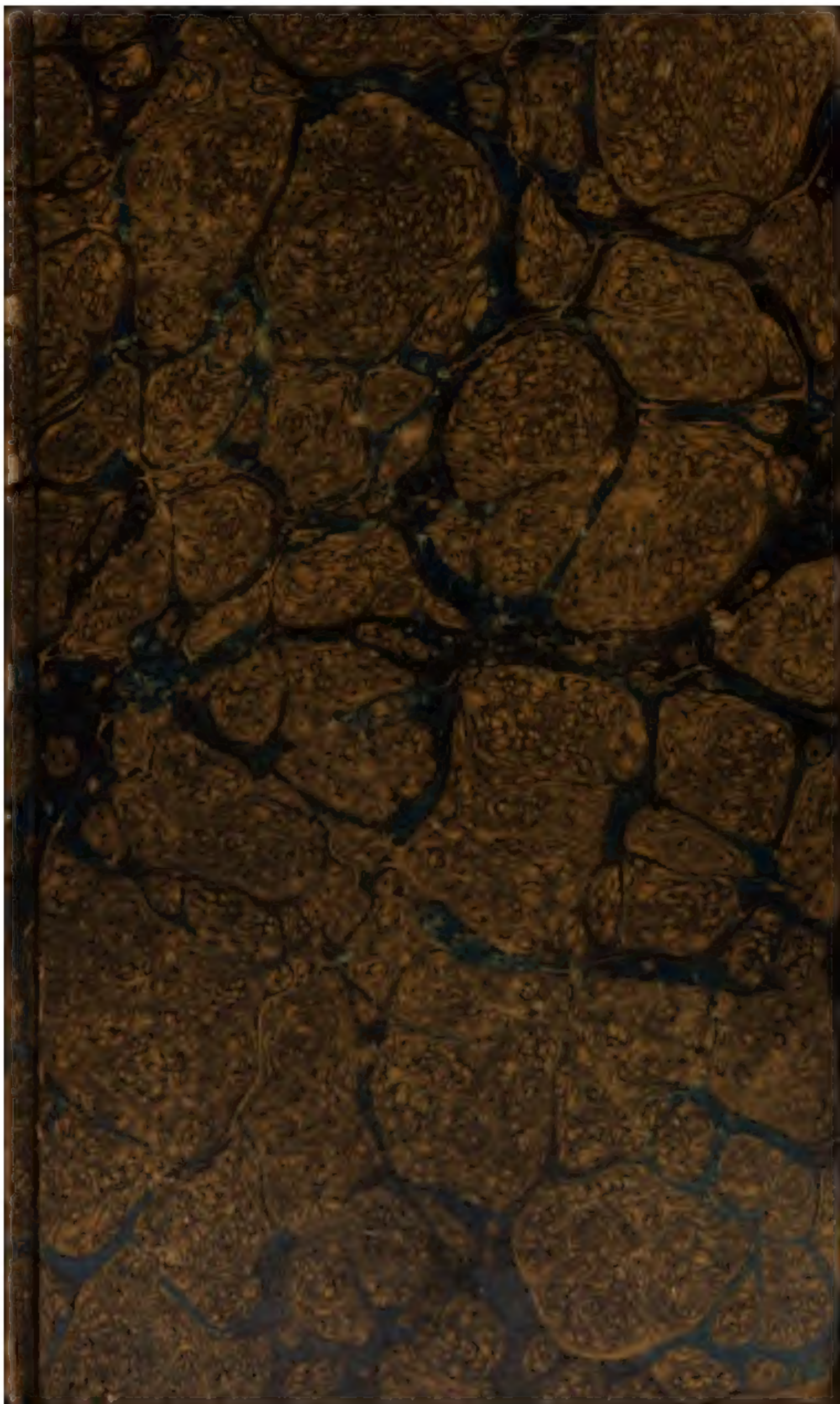
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

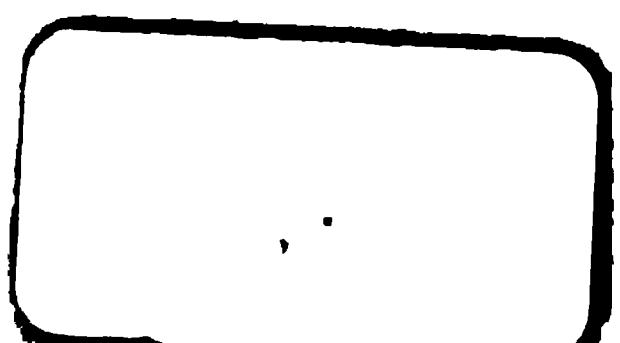
About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



122

1984 e. 204



Feb 22



800036655V

Hand- und Lehr-Buch
der
N a t u r l e h r e
zum
Gebrauche für Vorlesungen
und
zum eignen Studium
neu entworfen

von

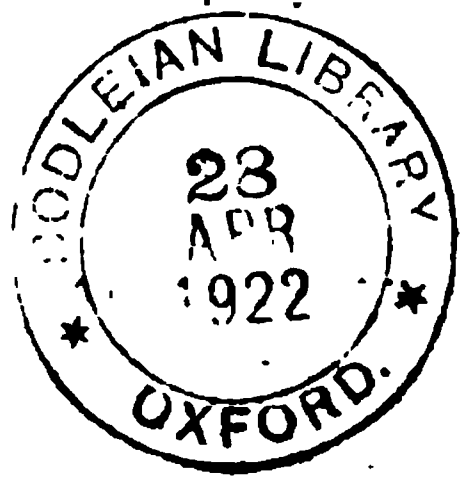
Dr. Georg Gottlieb Schmidt,

Professor der Mathematik und Physik zu Gießen, des Großherzoglichen Hessischen
Kunst- und Verdienst-Ordens Ritter, der R. Societät der Wissenschaften zu
Göttingen, der R. Akademie der Wissenschaften zu München, so wie mehrerer an-
dern gelehrten Gesellschaften Correspondent und Mitglied.

Mit 13 Kupfertafeln.

G i e ß e n 1826.

Druck und Verlag von Georg Friedrich Heyer.



V o r r e d e.

Da die raschen Fortschritte der Naturlehre seit der letzten Ausgabe meines Handbuches eine neue Bearbeitung desselben nothwendig machten, so wurde diese mit Zustimmung des Herrn Verlegers von dem Verfasser unternommen. Der Plan und die Anordnung des frühern Handbuchs sind beibehalten, dagegen die verwickeltern mathematischen Rechnungen weggelassen, und alles ist so gemeinfaßlich dargestellt worden, als es die Natur der Sache erlaubte, ohne der Gründlichkeit und dem wissenschaftlichen Vortrage zu viel zu vergeben. Den chemischen Theil habe ich kürzer gefasset, um für die eigentlich physikalischen Lehren mehr Raum zu gewinnen, und auch die nützlichsten Anwendungen derselben kurz berühren zu können. Ich hoffe durch diese Darstellungweise nicht bloß dem Lehrer einen Leitfaden, woran er noch mehr knüpfen kann, sondern auch demjenigen, welcher die Wissenschaft für sich studiren will, ein brauchbares Handbuch geliefert zu haben.

Solchen welche bereits ein systematisches Werk über die Physik studiret haben, und sich über einzelne Gegenstände derselben weiter unterrichten wollen, ist Gehler's physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet von Brandes, Gmelin, Horner, Munké, Pfaff zu empfehlen. Ob man gleich in einem Lehrbuche keine Erweiterungen der Wissenschaften zu erwarten hat, so will ich doch für Kenner nicht unbemerkt lassen, daß sie in der Verzeichnungsart der Scalen für die Aräometer, so wie in den Versuchen und in der Theorie über den Zug der Luft in den Raminen, eine Ergänzung zu dem, was ich früher über ähnliche Gegenstände bekannt gemacht habe, finden werden.

Gießen im Junius 1826.

Dr. G. G. Schmidt.

I n h a l t s v e r z e i c h n i s s .

	Seite.
Einleitung	1
Erster Abschnitt. Von den allgemeinen Eigenschaften der Körper und den verschiedenen Formen der Materie	12
Ausdehnung und Größe	12
Krystallisation	13
Undurchdringlichkeit	16
Porosität	17
Theilbarkeit	19
Cohäsion	20
Elasticität	25
Formen der Materie	33
Trägheit und Beweglichkeit	35
Zweiter Abschnitt. Von der Bewegung im Allgemeinen	43
Von der gleichförmigen Bewegung	44
Von der gleichförmig beschleunigten Bewegung	46
Vom freien Fall schwerer Körper an der Oberfläche der Erde	49
Von der zusammengesetzten Bewegung	53
Von der krummlinigen Bewegung	55
Von der Schwingkraft	57
Von der Wurfbewegung schwerer Körper an der Oberfläche der Erde	61
Dritter Abschnitt. Vom Gleichgewichte und der Bewegung von Kräften an festen Körpern.	65
Gleichgewicht am Hebel	65
Rolle und Flaschenzug	68
Rad an der Welle, Rad und Getriebe	70
Von dem Schwerpunkte	72
Von der Wage	76
Vergleichung von Gewichten	79
Von der schiefen Ebene	81
Vom Keile	82
Schraube	83
Von der Reibung	85
Von dem Momente der Trägheit und der durch die bewegende Kraft erzeugten Beschleunigung bey drehenden Bewegungen	91

	Seite.
Fall auf der geneigten Ebene	94
Vom Falle auf krummen Linien und den Schwingungsgesetzen des Pendels	96
Vom Stöße fester Körper	104
Theorie der Schwere, als einer allgemein durch den Weltraum verbreiteten Kraft.	111
Vierter Abschnitt. Von dem Gleichgewicht und der Bewegung tropfbar flüssiger Körper, und insbesondere von den Wirkungen der Schwerkraft auf dieselben.	119
Anwendungen hiervon, Bramah's, Keal's, Romershausen's hydrostatische Pressen	125
Von der rückwirkenden Pressung der Flüssigkeiten	127
Gesetze der Bewegung flüssiger Körper, Ausfluß durch enge Oeffnungen	129
Von den Springwerken	133
Von der Bewegung des Wassers in Röhren.	135
— — in offenen Kanälen und Flüssen	136
Vom Stoß und Widerstand des Wassers	139
Von der wellenförmigen Bewegung des Wassers	142
Von den Gesetzen des Gleichgewichts fester Körper die in Flüssigkeiten getaucht sind	145
Von der Bestimmung des specifischen Gewichts	150
Aräometer	153
1te Tafel der specifischen Gewichte	159
2te : Specifisches Gewicht des Wassers nach Hallström	163
3te : Absolutes Gewicht des Wassers	163
Specifisches Gewicht von Mischungen	164
Tafel über das specifische Gewicht des Weingeists	166
— — der Mineralsäure	168
— — der Soolen nach Bischof	167
Fünfter Abschnitt. Von den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung der elastischen Flüssigkeiten.	169
Schwere, Elasticität der Luft	173
Toricelli's Versuch	175
Barometer	176
Mariottisches Gesetz	182
Höhermessung durch das Barometer	185
Luftpumpe	189
Röslersche	193
Mittel die verbännente und verbichtende Kraft zu messen	194—195
Versuche mit der Luftpumpe	197
Bestimmung des specifischen Gewichts der Luft	199
Versuche über die Elasticität der Luft etc.	202
Von den Bewegungen, welche durch die Schwere und Elasticität der Luft hervorgerufen werden	207
Geber	207
Gebläse, Ventilatoren	211
Theorie des Zugs der Röhre	214
— — der Winde	217

Windbüchse	221
Stoß und Widerstand der Luft	224
Vom Gleichgewicht fremdartiger in der Luft eingetauchter Körper	227
Luftschiffahrt.	227
Art der Verbreitung elastischer Flüssigkeiten unter einander	231
Sechster Abschnitt. Von den mit einem Schall begleiteten	
Schwingungen der Luft und anderer elastischer Körper	234
Erregung des Schalles	235
Schwingungen elastischer Saiten	237
— — elastischer Stäbe, Glocken zc.	239
Längenschwingungen	240
Von der menschlichen Stimme	241
Von dem Hörbaren der Töne, Höhe und Tiefe	242
Fortpflanzung des Schalles	246
Geschwindigkeit in der Luft	246
— — — in festen Körpern	248
Von der Reflexion des Schalles	250
Echo	252
Von der Stärke und Verbreitung des Schalles	253
Gehörorgan	254
Siebenter Abschnitt. Von den besondern anziehenden Kräf-	
ten, welche das Ansteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen	
und chemischen Verwandtschaften bewirken	259
Gesetze des Ansteigens der Flüssigkeiten in den Haarröhren	266
Theorie derselben	268
Versuche zur Erläuterung	274
Ueber die Anziehung, welche feste Körper auf eine sie benetzende	
Flüssigkeit üben, von Girard	277
Von den chemischen Nahverwandtschaften	278
Tafel der chemisch einfachen Stoffe	289
Von den bestimmten Verhältnissen nach welchen sich die einfachen	
Körper verbinden	291
Bezeichnungsweise der einfachen Stoffe und ihrer Verbindungen	301
Achter Abschnitt. Nähere Betrachtung einiger allgemein ver-	
breiteten einfachen und zusammengesetzten Körper	309
Vom Wasser, Auflösungsmittel anderer Körper	309
Eintheilung desselben nach vorkommendem Gehalt	311
Quellwasser	312
Meerwasser, Verminderung desselben	313
Bestandtheile	316
Größte Dichte des Wassers	316
Ausdehnung beim Gefrieren	317
Zusammensetzung und Zerlegung des Wassers	318
Kohle, Kohlenstoff	320
Schwefel	322
Phosphor	322
Von der atmosphärischen Luft in Bezug auf ihre chemische Zusam-	
mensetzung	325
Nähere Betrachtung einiger künstlichen Gasarten	329
Sauerstoffgas	330



	Seite.
Stickgas	337
Salpetergas	339
Salpetergas = Eudiometer	341
Kohlensaures Gas	342
Wasserstoffgas	346
Volta's Eudiometer	349
Döbereiner's Eudiometer	351
Wasserstoffgas = Feuerzeug	354
Zusammengesetzte entzündliche Gasarten aus Kohlen und Wasserstoff	356
Technische Anwendung des Kohlengases zur Beleuchtung	358
Knallgasgebläse	360
Schwefelwasserstoffgas	363
Theorie des Schießpulvers	365
Saure Gasarten	366
Chlorgas	367
Hydrojodsaures Gas	372
Flusssäures Gas	374
Alkalisches Gas, Ammoniakgas	375
Gas verdichtende Kraft der Kohle	377
Gährungsprocesse	378
Neunter Abschnitt. Von der Wärme	
Ausdehnung der Körper durch die Wärme	383
Von den Thermometern	390
Verzeichniß einiger merkwürdigen Wärmegrade	397
Von den Gesetzen der Bewegung der freien Wärme und den davon abhängenden Temperaturen	398
Strahlung der Wärme	399
Gesetze derselben	401
Verschiedne Leitkraft der Körper für die Wärme	404
Versuche zur Erläuterung und Anwendung	406—7
Von der specifischen Wärme der Körper	408
Tafel derselben	411—12
Veränderungen der Temperatur aus der spec. Wärme erklärt	413—15
Nicht alle Temperaturveränderungen lassen sich daraus erklären	416
Veränderungen der specifischen Wärme mit den Temperaturen	417
Formänderungen der Körper und damit verknüpfte Wärme = Erscheinungen	417
Heizung mit Dämpfen	421
Theorie des Verdunstens	421
Spannkraft der Dämpfe	423
Formeln für dieselben	424
Dalton's Gesetz	426
Dichte der Wasserdämpfe	430—31
Hygrometer	431
Fahlgrometer	432
Dalton's Art die Feuchtigkeit zu messen	434
Guy Lussac's Tafel über die Anzeige des Feuchtigkeitsometers	436
Ausdünstungsmaaß	437
Technische Anwendung der elastischen Kraft der Wasserdämpfe	439
Entstehung von Wärme und Licht, Feuererscheinungen	444
Darwin's Sicherheitlampe	449

Sehnter Abschnitt. Vom Lichte	453
Hypothese über dasselbe	453
Verhalten der Körper gegen das Licht	455
Von der geradlinigen Verbreitung des Lichts	459
Davon abhängende Erleuchtung	460
Maß der Helligkeit	462
Schwächung des Lichts durch die Luft	465
Vom Sehwinkel	466
Gränze des deutlichen Sehens	470
Vom Schatten	472
Von der Zurückstrahlung des Lichts	475
Ebene Spiegel	477
Von den gekrümmten Spiegeln	484
Sphärische Convexspiegel	484
Von den Hohlspiegeln	487
Von der Brechung des Lichts	491
Brechung in Körpern mit parallelen Flächen	495
Von der Brechung in Prismen	499
Tafel der Brechungsverhältnisse	502
Von der Brechung in Linsengläsern	502
Entstehung der Bilder in Linsengläsern	508
Von der durch die Brechung hervorgebrachten Farbenzerstreuung	513
Newton's Farbenlehre	517
Farbenfreie Brechung, achromatisches Prisma	521
Von der doppelten Strahlenbrechung	524
Herschon's Mikrometer	529
Von den Farben dünner Körper	532
Grundsatz von der Interferenz des Lichts	539
Von der Beugung des Lichts	542
Von der Polarisation des Lichts	548
Von der sogenannten beweglichen Polarisation	555
Von dem Auge und den optischen Werkzeugen	560
Finsteres Zimmer	561
camera lucida	562
Einrichtung des Auges	563
Von den Mikroskopen	567
Von den Fernröhren	573
Reflectirende Fernröhre	578
Erklärung einiger optischen Meteore	580
Elfter Abschnitt. Von der Electricität.	583
Electricität durch Reibung hervorgebracht	583
Mittheilung der erregten Electricität	585
Unterschied zwischen elektrischen Leitern und Nichtleitern	585
Entgegengesetzte Electricitäten	587
Elektrirmaschine	589
Hypothesen über die Ursache der Electricität	592
Elektrometer und Gesetz der elektrischen Anziehungen	594
Vertheilung der Electricität in Leitern	599
Vertheilung der El. in Leitern die unter einem elektrischen Einflusse von außen steht	601
Condensator	604

	Seite
Elektrophor.	607
Von der verstärkten Electricität	609
Wirkungen der Electricität	612
Von den Gewitterableitern	616
Von der Berührungselectricität (galvanischen Electricität)	618
Construction der elektrischen Säule	621
Voltaische (hydroelec. rische) Säule	624
Wirkungen der voltaischen Säule	628
Von den chemischen Wirkungen der Säule	630
Erklärung der Erscheinungen aus der Theorie der voltaischen Säule	635
Zwölfter Abschnitt. Magnetismus	640
Von den Magneten und der Art ihrer Aufhängung	642
Von der Erregung des künstlichen Magnetismus	646
Entgegengesetzte magnetische Kräfte	648
Von der Vertheilung der magnetischen Kraft	651
Wirkungen des Erdmagnetismus auf unmagnetisches Eisen und auf den Magneten	654
Elektromagnetismus	660
Verstärkung eines schwachen elektromagnetischen Stromes. Schweiger's Multiplicator	662
Der galvanisch elektrische Strom ist selbst ein Magnet	664
Kreisende Bewegung eines Magneten um den elektrischen Strom und dieses um jenen	667
Anziehung der galvanischen Ströme unter einander	669
Ampere's Theorie der magnetischen Erscheinungen	671
Thermomagnetismus, Thermoelectricität	676
Von dem durch schnelle Umdrehung erregten Magnetismus	681

E i n l e i t u n g.

I.

Die Physik oder Naturlehre ist die Wissenschaft von den Körpern und ihren Eigenschaften, deren Inbegriff die Sinnenwelt heißt.

Da wir die Eigenschaften der Körper nur aus ihrer Wechselwirkung auf einander und den dadurch hervorgerufenen Veränderungen wahrnehmen, diese aber sich dem Beobachter nicht immer von selbst darbieten, sondern öfters erst durch den Versuch (experimentum) hervorgebracht werden müssen, so entstand daher der Name Experimenta I p h y s i k.

Daß die Naturlehre in der vorbestimmten Bedeutung des Wortes eine Erfahrungswissenschaft sey, bedarf keines Beweises. Dem ungeachtet kann sie die Speculation, das ist eine auf Vernunftgründe sich stützende Untersuchung nicht entbehren; denn was hülfen uns alle Erfahrungen, wenn der Verstand sie nicht zu ordnen und zu vergleichen, von dem Besondern zum Allgemeinen, von der Wirkung zur Ursache sich zu erheben wüßte!

II.

Die Physik oder allgemeine Körperlehre ist eine Wissenschaft von sehr großem Umfange. Selten ist es einem Sterblichen vergönnet, alle Theile derselben mit gleicher Geisteskraft aufzufassen, und mit klarem Blicke zu übers

schauen. Daher hat man die allgemeine Körperlehre in mehrere einzelne Wissenschaften zertheilet. Das Folgende dienet zum Ueberblick derselben.

III.

Die Erscheinungen, welche wir durch unsre Sinnen an den Körpern wahrnehmen, sind theils mehr bleibende, theils vorübergehende. Der ersteren bedienet sich vorzüglich der beschreibende Theil der Naturlehre, die *Naturgeschichte*, um die große Menge von Körpern unter gewisse Classen, Ordnungen, Arten und Unterarten zu bringen. Die *Naturlehre*, im Gegensatz von der Naturgeschichte, beschäftigt sich mit den Veränderungen, welche unter den Körpern vorgehen, sucht ihre Gesetze auf, und soweit es möglich ist ihre Ursachen zu ergründen. Die Naturgesetze sind entweder allgemein gültige, oder nur auf besondere Classen von Körpern anwendbare; die Betrachtung der ersteren gehöret im eigentlichsten Sinne für die *Physik*. Mit der Betrachtung derjenigen Naturgesetze, welche nur für die belebten Körper, im Zustande des Lebens, gelten, beschäftigt sich die *Physiologie*, *Biologie* und der *theoretische Theil der Heilkunde*.

Die Besondere Untersuchung der organischen und unorganischen Körper in Hinsicht ihrer verschiedenartigen Bestandtheile und des wechselseitigen Einflusses welchen diese Bestandtheile auf einander ausüben; oder mit andern Worten, die Zerlegung der zusammengesetzten Körper in ihre einfachen Grundstoffe, und die Wiederzusammensetzung der Körper aus ihren Elementen (so weit dieß in unsrer Macht steht) gehöret für die *Chemie*.

So nach blieb für die *Physik* im engern Sinne des Wortes die Auffuchung der in den Körpern mehr und we-

niger allgemein wirkenden Naturkräfte, und die Feststellung ihrer Gesetze übrig.

Geschicht dieß durch Beobachtungen und Versuche an den zunächst auf unsrer Erde befindlichen Körpern, so ist dieß Experimentalphysik im eigentlichsten Sinne; geschieht es durch Beobachtung der Erscheinungen die sich im Welt- raume zutragen, so ist es Physik des Himmels — Astro- nomie.

Betrachten wir die Veränderungen welche sich mit den Körpern zutragen genauer, so werden wir gewahr, daß dieselben sich entweder auf Aenderungen der Lage gegen andere Körper im Raume (Bewegung) oder auf Aenderungen des innern Zustandes der Körper (Eigenschaftswandlung) beziehen. Sonach könnte man die ganze Naturlehre in einen mechanischen und chemischen Theil zerfallen, welche sich indessen schwer ganz von einander trennen lassen. Denn es giebt viele Erscheinungen, wobey das mechanische mit dem chemischen so verknüpft ist, daß keins ohne das Andere wohl begriffen werden kann. Ich darf hierbey nur auf die neuesten Entdeckungen in der Lehre von dem Lichte der Electricität und dem Magnetismus hinweisen.

Wir glauben durch das eben Gesagte die Gränzen der einzelnen Theile der allgemeinen Naturlehre soweit festgestellt zu haben, als es überhaupt bey willkürlich von Menschen geschaffenen Eintheilungen möglich ist. So gehöret zum Beispiel die Betrachtung der allgemeinen Verwandtschaftsgesetzen, wonach der Chemiker seine Arbeiten einrichten muß, allerdings zur Physik, die Untersuchung aber der einfachen und zusammengesetzten Körper und ihrer Eigenschaften in die Chemie.

Das was man unter dem Namen der physisch angewandten Mathematik vorzutragen pflegt, sind nichts als einzelne Theile der Physik, die sich nur durch die mathematische Form des Vortrages, von dem gewöhnlichen Vortrage der Physik unterscheiden. Ein gründliches Studium der Physik ist ohne Mathematik nicht wohl möglich, weil sich die einigermaßen verwickelten Gesetze die Erscheinungen, und der Folgen welche sich aus ihnen ziehen lassen, meistens ohne Rechnung nicht ergeben.

Zunächst kann der Naturforscher nur mit Körpern auf der

Erde Versuche anstellen, man glaube aber nicht, daß das was hierdurch gefunden wird immer nur auf unsern Erdball eingeschränkt sey. Galiläi experimentirte mit irdischen Körpern, um die Geseze des Falles können zu lernen. Kepler und Newton lehrten uns, daß dieselbe Kraft sich durch den Welt-raum verbreitet.

Ueberhaupt trenne man die einzelnen Theile der Naturlehre nicht mehr, als nöthig ist, um sie genau zu erforschen. Wir würden die Geseze der Bewegung des Lichts nur unvollkommen wissen, wenn uns nicht die Astronomie durch die Berechnungen und Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten die Mittel zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Licht's gegeben hätten.

Umgekehrt hat uns das Studium der Brechung der Lichtstrahlen an irdischen Körpern die Werkzeuge geschaffen, womit wir die unendlichen Räume des Himmels durchschauen.

IV.

Den wahren Ursprung der Experimentalphysik müssen wir in die Zeiten der Wiederauflebung der Wissenschaften nach dem Mittelalter setzen.

Das Folgende bezeichnet nur einige Hauptmomente, Männer und Entdeckungen, wodurch die Wissenschaft seit jener Zeit bis auf die unsrige erweitert worden ist. Zuerst wurde der näher mit der Mathematik verwandte mechanische Theil der Naturlehre, die Astronomie, die Optik und Mechanik ausgebildet.

Nicolaus Copernicus, Gründer des wahren Weltsystems (geb. 1472 gest. 1543). Tycho Brahe (1546—1601) ein vortrefflicher praktischer Astronom, welchem man die besten Beobachtungen vor Erfindung der Fernröhre verdankt. Franz Baco von Verulam (1560—1626) einer der geistreichsten Naturforscher seiner Zeit. Erfindung der Fernröhren durch die Holländer (1610). Als zweiter Erfinder muß angesehen werden Galiläi (1564—1641) der sich übrigens durch mehrere Entdeckungen berühmt gemacht hat,

wovon wir nur auszeichnen, die den bloßen Augen unsichtbaren Flecken des Mondes, die Trabanten des Jupiters (zugleich mit Simon Marius), die Gesetze des Falles schwerer Körper. Joh. Kepler (1571—1630) Erfinder der drei berühmten, von ihm benannten Gesetze über die Bewegung der Planeten in elliptischen Bahnen um die Sonne, wodurch der Grund zur physischen Astronomie gelegt wurde. René des Cartes (1596—1650) ein scharfsinniger Philosoph, Mathematiker und Physiker; seine Theorie der Wirbel, wodurch er die Erscheinungen der Schwere zu erklären suchte, mußte Newtons Lehre von der Gravitation weichen.

Evangelista Torricelli (1618—1647) Entdecker des Barometers. Otto Guericke (1602—1686) Erfinder der Luftpumpe. Der Entdeckung dieser beiden Werkzeuge verdankt die Physik außerordentlich viel; durch sie haben wir zuerst die Elasticität und Schwere der Luft kennen gelernt, und eine richtige Einsicht von der Natur und Beschaffenheit der elastischen Flüssigkeiten überhaupt erhalten. Robert Boyle ein scharfsinniger englischer Physiker des 17ten Jahrhunderts (1626—1691) der indessen an wichtigen Entdeckungen noch übertroffen wurde von Huyghens (1624—1695). Diesen verdanken wir die vollkommene Theorie des Pendels, und die Anwendung desselben auf die Regulirung der Uhren, wodurch die praktische Astronomie so viel gewonnen hat. Außerdem ist Huyghens Name durch mehrere wichtige Entdeckungen in der Geschichte der Astronomie und der ihr verwandten Wissenschaften berühmt, wovon wir nur die Entdeckung des Rings vom Saturn und eines seiner Trabanten und die Vervollkommnung der Theorie der Fernröhre nennen wollen. Erfindung des Infinitesimalcalculus und große Erweiterung der Naturlehre durch denselben. Isaac New-

ton (1642 — 1727) und Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 — 1716). Newtons größtes Verdienst um die Physik, ist die Entdeckung von der allgemeinen Anziehung oder Gravitation, wodurch er die von Kepler entdeckten Gesetze der elliptischen Bewegungen der Planeten vollständig erklärte, und zugleich den Grund zur Erklärung aller übrigen Bewegungen am Himmel legte. Hierdurch wurde eine Wissenschaft, die physische Astronomie gegründet, welche durch die größten Mathematiker des 18ten Jahrhunderts, Euler, La Grange, La Place immer weiter ausgebildet, und besonders durch Letzteren in seiner Mechanik des Himmels in einer Vollendung dargestellt worden ist, wie keine andere Wissenschaft sich rühmen kann. Zugleich mit dem theoretischen Theil der Naturlehre schritt der praktische in gleichem Maße vor, durch Erfindung neuer Werkzeuge und durch Verbesserung der bereits vorhandenen. Wir erwähnen hier nur kurz, die Erfindung des Mikroskops, der reflectirenden Telescope, des Thermometers, der achromatischen Fernrohre, die Verbindung derselben mit den astronomischen Winkelmessern, und die große Vervollkommnung dieser selbst in den neuern Zeiten. Erfreulich ist es für den Deutschen, daß hierin seine Nation keiner andern nachsteht.

V.

Der chemische Theil der Naturlehre verdankt seine erste wissenschaftliche Begründung zweien deutschen Naturforschern Becher und Stahl. Die berühmte Lehre von Stahl's Phlogiston darf nicht der Vergessenheit übergeben werden. Durch sie (nämlich die Vorstellung, von einem fehlen sich unsren Sinnen entziehenden Stoffe, welcher mit größern Körpern in Verbindung, tretend deren Eigenschaf-

ten auf mannigfache Weise modificirte, in seiner ursprünglichen Gestalt aber die Erscheinungen des Feuer und Lichts erzeuge) erhielten die chemischen Auflösungen und Verbindungen, namentlich aber die verschiedenen metallischen Prozesse eine Einheit der Erklärungsart, welche den Kenntnissen der damaligen Zeit angemessen war, und von allen Chemikern zu Anfang und bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit allgemeinem Beyfall aufgenommen wurde. Erst nach der Entdeckung der verschiedenen Gasarten, besonders des Sauerstoffgases durch Scheele und Priestley im Jahre 1774 gelang es Lavoisier's Scharfsinne durch eine Reihe gut durchgeführter Versuche über die Verbrennung der Metalle, des Phosphors, des Schwefel's, der Kohle in diesem Gase und der atmosphärischen Luft, nachzuweisen, daß während des Verbrennens ein wägbarer Stoff aus der Luft sich ausscheidet, mit dem brennbaren Körper sich vereinigt, und diesen bald in eine Säure, bald in ein Oxyd verwandelt. Lavoisier gab diesem Stoffe, da er ihn als das Säure erzeugende Princip ansah, den Namen Oxygen und erklärte die meisten chemischen Prozesse, die man nach dem ältern System als eine Ausscheidung des Phlogiston ansah, durch den Zutritt des Sauerstoff's. Daher der Name antiphlogistisches System. Lavoisier's Lehre erhielt eine große Stütze, und ihre eigentliche Ergänzung durch die von Cavendish entdeckte Zusammensetzung des Wassers aus Sauerstoff, und einer brennbaren Grundlage, welcher man seit der Zeit den Namen Wasserstoff beylegte. Lavoisier's Verdienst um die Chemie besteht nicht bloß in der Aufstellung seines mit so allgemeinem Beyfall aufgenommene Systems, sondern auch darin, daß er die Kunst chemische Versuche anzustellen zu einer weit größern Vollkommenheit brachte, indem er den Grund

zu der genaueren Messung und Wägung der feinen flüchtigen Gase legte, denen vorzüglich die Chemie in den neuesten Zeiten ihre großen Fortschritte verdankt.

VI.

Lavoisier ging, indem er alles was sich nicht durch die Wage zu erkennen gebe aus der Chemie verbannt wissen wollte, wohl zu weit. Vielleicht wären seinem großen Scharfsinn manche Entdeckungen der spätern Zeit nicht entgangen, hätte er sich mit demselben Eifer auf das Studium der elektrischen Erscheinungen gelehrt, mit welchem er sich der Erforschung der gasförmigen Flüssigkeiten hingab.

Dies führt uns auf die wichtigsten Entdeckungen der neuesten Zeit.

Von der wunderbaren Kraft, die wir mit dem Namen der Electricität bezeichnen, wußte man zu Anfang des vorigen Jahrhundert's nicht viel mehr, als die Griechen vor ein Paar tausend Jahren, d. i. man kannte einige elektrische Bewegungen, Anziehungen und Abstoßungen leichter Körper, und den elektrischen Funken. Erst nach der Entdeckung der entgegengesetzten Electricitäten durch Du Fay, der Verbesserung der drehbaren Elektrirmaschinen durch Hausen, Winkler, Nollet und Andere, vorzüglich durch die Entdeckung der verstärkten Electricität mit Hilfe der leibner Flasche (1745), wurde man immer mehr von der Ähnlichkeit des durch die Kunst erregten elektrischen Funkens und den furchtbaren Wirkungen des Blitzes überzeugt. Franklin erhob diese Lehre zur Gewißheit und gab uns die Gewitterableiter, zugleich erfann er mit ungemeinem Scharfsinn eine Hypothese über die Ursache der elektrischen Erscheinungen, welche noch jetzt viele Anhänger unter den Naturforschern zählt. Ob nun gleich seit Frank-

ihr's Seiten die elektrischen Apparate sehr verbessert, verviel-
 fältiget, auch manche neue Erscheinungen entdeckt worden
 sind, so schien doch die ganze Lehre von der Electricität,
 gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zu einem gewissen
 Stillstand gekommen zu seyn, und gleichsam ein abgeschlos-
 senes für sich bestehendes Capitel der Naturlehre zu bilden.
 Die Entdeckung Galvani's von der durch ihn sogenannten
 thierischen Electricität eröffnete der Forschung ein neues
 Feld, das jedoch erst dann anfang reichliche Ausbeute zu
 liefern, als Volta die Identität der galvanischen Electrici-
 tät mit der durch Reibung erregten bestimmt nachgewiesen
 hatte, und durch die Entdeckung seiner Säule diese Erre-
 gungsart der Electricität eben so verstärken lehrte, wie es
 der Leidner Versuch in Beziehung auf die Maschinenelekti-
 cität gethan hatte. Jetzt häufen sich die Entdeckungen im
 chemischen Theil der Naturlehre mit Hülfe der voltaischen
 Säule in dem kurzen Zeitraum eines Viertel Jahrhunderts
 so sehr, daß hier sie einzeln anzuführen der Raum verbie-
 tet. Doch dürfen wir die berühmte Entdeckung Davy's
 von der Zerlegung der Alkalien und die Auffindung ihrer
 metallischen Grundlagen nicht verschweigen, wodurch die
 Lehre von den chemisch einfachen Stoffen eben so sehr,
 als durch die Entdeckung des Sauerstoffes und die Zusam-
 mensetzung des Wassers verändert worden ist. Immer
 wichtiger in theoretischer Hinsicht, und durch die neuesten
 elektrochemischen Versuche sich immer mehr bestätigend,
 scheint die von Davy und Berzelius aufgestellte Hypo-
 these über die Ursache der chemischen Anziehungen, das
 sogenannte elektrochemische System, zu werden. Schließ-
 lich müssen wir Derstädt's Entdeckungen über den Zusam-
 menhang der Electricität und des Magnetismus erwäh-
 nen; wie viel sich daran knüpft haben bereits die For-

schungen weniger Jahre bewiesen, und wer vermag vorauszusagen, was sich noch alles daran reihen werde?

VII.

Den Nutzen der Physik braucht man niemand zu demonstrieren; er ist für sich klar wie die Sonne. Das Folgende soll nur dazu dienen, junge Freunde der Natur darauf hinzuweisen, wie aus einfachen physikalischen Wahrheiten, wichtige Erfindungen hervorgiengen, die oft nicht bloß für die Wissenschaft, sondern für die menschliche Gesellschaft überhaupt die herrlichsten Früchte trugen. Auf dem hydrostatischen Satz von dem Gleichgewichte der Flüssigkeiten in zusammenhängenden Röhren beruhen unsere Wasserleitungen durch Röhrenfahrten, die Pumpenwerke aller Art, die Mittel den Rauch und die schädlichen Dämpfe aus unsern Wohnungen abzuleiten, Brahma's und Rea's hydrostatische Pressen u. s. w.

Das Barometer gab uns eine auf vernünftige Gründe gestützte Witterungskündigung, besonders dem Seefahrer ein untrügliches Kennzeichen des herannahenden Sturmes, und dem Geographen das sicherste Mittel die Höhen auf der Oberfläche der Erde zu bestimmen.

Nicht minder wohlthätig war die Erfindung des Thermometers, welches uns die Temperaturen auf der Oberfläche der Erde, im Wasser und in der Luft kennen lernte. Beide physikalische Werkzeuge verbunden lehrte uns die Kraft der Dämpfe messen, und ihre Kenntniß führte zu den mit Recht so bewunderten Dampfmaschinen. Als Priestley und Scheele den glimmenden Licht in dem Sauerstoffgas sich wieder entzünden sahen, ahndeten sie vielleicht nicht, daß diese Flamme die Wissenschaft erhellen, und einen großen Theil der Naturlehre umgestaltet würde. Franklin's elektrische Versuche sah

vielleicht Mancher seiner Zeitgenossen nur für physikalische Spielereien an, und doch verdanken wir ihnen die Wetter- und Hagel-Ableiter.

Den formellen Nutzen, d. i. Bildung des Geistes und Richtung desselben nach einem edelen Gegenstande, hat zwar die Physik mit jeder andern Wissenschaft gemein; welche aber, fragen wir jeden Unbefangenen, zieht mehr an, als das Studium der Natur und ihrer Gesetze, die uns überall den unendlich weisen Urheber derselben verkündigen?

Unter den vielen Lehrbüchern über die Physik, welche in neuern Zeiten erschienen sind, zeichnen wir die folgenden um so mehr aus, da wir sie bey der Ausarbeitung dieses Buches benützt haben.

Anfangsgründe der Naturlehre zum Gebrauche für akademische Vorlesungen von G. W. Munké. Heidelberg 1819.

Anfangsgründe der Naturlehre zum Behuf der Vorlesungen über die Experimental-Physik von Joh. Tob. Mayer. Göttingen 1820.

Grundriß der theoretischen Physik von G. Fr. Parrot. Riga u. Leipzig 1809 — 15.

Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande mit Rücksicht auf mathematische Begründung dargestellt, von Andreas Baumgärtner. Wien 1824.

Anfangsgründe der Naturlehre von Gerh. Utr. Ant. Bietz. Leipzig 1823.

Lehrbuch der Experimental-Physik von J. B. Biot übersetzt von M. G. Theod. Fechner. Leipzig 1824.

Erster Abschnitt.

Von den allgemeinen Eigenschaften der Körper und den verschiedenen Formen der Materie.

§. 1.

Allgemeine Eigenschaften der Körper im strengen Sinne des Wort's heißen solche, deren Daseyn so wesentlich mit unserer Vorstellung von den Körpern verknüpft ist, daß der Begriff vom Körper wegfallen würde, wenn wir uns jene Eigenschaften wegdenken.

Hierher zählen wir bloß die Ausdehnung, das Begrenztseyn und die davon abhängende Gestalt, die Undurchdringlichkeit, Trägheit und Beweglichkeit der Materie. Alle übrige sogenannte allgemeine Eigenschaften der Körper als Elasticität, Schwere und dergleichen sind nur in sofern allgemeine zu nennen, als wir sie vermöge der Erfahrung überall, oder bey den meisten Körpern wahrgenommen haben.

§. 2.

Jeder Körper nimmt einen Raum ein und ist begrenzt, daher kommt ihm Größe und Gestalt zu.

Größe und Gestalt hat der physische Körper mit dem mathematischen gemein; durch alles Uebrige unterscheidet er sich von demselben. Der Mathematiker kann den Körpern in

Gedanken unendlich vielerley Gestalten zuschreiben, daher ist die mathematische Formenlehre unerschöpflich. Die Natur aber zeigt bey der großen Mannigfaltigkeit ihrer Gebilde eine eben so große Einfachheit in der Zusammensetzung derselben. Belehrende und zugleich unterhaltende Belege dieses Satzes geben die mikroskopischen Beobachtungen kleiner Insekten und einzelner Theile von größern, als ihrer Füße, Flügel, Fühlhörner, Fresswerkzeuge und dergl.

Was dem bloßen Auge seiner Kleinheit wegen als formloser Staub erscheint, kommt unter einer hinlänglichen Vergrößerung in regelmäßigen Gestalten hervor. Z. B. der farbige Staub welcher die Flügel der Schmetterlinge deckt, als kleine Schuppen oder Panzer; der Blütenstaub der Pflanzen bald als runde, bald als ovale Kügelchen, bald als Polyäeder.

Die feinen Quer- und Längenschnitte einjähriger Pflanzen, oder Zweigen von holzartigen Gewächsen unter dem Mikroskop betrachtet, zeigen eine große Regelmäßigkeit in Anordnung der Längen- Spiral- und Quergefäße, so wie in der Vertheilung der Poren.

Aber auch bey den unorganischen Körpern erkennet man das Streben der Natur nach Regelmäßigkeit in den Krystallen. Man bringe einen Tropfen einer Salzauflösung, z. B. von Kochsalz, Alaun, oder Salpeter auf einem unten schwarz gefärbten Glase unter das zusammengesetzte Mikroskop, oder auf einem durchsichtigen Glase unter das Sonnenmikroskop, so wie der Tropfen verdunstet, wird man Krystalle entstehen sehen, welche bey dem Kochsalz kleine Würfel, bey dem Alaun Octaeder, bey dem Salpeter kleine platte gestreifte Säulen darstellen *).

*) Der sogenannte Metallmoir ist nichts anders als die natürliche Krystallisation des Zinnes, welche durch die Wirkung der Säure auf die Oberfläche des Metalles sichtbar wird. Siebt es eine unkrystallisirbare Materie?

§. 3.

Die Krystallen, welche uns die Natur darbietet, zeigen merkwürdige Bildungsgesetze, auf welche Haüy zuerst aufmerksam gemacht hat.

Wenn man einen Krystall genau beobachtet, so wird man gewisse Absonderungs- oder Durchgangs-Flächen gewahr, nach welcher sich derselbe leichter als nach jeder an-

bern Richtung trennen läßt, wobey die Trennungsflächen glänzend und glatt erscheinen. Nimmt man die Trennung nach den verschiedenen Richtungen der Durchgangsflächen wirklich vor, so ändert sich meistens die ursprüngliche Gestalt des Krystalles, bis man durch fortgesetzte Theilung endlich auf eine solche Gestalt kommt, worin die Durchgangsflächen parallel laufen. Diese Form nennet Haüy die Kerngestalt, die ursprüngliche aber die *secundaire* oder *abgeleitete* Gestalt des Krystalles. Denkt man sich die Trennung in dem Kern weiter fortgesetzt (wobey die getrennten Theilchen unter sich und dem Ganzen ähnlich bleiben) bis man auf verschwindend kleine Theilchen kommt, die man gleichsam als die Elemente des Krystalles betrachten kann, so erhält man das, was Haüy *Integraltheilchen* (*molecules integrantes*) der Krystalle nennet. Nun zeigt Haüy durch geometrische Construction und Rechnung, wie aus sehr wenigen Grundgestalten durch Auflagerung der integrierenden Theilchen, nach bestimmten Gesetzen der Ab- und Zunahme eine große Menge von *secundairen* Gestalten hervorgehe, deren Seiten und Winkel gerade die Gestalt und Größe haben, wie sie uns die natürlichen Krystallgebilde offenbaren. Grundgestalten sind nach Haüy nur die sechs folgenden: das Tetraeder, das Parallelepipedum, das Octaeder, das sechsseitige Prisma, das Rhombendodekaeder und das Triangulardodekaeder.

Der letzte Grund der einfachen Gestalten bleibt unerklärlich, wohl aber mag die regelmäßige Anordnung der kleinsten Theilchen zu größern Gestalten nach bestimmten Gesetzen in einer elektrisch-magnetischen Anziehung nach bestimmten Richtungen gesucht werden. Hiervon das Weitere in der Lehre von der Electricität. Die äussern Bedingungen zur Krystallisation sind: hohe Verschiebbarkeit

der einzelnen Theilchen, daher Flüssigkeit, und ein langsames Uebertreten aus der Flüssigkeit zur Festigkeit, wobey die polaren Anziehungen ungestört wirken können.

Hauy glaubte durch die Erfahrung den Satz bewiesen zu haben, daß einerlei Grundgestalt bey den Krystallen gleiche chemische Zusammensetzung, und umgekehrt diese jene bedinge. Dieser Satz ist von Mitscherlich aus andern Erfahrungsgründen über die Krystallisation der phosphorsauren und arseniksauren Salzen stark bestritten worden. Dagegen stellet Mitscherlich den Satz auf: gleiche Grundgestalt der Krystalle bedingt ein ähnliches chemisches Verhältniß, aber nicht absolute Gleichheit der Bestandtheile. (Isomorphe Stoffe.)

Es ist merkwürdig, daß zusammengesetzte Salze, deren einzelne Bestandtheile eine verschiedene Krystallisationsform haben, bey ihrer Krystallisation oft der Form desjenigen Bestandtheiles folgen, der in geringerer Menge vorhanden ist. Z. B. Zinkvitriol mit $\frac{1}{8}$ Kupfervitriol gemischt, krystallisirt wie Kupfervitriol. Man schreibt dann dem einen Bestandtheil eine größere Krystallisationskraft zu. Mitscherlich sucht diese Erscheinung auf die Menge des Krystallwassers zurückzuführen, indem er denjenigen Krystallen gleiche Gestalt zuschreibt, die fähig sind eine gleiche Menge von Krystallisationswasser als Bestandtheil in sich aufzunehmen*).

*) Hauy's Theorie von der Structur der Krystalle läßt sich am besten in den Vortlesungen durch Modelle erläutern.

Unter den natürlichen Gebilden geben die Krystalle des kohlensauren Kalkspathes ein lehrreiches Beispiel. Der Isländische Spath zeigt das Rhomboeder (schiefwinklichte Parallelepipetum) zugleich als Grundform und abgeleitete Gestalt. Alle übrige Krystallisationen sind aus dem Rhomboeder abgeleitete Gestalten.

Hauy *Essai d'une Théorie sur la Structure des Crystaux*. Derselben *Traité de Mineralogie*. Leonhard *Handbuch der Oryktognose*. Hausmanns Untersuchungen über die Krystallisation der Salze, in den Schriften der Berl. Akademie der Wissenschaften 1818 — 19.

Gilberts neue Annalen XIII. B. 231. S.

Berzelius Jahresbericht über die Fortschritte der physik. Wissenschaften übersetzt von Omelin. Ldb. 1822.

Die Ausdehnung und Figur bestimmen bloß die Form des physikalischen Körpers, was den Raum desselben mit Beharrlichkeit erfüllet, heißt die Materie oder der Stoff. Von der Gegenwart der Materie überzeugen wir uns vorzüglich durch den Sinn des Gefühles, obgleich auch die übrigen Sinnen hierbey mehr oder weniger mit in Anspruch genommen werden.

Ueberall, wo wir in den Raum eines Körpers einzudringen suchen, finden wir Widerstand. Dieses Phänomen nennt man die Undurchdringlichkeit der Materie, und der Physiker stellet mit Recht den Grundsatz auf: der Raum, welcher einmal mit Materie erfüllet ist, kann nicht zu gleicher Zeit mit anderer Materie erfüllet werden.

Ob der letzte Grund der Materie als einer sinnlichen Erscheinung wieder in etwas anderem zu suchen sey, überläßt der Physiker dem Metaphysiker. Nur dadurch, daß Ersterer sich an den sinnlichen Schein hält, gewinnt er eine sichere Basis für seine Wissenschaft.

Das scheinbare Eindringen mancher Stoffe in den Raum anderer Körper, wie z. B. des Wassers, der Luft in Schwamm, Holz, Steine und dergleichen erklärt sich aus der Porosität der Körper und der großen Theilbarkeit der Materie. Aber auch die chemische Mischung zweier ungleichartigen Stoffe zu einem gleichartigen Ganzen, können wir nicht für eine wahre und vollkommene Durchdringung gelten lassen, ohne den Begriff vom Körperlichen ganz aufzugeben. Vielmehr müssen wir auch diese Erscheinungen nur für eine, die Grenzen unsrer Sinne überschreitende Theilung und neue Vereinigung der materiellen Elemente erklären. Auch stimmt mit dieser Vorstellung die Erfahrung in vielen Fällen überein. Wer wird z. B. in einer Auflösung des Zuckers, oder Salzes im Wasser, des Kampfers im Weingeist die Gegenwart dieser Stoffe in dem Auflösungsmittel leugnen wollen, wenn sie gleich dem Sinn unsers Gesichts verschwunden sind? Von den chemischen Verbindungen dieser Art zu jenen, wo durch die Mischung die Eigenschaften der gemischten Körper verloren gehen, ist aber nur ein Schritt

47

weiter, welchen man aus der stärkern Anziehung der Bestandtheile erklären kann, ohne zu einer für uns unbegreiflichen Durchdringung der Materie seine Zuflucht nehmen zu müssen.

Versuche zur Erläuterung der Erscheinung von der Undurchdringlichkeit der Körper sind unter andern folgende.

Man stürze über ein auf Wasser schwimmendes Stück Kork ein umgestülptes Glas, der Kork läßt sich tief unter die Oberfläche des Wassers pressen, weil die in dem Glase eingeschlossene Luft dem Eindringen des Wassers widersteht. Eine kleine gläserne Flasche mit engem Hals, in welche man einige Tropfen Wasser gebracht hat, kann luftleer gemacht werden, wenn man das Wasser über Kohlen schnell verdunsten läßt, weil der sich bildende Wasserdampf die Luft verdrängt. Eine Kugel von Zinn oder einem andern weichen Metall voll Wasser gefüllet, zugelöthet, und zwischen einem Schraubstock stark zusammengepresst berstet, weil das Wasser der äußern Gewalt nicht nachgiebt.

§. 5.

Die Materie erfüllet den Raum der Körper nicht mit Stetigkeit, sondern es finden Unterbrechungen Statt, welche man Poren oder Zwischenräume uennet. Bey den festen Körpern erkennet man die Poren leicht, besonders durch mikroskopische Beobachtungen. Bey den flüssigen Körpern geht dieß nicht an, wegen der Durchsichtigkeit der Theilchen, woraus sie bestehen. Man schließet aber auf die Gegenwart der Zwischenräume in den flüssigen Körpern, weil es keine Flüssigkeiten gibt, welche nicht andere Körper in sich aufnehmen könnten, und dieß vermöge der Undurchdringlichkeit der Materie nur in so fern geschehen kann, als Poren vorhanden sind. Auch werden wir gewahr, daß oft ein Stoff, welcher unsichtbar in den Zwischenräumen eines Körpers enthalten ist, entweicht, wenn derselbe Körper einen andern Stoff in sich aufnimmt.

Hierher gehörige Versuche sind:

Ein Goldblättchen zwischen zwey Glasplatten gebracht, läßt durch seine Zwischenräume grünes Licht schimmern. Quecksilber wird durch den Druck der Luft, oder durch mechanische Gewalt durch die Zwischenräume von Holz, Feder und ähnliche Körper als ein feiner Staubregen getrieben. Wenn man ein Glas voll Wasser oder Bier in einem etwas weitern Gefäß umgekehret unter die Glocke der Luftpumpe bringt, und den Druck der Luft hinwegnimmt, so steigen eine Menge Luftblasen aus der Flüssigkeit in die Höhe, sammeln sich in dem obern Raume des Glases, bilden daselbst eine größere Luftblase, die zwar bey wieder zugelassenem Druck der Atmosphäre einen kleinern Raum einnimmt, aber nur langsam (oft erst nach vielen Tagen) in die Zwischenräume der Flüssigkeit aufs Neue aufgenommen wird. Wenn man zu einem Mineralwasser, das viel kohlensaures Gas enthält, ein Stückchen Salz, Zucker, oder eine stärkere Mineralsäure bringt, so entweicht das kohlensaure Gas in Luftblasen aufbrausend. Ein Gleiches erfolgt, nur langsamer, wenn man das Mineralwasser bis zum Kochen erhitzt.

Hier treibt der sich bildende Wasserdampf das in den Zwischenräumen des Wassers befindliche Gas fort. Auf gleiche Weise wird das Quecksilber in den Barometern durchs Ausweichen von seiner Luft und Feuchtigkeit befreiet, indem der sich bildende Quecksilberdunst, jene sehr stark mit dem Metall adhärirende Stoffe verdrängt. Auch scheint der stärkere Wohlgeruch der Blumen, Morgens und Abends, wenn sie vom Thau durchdrungen werden, größtentheiles auf einem solchen Auscheiden eines Dunstes durch den andern zu beruhen.

Mußen der Poren.

Manche Körper erhalten sich länger, wenn man ihre Zwischenräume dem Zutritte der atmosphärischen Luft verschließt. Hierher gehört das Bestreichen der Eyer mit Firniß, oder das Eintauchen derselben in Kaltwasser.

Mikroskopische Beobachtungen der Poren organischer Körper.

Giebt es absolut leere Räume? Die Beantwortung der Frage lieget außer dem Gebiete der Erfahrung. So weit die Schärfe unjrer Sinnen reicht werden wir materielle Raumerfüllung gewahr, und gewiß erstreckt sich dieselbe noch viel weiter. Der strenge Atomist muß freilich, wenn er sich die kleinsten Theilchen der Materie absolut hart denkt leere Räume zulassen, weil sonst

keine Bewegung denkbar wäre. Was hindert uns aber bey Atomen stehen zu bleiben, die man sich als ursprünglich elastisch denkt?

§. 6.

Die Theilbarkeit muß, vermöge der Erfahrung, ebenfalls für eine allgemeine Eigenschaft der Materie gelten; sie geht bey manchen Körpern ganz außerordentlich weit, und wir können ihre Gränze nicht nachweisen. Ist die Materie ins Unendliche theilbar? Man muß die Frage verneinen, wenn man nicht den Begriff von Materie, als dem beharrlichen im Raume ganz aufgeben will, ob man gleich zugeben muß, daß der mathematische Körper, als bloße Größe betrachtet, ohne Ende theilbar gedacht werden könne.

Außerordentlich weit gehende Theilbarkeit durch äussere mechanisch wirkende Kräfte geben uns die höchst dehnbaren Metalle Silber, Gold, Platina. Noch weiter geht die durch chemische Kräfte bewirkte oder von der Natur erzeugte Theilung der Materie. Beyspiele geben die leuchtenden und riechenden Stoffe, die chemischen Auflösungen und die Infusionsthierchen.

Nach Reaumur's Beobachtungen wird eine Silberstange von 22 pariser Zoll Länge mit 1 Unze schwer Gold vergoldet; dieselbe Stange zum feinsten Drath ausgezogen und platt gewalzet, wie er zu den um Seide gesponnenen Goldfäden gebraucht wird, enthält eine Länge von 111 französischen Meilen. Wollaston hat Gold- und Platinadrath in einen dickeren Silberdrath eingeschlossen, auf den Drathzug gebracht und zu einer solchen Feinheit ausgezogen, daß 500 Fuß Länge des Golddrathes von $\frac{1}{5000}$ Zoll Dicke nur 1 Gran wogen. Die Dehnbarkeit des Platinadrathes ging so weit, daß er sich bis auf $\frac{1}{30000}$ (?) eines Zolles Dicke ausziehen ließ. Platinadrath von $\frac{1}{18000}$ Zoll Dicke trug noch $1\frac{1}{2}$ Gran, bevor er riß. Sobald die dünne des Drathes unter $\frac{1}{3000}$ eines Zolles ist, läßt sich der Körper nicht mehr mit bloßen Augen erkennen. Gilb. An. 1816. S. 284.

Es wird unten in dem Abschnitt von der Wärme erwiesen werden, daß es einen Wasserdampf bey der Temperatur der Eiskälte gibt, welcher gegen 200000mahl dünner als das Wasser ist;

und es ist höchst wahrscheinlich, daß in dem leeren Raume des Barometers ein Quecksilberdunst existire, welcher noch ungleich dünner als jener Wasserdampf seyn muß, da er gar nicht sinnlich wahrnehmbar auf die Quecksilbersäule im Barometer drückt, indessen der Wasserdampf immer noch einen meßbaren Druck ausübt. Was Wunder also, wenn es so feine Stoffe in der Natur giebt, die unsere Sinnen nicht unmittelbar rühren, sondern deren Daseyn wir nur durch ihre Wirkungen in andern Körpern gewahr werden!

Durch eine fortgesetzte Theilung wird die Oberfläche immer größer, und da die Oberfläche zunächst mit der Umgebung in Berührung steht, so ist es kein Wunder, daß oft schon die bloße Theilung die Eigenschaften und Wechsel-Wirkung der Körper verändert. So befördert die mechanische Zertheilung in der Regel die chemische Wirkung der Körper aufeinander. Schwerere Körper können sich durch große Zertheilung in leichteren Flüssigkeiten schwebend erhalten u. s. w.

S. 7.

Bey vielen Körpern, den festen, werden wir einen bedeutenden Widerstand gewahr, wenn wir bemühet sind ihre Theile von einander zu trennen. Wir nennen diesen Widerstand die Cohäsion oder den Zusammenhang der Theile. Da wir denselben nicht von einer von aussen her wirkenden Kraft ableiten können, so müssen wir ihn als eine Folge der der Materie einwohnenden Anziehungskraft betrachten. Man versteht also unter der Cohäsion die im Innern der Körper sich äussernde Anziehungskraft der gleichartigen Theilchen eines Körpers gegen einander. Es äussert sich indessen auch die anziehende Kraft an den Oberflächen der sich wechselseitig berührenden Körper, und hier erhält die Erscheinung den Namen der Adhäsion. Die Adhäsion findet nicht bloß zwischen festen Körpern, sondern auch zwischen festen und flüssigen, und zwischen flüssigen verschiedener Art Statt. Außerhalb der Berührung äussert sich weder Cohäsion noch Adhäsion. Wir müssen also diese Er-

scheinungen wohl von der Schwere, als einer in die Ferne wirkenden Kraft unterscheiden, obgleich manche Naturforscher es versucht haben, die ungleichartigen Wirkungen der Cohäsion und der Schwerkraft mit Hülfe gewisser Hypothesen auf einerlei Grundkraft zurückzuführen.

Versuche zur Erläuterung der Cohäsion und Adhäsion geben:

Das Zerreißen feiner Metallfäden durch angehängte Gewichte; die große Kraft mit welcher ebengeschliffne Platten von Marmor und Metall an einander haften, besonders wenn man etwas Oehl, oder zerlassenen Talch dazwischen gebracht hat. Jedoch ist bey diesen Erscheinungen der Druck der Luft mit im Spiel, aber nicht allein, denn auch unter der Glocke der Luftpumpe zeigt sich Anhaftung. Ferner gehören hierher das Belegen der Spiegelplatten mit Staniol, das Leimen, Löthen, Schweißen, Ritten, und viele ähnliche Ausübungen der Künste und Handwerke. Warum tauget nicht jeder Leim oder Kitt gleich gut für alle Körper? Dieß leitet schon auf die specifischen, oder chemischen Anziehungen.

Die Cohäsion und Adhäsion flüssiger Körper unter einander und gegen andere Körper, äussert sich in der Tropfenbildung, in der großen Kraft mit welcher eine Flüssigkeit sich schnell über der Oberfläche einer andern verbreitet, z. B. ein Tropfen eines fetten oder ätherischen Oehles, oder Weingeistes über Wasser. Auch hier verdrängt vermöge der größeren specifischen Anziehung ein Körper den andern. Erläuterung durch Versuche. Die Adhäsionskraft der Luft an andere Körper wird man gewahr, wenn man feste Körper schnell unter Wasser taucht. Aus der besondern Cohäsionskraft der flüssigen Körper an ihren Oberflächen und ihrer mehr oder mindern Adhäsion gegen feste Körper erklärt sich auch das Schwimmen schwerer fester Körper auf leichtern Flüssigkeiten, z. B. der Nähnadeln auf Wasser oder Oehl, oder auf der Gränzfläche zwischen beiden Flüssigkeiten. Von diesen Erscheinungen wird bey der Lehre von der Haarröhrchen-Anziehung noch weiter geredet werden.

§. 8.

Man hat bisher kein allgemeines Gesetz entdeckt, wonach sich die Größe des Zusammenhangs im voraus

bestimmen ließe. Doch bemerke man folgendes: Körper von einerlei Beschaffenheit erhalten einen größern Zusammenhang, wenn sie dichter werden. Daher vermindert die Wärme durch die Ausdehnung den Zusammenhang der Körper, Kälte dagegen vermehret ihn, sowie auch mechanische Kräfte, welche verdichtend wirken, wie z. B. das Hämmern, zu Drathe Ziehen bey den Metallen. Doch gilt die Dichte keineswegs als allgemeiner Maßstab für die Größe der Cohäsion.

Auf folgende drei Punkte möchte sich die Stärke des Zusammenhangs zurückführen lassen:

1) auf die Intensität der Kraft der sich wechselseitig anziehenden Theilchen;

2) auf das Gesetz, wonach die anziehende Kraft der kleinsten Theilchen gegen einander mit ihrer Entfernung sich ändert;

3) auf die Menge der in Wirksamkeit tretenden Theilchen.

Blos die letzte Größe läßt sich als eine Function der Dichtigkeit betrachten. Die beiden ersten sind uns noch zur Zeit unbekannt. Indessen erklärt sich hieraus, wie ein geringer Zusatz, welcher die Menge der in Wirksamkeit tretenden Theilchen so gut wie nicht verändert, aber auf die andern Bestimmungs-Größen der Cohäsion Einfluß hat, diese, und durch sie die physischen Eigenschaften eines Körpers bedeutend verändern kann.

Merkwürdige Erscheinungen der Art bieten Faraday's und Fischer's Versuche über die Legirungen der Metalle durch sehr geringe Mengen anderer Metalle dar.

Siehe Gibb. N. 1820. 10. St. 1821. 3. St.

Tausend Experimente der Physik und Chemie zur Unterhaltung und Belehrung v. D. E. G. Kühn, Leipzig 1822.

Unter den Versuchen, welche zur Bestimmung der Größe des Zusammenhangs verschiedner Körper angestellt worden sind, verdienen noch immer Mouschenbroek's Untersuchungen als die zahlreichsten und vollständigsten erwähnt zu werden. Siehe Mouschenbroek's *introductio ad philosophiam naturalem*, so wie dessen Abhandlung *de cohaerentia et firmitate*. Viele neuere Versuche über den Zusammenhang der Metalle, vorzüglich des Eisens und Messings und der Baumaterialien, sind in England und Frankreich angestellt worden, worüber folgende Schriften nachzusehen sind. *Philosophical Transact.* 1818. P. I.

An Essay on the strength and stress of Timber. v. P. Barlow Professor an d. K. Akademie zu Woolwich. Lond. b. Taylor. 1823.

Duleau *Essai théorique et experimental sur la resistance du fer forgé*, worin alle Versuche über diesen Gegenstand bis zum Jahr 1820 zusammengestellt sind.

Bei Gelegenheit der Erbauung der großen eisernen Hängebrücken in England, sind wohl die am meisten ins Große gehenden Versuche über den Zusammenhang des geschmiedeten Eisens angestellt worden. Capitain Brown, der Erbauer der Unionsbrücke über die Tweed zwischen Schottland und England, fand die Stärke eines Cylinders von geschmeidigem Eisen $1\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser gleich 1470 Centner im Mittel genommen. Dieß gibt auf einen Quadratzoll (engl. M.) 611,3 Centner. Die relative Stärke verschiedner zu Drath gezogener Metalle nach ältern Versuchen stellet folgendes Tafelchen dar.

Metalle, Cylinder von 0,1" rhn. Durchmesser.	nach Mouschenbroek. Pfund	Suiton Morveau. Pfund
Platina	—	431,1
Gold	500	235,8
Eisen	450	864
Silber	370	294
Messing	360	—
Rupfer	$299\frac{1}{4}$	475
Zinn	$49\frac{1}{4}$	54,4
Bley	$29\frac{1}{4}$	43,3
Zinß	—	472

Die Uebereinstimmung ist nicht sonderlich. Jedoch ist zu bemerken, daß Suiton Morveau mit dünnern Dräthen Versuche anstellte, und die obenstehenden Zahlen durch Reduction auf die Mouschenbroek'schen Maße berechnet worden sind.

Die neuesten bekannten Versuche über die Stärke von Eisen- und Messingdrath finden sich in folgendem Werk: Description du Pont suspendu en fil de fer, construit à Geneve; par Chr. Dufour. etc. Genf u. Paris 1823. Ein kurzer Auszug ist folgender:

Versuche über die Stärke von Eisendrathen.

Nummer des Drathes und Fabrik.	Durchmesser in Millimeter.	Stärke in Kilogramme	
		absolute	auf den □ Millim.
No. 4 la Ferriere	0,85	48	84,4
	St. Gingoli	0,85	38,5
No. 13 la Ferriere	1,90	196	69,1
	St. Gingoli	1,90	178
No. 17 la Ferriere	2,75	382	64,3
	St. Gingoli	2,75	349
No. 19 la Ferriere	3,70	776	72,2
	St. Gingoli	3,70	644

Stärke der Messingdräthe.

No. 4	0,85	48,5	85,2
No. 13	1,90	150	54,5

Durch Blößen verlieren die Dräthe über die Hälfte von ihrer Stärke.

Der Widerstand, welchen feste Körper beym Zerbrechen in horizontaler Lage leisten, heißt die relative Stärke der Körper. Bey derselben kommt zugleich die mathematische Theorie des Hebels ins Spiel. Man bemerke: bey Körpern von gleichartiger Beschaffenheit verhalten sich die relativen Stärken wie die Producte aus den Breiten, in die Quadrate der Höhen, dividirt durch die Längen. Daher trägt derselbe Balken, wenn er mit der schmalen Seite auflieget, mehr, als wenn er mit der breiten Seite auflieget, und der Unterschied wächst mit dem Unterschiede beider Dimensionen. Daher giebt das im Kreis beschriebene Quadrat, als Querschnitt eines Balkens, eine mindere Stärke als das Rechteck, dessen Höhe sich zur Grundlinie = $\sqrt{2} : 1$ verhält. Solche runde Körper von gleichem Gewichte mit massiven tragen ungleich mehr als diese. Der Durchmesser des hohlen Körpers gilt für die Höhe. Man bemerke folgende Regel, welche für die Ausübung nahe genug die Dicke des ringförmigen Querschnittes eines hohlen Körpers giebt, welcher mit einem massiven von derselben Masse gleiche Stärke besitzt: Die Dicke des Ringes wird gefun-

den, wenn man die Cubikzahl des Durchmessers des massiven Cylinders durch die dreifache Quadratzahl des Durchmessers des hohlen Cylinders dividirt.

3. B. Es sey der massive Cylinder 4 Zoll dick, der hohle soll 8 Zoll Durchmesser erhalten, wie stark muß seine Wanddicke seyn? Antwort, $\frac{4^3}{3 \cdot 8^2} = \frac{64}{3 \cdot 64} = \frac{1}{3}$ Zoll.

Beide Gewichte würden sehr nahe in dem Verhältnisse von 1 : 3 stehen. So finden wir auch in den natürlichen Gebilden, wo Stärke mit Leichtigkeit gepaaret ist, einen hohlen Bau. Man denke an die Knochen, besonders der Vögel.

Aus dem ersten der voranstehenden Gesetzen läßt sich ferner die Folge ziehen, daß die relativen Stärken ähnlich gebauter Maschinen von gleicher Materie, sich wie die Quadratzahlen ihrer linearen Dimensionen verhalten, indessen die Massen oder Gewichte in dem Verhältnisse der Würfelzahlen derselben Dimensionen stehen. Es können daher Modelle im Kleinen ausgeführt stark erscheinen, und doch könnte der Bau im Großen unter seinem eigenen Gewichte erliegen. Soll dieser Fall nicht eintreten, so muß das Modell wenigstens das $n-1$. fache seines Gewichts tragen können, wenn die Maschine nach einem n fachen Maasstabe gebauet werden soll.

Große Stärke der feinen organischen Gebilde, die gewissermaßen mit ihrer Feinheit zunimmt. Nach Mouschenbroek trägt der Faden einer Seidenraupe 80 — 90 Gran
 ein Menschenhaar 57mal so dick 2069 .
 ein Pferdehaar 7mal so dick 7970 .

Unter den Metallen sind die magnetischen die festesten. Sollte endlich alle Cohäsion auf Magnetismus beruhen? Diese Frage erhält durch die neuesten Entdeckungen (siehe unten) wieder mehr Gewicht.

Ueber die relative Stärke fester Körper in technischer Hinsicht ist besonders nachzuiehen Eytelweins Statik. 2. B.

§. 9.

Der Anziehungskraft entgegen wirkt die ausdehnende Kraft oder Elasticität der Materie. Darunter versteht man die Kraft womit die Körpertheilchen sich von einander zu entfernen streben.

Auf dem Verhältniß der Elasticität und Cohäsion beruhen die verschiedenen Formen oder Zustände der Körper, deren wir hauptsächlich dreyerley unterscheiden:

- 1) den Zustand der Festigkeit
- 2) der tropfbaren Flüssigkeit (Liquidität)
- 3) der ausdehnbaren Flüssigkeit (Expansibilität).

Fest heißen wir diejenigen Körper, deren Theilchen bey der Trennung einen bedeutenden Widerstand leisten. (Absolut fest würde der Körper seyn, dessen Theile sich gar nicht trennen ließen, solche Körper giebt es nicht.) Tropfbar flüßig nennet man diejenigen Körper, deren Theilchen vermöge eines geringen Grades von Zusammenhang Tropfen bilden, dabey in ihrem Innern so beweglich sind, daß sie jeder äussern Kraft leicht nachgeben, und durch die Schwere getrieben die Form der Gefäße annehmen, worin sie enthalten sind. Beyspiele geben Wasser, Weingeist, Quecksilber. Elastisch, oder ausdehnbar flüßig heißen diejenigen Körper, deren Theilchen nicht nur keinen Zusammenhang unter sich haben, sondern vielmehr ein Bestreben äußern sich von einander zu entfernen.

Hierher gehören die gemeine Luft, die durch die neuere Chemie entdeckten künstlichen Luftarten, so wie alle durch die Wärme aus den festen und flüssigen Körpern entwickelten Dämpfe, welche sämtliche ausdehnbare Flüssigkeiten man oft mit dem gemeinschaftlichen Namen von Gasen belegt.

Nach den verschiedenen Formen welche die Körper haben können, äußert sich die Elasticität in ihnen auf verschiedene Weise. In den festen Körpern kann sie wegen der überwiegenden Cohäsionskraft der Theilchen keine von selbst erfolgende Raumsvergrößerung hervorbringen, wohl aber zeigt sich ihre Wirkung, wenn durch eine äussere Kraft, als Stoß, Schlag, Drehen, Winden der Raum

und die Gestalt eines solchen Körpers verändert worden ist, durch Widerstand und Wiederherstellung des vorigen Raumes und der vorigen Gestalt. Ist die Wiederherstellung vollständig, so heißt der Körper vollkommen elastisch.

Unter den festen Körpern ist der auf einen gewissen Grad gehärtete Stahl einer der elastischsten, daher Feders Härte und Elasticität fester Körper oft als gleichbedeutend gebraucht werden. Auch bey den tropfbarflüssigen Körpern kann die Elasticität unter den gewöhnlichen Umständen keine von selbst erfolgende Raumsvergrößerung wirken. Da aber in denselben die Kräfte der Cohäsion und Elasticität sich schon mehr dem Gleichgewichte nähern, so bedarf es oft nur einer geringen Veränderung der Temperatur oder des äussern Druckes der Luft, um tropfbar flüssige Körper in ausdehnbar flüssige zu verwandeln. Beispiele geben das Verdunsten des Weingeists und der Naphta im luftleeren Raume.

Die tropfbaren Flüssigkeiten lassen sich nur dann zusammendrücken, wenn sie in feste Gefäße eingeschlossen sind, oder die zusammendrückende Kraft von allen Seiten her gleich stark auf sie wirkt. Unter diesen Umständen hat man sie nicht bloß zusammendrückbar, sondern auch rückwirkend elastisch gefunden, obgleich der Raum, um welchen sie sich durch eine Kraft von bestimmter Größe zusammendrücken lassen, nur klein ist gegen die Größe der Raumsveränderung der ausdehnbaren Flüssigkeiten, und selbst der elastischen festen Körper.

Nach Zimmermann und Abich wurden z. B.

Brunnenwasser um $\frac{1}{149}$ seines Raumes

Salzwasser • $\frac{1}{100}$ — —

Brandtwein • $\frac{1}{225}$ — —

zusammengedrückt durch eine Kraft von 745 Pf., welche

auf die Oberfläche eines Cylinders von 9 Linien im Durchmesser wirkte. Canton fand für die Zusammenpressung durch den Druck der Atmosphäre bey 27,6 Zoll Barometerstand

von Weingeist	0,000066	des Raumes
Baumöl	0,000148	
Regenwasser	0,000046	
Quecksilber	0,000003	(?)

Die neuesten Versuche über diesen Gegenstand von Pfaff in Kiel (s. Bib. Annal. 72. Band) zeigen, daß schon geringe Pressungen hinreichend sind, die Elasticität des Wassers bemerklich zu machen. Pfaff preßte das Wasser durch den Druck einer Wassersäule selbst in einer starken gläsernen Glocke zusammen, und nach der Zusammenpressung wurde die Wiederansdehnung des Wassers, durch das Ansteigen desselben in einer feinen Haarröhre gemessen. Zwei Versuche im Mittel gaben folgende Resultate

Druck in Wasserhöhe.	Zusammenpressung den ursprünglichen Raum = 1 gesetzt.
1 1/4 Zoll	0,00000043015
5 —	0,000001444
10 —	0,000002673
15 —	0,000004055
20 —	0,0000050289

Man sieht hieraus, daß die Zusammenziehungen in einem geringern Verhältniß als die pressenden Kräfte zunehmen.

Die Formel

$$0,0000003538a^{0,886} = x,$$

wo a die Druckhöhe in Zollen, x die Zusammenpressung in Raum'stheilchen bezeichnet, stellt die mitgetheilte Beobachtung ziemlich gut dar. Wollte man sie ausdehnen bis zum

Druck der Atmosphäre, so würde man für die Zusammenpressung des Wassers 0,00006894 erhalten; eine Zahl, die so ziemlich das Mittel zwischen den Beobachtungen von Canton und Abich hält.

S. 10.

Die Elasticität der ausdehnbaren Flüssigkeiten äußert sich durch ein stetes Bestreben nach Raumbvergrößerung; dabey sind Kraft und Gegenkraft einander gleich, daher sind diese Flüssigkeiten als vollkommen elastische zu betrachten, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen des Druckes und der Temperatur. Die Dämpfe unterscheiden sich hierdurch von den Luftarten, daß der Zustand ihrer vollkommenen Elasticität minder beständig ist, als bey diesen, indem die Dämpfe durch eine plößliche Vermehrung des Druck's, oder Erniederung der Temperatur sich zersetzen und in die tropfbar flüssige oder feste Gestalt zurückkehren, aus welcher sie sich mit Hülfe der Wärme gebildet hatten. Nach neuern Versuchen von Faraday in London ist es demselben gelungen, mehrere künstliche Luftarten, die man bisher für permanent elastisch hielt, durch die vereinigte Wirkung von Druck und Kälte in tropfbare Flüssigkeiten zu verwandeln. Unter diese Anzahl gehören zwar bis jetzt nicht die atmosphärische Luft, das Stickgas und Sauerstoffgas, indessen bietet sich allerdings die Frage dar, ob es nicht möglich sey, die bisher durch mechanische Kräfte für unveränderlich geglaubte Gasarten durch Anwendung eines viel größern Druck's ihrer Gasform zu berauben?

Auch wird es nach dem gegenwärtigen Zustande unsrer physikalischen Kenntnisse immer wahrscheinlicher, daß Wärme und Licht die Ursache aller Flüssigkeit und Elasticität seyn möge. Ohne die belebende Wärme erregende Kraft des

Sonnenlichts möchte alles auf unserm Erdball zu einem tothen festen Klumpen erstarren. Ueberlassen wir uns in dessen hier nicht Speculationen, die jenseits der Gränzen unsrer Erfahrung liegen.

Versuche zur Erläuterung der Elasticität der Körper bieten folgende Erscheinungen dar: Eine elfenbeinerne Kugel, welche man auf eine mit Lampenruß geschwärzte Marmortafel fallen läßt, plattet sich durch den Stoß ab, springt zurück und läßt auf der Marmortafel einen Kreis als Spuhr ihrer Abplattung zurück. Eben so springen Quecksilberkügelchen, die man auf einen harten festen Körper fallen läßt, zurück; daß dieß Wassertropfen unter ähnlichen Umständen nicht thun, rühret wohl nur davon her, weil das Wasser gegen die Oberfläche der meisten festen Körper eine zu starke Adhäsion besitzt. Wenn man eine Marmorplatte mit Oel bestreicht, und mit semen *lycopodii* bepudert, so kann man auch Wassertropfen zurückspringen machen. Wenn der zurückwerfende, oder zurückprallende Körper, oder beide zugleich vollkommen elastisch sind, so sind auch der Einfall- und Rückprallwinkel einander gleich (dieß erläutert sich aus der Lehre von der Zusammensetzung der Bewegung). Gegentheils fällt der Rückprallwinkel kleiner aus als der Einfallswinkel. Die vollkommenste Gleichheit dieser Winkel findet bey der Reflexion des Lichtes Statt. Die Kraft der gespannten Stahlfedern nähert sich der vollkommenen Elasticität; und ist von Dauer. Bey gebognen und spiralförmig gekrümmten Stahlfedern wächst die Kraft der Elasticität mit der Größe der Biegung, oder der Anzahl der Bindungen.

Daher dienen gespannte Stahlfedern zum Maas anderer Kräfte, wie bey den Federwaagen, und als bewegende Kräfte, wie bey den Taschenuhren. Auch folgen aus dem Gesetz des gleichförmigen Wachstums der Elasticität mit der Bindung die gleichzeitigen Schwingungen der Spiralfedern, welche an einem Ende befestiget sind, und durch Kräfte die auf das andere Ende wirken gewunden werden. (Die Uruhr als Regulator bey den Taschenuhren.)

§. 11.

Die festen elastischen Körper besitzen vermöge ihrer Elasticität und Cohäsion nicht bloß die Fähigkeit den zu-

sammenpressenden, sondern auch den dehnenen Kräften bis zu einem gewissen Grade zu widerstehen. S'Gravesande und Coulomb haben uns schätzbare Beobachtungen über diese Wirkungsart der elastischen Körper geliefert, wovon wir hier folgendes mittheilen.

Es bezeichne ab Fig. 1 einen dünnen Metalldrath (Claviersaite) horizontal ausgespannet, und bey a und b befestiget. Hängt man in die Mitte ein kleines Gewicht P, so entsteht dadurch eine Senkung cd, und eine Vermehrung der Spannung und Länge der Saite ab. Nimmt man das Gewicht wieder hinweg, so fehret die Saite vermöge ihrer Elasticität wieder in ihre vorige Lage zurück. Nun fand S'Gravesande, daß innerhalb gewisser Gränzen, so lange durch die angewendeten Kräfte die natürliche Elasticität nicht leidet, folgende Gesetze Statt finden.

1) Die Senkungen cd bleiben den angehängten Gewichten nahe proportional, wie groß auch die anfängliche Spannung des Drathes gewesen seyn mag. (Hieraus lästet sich die mathematische Folge ziehen, daß die Schwingungszeiten einer Saite gleich bleiben, wenn auch ihre Oscillationsweiten cd von verschiedner Größe sind.)

2) Bey ungleichen spannenden Kräften, verhalten sich die Gewichte P, welche gleiche Senkungen hervorbringen, wie die spannenden Kräfte.

3) Durch gleiche Zunahmen der spannenden Kräfte verlängert sich eine elastische Saite gleich viel, die anfängliche Spannung mag gewesen seyn, was sie will.

4) Dieselben Gesetze gelten auch für dünne elastische Streifen.

Coulombs Versuche beziehen sich auf die Elasticität gewundener Dräthe.

Es bezeichne ebcd Fig. 2. einen dünnen Cylinder von

Drath, z. B. ein Stück Clavierfalte, welcher oben festgehalten, und um seine Ase ab herum gewunden werde. Ist α der Drehungswinkel, so wird die Seite des Cylinders pn , die vor der Drehung mit der Ase am parallel war, nach der Windung eine Schraubenlinie in p_1o bilden. Der Krümmungswinkel αp_1n drückt das Maas aus, um welchen die aneinander gränzenden Theilchen der Linie pn verschoben worden sind. Dieser Winkel steht, bey einerlei Größe der Windung, im verkehrten Verhältnisse der Länge der Dräthe, desgleichen die Elasticität gewundner Fäden nach Coulombs Erfahrungen. Ferner, da in jedem Querschnitt der Halbmesser mu den Winkel αmo beschreibt, so folget aus den allgemeinen Gesetzen des Widerstandes, daß auch die Elasticität gewundener Dräthe in jedem Querschnitte der Menge der verschobenen Theilchen multipliciret in das Quadrat des Halbmessers, also den 4ten Potenzen der Halbober Durchmesser der Dräthe proportional seyn möchte; auch dieß Gesetz bestättiget die Erfahrung.

Uebrigens hängt die Größe des Widerstandes zugleich von der eigenthümlichen Elasticität der Körper ab. Z. B. bey Messing, und Eisen-Drath von gleichen Dimensionen fand Coulomb die der Drehung widerstehenden Kräfte in dem Verhältnisse von 1 : 3,33 dagegen das Verhältniß der Cohäsionen nur 1 : 1,71.

Der Widerstand der Elasticität steht bey ungleichen Windungswinkel, im Verhältniß der Winkel. Dieß folget aus der gleichen Dauer der Oscillationen bey abnehmender Schwingungsweite.

Die Quadrate der Schwingungszeiten gewundener Dräthe verhalten sich wie die spannenden Kräfte.

Auf die vorstehende Sätze gründete Coulomb seine Drehwage, von welcher er einen scharfsinnigen Gebrauch gemacht

hat, um die Gesetze der electricischen und magnetischen Anziehungen zu bestimmen. Hiervon unten.

Cavendisch bediente sich eines ähnlichen Apparats, um die Wirkungen der Schwerkraft damit zu messen. Die wesentlichsten Theile einer Drehwaage zeigt Fig. 3.

In der Are eines etwas hohen Cylinders abcd ist ein feiner Metalldrath oder anderer elastischer Faden aufgehängt, welcher eine horizontal schwebende Nadel gh trägt. Den Faden zu spannen und zugleich in der lothrechten Lage zu erhalten, dienet ein angehängtes Gewicht i. Die Nadel gh kann sich in einem weitem Cylindern von Glas ABCD frei herum drehen, an dessen äußerer Seite befindet sich ein in Grade eingetheilter Kreis, um die Drehungswinkel der Nadel zu messen. Der runde Zapfen mit der Klemme q, welcher das obere Ende des Fadens festhält, und die freischwebende Nadel trägt, führet einen Zeiger herum, welcher an dem eingetheilten Rande der Fassung ab die Windungen misst, die man dem Faden nach Belieben geben kann.

§. 12.

Auf den verschiedenen Graden des Zusammenhanges und der Elasticität, so wie auf ihrer gleichförmigen oder ungleichförmigen Vertheilung im Innern der Körper beruhen die verschiedenen Eigenschaften der festen Körper, welche wir mit hart, weich, spröde, zähe, dehnbar bezeichnen. Die Gründe dieser verschiedenen Eigenschaften genau nachzuweisen, ist unmöglich, weil es hierbey auf die Lage und Gestalt der kleinsten Theilchen ankommt, die sich unsern Sinnen entziehen.

Hart nennen wir einen Körper, wenn er keine Einbrüche von aussen annimmt, weich bezeichnet das Gegentheil. Der härteste unter allen Körpern ist der Diamant, dann folgen die übrigen Edelsteine, der härteste Stahl u. s. w.

Zähe heißen diejenigen Körper, welche bey einer großen Verschiebbarkeit ihrer Theile doch einen starken Zu-

sammenhang bey der wirklichen Trennung äussern. Unter die zähesten Körper gehören die dehnbaren Metalle, unter welchen Platina, Gold, Silber oben anstehen, die Sehnen der thierischen Körper, das elastische Harz (Kautschouk) und mehrere andere. Unter die spröbdesten Körper sind zu zählen, der härteste Stahl, das Glas, besonders die bologneser Flaschen, die Glasthränen, Glaswürmchen, welche aus dem glühend weichen Zustand durch plötzliche Erkältung von aussen in den festen Zustand übergegangen sind. Man kann sich die spröden Körper als solche denken, deren einzelne Theile in einem sehr verschiednen Zustande der Dehnung und Zusammenpressung sind. Daher werden spröde Körper dehnbarer, wenn man sie erwärmt und allmählig erkalten lässt, dehnbare spröde, wenn man sie erhitzt und plötzlich von aussen her erkaltet.

Versuche und Erfahrungen, welche dieses bestätigen. Das Härten und wieder Anlassen des Stahles.

Nach Fortin wird ein Stahlstab länger, wenn man ihn härtet; die innern Theile müssen sich also in einem gedehnten Zustande befinden, trotz der plötzlichen Erkältung von aussen, wodurch die äussern Theile erstarren, und dann vermöge der Cohäsion die innern Theile ebenfalls in einem gedehnten Zustande erhalten. Die bologneser Flaschen und Glasthränen verlieren ihre Sprödigkeit, wenn man sie glühet und allmählig erkalten lässt. Gewöhnliches Glas und Porcellan erträgt die Abwechslungen von Hitze und Kälte besser, wenn man es in kaltem Wasser nach und nach bis zum Sieden des Wassers erhitzt, und eben so langsam wieder erkalten lässt. Dünne Gläser springen nicht so leicht als dicke bey plötzlichen Abwechslungen der Temperatur, weil die Ausdehnung in jenen gleichförmiger als in diesen erfolgen kann. Hieraus erklärt sich der Nutzen der Kühlöfen, auf den Glas- und Porcellanfabriken.

Manche Metalle lassen sich kalt nicht hämmern, dagegen bis zu einem gewissen Grade erhitzt, dahin gehöret der Zink, andere lassen sich heiß nicht hämmern, wie z. B. das Messing. Die letztere, gleichsam paradoxe Erscheinung, möchte sich aus

der ungleich starken Ausdehnung des Zink's und Kupfers, woraus das Messing gemischt ist, erklären lassen, wodurch die einzelnen Theile bey der Erhitzung in einen ungleichen Zustand der Dehnung kommen.

Man verhütet das leichte Zerspringen spröder Körper, wenn man sie mit einem weichen Körper überziehet, z. B. Glas mit Löschpapier. Dieß hat einen mechanischen Grund. Der weiche Ueberzug dämpft die elastischen Schwingungen des spröden Körpers, welche häufig die Veranlassung zum Zerbrechen geben. Holzfasern und andere organische Körper werden spröde durchs Austrocknen, minder spröde durch Befeuchten mit Wasser. Hier wirkt die eindringende Feuchtigkeit, wie bey harten Körpern die Wärme; sie erhöht die Verschiebbarkeit der Theilchen.

Trägheit und Beweglichkeit der Materie überhaupt.

§. 13.

Wenn ein Körper an der Stelle des Raumes bleibt, wo er sich befindet, so sagt man: er ruhe; wenn er dagegen seinen Ort verläßt und sich an einen andern begiebt: er bewege sich. Wir können der Materie im Allgemeinen eben so wenig die Fähigkeit sich zu bewegen, als die an ihrem Orte zu beharren, absprechen.

Da indessen der Uebergang aus der Ruhe in die Bewegung, so wie der von der Bewegung zur Ruhe eine Veränderung eines Zustandes ist; und eine Ursache voraussetzet, welche wir gewöhnlich mit dem Namen von Kraft belegen, so pfleget man die Materie an sich als gleichgültig gegen Ruhe und Bewegung zu betrachten, indem man alle in der Materie vorgehenden Veränderungen als die Wirkungen von Kräften ansieht. Indessen ist dieß bloß eine Vorstellungart, indem wir eben so wenig den letzten

Grund der Materie, als das innere Wesen der Kräfte durchschauen. Man nennet die Gleichgültigkeit der Materie gegen Ruhe und Bewegung die Trägheit der Materie. In der That werden wir auch in vielen Fällen gewahr, daß die Körper ihren Zustand nicht verändern, ohne von einer äussern Ursache dazu angetrieben zu werden, wie dieß bey allen durch den Stoß hervorgebrachten Bewegungen, so wie überhaupt bey allen Erscheinungen, welche den Gegenstand der mechanischen Naturlehre ausmachen, der Fall ist. Wenigstens reicht hier die Vorstellung von einer bloß trägen Materie, und von Kräften, die nur von außen her in dieselben wirken, hin, um die verwickeltesten Bewegungen vollständig und befriedigend zu erklären. Gehen wir aber zu den chemischen Wirkungen und zur Betrachtung der organischen und belebten Körper über, so werden wir hier Veränderungen gewahr, wodurch oft die ganze Natur und Beschaffenheit der Körper umgewandelt wird, ohne den Einfluß äusserer Kräfte. Wir müssen uns also die hierbey thätigen Kräfte als der Materie gleichsam einwohnend, anhaftend, vorstellen, ob wir gleich nicht bestimmt nachweisen können, wie und auf welche Weise Kraft und Materie mit einander in Wechselwirkung stehen. Da nun schwerlich irgend ein Körper in der Welt aufgefunden werden kann, welcher nicht unter Umständen chemische Wirkungen äussert, so möchte sich eben so wenig eine absolut todte, d. i. aller Kräfte beraubte Materie in der Erfahrung offenbaren. Das alles aber hindert den Naturforscher nicht, zum Behuf der Erklärung und bessern Begreiflichmachung der Erscheinungen, sich eine bloß träge, für jeden Zustand gleichgültige, für jede Kraft empfängliche Materie zu denken; so wie er sich z. B. den mathematischen Hebel, als eine Linie ohne alle Schwere denkt, und unter dieser Voraussetzung

die wichtigste Lehren des Hebels demonstret, obgleich kein solcher Hebel in der Natur wirklich existirt.

Giebt es eine eigenthümliche organische oder belebte Materie? Vermöge der Trägheit der Materie würde ein Körper, welcher einmal in Ruhe ist, ewig in Ruhe bleiben, wenn ihn keine Kraft zur Bewegung antriebe; eben so würde ein Körper, welcher sich einmal in Bewegung befindet, ewig in derselben beharren, wenn nicht andere, Kräfte ihn nöthigen, diese Bewegung zu verändern oder aufzugeben. Das Beharren der Körper in der Ruhe pfleget von niemand bezweifelt zu werden, da wir täglich Beispiele davon vor Augen haben. Das unwandelbare Beharren der Körper in Bewegung, können wir durch Versuche auf der Erde nicht darthun, weil es nicht in unsrer Macht steht, den Einfluß andrer Kräfte, als da sind: Reibung, Widerstand der Luft, Wirkungen der Schwere, zu beseitigen. Den besten Beleg für diese Behauptung liefern uns die Bewegungen der Planeten und unsrer Erde selbst, welche sich mit unwandelbarer Geschwindigkeit um die Sonne und um ihre eigne Are dreht, so lange und weit unsre Beobachtungen reichen. Auch werden wir bey allen Bewegungen irdischer Körper ohne Ausnahme gewahr, daß sie desto länger dauern, je weniger äussere Hindernisse ihnen entgegen wirken.

§. 14.

Wir können uns jeden Körper als eine Anhäufung von materiellen Theilchen (physischen Puncten) vorstellen. Da nun, jedes Theilchen in Bewegung zu setzen, Kraft erforderlich ist, so wird die Größe der bewegenden Kraft in dem Verhältniß der Menge der materiellen Theilchen, das ist, in dem Verhältniß der Massen stehen.

Bey gleichen Massen kann der Unterschied der Kräfte nur in der verschiednen Größe der Geschwindigkeiten, d. i. der in gleichen Zeiten beschriebenen Wege gesucht werden. Daher muß allgemein die Größe der bewegenden Kraft in zusammengesetzten Verhältnisse der bewegten Masse und der erzeugten Geschwindigkeit stehen. Nennet man den Theil der Kraft, welcher auf die Erzeugung der Geschwindigkeit verwendet wird, die beschleunigende Kraft, hingegen die gesammte

Größe der in einem bewegten Körper wirksamen Kraft, die bewegende Kraft; so kann man sich die bewegende Kraft als ein Produkt aus der beschleunigenden Kraft in die bewegte Masse, und umgekehrt die beschleunigende Kraft als einen Quotienten aus der bewegenden Kraft durch die bewegte Masse denken. Daher wird bey einerlei bewegenden Kraft, die beschleunigende Kraft desto kleiner ausfallen, je größer die zu bewegende Masse ist.

Erläuterung dieser Sätze durch Versuche mit der Atwood'schen Fallmaschine. Man denke sich über eine äußerst leicht bewegliche Rolle A Fig. 4. einen dünnen Faden geschlagen, an dessen Ende zwey Gewichte p und q befestiget sind; wären die Gewichte von gleicher Größe, so würden sie sich, da sie die Rolle nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen streben, einander das Gleichgewicht halten. Nehmen wir aber das eine Gewicht z. B. p, als das größere an, so wird dasselbe vermöge seines Uebergewichts herabsinken, und das Gewicht q in die Höhe ziehen. Die Wege pt, qr, welche beide Körper beschreiben, sind einander gleich. Fraget man nach der beschleunigenden Kraft, welche die Geschwindigkeit erzeugt, so bemerke man Folgendes: die bewegende Kraft ist $= p - q$, die zu bewegenden trägen Massen sind $p + q + \frac{1}{2} A$ (von dem Gewichte oder der Masse der Rolle kommt nur die Hälfte in Rechnung, weil die Umdrehungsgeschwindigkeit der einzelnen Theile der Rolle vom Mittelpunkt an nach dem Umfang hin wächst, wie unten bey der drehenden Bewegung genauer bewiesen werden soll) daher die beschleunigende Kraft nach den oben aufgestellten Grundsätzen:

$$f = \frac{p - q}{p + q + \frac{1}{2} A}$$

z. B.

Fall p, q, A giebt f

1) 2, 1, 2 — $\frac{1}{4}$

2) 3, 2, 2 — $\frac{1}{6}$

3) 4, 3, 2 — $\frac{1}{8}$

Das heißt, wenn der frei fallende Körper p, vermöge der Beschleunigung der Schwerkraft den Raum pt in irgend einer Zeit, die wir $= 1$ setzen wollen, durchlaufen würde, so beschreibe er hier im ersten Fall denselben Raum in der Zeit

= 4, im zweyten Fall in der Zeit = 6, im dritten Fall in der Zeit = 8. Die Versuche bestätigen dieß auf das Vollkommenste, und rechtfertigen dadurch die oben vorgetragene Lehre von der Trägheit der Körper.

§. 15.

Da eine jede bewegende Kraft zur Hervorbringung der von ihr erzeugten Bewegung verwendet wird, und in den bewegten Körper übergeht, indem eine gleich große Kraft erforderlich ist, den bewegten Körper wieder zur Ruhe zu bringen: so saget man, jeder Körper widerstehe einer bewegenden Kraft im Verhältniß der Größe der Einwirkung, d. i. in dem Verhältniß der Masse des Körpers und der erzeugten Geschwindigkeit. Man nennt dieß die Gegenwirkung der Körper, und da diese jederzeit der bewegenden Kraft gleich ist, so nennet man auch das Produkt aus der Masse eines bewegten Körpers in seine Geschwindigkeit die Größe der Bewegung desselben. Diese kann also sehr verschieden ausfallen, je nachdem die Masse, oder die Geschwindigkeit oder beide zugleich veränderlich sind. Was an der einen abgeht, kann an der andern ersetzt werden, ohne daß sich die Größe der Bewegung ändert. So besitzen z. B. eine Kugel von einem Pfunde und einer Geschwindigkeit von 1000 Fuß, und eine andere von 1000 Pfund und einer Geschwindigkeit von einem Fuß völlig gleiche bewegende Kräfte. Die große Kraft, des entzündeten Schießpulvers, und die noch größere von andern explodirenden Stoffen, wie z. B. des Knallsilbers, Knallquecksilbers, womit uns die neuere Chemie bekannt gemacht hat, ist nicht sowohl in der Masse dieser Körper, als vielmehr in der ungeheuern Geschwindigkeit, womit die sich aus ihnen entwickelnden Gase sich entbinden, zu suchen. Die

Kraft des Blitzes und des verstärkten elektrischen Funkens unsrer Maschinen feste Körper zu durchschlagen und ihren Zusammenhang zu lösen, ist sehr groß; da wir aber die Geschwindigkeit des elektrischen Funkens bis jetzt gar nicht zu messen im Stande waren, so läßt sich über die Dichte und Masse der elektrischen Flüssigkeit nichts bestimmtes, als nur, daß sie ganz außerordentlich gering seyn müsse, ausmachen.

Eine Kraft, welche keine Bewegung hervorbringen kann, veranlaßt Druck, und die Größe des Drucks steht im Verhältniß der Größe der Kräfte. Wenn z. B. von zwey gespannten Federn, die eine einem Druck von 1 Pfund, die andere einem Druck von 2 Pfunden widerstehen kann, so saget man mit allem Recht, die Kraft der einen Feder sey noch einmahl so groß, als die Kraft der andern Feder. Auch würden, wenn beide loschnellten und gleiche Massen vor sich herschoben, die doppelt so stark gespannte Feder eine doppelt so große Geschwindigkeit erzeugen.

In der Hinsicht ist es also gleichgültig, ob man die Größe der Kräfte durch ihre Pressungen, oder durch die von ihnen erzeugten Geschwindigkeiten messen will. Es ist aber schwer, theoretisch genau die Größe einer in Bewegung begriffenen (sogenannten lebendigen) Kraft mit der Größe einer bloß pressenden (todten) Kraft, wie z. B. Stoß und Druck mit einander zu vergleichen. Jene kann man sich als die Summe unzählig vieler bereits erfolgter Kraftäusserungen, diese dagegen als ein stets aufgehobenes und stets wieder erneuertes Bestreben nach Bewegung vorstellen.

Zur Mittheilung einer Bewegung von einem Körper zum Andern ist immer eine gewisse Zeit erforderlich, welche desto kleiner ausfällt, je härter die auf einander wirkenden

Körper sind. Hieraus, verbunden mit der Reaction der Körper nach den Gesetzen der Trägheit, erklären sich manche auffallende Erscheinungen.

Durch einen in ihren Angeln frei bewegliche Thüre läßt sich ein Loch schießen, ohne daß sich die Thüre von der Stelle bewegt. Ein Pfeifenstiel läßt sich auf zwei Haaren zerschlagen, ohne Verletzung der Haare, wenn der Schlag geschwind geführt wird. Eine Art, ein Hammer lassen sich an ihren Stielen befestigen, wenn man die Stiele lose in der Hand hält und stark auf ihr oberes Ende schläget. Ein Stück Geld auf ein Kartenblättchen über die Oeffnung einer Flasche gelegt fällt zur Flasche hinein, wenn man die Karte seitwärts schnell wegschläget. Dieß alles sind Aeusserungen der Trägheit und des Widerstandes der Körper, wenn sie aus der Ruhe in Bewegung versetzt werden sollen. Da der Widerstand des beweglichen Körpers im Verhältniß seiner Masse und Geschwindigkeit steht, so fällt er desto kleiner aus, je kleiner beide sind.

Eine Stubenfliege an einen feinen Faden aufgehänget, kann durch einen mit der Hand geführten Schlag nicht verletzt werden, wohl aber durch das plötzliche Loschnellen einer kleinen Feder. Brüche und elastische Körper sind als solche zu betrachten, deren einzelne Theile für sich beweglich sind.

Daher kann eine auf sie einwirkende Kraft sich ihnen nicht plötzlich, sondern nur nach und nach mittheilen, und wird dadurch gleichsam, wenigstens in den ersten Zeitmomenten, geschwächt, dagegen die Fortpflanzung einer Kraft in einem harten Körper, oder einem solchen, der wegen der Nichtzusammenpreßbarkeit seiner Theilchen dafür gelten kann, un- plötzlich Statt findet. Hieraus erklären sich wieder mancherlei auffallende Erscheinungen, wenn eine plötzlich sich entwickelnde Kraft entweder auf harte oder auf weiche und elastische Körper, oder auf eine Verbindung von beiden wirkt.

Eine kleine Pulverladung mitten in einem Faß voll Wasser angezündet, zersprengt das Faß; eine Bombe unter Wasser zerspringend verursacht ein kleines Erdbeben. Wenn der Propfen auf der Ladung eines Feuegewehres nicht fest aufsitzt, so zerspringt leicht der Lauf beim Losfeuern des Gewehres; weil die Kraft des Pulvers früher auf den Lauf, als auf den Propfen wirken kann.

Auf gleiche Weise erklärt sich die Jessopsche Art Steine

durch Pulver zu sprengen, indem man den Schuß des Bohrloches mit losem Sand bedeckt.

Beispiele von dem Beharrungsvermögen und der Reaction der Körper, wenn sie plötzlich aus der Bewegung zur Ruhe kommen, geben das Vorwärtsfallen der Personen, welche schnell in einem Schiffe fahren, wenn das Schiff plötzlich anstößt; die Wirkung der Schwungräder bey den Maschinen, das ungestümme Toben des Meeres, wenn sich ein anhaltender Wind plötzlich umsetzt, und überhaupt alle mit einem Stoße begleitete Erscheinungen.

Zweiter Abschnitt.

I.

Von der Bewegung im Allgemeinen.

§. 16.

Bei einer jeden Bewegung hat man folgende Dinge zu berücksichtigen:

- 1) die Kraft wodurch die Bewegung erzeugt wird;
- 2) das Bewegliche, oder den Körper, welcher in Bewegung gesetzt wird;
- 3) die Richtung der Bewegung und den beschriebenen Weg;
- 4) die Geschwindigkeit womit, und die Zeit binnen welcher die Bewegung erfolgt.

Die Kraft kann auf den Körper entweder nur momentan, oder andauernd wirken; im ersten Fall heißt es eine stoßende, im andern eine beschleunigende Kraft. Bleibt im letztern Fall die Kraft stets von gleicher Größe, so heißt sie eine beständige Kraft, gegenheiß eine veränderliche Kraft.

Der bewegte Körper kann entweder nur als ein Punct, oder als eine Menge von Puncten, als Masse, betrachtet werden.

Im ersten Fall wird der zurückgelegte Weg immer

eine Linie seyn, gerade oder krumm, wonach die Bewegungen in geradlinige, und in krummlinige eingetheilt werden. Besteht der Körper aus einer Menge von beweglichen Punkten, so können sich dieselben alle in parallelen Richtungen, mit gleichen Geschwindigkeiten bewegen, und dann heißt die Bewegung eine fortschreitend gleitende, oder die einzelnen Punkte drehen sich ausser dem Fortschreiten zugleich um eine oder mehrere Axen, und dann heißt die Bewegung eine rollende oder wälzende; ruht die Axe, so heißt die Bewegung eine bloß drehende. Die drehenden und rollenden Bewegungen sind zusammengesetzter Art.

Geschwindigkeit heißt der in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg. Ist die Geschwindigkeit veränderlich, so muß man zur Zeiteinheit eine verschwindend kleine Zeit wählen, binnen welcher man die Aenderungen der Geschwindigkeit für nichts achten kann.

Bleibt die Geschwindigkeit gleich, so heißt die Bewegung gleichförmig; wächst die Geschwindigkeit, so entsteht eine beschleunigte Bewegung; nimmt die Geschwindigkeit ab, so heißt die Bewegung eine verminderte. Eine gleichförmig beschleunigte oder gleichförmig verminderte Bewegung ist eine solche, worin die Ab- und Zunahmen an Geschwindigkeit in gleichen Zeiten gleich viel betragen.

Von der gleichförmigen Bewegung.

§. 17.

Die folgenden Lehrsätze von der gleichförmigen Bewegung sind für sich klar.

1) Wenn zwei Körper sich mit gleichförmiger Bewegung, aber mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegen:

so verhalten sich die in gleichen Zeiten beschriebenen Wege wie die Geschwindigkeiten.

2) Sind bey den in Bewegung begriffenen Körpern die Geschwindigkeiten gleich, aber die Zeiten ungleich, so verhalten sich die zurückgelegten Wege wie die Zeiten.

3) Sind daher die Zeiten und Geschwindigkeiten bey zwey gleichförmig bewegten Körpern ungleich, so verhalten sich die Wege, wie die Produkte aus den Zeiten in die Geschwindigkeiten.

Man kann sich hierbey das Verhältniß der Geschwindigkeit, so wie das Verhältniß der Zeiten durch Zahlen dargestellt denken, so wird alsdann das Verhältniß der zurückgelegten Wege ebenfalls in Zahlen gegeben seyn. Man könnte sich auch das Verhältniß der Geschwindigkeit in Linien, das der Zeiten in Zahlen vorstellen, so würde das Verhältniß der zurückgelegten Wege durch zwey Linien dargestellt werden, wovon jede die Geschwindigkeit (den Weg in der Zeiteinheit) so viel Mahl enthielte, als die Dauer der Bewegung Zeiteinheiten enthält.

Man könnte sich endlich auch das Verhältniß der Zeiten so wohl als der Geschwindigkeiten durch Linien dargestellt denken, dann würde das Verhältniß der zurückgelegten Wege sich durch Rechtecke construiren lassen, deren Grundlinien den Geschwindigkeiten, und deren Höhen den Zeiten proportional genommen würden.

Es heiße allgemein der zurückgelegte Weg = s
 die Geschwindigkeit = c
 die Zeit = t
 so hat man bey der gleichförmigen Bewegung

$$s = c \cdot t$$

$$t = \frac{s}{c}$$

$$c = \frac{s}{t}$$

Dieselben Sätze gelten auch noch bey ungleichförmigen Bewegungen, wenn man die Zeiten der Bewegung sich so klein denkt, daß während eines solchen Zeitelementes die Veränderung der Geschwindigkeit c , nicht in Betrachtung kommt,

dann kann man sich bey jeder Bewegung den in einem Zeitelement zurückgelegten Weg, als ein Produkt des Zeitelements in die, während desselben Statt findende Geschwindigkeit denken. Will man also bey ungleichförmigen Bewegungen überhaupt aus dem, was in einem Zeitelement erfolgt, auf das schliessen, was sich in bestimmten endlichen Zeiten ergibt, so muß man die Integralrechnung zu Hülfe nehmen.

Hier müssen wir uns auf eine etwas nähere Betrachtung der gleichförmig beschleunigten Bewegung einschränken, die desto wichtiger für uns ist, weil die Schwere auf der Oberfläche unsrer Erde sich überall als eine gleichförmig beschleunigende Kraft äussert.

Von der gleichförmig beschleunigten Bewegung.

§. 18.

Wird ein Körper durch eine Stoßkraft getrieben, so kann er nur der Richtung des Stoßes folgen und behält die ihm mitgetheilte Geschwindigkeit bey, wenn keine andere Kraft in ihn wirkt, er nimmt also den Gesetzen der Trägheit zufolge eine gleichförmige Bewegung an. Wirkt hingegen eine Kraft so auf einen Körper, daß sie ihm in jedem gleichen noch so kleinen Zeittheilchen einen gleichen Zusatz an Geschwindigkeit ertheilet, so muß der Körper eine gleichförmig beschleunigte Bewegung annehmen.

Es ist einerlei, ob die Kraft in dem Körper selbst liegt, wie bey einer loschnellenden Feder, oder ob sie von aussen her in den Körper wirkt, wie wenn Eisen von dem Magneten angezogen wird, vorausgesetzt, daß die obigen Bedingungen eintreten. Wir wollen die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung in einigen kurzen Sätzen zusammenfassen.

1tes Gesetz.

Die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die vom Anfang der Bewegung an verfloßnen Zeiten.

2tes Gesetz.

Die durch eine gleichförmig beschleunigte Bewegung in verschiednen Zeiten zurückgelegten Wege verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten vom Anfang der Bewegung an gerechnet.

3tes Gesetz.

Die durch eine gleichförmig beschleunigende Kraft am Ende einer gegebenen Zeit erzeugte Geschwindigkeit ist so groß, daß, vermöge derselben bey aufhörender Beschleunigung, der Körper, den doppelten Weg in derselben Zeit beschreiben würde, welchen er vom Anfang seiner Bewegung an bereits beschrieben hat.

4tes Gesetz.

Die durch eine gleichförmig beschleunigende Kraft in verschiednen Zeiten beschriebenen Wege, verhalten sich wie die Quadrate der Endgeschwindigkeiten.

Der 1te Satz ist für sich klar, weil er aus dem Begriff einer gleichförmig beschleunigenden Kraft fließet.

Wenn die Geschwindigkeiten in gleichen Zeiten gleichen Zusatz erhalten, so müssen sie sich durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, . . . wie die vorfließenen Zeiten darstellen.

Das zweite Gesetz läßt sich aus dem ersten auf folgende Weise ableiten. Es mögen sich die im Ganzen während zweier Bewegungen verfloßenen Zeiten wie eins zu zwey verhalten. Wir wollen die erste Zeit uns aus 1000 die andere aus 2000 Elementen zusammengesetzt vorstellen, und dabey voraussetzen, während eines Zeitelementes sey die Veränderung der Geschwindigkeit = 0; dann werden die in beiden Zeiten zurückgelegten Wege durch die Summe der Reihe:

$$1 + 2 + 3 \cdot \cdot \cdot + 1000$$

$$1 + 2 + 3 \cdot \cdot \cdot + 1000 + \cdot \cdot \cdot + 2000$$

dargestellt werden, also das Verhältniß $\frac{1001 \cdot 1000}{2}$

: $\frac{2001 \cdot 2000}{2}$ geben, welches Verhältniß von dem 1000^2 : $2000^2 = 1^2 : 2^2$ nur um $\frac{1}{1000}$ verschieden ist. Bedenkt man nun, daß man sich der Wahrheit desto mehr nähert, in je mehr Zeitelemente man sich die verfloffenen Bewegungszeiten vertheilet vorstellt, und daß die Summe der arithmetischen Reihe sich den Hälften der Quadratzahlen ihrer Endglieder immer mehr nähert, je mehr Glieder sie haben, so geht daraus das zweite Gesetz hervor.

Das dritte Gesetz fließet aus dem 1ten und 2ten wie folgt:

Es mögen die Zahlenreihen

1, 2, 3, 4 die Zeiten

1, 4, 9, 16 die zurückgelegten Wege von einer gleichförmig beschleunigten Bewegung darstellen. Nimmt man die Unterschiede der zweiten Reihe

3, 5, 7, so geben diese Zahlen die in dem zweiten, dritten, vierten Zeitabschnitte u. s. w. beschriebenen Wege an.

Diese Wege werden aus zwey Gründen zurückgeleget, 1) wegen der stets fortdauernden Beschleunigung, die in jedem Zeitabschnitt so viel wie in dem ersten hier $= 1$ beträgt; 2) wegen der bereits erlangten Geschwindigkeit nach dem Gesetze der Trägheit. Nimmt man von jedem Glied der dritten Reihe 1 als die Wirkung der Beschleunigung hinweg, so bleiben die Größen 2, 4, 6 für die erlangten oder Endgeschwindigkeiten nach dem 1ten, 2ten, 3ten Zeitabschnitt übrig. Wirkte diese Endgeschwindigkeit während eines, zwei, drei Zeitabschnitte gleichförmig, so würden dadurch die Räume 1 . 2 , 2 . 4 , 3 . 6

2 , 8 , 18

beschrieben werden, welche doppelt so groß sind, als die in gleichen Zeiten durch die beschleunigte Bewegung beschriebenen Räume 1, 4, 9. Dieß ist das 3te Gesetz.

Das vierte Gesetz folget unmittelbar aus dem 1ten u. 2ten. Denn da sich die Geschwindigkeiten wie die Zeiten, die beschriebenen Räume aber wie die Quadrate der Zeiten verhalten, so müssen sich auch die Räume wie die Quadrate der Endgeschwindigkeiten verhalten. Eben das folget auch aus dem Beweise, welchen wir für das zweite Gesetz geführt haben.

Was wir im Vorstehenden für die gleichförmig beschleunigte Bewegung durch Zahlen bewiesen haben, läßt sich noch kürzer durch ein leichte geometrische Construction darthun. Wir haben bey der gleichförmigen Bewegung gesehen, daß der zurückgelegte Weg sich durch ein Rechteck ACBD Fig. 5. construiren läßt, dessen Höhe AE die verfllossene Zeit, und dessen Grundlinie $CB = AD$ die Geschwindigkeit darstellt.

Würde die Bewegung mit einer Geschwindigkeit O angefangen, und mit der Geschwindigkeit CB gleichförmig beschleuniget, geendiget haben, so würde der in derselben Zeit zurückgelegte Weg durch den Triangel ACB vorgestellt werden. Denn in diesem Fall würde in der halben Zeit die Geschwindigkeit $cb = \frac{1}{2} CB$, in dem vierten Theil der Zeit $ef = \frac{1}{4} CB$ gewesen seyn, und die kleinen Trapeze cb, ef, welche für Rechtecke gelten, würden die in den Zeitelementen beschriebenen Wege vorstellen. In einer Zeit, welche doppelt so groß als AC wäre, würde ein Raum $= AEF$ beschrieben werden. Es verhält sich aber $ACB : AEF = AC^2 : AE^2 = CB^2 : CF^2$. Dieß besaget das 2te und 4te Gesetz. Von dem in dem zweiten Zeitabschnitte beschriebenen Weg CEFB, nehme man den der Beschleunigung zugehörigen $BCF = ACB$ hinweg, so bleibt $CGEB = 2ACB$ für den mit der Endgeschwindigkeit CB gleichförmig beschriebenen Weg übrig. Dieß ist das 3te Gesetz.

II.

Vom freien Fall schwerer Körper an der Oberfläche der Erde.

§. 19.

Seit Galiläi's Untersuchungen über die Gesetze des

Falles wissen wir, daß die Schwere wie eine gleichförmig beschleunigende Kraft in die Körper wirkt; es kann daher Alles, was wir oben von der gleichförmig beschleunigten Bewegung bewiesen haben, auf den Fall schwerer Körper angewendet werden, und umgekehrt lassen sich durch den Fall der Körper die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung erläutern.

Ein schwerer Körper an einen Faden aufgehängt, spannet den Faden in einer Richtung, welche überall mit der Oberfläche der Erde, wo sie eben ist (wie die Fläche eines stillestehenden Wassers), rechte Winkel macht.

Die Richtungen der Schwere heißen senkrechte oder lothrechte Linien, so wie jene Vorrichtung ein Senkel oder Loth. Was auf ihnen perpendicular steht, heißt horizontal.

Wäre der Erdkörper eine vollkommene Kugel, so würden alle Richtungen der Schwere sich in dem Mittelpuncte vereinigen, da er aber ein unter den Polen abgeplattetes Sphäroid ist, so treffen nur die von dem Aequator und den Polen ausgehenden Lothe genau in dem Mittelpuncte der Erde zusammen, alle übrigen weichen von den aus dem Mittelpuncte nach der Oberfläche gezogenen Linien mehr oder weniger ab, doch beträgt die größte Abweichung nur etwa 20 Minuten, und wir können sie daher im gemeinen Leben vernachlässigen. Durchschneidet man den Faden eines Lothes, so fällt der schwere Körper nach der verlängerten Richtung desselben zur Erde, und zwar mit gleichförmig beschleunigter Bewegung. Sehr genaue Versuche über die Schwingungen des Pendels haben gelehrt, daß ein schwerer Körper an der Oberfläche der Erde (des Meeres), in unsern Gegenden (im luftleeren Raume) in einer Secunde der Zeit einen Raum von

$$g = \begin{cases} 15,098 \text{ pariser Fuß} = \\ 4,9044 \text{ Metres} = \\ 15,625 \text{ rheinländische Fuß durchfällt.} \end{cases}$$

Nach dem zweyten Gesetz von der gleichförmig beschleunigten Bewegung folget hieraus, daß die Schwerkraft einem fallenden Körper in Zeit von einer Secunde eine Geschwindigkeit von

$$2g = \begin{cases} 30,2 \text{ paris. Fuße} \\ 9,8 \text{ Metres} \\ 31,2 \text{ rhn. Fuße mittheilet.} \end{cases} \text{ Diese Zahl oder}$$

ihre Hälfte = g kann man als das Maaß der Schwerkraft auf unsrer Erde betrachten, denn eine Schwere, welche einen Körper in derselben Zeit nur halb so tief fallen machte, oder nur die Hälfte der Geschwindigkeit mittheilte, würde auch nur halb so groß seyn.

Fraget man, wie tief ein schwerer Körper in einer gegebenen Zeit fallen würde, so multiplicire man die Quadratzahl der Zeitsecunde mit g . Sucht man umgekehret aus dem Fallraum die Zeit, so dividire man jenen durch g und ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel.

Aus der Fallzeit die Endgeschwindigkeit zu finden, multiplicire man erstere mit $2g$. Will man aus der Fallhöhe = h die Endgeschwindigkeit finden, so hat man nach dem 4ten Gesetz $\sqrt{15,1} : \sqrt{h} = 2 \times 15,1 : x$ also $x = 2\sqrt{(15,1 h)}$ in pariser Fußsen, oder allgemein $x = 2\sqrt{gh}$.

Suchte man umgekehret aus der Endgeschwindigkeit die zugehörige Fallhöhe, so erbielte man $h = \frac{x^2}{4 \times 15,1}$

$$= \frac{x^2}{4g}$$

Es versteht sich, daß man die Beschleunigung der Schwere oder g in jedem beliebigen Maaße ausdrücken könne, wenn man die übrigen davon abhängenden Größen in demselben Maaße nimmt.

Da der freie Fall zu schnell erfolget, um die Geseze fallender Körper an ihm beobachten zu können, so bedienet man sich hierzu der Atwoodschen Fallmaschine auf folgende Weise. Man denke sich an den beiden Enden des über die Rolle geschlagenen Fadens zwey Waagschaalen von gleichem Gewicht $= q$; fraget man, wie viel Gewicht $= p$ müßte man auf die eine Schaaale legen, wenn die beschleunigende Kraft dieses Gewichts $= \frac{1}{15}$ von der Schwerkraft seyn sollte, so giebt

die Formel,
$$\frac{P}{2q + \frac{1}{2}A} = \frac{1}{15} \text{ oder } p = \frac{2q + \frac{1}{2}A}{15}$$

die Auflösung, wo A das Gewicht der Rolle bezeichnet. Z. B. es sey $A = 50$ Gran, $q = 10$ Gran, so erhält man für $p = 3$ Gran. Legt man dieß Gewicht auf die eine Schaaale, so wird dieselbe in 1 Secunde 1 Fuß

2 Secunden 4 Fuß

3 Secunden 9 Fuß durchfallen. Trift man

eine solche Einrichtung, daß das Gewicht p nach der ersten Secunde des Falles plötzlich hinweggenommen wird, so fahret die Waagschaaale fort zu sinken, vermöge der durch die vorhergehende Beschleunigung erlangten Geschwindigkeit, und zwar so, daß sie in jeder Secunde 2 Fuß zurücklegt, nach dem 3ten Geseze.

§. 20.

Wird ein schwerer Körper senkrecht in die Höhe geworfen, so tritt er seine Bewegung mit einer bestimmten Geschwindigkeit an, von welcher die Schwere ihm in jedem Zeitmoment etwas raubt, bis sie dieselbe ganz vernichtet hat. Der Körper muß also mit gleichförmig verminderter Bewegung ansteigen. Hier treten dieselben Geseze, nur in umgekehrter Ordnung, wie bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung ein; was hier bey Endgeschwindigkeit war, ist nun die Anfangsgeschwindigkeit. Soll

also ein schwerer Körper eine gewisse Höhe erreichen, so muß seine Wurfschwindigkeit so groß seyn, daß er vermöge derselben allein ohne Schwere die doppelte Höhe erreichen würde.

Es sey z. B. die Wurfschwindigkeit eines lothrecht ansteigenden Körpers = 600 Fuß in einer Secunde. Man fragt wie lange wird er steigen, und wie hoch? Da die Schwere ihm in jeder Secunde 30 Fuß (in runder Zahl) Geschwindigkeit raubt, so wird er $\frac{600}{30} = 20$ Secunden steigen. In dieser Zeit würde er ohne Schwere mit der Geschwindigkeit von 600 einen Raum von $20 \cdot 600 = 12000$ Fuß beschreiben. Da er aber vermöge der Schwere in eben der Zeit auch $20 \cdot 20 \cdot 15 = 6000$ Fuß fället, so steigt er wirklich nur 6000 Fuß an. Fället er von derselben Höhe wieder herab, so erlangt er durch den Fall abermals seine Anfangsgeschwindigkeit. (Den Widerstand der Luft bey Seite gesetzt.)

III.

Von der zusammengesetzten Bewegung.

§. 21.

Wenn ein Körper durch eine Kraft allein getrieben wird, so muß er der Richtung dieser Kraft folgen, und kann nur eine gerade Linie beschreiben.

Wirken hingegen auf einen Körper a Fig. 6 zwey Kräfte P und Q zu gleicher Zeit so, daß er vermöge der Kraft P allein den Weg ab, vermöge der Kraft Q allein den Weg ac in einer gegebenen Zeit beschreiben würde, so wird er vermöge der Wirkung von beiden Kräften zugleich den Weg ad beschreiben. Hiervon kann man sich durch folgende Betrachtung überzeugen. Man denke sich unter ab eine feste Linie, und auf derselben den Körper a beweglich. Treibt nun eine Kraft P den Körper auf der Linie durch die Räume a1, 12, 23, 3b indessen eine an-

dere Kraft Q , die Pinte sich selbst parallel in die Lagen hi , ef , mn , cd föhret, so wird der Körper den Weg $akgl$ beschreiben. Da sich hierbey die feste Linie bloß leidend verhält, so kann sie auch wegbleiben und die Kräfte allein auf den Körper wirkend, müssen dasselbe hervorbringen. Auch wird man sich bald überzeugen, daß wenn auch die beiden Kräfte P und Q nicht unter einem rechten Winkel, sondern wie in Fig. 7 und 8 unter einem spitzen oder stumpfen Winkel wirken, die aus ihnen hervorgehende mittlere Kraft M doch stets durch die Diagonale des Parallelogramms, welches man aus den Kräften P u. Q construirt, dargestellt werde. Die Kräfte P und Q heißen die Seitenkräfte, die mittlere Kraft M auch die aus den Seitenkräften resultirende Kraft.

So wie man sich die mittlere Kraft aus der vereinigten Wirkung der Seitenkräfte entstanden denken kann, eben so kann man umgekehret eine jede Kraft als eine mittlere ansehen, und sie in Seitenkräfte zerlegen.

Die Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte ist eine von den wichtigsten in der Mechanik, und aus ihr erklären sich eine Menge Erscheinungen. Hiervon nur einige Beispiele.

Wenn eine Kraft wie CB Fig. 9 unter einem sehr spitzen Winkel auf einen Körper AB trifft, so wird ihr wirksamer Theil nur durch die Größe $DB = AC$ dargestellt, welcher dem Sinus des Einfallswinkels n proportional ist. Daher die geringe Wirkung des Sonnenlichtes im Winter bey niedrig stehender Sonne; daher die starke Zurückstrahlung des Lichtes von durchsichtigen Körpern, wenn der Einfallswinkel sehr klein ist. Auch die Gleichheit des Einfall- und Reflexionswinkels erklärt sich aus der Zusammensetzung der Kräfte. Wenn ein elastischer Körper in der Richtung ac auf einen festen Widerstand $A B$ Fig. 10 trifft, so denke man sich ac aus den Kräften bc , so zusammengesetzt, bloß der Theil ec wirkt stoßend auf AB , und diese Kraft wird durch die Wirkung der Elasticität dem beweglichen Körper in entgegengesetzter Richtung

so mitgetheilet; da zugleich die Kraft ba , nach cd fortbauert, so sezet sich eine neue Bewegung nach of zusammen, und wegen der Gleichheit der Dreiecke acb , fed sind auch die Winkel bey c gleich.

Man denke sich in B Fig. 9 einen nach B A bewegten Körper, wie z. B. die Hand eines Menschen, welcher in einem Schiffe fährt, zugleich werde ein anderer beweglicher Körper (ein Ball), der an ersterer Bewegung Theil nimmt, lothrecht in die Höhe getrieben, so wird die Bewegung dieses Körpers nach B C erfolgen, und wenn der erste Körper in A ist, wird der zweite in C seyn. Daher kann man so gut fahrend wie ruhend Ball spielen, darum fällt ein Stein aus dem Mastkorb am Mastbaume anscheinend lothrecht herab, wenn gleich das Schiff mit vollen Segeln fortgeht.

Auch erklären sich hieraus die Künste der englischen Reuter, so wie eine Menge ähnlicher Erscheinungen.

Versuche zur Erläuterung der zusammengesetzten Bewegung mit der Eberhardschen Diagonalmaschine, mit der Percussionsmaschine, an welcher zwey Hämmer zu gleicher Zeit unter einem bestimmten Winkel und mit gegebener Geschwindigkeit auf eine Kugel treffen, welche auf einer horizontalen Tafel beweglich ist.

IV.

Von der krummlinigen Bewegung.

S. 2.

Eine krummlinige Bewegung ist eine solche, welche ihre Richtung in jedem Augenblick verändert, und da eine Richtungsveränderung nicht ohne Kraft erfolgen kann, so ist eine jede krummlinige Bewegung, als eine fortbauernb aufs Neue zusammengesetzte Bewegung zu betrachten. Es wirke, auf einen Körper a Fig. 11 eine Kraft nach ab und zugleich eine nach ac , so wird der Körper mit zusammengesetzter Bewegung den Weg ad beschreiben, und in der folgenden gleichen Zeit würde er den gleich großen Weg dk zurücklegen, kommt aber eine neue ablen-

tende Kraft de hinzu, so beschreibt er statt dk , df , und wenn hier abermals die ablenkende Kraft fg hinzutritt, so beschreibt er den Weg fi . Die gebrochne Linie ad fi verwandelt sich in eine krumme Linie, wenn man sich die ablenkenden Kräfte nicht stoßweise sondern ununterbrochen wirkend, also in unendlich kleinen Zeitabschnitten auch verschwindend klein denkt.

Sind alle ablenkenden Kräfte nach einem gemeinschaftlichen Mittelpunct m gerichtet, so heißt die ablenkende Kraft eine Centralkraft, und die krummlinige Bewegung eine Centralbewegung.

Bey jeder Centralbewegung findet das Gesetz Statt, daß die Flächenräume, welche von den Radien am , md , mf (den radiis vectoribus) in gleichen Zeiten beschrieben werden, einander gleich sind. Dieß erhellet aus folgender Betrachtung.

Die Dreiecke amd , dmk haben gleiche Grundlinien, und ihre Spitzen in dem Mittelpuncte m , sind folglich gleich; die Dreiecke dmk , dmf sind gleich, weil sie die gemeinschaftliche Grundlinie md , und ihre Spitzen k , f in einer Parallellinie mit der Grundlinie haben. Also ist auch $\triangle Triangel amd = dmf$. Sind die Abstände der Punkte a , d , f , i von dem Mittelpuncte der Bewegung alle gleich, so sind auch die Winkelgeschwindigkeiten, und die in gleichen Zeiten beschriebenen Bögen einander gleich. Dieß findet nur bey der Kreisbewegung Statt, sie ist daher unter allen krummlinigen Bewegungen die einzige, welche mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschrieben wird. Die allgemeine Theorie von den krummlinigen Bewegungen läffet sich ohne Kenntniß der höhern Geometrie voraussetzen nicht geben, daher müssen wir uns hier auf die Bewegung im Kreise einschränken. Doch bemerte man fol-

gendes: Es läßt sich darthun, daß die krumme Linie, welche ein von einer Centralkraft getriebener Körper beschreibt, ein Kegelschnitt seyn müsse, wenn die Centralkraft nach dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen wirkt; welche Art von Kegelschnitt es sey, hängt dann von dem Verhältnisse der ursprünglichen Wurfgeschwindigkeit ab zur Centralkraft ac ab.

Von der Schwungkraft.

§. 23.

Es bezeichne Fig. 12 einen Kreis, welcher von einem Körper in der Richtung afg beschrieben werde. In dem Augenblick, wenn der bewegliche Körper in a angelanget ist, hat er vermöge der Trägheit ein Bestreben sich nach der Richtung der Tangente ab zu entfernen; thäte er dieß wirklich, so würde er auch von der Kreisbahn um die Größe ab abkommen. Soll dieß nicht geschehen, und der bewegliche Körper in der Kreisbahn beharren, so muß in jedem Punkte der Bahn zu der Tangentialgeschwindigkeit ab eine Kraft $ac = bd$ kommen, welche den Körper nöthiget den Bogen ad zu beschreiben. Man nennet die Kraft ac , oder vielmehr das ihr entgegengesetzte Bestreben des Körpers sich von dem Mittelpuncte der Bahn zu entfernen, die Schwungkraft. Die Größe dieser Kraft wird durch den Quersinus des Bogens ad dargestellt. Unter dem Bogen ad kann man sich den in der Zeiteinheit beschriebenen Weg, also die Geschwindigkeit denken. Nimmt man die Zeit klein, so wird der Bogen ad ein Element des Umfanges und sein Sinus versus ist $= \frac{ad^2}{2r}$.

Die Schwungkraft ist gleich dem Quadrate der Ge-

geschwindigkeit, dividirt durch den Durchmesser des Kreises. Wenn sich daher zwei Körper in verschiedenen Kreisen mit ungleichen Geschwindigkeiten bewegen, so verhalten sich ihre Schwungkkräfte direct wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, und verkehrt wie die Halbmesser der Kreise.

§. 24.

Hieraus folget ferner: wenn zwey Kreise von verschiedenen Halbmessern r , und R in gleichen Zeiten beschrieben werden, so stehen die Schwungkkräfte im Verhältniß der Halbmesser. Man heisse die Umlaufgeschwindigkeiten c , C , die Schwungkkräfte v , V , so hat man nach §. 23. $v : V = \frac{c^2}{2r} : \frac{C^2}{2R}$. Da aber hier die Geschwindigkeiten in dem

Verhältniße der Halbmesser stehen, weil sie sich wie die Kreißumfänge verhalten, so geht obiges Verhältniß in $v : V = \frac{r^2}{2r} : \frac{R^2}{2R} = r : R$ über.

Man nennet $v = \frac{c^2}{2r}$ das Maaß der Schwungkraft, in dem man sich unter c den in einer Zeitsecunde im Kreiße beschriebenen Weg denkt.

Soll die Schwungkraft der Schwerkraft gleich seyn, so hat man aus §. 19 $g = \frac{c^2}{2r}$, oder $c^2 = 2rg$, $c = \sqrt{2rg}$, woraus sich die Umlaufgeschwindigkeit für einen Kreis von gegebenem Halbmesser berechnen läßet.

Man könnte zweifeln, ob der Ausdruck $v = g = \frac{c^2}{2r}$ noch seine Anwendung finde wenn der in einer Zeitsecunde zurückgelegte Weg c so groß ausfiele, daß man ihn nicht mehr als ein Element des Kreises betrachten dürfe. Um diesem

Zweifel zu begegnen, wollen wir annehmen, es sey $c = af$ Fig. 12, und uns einen Kreis von einem so großen Halbmesser $= R$ denken, daß der gleiche Bogen $a F$ als ein Element dieses Kreises betrachtet werden könne. Hier wird daher die Schwungkraft

$= \frac{c^2}{2R}$ seyn. Nun verhält sich die Schwungkraft im großen Kreise

zur Schwungkraft im kleinen $= r : R$, welches Verhältniß wir

$= \frac{1}{n}$ setzen, und zugleich annehmen wollen, die Schwerkraft

sey umal größer als die Schwungkraft im großen Kreise: so

folget $n \cdot \frac{c^2}{2R} = \frac{c^2}{2r} = g$, aber eben so groß ist auch die

Schwungkraft im Kreise vom Halbmesser r .

Anwendung dieser Lehre auf die Größe der Schwungkraft an der Oberfläche der Erde. Ein Punct des Aequators be-

schreibt in einer Zeitsecunde einen Bogen von $\frac{360. 60. 60}{24. 60. 60}$

$= 15$ Secunden, welcher in Theilen des Halbmessers

$= 0,000072722$ beträgt. Multiplicirt man diese Zahl mit

$3. 271408$ Loisen als dem Halbmesser des Erdäquators, so

erhält man $237,903$ Loisen, deren Quadrat durch den Durch-

messer der Erde dividirt für den Quersinus jenes Bogens oder

die Größe der Schwungkraft unter dem Aequator $0,00865$ Loi-

sen $= 0,0519$ pariser Fuß giebt.

Nun ist das Maas der Schwerkraft nach §. 18. 15096

par. Fuß, daher die Schwungkraft unter dem Aequator, wo

sie am größten ist nur $\frac{1}{290}$ der Schwere. Uebrigens lästet

sich zeigen, daß die Zunahme der Schwere von dem Aequator

an nach den Polen wegen der verminderten Schwungkraft

im Verhältnisse der Quadrate der Sinusse der Breiten

stehen. Fragte man wie viel Mal schneller müßte sich die

Erde um ihre Axc drehe, wenn die Schwungkraft unterm

Aequator der Schwere gleich kommen sollte, so beantwortet

dies die Proportion

$\frac{1}{290} : 1 = 1^2 : x^2$

giebt $x = \sqrt{290} = 17$ sehr nahe.

Die Lehren von der Schwungkraft lassen sich durch Versuche

mit der Schwungmaschine erläutern.

Die wesentlichsten Theile einer Schwungmaschine bestehen

in einem mit einer Rolle durch ein Seil ohne Ende verbundenen

Rade Fig. 13. Am Rade A befindet sich ein Griff H ,



wodurch das Rad schnell mit der Hand umgedreht werden kann; dann läuft die Rolle B um so viel geschwinder herum, je kleiner ihr Halbmesser gegen den Halbmesser des Rades ist. Rad und Rolle müssen sich genau in einer horizontalen Ebene drehen. Auf die Axe der Rolle σ werden die verschiedenen Körper gesteckt, welchen man durch schnelle Umdrehung Schwungkraft ertheilen will.

1ter Versuch.

nach Fig. 13 * sey ein Rahmen von Holz oder Metall, welcher mit seinem Mittelpunctzapfen auf die Axe der Rolle B Fig. 13 gesteckt werden kann. Von a nach b denke man sich einen Clavierdrath angespannet, über welchen sich zwey Kugeln von verschiednen Massen m , m frei hin und her bewegen lassen, überdieß müssen beide Kugeln durch einen Faden verbunden seyn, daß sich keine ohne die andere bewegen kann. Giebt man beiden Kugeln solche Abstände von dem Mittelpuncte der Bewegung, welche in dem verkehrten Verhältnisse ihrer Massen stehen; so werden die Kugeln ruhig stehen bleiben, wenn auch die Maschine noch so schnell umgedreht wird. Verrückt man hingegen eine oder die andere Masse nach a oder b zu, und dreht schnell um, so werden beide Kugeln nach der Gegend der Verrückung hinausfahren. Dieser Versuch beweist 1) daß die Schwungkäfte im Verhältnisse der Halbmesser der Kreiße stehen, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden; 2) daß die bewegenden Kräfte im zusammengesetzten Verhältnisse der Massen und der beschleunigenden Kräfte sind.

2ter Versuch.

Man befestige auf der Axe der Rolle einen vertical stehenden Rahmen Fig. 14, innerhalb welchem ein Gewicht p auf und nieder beweglich ist. Von dem Gewicht gehe ein Faden über die Rollen a und b nach einer Kugel m die auf der Scheibe der Schwungmaschine ruht. Dreht man schnell genug um, so wird die Schwungkraft der Kugel m das Gewicht p heben.

3ter Versuch.

Eine Abänderung des vorigen Versuchs ist folgender. Man befestige zwey oben und unten verschlossene Glasröhren, in welche man etwas Quecksilber oder auch mehrere sich nicht mit einander vermischende Flüssigkeiten gebracht hat, so in einer geneigten Lage, daß man sie durch den Mittelpunctzapfen c auf die Axe der Schwungmaschine stecken kann. Dreht man die Maschine schnell um, so steigt das Quecksilber

in beiden Röhren von dem untern Ranne a nach b und d hin. Sind mehrere Flüssigkeiten in den Röhren enthalten, so ordnen sie sich durch die Schwungkraft von unten nach oben im verkehrten Verhältnisse ihrer Dichten. Um die Wirkungsart der Kräfte hierbey klarer zu übersehen, denke man sich die Schwere nach be in die Seitenkräfte bf und bh , die Schwungkraft nach bx in die Kräfte by und bz zerleget. Von der Schwungkraft wirkt der Theil, welcher sich zum Ganzen verhält $= by : bx = ae : ab$; von der Schwere

der Theil $\frac{fb}{be} = \frac{be}{ab}$. Daher für den Zustand des Gleich-

wichts $v \cdot \frac{ae}{ab} = p \cdot \frac{be}{ab}$

$v \cdot ae = p \cdot be$

$v : p = be : ae$

Die Schwungkraft v wächst mit der Entfernung ae . Soll sie einrlei Verhältniß gegen die relative Schwere behalten, so muß $ae^2 = p \cdot be$ seyn. Dann ist die Linie ab eine Parabel, deren Scheitel in a , und deren Axe vertical steht.

Man kann sich der Schwungkraft als bewegender Kraft bedienen, um schwere Körper zu heben. Hierher gehören die Saug-, Schwung-, und Heb-, Maschinen. Auch beruht die große Kraft der electrischen Wirbelwinde (Wasser- und Windhosen) zum Theil auf der durch sie erzeugten Schwungkraft. Wenn man die Oberfläche des Wassers in einem Gefäße in eine schnelle Kreißbewegung bringt, so vertieft sich die Mitte, und das Wasser am Rande des Gefäßes steigt an, weil es vermöge der Schwungkraft leichter wird.

Ein schwerer Körper, welchen man auf den innern Umfang eines Haspels leget, fällt nicht herab, wenn man den Haspel schnell genug umdreht.

V.

Von der Wurfbewegung schwerer Körper an der Oberfläche der Erde.

§. 25.

Wenn ein schwerer Körper durch eine Wurfkraft in horizontaler Richtung mit einer gewissen Geschwindigkeit

ab Fig. 16 fortgetrieben wird, so würde er vermöge dieser Kraft allein nach den Gesetzen der Trägheit (§. 13) eine gerade Linie abch mit gleichförmiger Bewegung beschreiben. Vermöge der Schwere allein würde der Körper in lothrechtlicher Richtung mit beschleunigter Bewegung die Wege ad, af zurücklegen, welche sich wie die Quadrate der Zeiten verhalten (§. 19). Daher muß der Körper vermöge beider Kräfte zugleich in der krummen Linie aeg gehen, bey welcher die lothrechten Ordinaten be, cg sich wie Quadrate der horizontalen Abscissen ab, ac verhalten. Diese krumme Linie ist, wie die höhere Geometrie lehret, eine Parabel, a ihr Scheitel und die Richtung des Wurfs eine Tangente an dem Scheitel. Wenn die Geschwindigkeit des Wurfs und die Dauer der Bewegung gegeben sind, so läßt sich daraus die Weite des Wurfs $fg = ac$, so wie die lothrechte Senkung des geworfenen Körpers bestimmen. Jene findet man durch das Produkt der Zeit in die Wurfsgeschwindigkeit, diese, wenn man das Quadrat der Zeit in Secunden ausgedrückt mit der Beschleunigung der Schwere multipliciret. Z. B. Es betrage die Wurfsgeschwindigkeit 1000 par. Fuße in einer Secunde, die Dauer der Bewegung eine halbe Secunde, so beträgt $fg = 500$ Fuße, $cg = \frac{1}{4} \cdot 15 = 3\frac{3}{4}$ Fuße. Alles unter der Voraussetzung, daß kein Widerstand der Luft vorhanden sey.

Aus der Theorie der parabolischen Wurflinie folget, daß kein schwerer Körper sich in einer geraden Linie von a nach b bewegen könne; es sey denn, daß die Geschwindigkeit des Wurfs gegen die Schwere unendlich groß angenommen werden dürfte. Dieß ist der Grund, warum man bey den Schießgewehren die Visire hinten etwas höher als vornen macht, welches Fig. 17 erläutert. ab bezeichnet die verlängerte Ase des Schießgewehres, afd die Bahn der Kugel, ced die Visirlinie, ac, fe die unterschiednen Höhen der beiden Visiren, welches man die Einrichtung des Gewehres nennet. Die Einrichtung

passet eigentlich nur für eine bestimmte Schußweite, weil sich die Senkungen hd nicht wie die Schußweiten, sondern wie die Quadrate derselben verhalten.

§. 26.

Wird ein schwerer Körper in einer gegen dem Horizont geneigten Richtung geworfen, so bewegt er sich wiederum in einer Parabel, deren Scheitel E Fig. 18 in dem höchsten Punkte der Bahn lieget, und von welcher die Richtung des Wurfs AC eine Tangente in A ist.

Bezeichnet A C zugleich die Richtung und die Geschwindigkeit des Wurfs, so kann man dieselbe in eine horizontale Geschwindigkeit AD, und in eine verticale AB zerlegen. Die erste dauert ungeschwächt fort, der andern wirkt die Beschleunigung der Schwere Bx in jedem Zeitmoment entgegen, bis sie dieselbe ganz vernichtet hat, welches in unserm Beyspiel, wo $AB = 4Bx = 4g$ ist, schon nach der zweiten Secunde geschieht. Der schwere Körper steigt mit gleichförmig vermindelter Bewegung von A nach x und B an, indessen er zugleich mit gleichförmiger Bewegung von A nach D und I horizontal vortrüct; er wird sich also nach der ersten Zeitsecunde in F, nach der zweyten in E befinden, welches auch daraus erhellet, weil er vermöge der Wurfschwindigkeit allein mit gleichförmiger Bewegung die Räume AC, CL beschreiben würde, indessen er nach den Gesetzen des lothrechten Falles die Wege CF, LE zurücklegt, welche sich wie die Quadrate von AC, CL verhalten. Dieß bezeichnet die krumme Linie als eine Parabel. In E ist die Richtung der Bewegung horizontal, weil alle verticale Geschwindigkeit vernichtet ist. Von hier an fällt der Körper durch den Bögen EGH eben so mit beschleunig-

nigter Bewegung herab, wie er mit verminderter durch A, F, E angestiegen ist. Will man die größte Höhe des Wurfs E J, so wie die größte Weite desselben AH finden, so dividire man die verticale Geschwindigkeit mit dem doppelten Fallraum in einer Secunde, dieß giebt die Zeit des Aufsteigens so wie des Falles in Secunden. Das Quadrat dieser Zeit mit dem Fallraum in einer Secunde multipliciret, oder die halbe Anfangsgeschwindigkeit mit der Zeit, giebt die Höhe JE, das doppelte der Zeit mit der horizontalen Geschwindigkeit vermehret giebt die Weite AH. In H hätte der Körper wieder die Anfangsgeschwindigkeit von A, wenn kein Widerstand der Luft da wäre. Man kann sich leicht durch Zeichnung so wie durch Rechnung versichern, daß bei einerlei Wurfgeschwindigkeit AC, die Höhe des Wurfs desto größer ausfällt, je größer der Winkel CAD ist. Die größte Weite erreicht der Wurf wenn der Winkel 45° ist; gleiche Veränderungen des Winkels über oder unter 45° geben gleiche Verminderungen der Wurfweite.

Nimmt man den Neigungswinkel $CAD = n$, die Geschwindigkeit des Wurfs $= c$, so ist $c \cdot \sin . n$ die verticale, und $c \cdot \cosin . n$ die horizontale Geschwindigkeit. Es sey z. B. $c = 600$ par. Fuß der Neigungswinkel $= 45^\circ$, so ist die horizontale wie die verticale Geschwindigkeit $= 420$ Fuß, welche durch 30 dividiret für die Zeit des Aufsteigens 14 Secunden giebt, und für die größte Höhe des Wurfs $\frac{14 \cdot 420}{2}$

$= 2940$ Fuß, für die größte Weite $28 \cdot 420 = 11760$ Fuß.

Die Versuche zur Erläuterung dieser Sätze stellet man am besten mit Strahlen flüssiger Körper an, welche in hohen Gefäßen durch ihren eigenen Druck gepresst seitwärts aus kleinen Oeffnungen in verschiedenen Richtungen hervorspringen. Die Theorie der Wurflinien mit Betrachtung des Widerstandes der Luft ist eines der schwierigsten Probleme der Mechanik, wegen der veränderlichen Beschaffenheit der Luft.

D r i t t e r A b s c h n i t t .

Vom Gleichgewichte und der Bewegung von Kräften an festen Körpern.

Vom Gleichgewichte der Kräfte am Hebel und den sogenannten einfachen Maschinen.

§. 27.

Unter einem mathematischen Hebel denkt man sich eine feste gerade Linie, an einem ihrer Punkte c , unterstützt, auf welche Kräfte wirken, die sie in entgegengesetzten Richtungen zu drehen streben. Die Entfernungen der Angriffspunkte der Kräfte von dem Unterstützungspunkte heißen die Arme des Hebels wie ca , cb Fig. 19. Ein physischer Hebel ist jede schwere Stange auf ähnliche Art wie der mathematische Hebel unterstützt. Hierbey kommt auffer den auf den Hebel wirkenden Kräften auch das Gewicht der Stange in Betrachtung, wovon wir vorerst absehen wollen.

Iter Satz.

Gleiche Kräfte in gleichen Entfernungen vom Unterstützungspunkte, halten am Hebel einander das Gleichgewicht.

Es sey $P = Q$, $cb = ca$ Fig. 19.

Wenn eine von beiden Kräften z. B. P den Hebel in Bewegung setzte, so würde b die Geschwindigkeit bB , a die gleichgroße Geschwindigkeit aA annehmen, und die Größen der Bewegung beider Kräfte würden nach §. 15. $P \cdot bB$ und $Q \cdot aA$ seyn; sollen sie gleich seyn, so muß, weil $bB = aA$ ist, auch $P = Q$ seyn. Da aber gleiche Größen der Bewegung, wenn sie einander entgegengesetzt sind, sich einander aufheben, so müssen auch hier, wo die Bestrebungen der Kräfte P und Q nach Bewegung einander entgegengesetzt sind, diese Kräfte mit einander im Gleichgewicht seyn.

2ter Satz.

Ungleiche Kräfte am Hebel halten einander das Gleichgewicht, wenn sie im verkehrten Verhältnisse ihrer Entfernungen vom Unterstützungspuncte stehen.

Es bezeichne a c b Fig. 20 einen Hebel, dessen Arme ca , cb in einem beliebigen Verhältnisse $1 : n$ stehen. Wenn hier Bewegung erfolgte, so würden auch die Geschwindigkeiten aA , bB in dem Verhältnisse von $1 : n$ stehen, und die Größen der Bewegungen würden $Q \cdot aA$ und $P \cdot bB$ seyn. Setzt man diese Producte einander gleich, oder nimmt man $Q : P = bB : aA = n : 1$, so kann man sich dem Verhältnisse $n : 1$ unbeschadet die Glieder bB , aA verschwindend klein denken, d. i. die Bestrebungen nach Bewegung werden in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen einander gleich, folglich die Kräfte P , Q selbst mit einander im Gleichgewicht seyn, weil jene Bestrebungen nach entgegengesetzten Richtungen liegen.

Es ändert in dieser Betrachtung nichts, wenn die Kräfte so geordnet sind, wie Fig. 21, wo die beiden Arme des Hebels ca , cb von der Unterstützung c aus nach einer Seite liegen, die Richtungen der Kräfte aber einander ent-

gegengesetzt bleiben. Ein solcher Hebel heißt ein Hebel der zweyten Art, so wie der vorhin betrachtete, ein Hebel der ersten Art.

Man nennet die Produkte aus den Kräften in die Hebelarme auch die statischen Momente, und saget: Kräfte am Hebel seyen mit einander im Gleichgewicht, wenn ihre statischen Momente gleich sind.

Der Theorie nach kann man an dem Hebel jede Last mit jeder Kraft in's Gleichgewicht bringen, nur müßte, wenn das Verhältniß $1 : n$ unendlich groß wäre, auch der Hebelarm der Kraft gegen den Hebelarm der Last unendlich groß werden.

Es ändert ferner nichts in dem Verhältnisse des Gleichgewichts der Kräfte, wenn man sich die beiden Arme des Hebels nicht in einer geraden Linie, sondern unter einem Winkel zusammenstoßend denkt, wie Fig. 22. Immer werden die Bestrebungen nach Bewegung einander gleich bleiben, wenn $P \cdot bB = Q \cdot ca$ genommen werden. Ein solcher Hebel heißt ein Winkelhebel.

Wirken die Kräfte nicht perpendicular, sondern unter schiefen Winkeln auf den Hebel wie, Fig. 23, so gelten die perpendicularen Abstände cB , cA , von dem Drehungspuncte auf die Directionslinien der Kräfte, nicht cb , ca , für die wahren Hebelarme. Dieß erhellet aus folgender Betrachtung: man denke sich die Kraft P in die Seitenkräfte p' und p , die Kraft Q in q' und q zerleget, die Kräfte p , und q' fallen in die Richtung des Hebels, und drehen gar nicht, die andern sind im Gleichgewicht, wenn

$$p \cdot cb = q \cdot ca$$

Nun ist aber auch $P : p = cb : cB$

$$\text{also } p \cdot ob = P \cdot oB$$

$$\text{ebenso } q : Q = oA : oa$$

$$\text{oder } q \cdot oa = Q \cdot oA$$

Die beiden letzten Gleichungen mit der ersten verbunden, geben für die Bedingung des Gleichgewichts zwischen Q u. P , $Q \cdot oA = P \cdot oB$.

Aus dieser Betrachtung erhellet zugleich, daß man von der Wirkung einer Kraft desto mehr verliere unter einem je schiefem Winkel sie gegen ihren Hebelarm gerichtet ist.

Erläuterung dieser Sätze durch den physikalischen Hebel, der in seinem Schwerpunct unterstütet ist, dessen Gewicht daher nicht wirken kann. Beispiele von Anwendungen des Hebels geben die Scheeren, Zangen, Brecheisen, Pickel, Anker u. dergl. mehr.

Rolle und Flaschenzug.

§. 28.

Auf den Hebel lassen sich zurückführen die Rolle und das Rad an der Welle. Unter der Rolle versteht man eine um ihren Mittelpunct drehbare kreisförmige Scheibe, über deren Umfang ein Seil geschlagen ist, an dessen Enden die Kräfte wirken. Die Rolle, deren Axe fest unterstützt ist, heißt eine feste Rolle Fig. 24, die Rolle, deren Axe selbst beweglich ist, eine bewegliche Rolle Fig. 25.

Die feste Rolle wirkt entweder wie ein geradliniger Hebel acb , wo P die Last, Q die Kraft, oder wie ein Winkelhebel acd , wenn dv die Richtung der Kraft bezeichnet. In beiden Fällen sind Kraft und Last einander gleich, weil sie an gleichen Hebelarmen wirken. Die feste Rolle dienet nur dazu, der Kraft jede beliebige Richtung zu geben.

Bey der beweglichen Rolle Fig. 25 muß man sich das Seil um die untere Hälfte adb der Rolle geschlagen und an einem festen Punct f angeknüpft denken, indessen die Kraft am andern Ende des Seiles wirkt, die Last P hängt an der Fassung der Rolle $c'd$, lothrecht unter dem Mittelpunct c . Hier verhält sich Kraft und Last, oder $v : P = 1 : 2$. Denn in dem ersten Augenblick der Bewegung kann man sich den Punct a so gut wie f als fest denken, und die Hebelarme von Kraft und Last sind ab , ac , woraus jenes Verhältniß folget (S. 27).

Eine Verbindung von mehreren festen und beweglichen Rollen heißt ein Flaschenzug. Man unterscheidet den gemeinen Flaschenzug Fig. 26 und den Potenzenflaschenzug Fig. 27. Bey dem gemeinen Flaschenzug sind alle beweglichen Rollen in der untern Fassung (oder Flasche) A , alle festen Rollen in der obern Fassung B befindlich. Die ganze untere Fassung ist mit der Last P , welche von ihrer Mitte herabhängt, beweglich, die ganze obere Fassung muß man sich als fest denken. Von einem Punct C derselben, geht das Seil herab über die erste bewegliche Rolle, von da hinauf über die erste unbewegliche Rolle, dann wieder herab zur zweiten beweglichen Rolle, dann wieder hinauf zur zweiten unbeweglichen Rolle, und so weiter bis es sich bey v wo die Kraft wirkt, endiget. Um das Verhältniß von Kraft zur Last zu finden, theile man die Last durch die Anzahl aller Seile, an welchen die untere oder bewegliche Flasche hängt; denn da die Last P in der Mitte von allen Seilen herabzieht, so trägt jedes gleich viel von der Last; die Kraft v , hält aber nur denjenigen Theil von der Last, welchen das Seil Q trägt. In unserm Beyspiel wäre $v : P = 1 : 4$.

Bey dem Potenzenflaschenzug Fig. 27 hängt die Last P an dem Gehäuse oder der Ase der ersten beweglichen Rolle herab, das Seil, welches diese Rolle trägt, ist mit dem einen Ende an das feste Gestelle A, mit dem andern an die Ase der folgenden beweglichen Rolle geknüpft. Eben so verhält es sich mit den Seilen aller übrigen beweglichen Rollen; daher ist jeder Zeit die Kraft Q der vorhergehenden Rolle, als Last für die folgende bewegliche Rolle zu betrachten. So nach halbiret sich die Last so viel Mal als bewegliche Rollen da sind, bis zuletzt das Ende des letzten Seiles über die unbewegliche Rolle B geführt wird, wodurch die Kraft v nur eine Richtungsänderung nach unten erhält. Daher ist das Verhältniß von Kraft zu Last, wie 1 zu derjenigen Potenz von 2, deren Exponent die Zahl der beweglichen Rollen ausdrückt. In unserm Beispiel

$$v : P = 1 : 2^3 = 1 : 8$$

Bey dem gemeinen sowohl wie bey dem Potenzenflaschenzug, so wie überhaupt bey allen Maschinen, verhalten sich für den Zustand des Gleichgewicht's (ohne Rücksicht auf Reibung und andere Hindernisse der Bewegung) Kraft zu Last, verkehret wie die Geschwindigkeiten, welche sie bey wirklich erfolgender Bewegung annehmen würden. Daher verlieret man immer das an der Geschwindigkeit oder der Zeit, was man an der Kraft gewinnt, die Einrichtung der Maschine sey, welche sie wolle.

Rad an der Welle, Rad und Getriebe.

§. 29.

Wenn mit einem Rad A Fig. 28 eine Welle oder Cylinder B so verbunden ist, daß sich keins ohne das andere, um die gemeinschaftliche Ase o drehen kann, so heißet eine solche Verbindung ein Rad an der Welle.

Denkt man sich die Last P an dem Umfang der Welle,

die Kraft Q an dem Umfang des Rades, so verhält sich für den Zustand des Gleichgewichts Kraft zur Last, wie der Halbmesser Welle e_a zum Halbmesser des Rades e_b . Große Räder sind also wirksamer als kleine bey gleicher Dicke der Wellen.

Wenn ein Rad B Fig. 29 mittelst Zähnen oder Erhebungen zwischen die Zähne oder Vertiefungen eines andern Rades A so eingreift, daß sich keines ohne das andere umbrehen kann, so heißt dieß ein Rad und Getriebe. Dasjenige Rad B, an welchem man sich die bewegende Kraft denkt (gemeinlich das kleinere) heißt *Trieb*, das andere Rad A. Da die Zähne des Trieb's in die Zwischenweiten der Zähne des Rad's, und umgekehret dessen Zähne in die Zwischenräume des Trieb's passen müssen; so folget hieraus, daß die Weite von der Mitte eines Zahnes zum nächsten in Rad und Trieb einander gleich seyn müsse. Daher verhält sich die Zahl der Zähne des Rades zur Zahl der Zähne des Trieb's wie der Umfang oder Halbmesser des Trieb's zum Umfang oder Halbmesser des Rads. Das Trieb B kommt daher so viel Mal geschwinder herum als das Rad A, wie viel Mal sein Halbmesser in dem Halbmesser des Rads enthalten ist. Wäre mit dem Trieb B als Welle ein Rad D verbunden, an welchem die Kraft v wirkte, mit dem Rad A eine Welle C an deren Umfang die Last Q befindlich, und man suchte das Verhältniß von Kraft und Last: so bemerke man, daß nach der Theorie vom Rad an der Welle sich die Kraft x am Zahn des Trieb's B, also auch am Zahn des Rades A, zu V wie $R' : r'$ verhält, und daß wiederum $Q : x$ wie $R'' : r''$ ist. Daher $v : Q = r' \cdot r'' : R' \cdot R''$.

Allgemein; die Kraft v an dem ersten Rad verhält sich zur Last Q an der letzten Welle, wie das Produkt der

Halbmesser aller Wellen zum Producte der Halbmesser aller Räder. Das umgekehrte Verhältniß giebt das Verhältniß der Geschwindigkeiten von Kraft und Last an.

Auf die Theorie des Rads an der Welle lassen sich die Wirkungen der Wasserräder, Windräder, Tretträder, Karbeln, Haspeln, Winden zurückführen, so wie auf Rad und Trieb, alle in einander greifende Zahnräder.

Von dem Schwerpunkte.

§. 30.

In jedem schweren Körper giebt es einen Punct, worin man sich die Schwerkraft des ganzen Körpers vereinigt denken kann; dieser Punct heißt der Schwerpunkt. Ist derselbe unterstützt, so ruht der Körper, wo nicht, so fällt der Körper, indem sein Schwerpunkt fällt. Hier- von kann man sich durch die folgende Betrachtung überzeugen.

Es sey *aob* Fig. 29 * ein mathematischer Hebel, ohne Schwere, in *a* und *b* mit den Gewichten *P* und *Q* beschweret, *c* sey der Punct der Unterstüzung, für welchen die Drehungsmomente von *P* und *Q* einander aufheben, so muß der Punct *c* durch eine Kraft gepresset werden, welche der Summe der Gewichte $P + Q$ gleich ist, denn die Unterstüzung allein verhindert das vereinte Bestreben der Gewichte *P*, und *Q* zu fallen.

Ein solcher Unterstüzungspunct, für welchen Gleichgewicht der drehenden Momente am mathematischen Hebel Statt findet, läßt sich immer finden, die Menge der an ihm befindlichen Gewichte und ihre Größe mag beschaffen seyn wie sie will. Der einfachste Fall wäre der, wenn eine mathematische Linie in allen ihren Puncten mit gleichen Gewichten beschweret, oder welches dasselbe ist, wenn eine physische Linie in alle ihren Puncten gleich schwer wäre.

Der Unterstützungspunct für das Gleichgewicht, das ist der Schwerpunct der Linie, lieget dann genau in ihrer Mitte; weil je zwey gleiche Gewichte, die gleichen Abstand von der Mitte haben, in Hinsicht der Drehung einander das Gleichgewicht halten, die Unterstützung aber die Summe aller Gewichte tragen muß.

Nun sey $abcd$ Fig. 30, eine Parallelogramme, welches in allen Puncten schwer ist, so wird sein Schwerpunct p da liegen, wo sich die Linien ef , und gh , die seine Grundlinien und seine Höhe halbiren, schneiden; denn die Schwerpuncte aller mit de parallelen Linien fallen innerhalb ef , so wie die Schwerpuncte alle mit ad parallelen innerhalb gh ; es lieget daher der gemeinschaftliche Schwerpunct in dem Durchschnitte beyder Linien. Eine Linie welche durch den Schwerpunct geht, heißt eine Linie der Schwere.

Es bezeichnen $ABCD$ Fig. 31 ein senkrechtcs Parallelepipedum, q , r die Schwerpuncte seiner obern und untern Grundfläche; man verbinde sie durch eine gerade Linie, so ist dieß eine Linie der Schwere, weil sie durch die Schwerpuncte aller mit der Grundfläche parallelen Schnitte geht, und weil alle diese Schnitte gleich schwer sind, so liegt der Schwerpunct P des Körpers in der Mitte von qr . Aus dieser Betrachtung erhellet zugleich, daß der Schwerpunct eines Körpers von regulairer Gestalt, dessen schwere Masse gleichförmig vertheilet ist, mit dem Mittelpunct der Größe zusammen fällt. Im gegentheiligen Falle lieget der Schwerpunct da, wo sich die größte Menge schwerer Masse befindet. Z. B. der Schwerpunct eines Dreieck's ABC Fig. 32 lieget in p , wo sich seine drei Linien der Schwere einander schneiden, ein Drittheil der Höhe von der Grundlinie hinauf, $\frac{2}{3}$ von der Spitze herab.

Der Schwerpunkt eines Kegels, einer Pyramide, liegt in der Axe $\frac{3}{4}$ von der Spitze herab, $\frac{1}{4}$ von der Grundfläche hinauf.

Es bezeichne z. B. $ABCD$ Fig. 33 eine dreieckigte Pyramide; p, q die Schwerpunkte der Seitenflächen ACB, DCB , so wird Aq , so wohl als Dp eine Axe der Schwere für die Pyramide seyn, und ihr Schwerpunkt P wird in dem Durchschnitte von Aq und Dp liegen. Nun ist $Eq = \frac{1}{3} ED$, $Ep = \frac{1}{3} EA$, daher auch $pq = \frac{1}{3} AD$ und $Pp = \frac{1}{3} DP = \frac{1}{4} Dp$.

Practische Methoden den Schwerpunkt eines Körpers zu suchen, sind das Balanciren auf einer Schneide, oder das Aufhängen eines Körpers an einen Faden in verschiedenen Richtungen, die sich wechselseitig durchschneiden.

§. 31.

Auf der Lage des Schwerpunkts beruht die mehrere oder mindere Sicherheit des Standes eines Körpers. Es ist überhaupt ein Körper unterstüzt, wenn die lothrechte Linie durch seinen Schwerpunkt zugleich durch die Unterstüzung geht; liegt dabey der Schwerpunkt über der Unterstüzung, so saget man der Körper stehe, liegt er unter der Unterstüzung, er hänge; fallet die Unterstüzung mit dem Schwerpunkt zusammen, so ist der Körper äquilibrirt und in jeder Lage ruhig. Ein Körper steht desto sicherer je größer die unterstügende Grundfläche ist, und je näher der Schwerpunkt bey der Grundfläche liegt. Wenn der Schwerpunkt eines Körpers sich um seine Unterstüzung drehen kann, so ist jederzeit das Drehungsmoment des Schwerpunkts so groß, als die Summe der Momente aller einzelnen in dem Körper enthaltenen schweren Puncten, daher kann man sich das gesammte Gewicht eines Körpers in seinem Schwerpunkte vereinigt vorstellen.

Es sey z. B. d Fig. 29 der Drehungspunct eines mathematischen Hebels in a u. b die schweren Massen P, Q in c ihr Schwerpunct, so ist allgemein $(P + Q) cd = P \cdot da + Q \cdot bd$
im Exempel

$$3 \cdot 3 = 2 \cdot 4 + 1 \cdot 1$$

Bezeichnet adcb Fig. 30 den lothrechten Durchschnitt eines Körpers durch seinen Schwerpunct, dc die unterstützende Grundfläche, v eine Kraft, welche den Körper um den Punct c zu drehen strebt, so ist das Moment dieser Kraft $= v \cdot cb$, das entgegensehende Moment des Schwerpunctes $= p \cdot ce$. Letzteres ist bey gleichem Gewicht offenbar desto größer, je größer ec ist. Soll der Körper durch die Wirkung der Kraft v wirklich umschlagen, so muß sein Schwerpunct um den Winkel pch gedreht werden, welcher desto größer ausfällt, je näher p bey dc lieget.

Das Vorstehende enthält die Gründe, warum man bey hohen Gebäuden die Mauern unten dicker als oben macht, warum der feste Stand einer Wand oder Mauer durch Strebe- Pfeiler und Widerlagen verstärkt wird, warum überhängende Gebäude doch einen sichern Stand haben können. Erläuterungen zur Lehre von dem Schwerpuncte bieten folgende Versuche dar.

Balancirende Puppen, bey welchen der Schwerpunct durch angebrachte Gewichte unter den Unterstützungspunct fällt, welche daher mancherlei schwingende Bewegungen annehmen, ohne umzuschlagen. Wird die Lage des Schwerpuncts in einem hohlen Körper durch eingefülltes Quecksilber oder auf andere Weise beweglich gemacht, so kann der Körper dadurch genöthiget werden, von selbst Bewegungen anzunehmen. Hier- auf beruhen die Künste des chinesischen Purzelmännchens. Ist ein Körper dermaßen unterstützt, daß sein Schwerpunct tiefer kommen kann, wenn gleich einzelne Theile des Körpers ansteigen müssen, so wird der Körper von selbst diejenige Stellung annehmen, worin sein Schwerpunct die tiefste Lage erhält.

Hierauf beruhet das scheinbare Ansteigen eines doppelten Kegels, eines überwichtigen Cylinders auf einer geneigten Ebene.

Der Gang und die Bewegungen der Thiere beruhen größtentheils auf der veränderten Lage des Schwerpunktes gegen die Unterstützung desselben. Je leichter, und mit geringerm Kraftaufwand diese Veränderungen hervorgebracht werden können, desto leichter fallen auch die Bewegungen den Thieren. Ein Mensch ist nicht im Stande den rechten Fuß zu heben, wenn er sich mit der linken Schulter gegen eine feste Wand stüzet; er ist nicht im Stande vorwärts zu schreiten, wenn er den Oberkörper nicht etwas vorwärts neiget. Der Satz: daß das Moment des Schwerpunktes gleich ist der Summe der Momente aller einzelnen schweren Theile, bietet vorzüglich dem Mathematiker die Mittel dar, den Schwerpunkt von Körpern, Flächen und Linien durch Rechnung zu bestimmen.

Von der Wage.

§. 32.

Die Wage ist für den Physiker ein zu wichtiges Instrument, als daß sie nicht eine besondere Betrachtung verdiene. Bekanntlich giebt es zweierlei Arten von Wagen, die gemeins. oder Krämerwage, und die Schnellwage. Bey der ersten sollen Kraft und Last einander gleich seyn, bey dieser will man mit einerlei Gegengewicht viele Lasten abwägen. Die erstere, welche vorzüglich zu genauen Abwägungen geeignet ist, beruht auf der Theorie des gleicharmigen, die andere auf der Theorie des ungleicharmigen Hebels. Die Arme eines Wagebalkens heißen die Entfernungen von der Unterstützung des Wagebalkens bis zu den Anhängepuncten der Wagschaalen. Um die Gleicharmigkeit leichter zu bewerkstelligen, pfleget man gewöhnlich die Enden des Wagebalkens in Bögen cba Fig. 34 ausgehen zu lassen, durch deren Oeffnung oder Schließung, man den Anhängepunct der Schaaalen a weiter oder näher zu dem Unterstützungspuncte bringen kann; da aber durch diese Einrichtung der Punct a zugleich etwas gehoben oder vertieft

wird, das nicht seyn soll; so ist es besser den Anhangepunct der Schalen, in der Richtung der Are des Wagebalkens so durch ein Schraubenwerk verschleubar zu machen. Man sehe $x y$ Fig. 35. Man erkennt die Gleicharmigkeit einer Wage daran, wenn man große Gewichte auf ihren Schalen ins Gleichgewicht bringt, und dann diese Gewichte mit, oder ohne die Schalen verwechselt. Bleibt das Gleichgewicht, so ist die Wage richtig. Uebrigens kann man auch mit einer sehr ungleicharmigen Wage richtig wiegen, wenn man die abzuwägende Last q , mit einer Gegenlast r , und dann diese nach weggenommener Last mit dem zu bestimmenden Gewichte p auf derselben Schale, wo vorher die Last q lag, ins Gleichgewicht bringt. Dieß Verfahren ist zwar etwas umständlich, aber oft dem Physiker unerläßlich, wenn es auf sehr scharfe Gewichtsbestimmungen ankommt.

Eine gute Schaalwage soll mit gleichen Gewichten belastet, und auch ohne alle Belastung, im Gleichgewicht stehen, sie soll die Uebergewichte, selbst die kleinsten, durch einen verhältnißmäßigen Ausschlagewinkel anzeigen, und nach weggenommenem Uebergewicht ihren wagrechten Stand wieder annehmen; sie soll mit einem Wort nicht bloß richtig, sondern auch empfindlich seyn.

Für diesen Zweck muß der Schwerpunkt des Wagebalkens p , jederzeit unter dem Unterstützungspunct c , und mitten unter der Linie der Anhangepuncte der Schalen ab liegen. Um dieß mit der größten Schärfe bewerkstelligen zu können, dienen kleine Gewichte f , e Fig. 35 * welche sich längst der Are des Wagebalkens hin und her schrauben lassen, so wie das Gewicht p' mitten unter dem Wagebalken. Der Unterstützungspunct c des Wagebalkens soll entweder mitten über der Linie ab Fig. 36, oder bey sehr empfind-

lichen Wagen, auf welchen nur kleine Lasten gewogen werden sollen, mitten in der Linie ab Fig. 35 * liegen. Im letzten Falle bleiben die drehenden Momente der Gewichte auf den Wagschaalen auch bey einer Neigung des Wagebalkens einander gleich, und das Moment des Uebergewichtes kann nur durch das Moment des gehobenen Schwerpunktes des Wagebalkens erhalten werden. Die restituirende Kraft der Wage wächst in diesem Fall nicht mit ihrer Belastung, mit welcher doch die Reibung zunimmt. In dem Falle Fig. 36 hingegen wird durch die Neigung des Wagebalkens, das Moment des sinkenden Armes verkleinert, und die restituirende Kraft wächst mit der Belastung der Wage. Die erstere Einrichtung gewähret aber den Vortheil, daß die Uebergewichte sich wie die Tangenten der Ausschlagewinkel verhalten. Um die Ausschlagewinkel zu messen, dienet entweder das Züngelchen cd , oder Spitzen die bey e und f längst der Ase des Wagebalkens heraus stehen, und an eingetheilten Kreißbögen herspielen, welche von dem Mittelpunct c aus gezogen sind. Da in jedem Falle die Beweglichkeit einer Wage desto größer ausfallen wird, je kleiner das Moment des Schwerpunktes ihres Wagebalkens gegen das Moment der Wagschaalen ist, so muß die Größe ce gegen ab klein seyn, und der Wagebalken so leicht als möglich für seine zu tragende Last gearbeitet, doch in der Mitte stärker als gegen die Enden seyn. Um die Reibung möglichst zu vermindern, giebt man der unterstützenden Ase die Form einer Messerschneide von Stahl, welche auf sehr harten Unterlagen, etwa von Achat, ruhet.

Bey der Schnellwage kommt es vorzüglich auf die richtige Eintheilung des längern Wagebalkens an. Diese bewerkstelliget man am besten wie folget. Nachdem man

den Punct des Wagebalkens gesucht hat, an welchem das sogenannte Laufgewicht, dem Gewicht der Schale mit Zubehör das Gleichgewicht hält, (es ist der Nullpunct der Theilung) so belaste man die Schale mit dem größten Gewicht das sie tragen soll, und suche wie weit man das Laufgewicht auf dem langen Arm hinauschieben müsse, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Den Zwischenraum zwischen beiden Puncten auf dem langen Wagebalken theilet man in so viele gleiche Theile, als die größte Last Unterabtheilungen erhalten soll.

Eine der vorzüglichsten physikalischen Wagen hat Ramsdon in London gebauet, sie gab $\frac{1}{1000000}$ ihrer größten Belastung an. Der Wagebalken bestand aus zwey hohlen doppelten Regeln von Messing, die mit ihrer größern Grundfläche zusammengefüget waren.

Auch der verstorbene Schlosser Hauff zu Darmstadt fertigte sehr empfindliche physikalische Wagen, deren Einrichtung ich in meinem bey Meyer erschienenen Sammlung physikalischer Abhandlungen beschrieben habe. In neuern Zeiten werden vorzüglich gute Wagen von Fortin in Paris und von Florenz in Wien verfertiget. Desgleichen von Rössler in Darmstadt und Hoß in Gießen.

Die Gewichte, deren man sich bey physikalischen Untersuchungen häufig bedienet, sind folgende.

In Deutschland.

Das Cölnische Mark- oder Silbergewicht, und das Nürnberger Medicinalgewicht.

Eintheilung des Cöln. Markgewichts

1 Pfund = 2 Mark

1 Mark = 16 Loth

1 Loth = 4 Quent

1 Quent = 4 Pfennige

1 Pfennig = 256 Richtpfennigstheile, oder 15 Gran.

(Eins Pfund im Großherzogthum Hessen beträgt 500 Grammen, oder ein halbes Kilogramm [siehe das neue französische Gewicht] die Eintheilung ist wie bey dem Cölnischen Markgewicht.)

Eintheilung des Medicinal-Gewicht's.

1 Pfund	=	12 Unzen
1 Unze,	=	8 Drachmen
1 Drachme	=	3 Scrupel
1 Scrupel	=	20 Gran.

In Frankreich.

Die Einheit des neuen Gewichts ist der Gramme, so schwer als ein cubischer Centimeter Wasser bey der größten Dichte. Diese Gewichtseinheit wird nach dem decadischen Gesetz vervielfältiget und getheilet.

1000 Grammen = 1 Kilogramm

$\frac{1}{1000}$ Grammen = 1 Milligramm.

Bey dem alten französischen Troy-Gewicht war

1 Pfund	=	16 Unzen
1 Unze	=	8 Gros
1 Gros	=	3 Deniers
1 Denier	=	24 Grains.

England.

Bey dem englischen Troy-Gewicht ist

1 Pfd.	=	12 Unzen = 12 . 20 Pfennige
	=	12 . 20 . 24 Grain.

Holland.

Bey dem holländischen Troy-Gewicht ist

1 Pfd.	=	16 Unzen
	=	16 . 20 Engels
	=	16 . 20 . 32 As.

Zur Vergleichung der angeführten Gewichte unter einander und mit dem Cöllnischen dienet folgendes.

1 Gran Cölln.	=	17,666	Richtpfennigtheile
1 Gran Med. Gew.	=	17,4346	—
1 Gramme	=	280,5441	—
1 Grain fr. Troy	=	17,901	—
1 Gran engl. Troy	=	18,1643	—
1 As holl. Gew.	=	13,4736	—
1 Pfund hess. Gew.	=	140272	Richtpfen.tb.
	=	1,0707	Cölln. Pfund.

Von der schiefen Ebene, dem Reil und der Schraube.

§. 33.

Es stelle **ab** Fig. 37 den Neigungswinkel einer schiefen Ebene gegen den Horizont dar, so heißet **bc** die Länge, **ab** die Höhe, **ac** die Grundlinie der schiefen Ebene. Es ruhe auf der schiefen Ebene die Last oder das Gewicht **P**, man fraget, mit welcher Kraft es längst der schiefen Ebene hinabzugleiten strebt? die Reibung und andere Hindernisse der Bewegung bey Seite gesetzt. Es drücke **eh** die Größe der Schwerkraft in dem Gewicht **P** aus, man zerlege dieselbe in die Seitenkräfte **eg**, **ef**; die erstere wird von der Festigkeit der schiefen Ebene überwunden, die andere **ef** ist diejenige Kraft, welche den Körper längst der schiefen Ebene hinabtreibt; man heißet sie die relative Schwere. Eine Kraft **V**, welche ihr gleich und entgegengesetzt ist, würde sich zum Gewicht **P** verhalten $= ef : eh = ab : bc$. Daher Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Ebene zur Länge derselben.

Wollte man z. B. eine Last einen Berg hinan schaffen, welcher 30° gegen den Horizont geneigt wäre, so betrüge die Kraft die Hälfte der Last, wäre dagegen der Neigungswinkel nur 5° , so hätte man nur den 12ten Theil der Last zu überwinden. Zöge die Kraft **V'** nicht parallel mit der schiefen Ebene, sondern parallel mit ihrer Grundlinie **ac**, so müßte sie größer als **V** seyn. Denn man kann sich die Kraft **V'** nach **el** in die Seitenkräfte nach **ek** und nach **ei** zerleget denken, die erstere wirkt so wie **V** und ist ihr gleich, die andere nach **ei** trägt nicht zur Erhaltung der Last bey, daher hat man in diesem Fall

$$\begin{aligned} V' : V &= el : ek = cb : ac \\ V : P &= ef : eh = ab : cb \end{aligned}$$

folglich $V' : P = ab : ac$

wie die Grundlinie zur Höhe der schiefen Ebene.

In dem zuerst betrachteten Falle würden die in gleichen Zeiten beschriebenen Wege von Kraft und Last $= bo : ac$, in dem zweyten Falle wie $ab : ac$ seyn. Also Kraft und Last verkehret wie ihre Geschwindigkeiten.

Je mehr die Richtung der Kraft von der mit bo parallelen abweicht, desto größer muß die Kraft seyn.

Vom Keile.

§. 34.

Unter einem Keile versteht man gewöhnlich ein dreiseitiges Prisma abc Fig. 38, welches mit seiner Schärfe c in einen festen Körper eingetrieben, denselben von einander spaltet.

Uebrigens wird auch der Keil zur Befestigung, zur Erhebung von Lasten und in vielen andern Dingen mit Vortheil angewendet. abc stellet einen senkrechten Schnitt durch die Ase und den Schwerpunct des Keiles vor. Die Linien ac , bc heißen die Seiten des Keiles, dc die Höhe, ab der Rücken des Keiles. Die treibende Kraft V wirke nach der Richtung dc , der Widerstand P , zu beiden Seiten weiche nach den Linien ef , eg perpendicular auf die Seiten des Keiles aus, man sucht das Verhältniß von Kraft zur Last. Es stelle eh die Größe der Kraft V vor, man zerlege sie in die Seitenkräfte ef , eg ; jede dieser Kräfte muß dem Widerstande P gleich kommen, daher hat

man $\frac{1}{2} V : P$ oder $V : 2 P = ei : ef = db : bc$. Also Kraft zur Last wie der halbe Rücken des Keiles zur Seite des Keiles.

Könnte der Widerstand nicht nach ef , sondern nach ek ausweichen, so denke man sich die Kraft nach ef , abermals in eine nach ei und ek zerleget, die letztere heiße P' , dann ist

$$\begin{array}{l} P : P' = ef : ek = ob : od \\ \frac{1}{2} V : P = \quad \quad \quad db : cb \end{array}$$

$$\text{also } \frac{1}{2} V : P' = db : od$$

Kraft zur Last wie der halbe Rücken des Keiles zur Höhe des Keiles. In beiden Fällen ist die Kraft desto wirksamer, je spitziger der Winkel o des Keiles ist.

Auf der Theorie des Keiles beruht die Wirkung aller schneidenden und stechenden Instrumente; sie sind alle desto wirksamer, je spitzer der Winkel o an ihrer Schärfe ist.

Ferner läßt sich der Druck der Gewölbe auf ihre Widerlagen auf die Lehre vom Keil zurückführen, woraus folgt, daß flache Gewölbe bey gleicher Belastung stärker gegen ihre Widerlagen pressen, als hohe und mehr gekrümmte.

Von der Schraube.

§. 35.

Um die Wirkung von Kraft und Last an der Schraube auf die Theorie der schiefen Ebene zurückzuführen, stelle man folgende Betrachtung an. Um einen lothrechten Cylinder A Fig. 39 denke man sich den Durchschnitt einer schiefen Ebene bae so herum gebogen, daß die Grundlinie der schiefen Ebene ae dem Umfang des Cylinders $adef$ entspreche, so wird die Länge der schiefen Ebene ab auf der Oberfläche des Cylinders die Schraubenlinie agh bilden. Dabey bleibt die Neigung eines jeden Elementes der

Schraubenslinie gegen die horizontale Ebene dem Winkel bae gleich. Wird also eine Last auf der Schraubenslinie ngh in die Höhe geführt, so geschieht eben das, als wenn sie längst der schiefen Ebene gehoben würde.

Wirkt nun, wie gewöhnlich, die Last parallel mit der Axe des Cylinders A oder lothrecht, die Kraft nach einer Tangente an dem Umfange der Schraubenspindel ad , so ist dieß der zweite Fall S. 33, wo sich Kraft zur Last wie die Höhe der schiefen Ebene zur Grundlinie verhielt, also hier wie die Höhe oder Weite des Schraubenganges ah zu dem Umfang der Spindel $adef$. Bey der Anwendung der Schraube als Maschine, muß man sich die Schraubenslinie von einer gewissen Dicke gleichsam verkörpert auf der Oberfläche der Spindel AA Fig. 40 erhaben, und eine ähnliche schraubenförmige Vertiefung in einen hohlen Cylinder BB eingeschnitten denken. Beyde greifen wechselseitig in einander ein, ersteres heißt Schraube, letzteres Mutter-schraube.

Es ist einerlei, ob man sich die Last auf der Schraube ruhend, die Mutter als fest, und die Schraube beweglich, oder umgekehrt die Schraube als fest und die Mutter als beweglich und die Last hebend denken will. Fasset die Kraft nicht unmittelbar an dem Umfang der Spindel, sondern an einem Hebel AC an, so kommt dieses noch als eine zweite Maschine in Betrachtung, und man erhält dann Kraft zur Last, wie die Höhe des Schraubenganges ah zum Umfang des mit AC beschriebenen Kreises.

Eine Schraube ist desto wirksamer, je enger die Schraubengänge, und je größer der Durchmesser also auch der Umfang der Spindel ist.

Man bedient sich der Schraube nicht bloß um Lasten zu erheben, sondern auch um Körper an einander zu befestigen,

um sanfte und gleichförmige Bewegungen hervorzubringen u. s. w. In letzterer Hinsicht ist besonders die sogenannte Schraube ohne Ende zu bemerken. Eine Schraube deren Gänge in die Zähne eines Rades so eingreifen, daß dieses durch Umdrehung der Schraube ebenfalls umgedreht wird, wodurch eine stete Bewegung im Kreiße erhalten werden kann.

In den Vorlesungen werden die sogenannten einfachen Maschinen oder mechanischen Potenzen, wozu man den Hebel, die Rolle, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube rechnet, durch Modelle erläutert. Durch ihre Verbindung gehen die zusammengesetzten Maschinen hervor.

II.

Von der Reibung.

§. 36.

Die bisher angestellten Betrachtungen gaben die Bedingungen des Gleichgewichts an den einfachen Maschinen an; dächte man sich alle Hindernisse der Bewegung entfernt, so würde der mindeste Ueberschuß an Kraft wirkliche Bewegung, obgleich nach den Gesetzen der Trägheit eine desto kleinere Geschwindigkeit erzeugen, je größer die in Bewegung zu setzende Masse ist. So verhält es sich aber nicht, sondern es ist immer eine bestimmte Ueberwucht, oft eine sehr bedeutende nöthig, um wirkliche Bewegung zu erzeugen. Dieß rühret von den verschiedenen Hindernissen der Bewegung her, worunter die durch die Rauigkeit der Oberfläche bey Weitem die bedeutendste ist.

Von der Größe der Reibung kann man sich leicht durch folgenden Versuch überzeugen.

Es bezeichnen AB Fig. 41 ein in horizontaler Lage befestigtes Tischblatt, auf demselben ruhe ein schwerer beweglicher Körper P, dessen Gewicht nöthigen Falls durch Auflagen vergrößert werden kann. An P sey ein biegsa-

mer Faden angeknüpft, welcher über eine sehr leicht drehbare Rolle C. führet und eine Wagschaale trägt, auf welche so lange Gewichte r gelegt werden, bis der Körper P eben anfängt in Bewegung zu gerathen. Die Größe des Gewichts (wozu das Gewicht der Wagschaale geschlagen worden ist) zeigt dann die Größe der Reibung zwischen dem Körper P und seiner Unterlage AB an. Genau genommen muß von dem Gewicht r derjenige Theil hinweggenommen werden, welcher auf die Reibung der Rollenzapfen C kommt, und welcher durch einen besondern Versuch vorher ausgemittelt werden kann. Die Erfahrung hat gezeigt, daß bey einerlei Beschaffenheit der Körper die Größe der Reibung r ein aliquoter Theil des Gewichts P bleibt, man nennet denselben den Reibungsquotienten. Er beträgt bey Hölzern, Steinen und ähnlichen nicht sehr glatten Körpern $\frac{1}{3}$ des Gewichts oder der anpressenden Kraft, wird aber desto kleiner, je härter und glatter die Oberflächen sind. Dagegen hat die Größe der sich berührenden Oberflächen bey unveränderter Pressung keinen bedeutenden Einfluß auf die Größe des Reibungsquotienten. Es habe z. B. der Körper P die Gestalt eines Parallelepipedums, wovon eine Seitenfläche halb so groß als die Grundfläche ist, so wird die Größe der Reibung sich nicht verändern, wenn man den Körper P mit der Seitenfläche auf die Unterlage AB setzt.

Die Größe der Reibung nimmt sehr ab, wenn sich die gleitende Bewegung in eine rollende verwandelt, wie z. B. die Bewegung eines Wagenrades oder einer Walze auf einer festen horizontalen Ebene ist; denn hier werden die einzelnen Erhebungen des rollenden Körpers aus den Vertiefungen der Unterlage, durch die Umbrehung selbst her-

angehoben, und brauchen weder abgerissen noch niebergebrächt zu werden, wie bey der gleitenden Bewegung.

Die Reibung wird vermindert, wenn man einen flüssigen Körper (Schmiere) zwischen die sich reibenden Theile der festen Körper bringt. Die Schmiere füllet die einzelne Vertiefungen aus, und macht so die Oberfläche glätter. Nicht jede Schmiere tauget für jeden Körper, dieß hängt mit der chemischen Qualität der Körper zusammen. Für Holz ist Seife, für Metalle sind fette Oele zu empfehlen.

Endlich wird die zur Ueberwindung der Reibung nöthige Kraft vermindert, wenn man das Moment der Reibung an den Maschinen zu verkleinern sucht. Dieß verdienet eine nähere Betrachtung.

§. 37.

Es bezeichne Fig. 42 A ein Rad oder eine Rolle, deren Zapfen c auf der festen Unterlage hg ruhe; wird die Rolle gedrehet, so entsteht auf dem Zapfenlager bey a eine Reibung, welche durch die bewegende Kraft, die wir auf der Seite q annehmen wollen, überwältiget werden muß. Man kann sich den Widerstand der Reibung als eine Kraft denken, welche an dem Umfange des Zapfens nach der Richtung einer Tangente ah , der bewegenden Kraft an dem Ende des Halbmessers cb entgegen wirke. Heißt nun die absolute Größe der Reibung in $a = r$, die sie überwältigende Kraft in $b = x$, so hat man nach der Theorie des Hebels

$$r \cdot ca = x \cdot cb$$

$$x = \frac{ca}{cb} r$$

Es fällt also die Größe x gegen r desto kleiner aus, je kleiner ca gegen cb ist. Daraus geht der Vortheil

dünnere Zapfen an Stollen und Rädern, so wie an den Maschinen überhaupt hervor. Um sie aber möglichst dünne machen zu können, müssen sie von einer festen Materie seyn; sind sie zugleich wie ihre Unterlagen hart und glatt, so vermindert sich mit dem Momente der Reibung auch die absolute Größe derselben, und also um so mehr x . Es sey z. B. die Belastung der Rolle zu beiden Seiten $p = q = 27$ Pf., das Gewicht der Maschine $= 6$ Pf., der Reibungsquotient $= \frac{1}{3}$, das Verhältniß der Halbmesser $oa : ob = 1 : 5$; so hat man $r = \frac{1}{3} \cdot 60$ Pf. $= 20$ Pf. und $x = \frac{1}{5} r = 4$ Pf. sehr nahe. (Strenge genommen müßte x schon zu der Belastung bey der Berechnung von r geschlagen werden, und dann erhält man schärfer $x = \frac{1}{5} (20 + \frac{1}{3} x)$

$$x = \frac{20}{5 - \frac{1}{3}} = 4,28 \text{ Pf.}$$

Eine noch größere Verminderung des Momentes der Reibung erhält man, wenn man die Zapfen des ersten Rades nicht auf feste Unterlagen, sondern auf den Umfang drehbarer Rollen stüßt, welche dann Frictions-Rollen heißen.

Diese Einrichtung erläutert Fig. 43. Es bezeichnet A das erste Rad, a seine Zapfen, B, B die Frictions-Rollen (deren man sich ein Paar auf jeder Seite des Rades denken muß) b, b ihre Zapfen. Hier wirkt die Reibung an dem Zapfen des Rades als bewegende Kraft an dem Umfange der Frictionsrollen. Sucht man nun die zur Reibungsüberwindung am Umfange des Rades nöthige Kraft, so berechne man zuerst die Kraft x an dem Umfange der Rollen wie vorher (es thut nichts zur Sache, daß hier die

Reibung auf 4 Zapfenlager der Rollen vertheilt ist, da sie an jedem von gleicher Größe ist, so kann man sie sich an einem vereinigen denken) und verkleinere diese Größe in dem Verhältnisse von dem Halbmesser des Rades A zum Zapfen a . Behalten wir das vorige Beyspiel, wo wir die Größe der Reibung an dem Umfange der Rolle oder $x = 4$ Pfund gefunden hatten, und setzen das Verhältniß der Halbmesser a und $A = 1 : 10$, so würde die zur Ueberwindung der Reibung am Umfange des Rades nöthige Kraft $= \frac{4}{10}$ Pfund seyn.

§. 38.

Um die Wirkung der Reibung an der schiefen Ebene, und so mit auch an dem Keil und der Schraube, wenigstens im Allgemeinen zu übersehen, stelle man folgende Betrachtung an. Wir haben §. 33. gesehen, daß wenn die Last P Fig. 37 auf der schiefen Ebene durch die Linie ch dargestellt wird, man sich diese Kraft in die Theile cf und cg zerleget denken könne. Der mit der schiefen Ebene parallel gehende Theil kann keine Reibung veranlassen, wohl aber der auf die schiefe Ebene perpendicular gehende Druck. Nennen wir denselben Q , so ist

$$Q = \frac{P}{ch} \cdot P = \frac{ca}{cb} \cdot P,$$

heißt ferner der Reibungsquotient f , so hat man für die

$$\text{Größe der Reibung } fQ = f \cdot \frac{ca}{cb} P. \text{ Dieses Hinderniß}$$

stemmt sich der Kraft V entgegen, wenn diese wirklich Bewegung hervorbringen soll, kommt ihr aber zu Hülfe, wenn die Last P bloß erhalten werden soll. Man hat also für die bewegende Kraft

$$V + fQ = \frac{ab}{bc} P + f \cdot \frac{ac}{bc} P$$

$$\text{für die erhaltende Kraft } V - fQ = \frac{ab}{ac} \cdot P - f \cdot \frac{bc}{bc} \cdot P$$

Ist der letzte Theil größer als der erste, so bedarf er gar keiner Kraft zur Erhaltung der Last.

Zum Beispiel.

1) Es sey $ab = \frac{1}{2} bc$, $ac = \frac{87}{100} bc$, $f = \frac{1}{3}$
 $P = 100$ Pfund, so hat man für die bewegende Kraft
 $50 + 29 = 79$ Pfund, für die erhaltende
 $50 - 29 = 21$ Pfund.

2) $ab = \frac{1}{10} bc$, $ac = \frac{995}{1000} bc$ die übrigen Größen wie im ersten Beispiel, so hätte man für die bewegende Kraft 10 Pfund + $33,2$ Pfund = $42,2$ Pfund, für die erhaltende Nichts, weil die Reibung 33 Pfund erhalten kann, und die relative Schwere nur 10 Pfund beträgt.

Der letzte Fall tritt bey der Schraube und dem Reile ein, weil hier das Verhältniß von $ab : bc$ in der Regel noch kleiner ausfällt, als wir es im 2ten Beispiel angenommen haben, daher dienen diese Maschinen, wie schon bemerkt worden, nicht bloß als Hebezeuge, sondern auch als Befestigungsmittel. Ueberhaupt bemerke man, daß zwar die Reibung, wo es auf Bewegung ankommt, ein Hinderniß ist, wo es aber um Erhaltung und Befestigung gilt, ein großes Hülfsmittel abgiebt.

Tritt der besondere Fall ein, daß $V = fQ$ wird, so erhält man aus dieser Bedingung $ab = f \cdot ac$ oder $f = \frac{ab}{ac}$.

Der Reibungsquotient ist durch das Verhältniß $ab : ac$ und umgekehrt dieses durch jenen bedingt. Hieraus erklärt sich warum Sand, lose Erde u. dergl., auf einander geschüttet, Regel bilden, deren Höhe zum Halbmesser der Grundfläche bestimmte Verhältnisse haben. Der natürliche Böschungswinkel solcher Körper hängt von der Größe der Reibung ihrer einzelnen Theile ab. Existirte gar keine Reibung, so würde die Höhe des Regels gegen den Halbmesser der Grundfläche verschwinden; d. i. alle lose Körper würden in dieser Hinsicht, als flüssige gelten.

Von dem Momente der Trägheit und der durch die bewegende Kraft erzeugten Beschleunigung bey drehenden Bewegungen.

§. 39.

Es bezeichne acb Fig. 43 einen mathematischen, in c unterstützten Hebel; in b befinde sich eine träge Masse m , von deren Schwere wir vorerst ganz absehen wollen (man könnte sich unter m etwa eine Kugel denken, die auf einer völlig glatten horizontalen Ebene, aber doch um den Punkt c drehbar, ruhte) in a wirke eine bewegende Kraft V , welche dem Punkt a die Geschwindigkeit ae , und eben dadurch der Masse m die Geschwindigkeit bd geben soll, man fragt, wie groß die Kraft v seyn müsse? Wenn eine Kraft v' unmittelbar in die Masse m wirkte, so hätte man nach §. 15 $v' = m \cdot bd$. Soll nun v eben das leisten,

so muß nach der Theorie des Hebels $v = \frac{v' \cdot cb}{ca}$ seyn,

$$\text{also } v = \frac{m \cdot bd \cdot cb}{ca}.$$

Befinde sich in a eine Masse M , welche durch dieselbe Kraft v die Geschwindigkeit ae erhielte, so würde auch

$$M \cdot ae = v \text{ seyn, und man hätte } M \cdot ae = \frac{m \cdot bd \cdot cb}{ca}$$

$$\text{oder weil } \frac{cb}{ca} = \frac{bd}{ae}$$

$$M \cdot ae^2 = m \cdot bd^2$$

$$M \cdot ac^2 = m \cdot cb^2.$$

Die beiden Massen M und m würden in diesem Falle der Kraft v vermöge ihrer Trägheit einen gleichen Widerstand entgegensetzen, und wären so nach für gleichgültige

(äquivalente) Massen zu betrachten. Man nennet die Produkte aus den Massen in die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten die Momente der Trägheit, und Massen, welche gleiche Momente der Trägheit haben, sind in Hinsicht ihres Widerstandes den sie bewegendem Kräften entgegengesetzt als gleichgültig zu betrachten.

Dies dient dazu, um für eine Masse m die ihr gleichgültige M zu suchen, wenn die Verhältnisse der Geschwindigkeiten, oder bey drehenden Bewegungen die Verhältnisse der Hebelarme gegeben sind.

$$\text{Man hat } M = \frac{m b d^2}{a c^2} = \frac{m c b^2}{c a^2}.$$

§. 40.

Die in dem vorhergehenden Paragraphen entwickelte Lehre von dem Momente der Trägheit giebt die Mittel an die Hand, um bey jeder Maschine, an welcher mehrere Massen durch eine bewegendem Kraft fortgetrieben werden, die beschleunigende Kraft zu finden. Die allgemeine Regel ist: man suche für jede Masse die ihr gleichgültige an dem Orte, wo die bewegendem Kraft wirkt, und dividire die gesammte auf den Angriffspunct der Kraft reducirte Masse in die bewegendem Kraft, so erhält man die beschleunigende Kraft. Die bewegendem Kraft kann die Schwere selbst seyn, und wenn sie es auch nicht ist, so pfleget man gerne alle übrigen Kräfte mit der Schwere als einer uns wohlbekannten Kraft zu vergleichen, und durch sie zu messen, indem man die Beschleunigung der Schwere $= 1$ setzt, und alle übrigen bewegendem Kräfte in Gewichten darzustellen sucht.

Einige Beispiele mögen dieß erläutern.

1) Es sey $a c b$ Fig. 43 ein mathematischer Hebel, an

welchem zwey schwere Massen oder Gewichte $m = 1$ Pfund, $M = 3$ Pfund wirken, das Verhältniß der Hebelarme $ca : cb$ sey $= 1 : 2$, man fraget nach der Größe der beschleunigenden Kraft? Da nach der Theorie des Hebels 2 Pfund in a 1 Pfund in b das Gleichgewicht halten, so beträgt die Ueberwucht in a nur 1 Pfund. Dieses ist als die bewegende Kraft zu betrachten, welche die beiden Massen M und m fortführen soll. Man suche für m die ihr gleichgültige Masse in

a , sie ist $\frac{1 \text{ Pf.} \cdot 2^2}{1^2} = 4$ Pfund. Die gesammte auf a

gebrachte Masse beträgt daher $4 + 3 = 7$ Pfund, und die beschleunigende Kraft in a wäre $\frac{1 \text{ Pf.}}{7 \text{ Pf.}} = \frac{1}{7}$ der Schwere

d. i. der Punct a leget in jedem Zeitmoment nur $\frac{1}{7}$ des Wegs zurück, welchen es bey frei wirkender Schwere beschreiben würde. Z. B. in 1 Secunde $\frac{16}{7} = 2 \frac{1}{7}$ Fuß.

2) Es sey od Fig. 44 ein an seinem einen Ende o unterstützter mathematischer Hebel, an welchem sich die Gewichte p, q, r befinden, man sucht die beschleunigende Kraft $= f$ an dem Schwerpunkte des Hebels g . Da man sich nach §. 49 in dem Schwerpunkte die Summe der Gewichte vereinigen denken kann, so ist die bewegende Kraft hier $= p + q + r$; die auf den Schwerpunkt reducirten trägen Massen sind

$\frac{p \cdot ca^2}{cg^2}, \frac{q \cdot cb^2}{cg^2}, \frac{r \cdot cd^2}{cg^2}$ daher die beschleunigende Kraft

im Schwerpunkte, oder $f = \frac{(p + q + r) cg^2}{p \cdot ca^2 + q \cdot cb^2 + r \cdot cd^2}$

Es sey $p = q = r = 1$ Pf. $ca = 1, cb = 2,$

$cd = 3, cg = ob = 2$ so erhält man $f = \frac{3 \cdot 4}{1 + 4 + 9}$

$= \frac{12}{14}$ der Schwere. Suche man denjenigen Punct des Hebels x , wo die beschleunigende Kraft der Schwere gleich, also $= 1$ wäre, so müßte

$cg : cx = \frac{(p + q + r) cg^2}{p \cdot ca^2 + q \cdot cb^2 + r \cdot cd^2} : 1$

seyn, also

$cx = \frac{p \cdot ca^2 + q \cdot cb^2 + r \cdot cd^2}{(p + q + r) cg}$

In dem Beyspiel wäre $\alpha x = \frac{1 + 4 + 9}{3 \cdot 2} = \frac{14}{6} = 2 \frac{1}{3}$.

Man nennet x den Schwingungspunct des Hebels; in ihm kann man sich den Widerstand der Trägheit aller Massen vereinigt denken.

Wir werden auf den Schwingungspunct bey der Lehre von dem Pendel zurückkommen. Hier nur die Bemerkung: wenn man mit einem schweren Körper hauet oder drehend schläget, so ist der Schwingungspunct derjenige Punct des schweren Körpers, wo die größte Kraft des Schlags oder Stiebs vereinigt ist.

Bey der Anwendung der Lehre von dem Momente der Trägheit auf die Berechnung der beschleunigenden Kräfte an den Maschinen kommt es oft vor, daß man unzählig viele solcher Momente summiren, und daher zur Integralrechnung schreiten muß. Vermittelt derselben lästet es sich z. B. leicht beweisen, daß der Widerstand der Trägheit einer prismatischen Stange, die sich um eins ihrer Enden dreht, so groß ist, als ob der 3te Theil ihrer Masse am andern Ende vereinigt wäre. Wenn sich dagegen eine kreisförmige Scheibe um den Mittelpunct dreht, so ist der Widerstand der Trägheit so groß, als ob die Hälfte der Masse am äussern Umfang der Scheibe vereinigt wäre.

Von dem Fall auf der geneigten Ebene.

§. 41.

Wenn ein schwerer Körper oder Punct b sich auf einer geneigten Ebene bc Fig. 45 befindet, so kann er (Reibung und andere Hindernisse der Bewegung weggedacht) nicht ruhen, sondern wird vermöge der relativen Schwere (§. 52) längst der schiefen Ebene, hinabgetrieben. Die Bewegung, welche er hierbey annehmen muß, ist eben so wie bey dem lothrechten Fall eine gleichförmig beschleunigte; die Geschwindigkeit aber, welche er in jedem Augenblick seiner Bewegung hat, verhält sich zu derjenigen, die er frei lothrecht fallend haben würde, wie die relative

Schwere zur absoluten wie $ab : bc$ (§. 34). Hieraus folgt; daß die gleichzeitigen Fallräume auf der geneigten Ebene und in lothrechtlicher Richtung in demselben Verhältniß der relativen zur absoluten Schwere $= ab : bc$ stehen müssen. Fället man daher auf bc das Perpendikel cd , bis es der lothrechten Linie durch den Anfangspunct des Falles in d begegnet, so sind bc , bd zusammengehörige, in gleicher Zeit beschriebene Fallräume vermittelt der relativen und absoluten Schwere. Denn es ist $bc : bd = ab : bc$.

Man kann daher durch Versuche über den Fall auf geneigten Ebenen die Gesetze fallender Körper erläutern, nur muß man dazu recht glatte Kugeln und wohl polirte schiefe Ebenen wählen, damit die Reibung keine Störungen verursache.

Aus dem angeführten Gesetze vom gleichzeitigen Falle auf geneigten Ebenen und in lothrechtlicher Richtung folgt, daß ein schwerer Körper in derselben Zeit den lothrechten Durchmesser db Fig. 48 eines vertical stehenden Kreises beschreibt, in welcher er eine jede nach Belieben von b ausgezogene Sehne des Kreises bc beschreiben würde. Denn es ist nach bekannten Lehrsätzen vom Kreise $ac : bc = bc : bd$. Denkt man sich zwei Sehnen bc , bf , von verschiedner Größe, und auf ihnen zwei bewegliche schwere Punkte, so verhalten sich die relativen Schwereu derselben gegen einander wie $bc : bf$, d. i. wie die in gleichen Zeiten beschriebenen Wege. Hieraus können wir das allgemeine Gesetz ableiten: wenn die beschleunigenden Kräfte sich wie die zurückzulegenden Wege verhalten, und einerlei Gesetz der Beschleunigung Statt findet, so werden diese Wege in gleichen Zeiten beschrieben.

Versuche zur Erläuterung dieser Sätze mit der von Nollet beschriebenen Fallmaschine.

§. 42.

Wenn ein schwerer Körper auf einer schiefen Ebene bc Fig. 45 herabgefallen ist, so hat er in c eine Geschwindigkeit, welche so groß als die von einem lothrechten Falle durch die Höhe der geneigten Ebene ca erzeugte ist.

Denn nach §. 41 ist die Geschwindigkeit in o zu der Geschwindigkeit des gleichzeitigen lothrechten Falles in $d = ba : bc$. Es sey dieß Verhältniß $= 1 : n$, so ist $ba : bd = 1 : n^2$, weil $ba : bc = bc : bd$. Nun verhalten sich die Endgeschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Fallhöhen (§. 19), daher die Geschwindigkeit in a zur Geschwindigkeit in $d = 1 : n$. Es ist also die Geschwindigkeit in a so groß als die Geschwindigkeit in o auf der geneigten Ebene.

Vom Falle auf krummen Linien und den Schwingungsgesetzen des Pendels.

§. 43.

Wenn ein schwerer Punct a sich in einer verticalen Ebene längst der krummen Linie abd Fig. 47 bewegt, so befindet er sich in jedem Elemente seines Weges ab , bd auf geneigten Ebenen am , bn deren Neigungswinkel gegen die horizontale immer kleiner werden, bis sie in o verschwinden.

Die Richtungsveränderung von einem Elemente ab zu dem nächsten bd ist selbst gegen diese Elemente als verschwindend klein zu betrachten; daraus folget, daß der Verlust an Geschwindigkeit, welchen der Körper durch die Richtungsänderung erleidet, für Nichts zu achten sey, und daß daher die Endgeschwindigkeit in o so groß ist, als die zur lothrechten Fallhöhe ah gehörige. Mit dieser Geschwindigkeit in o angelangt kann der Körper nicht ruhen, sondern wird auf der entgegengesetzten Seite den Bogen ef beschreiben, bis er in f wieder eben so hoch gestiegen ist, als er von a bis o gefallen war. In f fängt der schwere Körper seine Bewegung von neuem an, und beschreibt nach den

selben Gesetzen den Bogen faa rückwärts. So würde ohne Reibung und Widerstand der Luft die Bewegung ewig hin und hergehen. Man nennet einen Hin- oder Hergang durch den Bogen aef einen Schwung (bey den Uhren Pendelschlag) die darauf verwendete Zeit, die Schwingungszeit; die Bewegung durch ae , oder ef heißt ein halber Schwung.

Wenn, wie gewöhnlich, die krumme Linie aef ein Kreisbogen vom Mittelpunct c aus beschrieben ist, so kann man die schwingende Bewegung einfacher und mit weniger Reibung verknüpft erhalten, wenn man einen schweren Körper a , an einen Faden ac knüpft, und das Ende des Fadens an einem festen Punct c aufhänget. Eine solche Verdichtung heißt ein Pendel, und zwar ein einfaches, wenn man sich den Faden ohne alle Schwere, und den schweren Körper a als einen physischen Punct vorstellt.

Eine kleine schwere Kugel von Bley, Platina oder Gold an einem feinen Seidenfaden, oder besser Silberfaden, aufgehängt geben Pendel, welche sich dem einfachen so nähern, daß sie in der Ausübung dafür genommen werden dürfen. Die gewöhnliche Uhrpendel Fig. 48 bestehen aus einer dünnen prismatischen Stange aa , über deren unteres Ende bey b ein schwerer linsenförmiger Körper von Metall (Messing, mit Bley ausgegossen) geschoben, und durch eine Schraube fest gehalten wird. An dem obern Ende der prismatischen Stange geht senkrecht auf den flachen Durchschnitt der Linse und Stange eine Schneide hervor, mit welcher das Pendel auf einer harten Unterlage wie ein Wagebalken aufgehängt ist. Ein solches Pendel ist zwar kein einfaches, sondern ein zusammengesetztes Pendel; es läßt sich indessen durch Rechnung nachweisen, daß der Schwingungspunct eines solchen Pendels (§. 58) nahe genug in die Mitte der

Linse b falle, so daß man die Länge cb als die Länge eines einfachen Pendels betrachten könne, welches mit dem zusammengesetzten gleichzeitige Schwingungen macht. Um die geringen etwa noch übrig bleibenden Ungleichheiten zu verbessern, dienet die Verschiebbarkeit der Linse, mittelst der unten angebrachten Schraube.

Die nachfolgenden Lehren gelten zunächst für das einfache Pendel.

§. 44.

1) Pendel von gleicher Länge, welche durch Bögen von ungleicher Größe schwingen, vollenden ihre Schwingungen in gleichen Zeiten, vorausgesetzt, daß die Schwingungsbögen so klein bleiben, um ihr Verhältniß gegen einander, dem Verhältnisse ihrer Sinusse gleich setzen zu können.

Der schwere Punct, welcher seine Bewegung in a Fig. 47 anfängt, wird von einer relativen Schwere getrieben, die dem Sinus des Winkels $amb = \text{Sinus } ace$ proportional ist. Fängt der Punct hingegen seine Schwingung in b an, so wird er von einer beschleunigenden Kraft getrieben, welche dem Sinus $bnh = \text{Sinus } bce$ proportional ist. Sind nun die Bögen ae , be ebenfalls ihren Sinussen proportional, so stehen die zurückzulegenden Wege in dem Verhältniß der beschleunigenden Kräfte, und werden daher in gleichen Zeiten beschrieben. (Strenge genommen gilt dieser Satz nur für unendlich kleine Kreisbögen.)

2) Die Zeit des Niedergangs durch ae oder des halben Schwungs eines Pendels verhält sich zur Zeit des Falles durch den lothrechten Durchmesser ge wie folgende Reihe

$$\frac{1}{4} \pi \left(1 + \frac{1}{4} \frac{ex}{g} + \frac{9}{64} \frac{ex^2}{eg^2} \cdot \cdot \cdot \right) \text{ zu } 1, \text{ wo } \pi \text{ das}$$

Peripherieverhältniß bezeichnet. So lange die Bögen $a o$ klein bleiben, kann man die nach dem ersten folgenden Glieder des eingeschlossenen Factors vernachlässigen, und dann erhält man für die in Secunden ausgedrückte Schwingungszeit eines Pendels, dessen Länge $co = l$ ist:

$$t = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{2l}{g}},$$

wo g den Fallraum in einer Secunde bezeichnet. Diese aus der höhern Mechanik entlehnten Sätze können hier nur historisch angeführt werden.

3) Bey Pendeln von ungleicher Länge verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Pendel. Der Satz fließet aus 2) und läßt sich auch folgendermaßen demonstrieren.

Pendel, wie ca , cb Fig. 49 werden in jedem ihrer zu gleichen Winkeln o gehörigen Elementen der Bahn von gleichen relativen Schwere getrieben, es müssen sich also die Fallzeiten, da die beschleunigenden Kräfte gleich sind, wie die Quadratwurzeln aus den Fallräumen verhalten. Nun stellen aber die Bögen ad , be die Fallräume vor, und diese verhalten sich wie die Halbmesser cd , co d. i. wie die Längen der Pendel, also die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Pendel.

4) Pendel von gleicher Länge, die von ungleichen Schwerekräften getrieben werden, verrichten ihre Schwingungen in ungleichen Zeiten, die sich verkehret wie die Quadratwurzeln aus den Schwerekräften verhalten.

Auch dieser Satz ist eine Folge aus 2, und läßt sich durch folgende Betrachtung erläutern.

Gleich lange Pendel, welche um gleiche Winkel ausschlagen, beschreiben gleiche und ähnliche Bögen, die ihre Fallräume darstellen; und in jedem Elemente ihrer Bahn

bleibt das Verhältniß ihrer relativen Schwestern einerlei mit dem Verhältniß ihrer absoluten Schwestern. Nun haben wir §. 19 gesehen, daß sich die Fallräume als Produkte aus den Quadraten der Zeiten in die Beschleunigungen der Schwere betrachten lassen. Sind also zwey Fallräume bey ungleichen Schwestern gleich, so hat man $g t^2 = G T^2$ oder $g : G = T^2 : t^2$

$$\sqrt{g} : \sqrt{G} = T : t$$

die Fallzeiten verkehret wie die Quadratwurzeln aus den Schwestern.

5) Bey Pendeln, welche von ungleichen Schwestern getrieben werden und ihre Schwingungen doch in gleichen Zeiten vollenden, müssen sich die Längen der Pendel wie die Schwerkraft verhalten.

Wir haben gesehen, daß sich die Fallräume wie die Produkte aus den Schwerkraften in die Quadrate der Zeiten verhalten; die Fallräume werden bey den Pendeln durch die Schwingungsbögen dargestellt, und diese verhalten sich bey gleichen Schwingungswinkeln, wie die Längen der Pendel. Daher hat man $g t^2 : G T^2 = l : L$.

Soll nun $t = T$ seyn, so ist $g : G = l : L$.

§. 45.

Ein Pendel, welches seine Schwingungen in Zeit von einer Secunde vollendet, heißt ein Secundenpendel. Die Länge eines solchen Pendels ließ sich aus der Formel No. 2 §. 43 berechnen, wenn man den Fallraum in einer Secunde = g anderswoher als bekannt voraussetzt. In der Ausübung ist man umgekehret verfahren, man hat die Länge des Secundenpendels durch Versuche bestimmt, und daraus den Werth von g abgeleitet. Zur Bestimmung der Länge des Secundenpendels bieten sich hauptsächlich

zwey Wege dar. 1) Man verkürzet oder verlängert ein einfaches Pendel so lange, bis es genau Secunden schwinget, d. i. 3600 Schwingungen in einer Stunde mittlerer Sonnenzeit macht. Oder 2) man hängt ein Pendel von bekannter Länge auf, zählt dessen Schwingungen in einer Stunde, und berechnet dann nach No. 3 §. 43 aus der bekannten Länge des Pendels, und der beobachteten Schwingungszeit desselben die Länge des Secundenpendels.

Es habe z. B. ein Pendel, von bekannter Länge l , n Schwingungen in einer Stunde gemacht, so ist seine Schwingungszeit $\frac{3600}{n}$ Secunden, und man hat

$$\frac{3600^2}{n^2} : l^2 = 1 : x = \text{der Länge des Secundenpendels.}$$

Bemerken wir uns, daß die Länge des Secundenpendels zu Paris (48°50' geogr. Br.) 3 Fuß 0 Zoll 8,6 Linien altes Maaß = 0,9939 Meter gefunden worden ist.

Ferner haben Beobachtungen gelehret, daß dasselbe Pendel, welches zu Paris Secunden schwingt, unter dem Aequator längere, und gegen die Pole der Erde zu kürzere Schwingungen macht. Soll ein Pendel überall Secunden schwingen, so muß es unter dem Aequator verkürzet, unter dem Pole verlängert werden.

Dies hat einen directen Beweis von der Abnahme der Schwerkraft von den Polen nach dem Aequator hin geliefert. Da nach No. 5 §. 43 sich die Längen gleichzeitiger Pendel wie die Schweren, also auch die Unterschiede ihrer Längen sich wie die Unterschiede der Schweren verhalten, diese (§. 24) im Verhältnisse der Quadrate der Sinusse der Breite stehen, so war es hinreichend, an einigen Orten von bekannter geographischer Breite, so wie unter dem Aequator die Länge des Secundenpendels mit der gehörigen

Schärfe zu bestimmen, um daraus die Länge des Secundenpendels für jeden Ort der Erde, dessen geographische Breite gegeben ist, berechnen zu können.

Sehr genaue Beobachtungen über die Länge des Secundenpendels sind vorzüglich von Bouguer unter dem Aequator, von Borda und Biot zu Paris, von letzteren und Capitain Cater zu verschiedenen Zeiten zu Leith und auf der Schottländischen Insel Unst angestellt worden. -Vielere anderen Beobachtungen nicht zu gedenken.

Die Beobachtungen von Bouguer gab die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator $3'0''7,21'''$ alt franz. von Borda zu Paris — — $3'0''8,60'''$ Maaß.

Wie weit man es in der Schärfe dieser Bestimmungen jetzt gebracht hat, beweiset die Uebereinstimmung von Biots und Kater's Beobachtungen; welche die Länge des Secundenpendels zu Leith und Unst nur um 0,007143 und 0,004235 Millimeter verschieden fanden.

Die Länge eines Pendels mit der größten Schärfe zu messen, verursacht in der Ausübung mehr Schwierigkeit als man glauben sollte. Daher pfleget man die Länge eines Pendels, welche ein Mal genau bestimmt worden ist, nicht gerne zu verändern, sondern lieber mit demselben Pendel an verschiedenen Orten zu beobachten. Aus der Zahl der in einer bestimmten Zeit sich ergebenden Schwingungen lässet sich dann nach den §. 43 angeführten Lehrsätzen, das Verhältniß der Schwere, und die Länge des Secundenpendels an den Beobachtungsorten herleiten.

Borda's und Bouguer's Beobachtungen zum Grunde gelegt, findet sich die Zunahme der Länge des Secundenpendels vom Aequator zum Pole 2,38 Linien, und der Ausdruck $3'0''7,21 + 2,38 \text{ Sin. } B^2$ giebt hiernach die Länge des Secundenpendels an einem Orte, dessen Breite = B ist.

§. 46.

Die vorgetragene Sätze gelten in aller Strenge nur von dem einfachen Pendel, welches im luftleeren Raume schwänge. Der Einfluß der Luft auf das Pendel ist von doppelter Art: 1) verlieret der schwere Körper des Pen-

bels einen Theil seiner Schwerkraft in der Luft, und zwar nach hydrostatischen Gesezen desto mehr, je geringer sein specifisches Gewicht gegen das specifische Gewicht der Luft ist; 2) widersteht die Luft den Bewegungen des Pendels, und dieser Widerstand hängt von der Gestalt und der Geschwindigkeit des schwingenden Körpers, so wie von der Dichte der Luft ab; er ist sehr gering bey schweren Pendeln die der Luft eine Schneide darbieten. Der gesammte Einfluß der Luft macht, daß die Länge des beobachteten Secundenpendels kürzer ausfällt, als sie die Theorie giebt. Endlich können wir eigentlich nie einfache Pendel, sondern nur zusammengesetzte beobachten, bey welchen mehrere (eigentlich unzählig viele) schwere Punkte zugleich schwingen, und es muß daher der Schwingungspunct des zusammengesetzten Pendels, nach ähnlichen Grundsätzen wie §. 50 bey dem Hebel gesucht, und die Entfernung des Schwingungspuncts vom Aufhängepunct für die wahre Länge des Pendels genommen werden.

Seit Huyghen's Zeiten bedienet man sich des zusammengesetzten, mit einer schweren Linse versehenen Pendels, um den Gang der astronomischen und anderer größerer Räderuhren gleichförmig zu machen. Die Schwingungen der Pendelstange sezen einen doppelten Haken in Bewegung, welcher abwechselnd auf der einen und andern Seite in die Zähne des Steigrades einfällt, und seinen Gang für einen Augenblick hemmt. Hat das Steigrad (wie gewöhnlich) 30 Zähne, und das Pendel schwingt Secunden, so wird das Rad, bis es ein Mahl herum kommt in einer Minute $2 \cdot 30 = 60$ Mahl angehalten. Soll die Bewegung recht gleichförmig ausfallen, so muß das Moment der Trägheit des Pendels groß genug seyn, um die beschleunigende Kraft des die Uhr treibenden Gewichts am Umfang des Steigrads zu hemmen, und die Rückwirkung der Uhr auf das Pendel, muß diesem das an bewegender Kraft ersetzen, was es durch die Reibung und den Widerstand der Luft verliert.

Hierbey kommt viel auf die vortheilhafteste Gestalt der Zähne des Steigrades und des Hafens an. Das Nähere muß man in practischen Schriftstellern über die Uhrmacherskunst suchen. (Siehe Geißlers Lehrbegriff der Uhrmacherskunst. Leipzig bey Crusius.) Die Hemmung und Regulirung der Taschenuhren wird durch ein mit einer Spiralfeder verbundnes Schwungrad (die Unruhe genannt) erhalten. Die Spiralfeder ist mit ihrem äussern Ende an dem Gehäuse der Uhr, mit ihrem innern an der Are der Unruhe befestiget. An dieser Are (die Spindel genannt) sind zwey Lappen (Hervorragungen) unter einem Winkel angebracht, welcher der Größe der Schwingungen der Unruhe entspricht. Die Lappen greifen abwechselnd in die Zähne des Kron- oder Steigrad's ein, welches hinwieder durch seine bewegende Kraft die Lappen zurückstößet, die Unruhe in entgegengesetzter Richtung dreht und dadurch die Spannung der Spirale vermehret. So entstehen durch die Wirkungen der Elasticität der Spiralfeder gleichzeitige Schwingungen der Unruhe, deren Dauer von der Spannung der Spirale und von der Größe und Schwere der Unruhe abhängen.

Bey einerlei Unruhe und Ausschlagewinkel, wird die Spirale desto stärker gespannt, je kürzer sie ist. Daher werden die Schwingungen schneller, und die Uhr geht geschwinder, wenn man die Spirale verkürzet.

So wohl die Schwingungen der Pendel als der Spiralfedern ändern sich mit der Temperatur, und werden langsamer bey zunehmender Wärme. Wie man diesem Einfluß durch die sogenannten Kostpendel und Compensatoren zu begegnen wußte, davon soll unten bey der Ausdehnung der Körper durch die Wärme geredet werden.

Vom Stöße fester Körper.

§. 47.

Ein bewegter Körper stößet einen andern, wenn er auf denselben trifft, und seine Bewegungen nicht ohne den andern mit zu bewegen fortsetzen kann. Man hat hierbey in Hinsicht der Richtung des Stoßes folgende Fälle zu unterscheiden.

Es bezeichne A Fig. 50 den stossenden, B den gestossenen Körper; wenn die Richtung des Stosses Cc, durch die Mittelpuncte der Schwere oder der Massen von beiden Körpern geht, so heißt der Stoß central, gegentheils eccentric. Zweytens, wenn die Richtung des Stosses auf der berührenden Ebene CD, an der Stelle wo sich die beiden Körper treffen, senkrecht ist, so heißt der Stoß ein senkrechter. Bloss bey dem senkrechten und centralen Stoß fällt die ganze Wirkung des Stosses in die Richtung des stossenden Körpers, Den schiefen und eccentricen erläutert Fig. 51. Es sey AC die Richtung des stossenden Körpers, welche man im Augenblick, wo sich die Körper treffen, nach ab wirkend denken kann. Die Kraft ab läßt sich in die Seitenkräfte nach ad und db zerlegen, die letztere wirkt senkrecht und central; die erstere als eine den gestossenen Körper bloss nach der Tangente bf streifende Kraft, wirkt auf denselben gar nicht, wenn keine Reibung zwischen dem stossenden und gestossenen Körper Statt fände; da aber dieß immer der Fall ist, so wird durch die Kraft nach bf zugleich eine Umdrehung des gestossenen und stossenden Körpers um ihre respective Schwerpuncte entstehen. Dieß macht die Betrachtung des schiefen Stosses, der sich sonst mit Hülfe der Zerlegung der Kräfte auf den senkrechten zurückführen läßt, viel verwickelter. Hier können wir uns bloss auf eine nähere Erläuterung des senkrechten und centralen Stosses einlassen. Dabey müssen wir ferner unterscheiden, ob die Körper hart, weich, elastisch oder unelastisch sind. Wir machen mit der Betrachtung des Stosses harter unelastischer Körper den Anfang, weil sie zu den einfachsten Resultaten führet, obwohl es strenge genommen, keine solche Körper in der Natur giebt.

1) Wenn ein harter unelastischer Körper A mit einer gewissen Geschwindigkeit = C auf einem ruhenden B von ähnlicher Beschaffenheit stößt, und denselben vor sich her-treibt, so muß die bewegende Kraft, welche vor dem Stoß allein die Masse A fortführte, nun die Summe der Masse von A und B in Bewegung setzen. Sucht man also die Geschwindigkeit von beiden Körpern nach dem Stosse, so wird dieselbe nach dem Gesetze der Trägheit so viel Mal kleiner seyn, wie viel Mal die Summe der Massen größer ist, als die Masse des anstossenden Körpers.

Dies drückt allgemein die folgende Formel aus

$$x = \frac{A \cdot C}{A + B}$$

Es seyen z. B. die Massen A und B einander gleich, so ist $x = \frac{1}{2} C$.

2) Wenn beide Körper in Bewegung vor dem Stosse sind, so unterscheide man zwey Fälle: entweder sind die Richtungen bey der Bewegung entgegengesetzt, oder sie gehen nach derselben Seite hin.

Im ersten Falle wird die kleinere bewegende Kraft so viel von der größern vernichten als sie beträgt, und der Ueberschuß der größern Kraft wird sich unter die Summe der Massen vertheilen. Daher findet man die Geschwindigkeit nach dem Stosse, wenn man jenen Ueberschuß an Kraft durch die Summe der Massen theilet.

Dies stellet die Formel dar:
$$x = \frac{A \cdot C - B \cdot c}{A + B}$$

Es sey z. B. $A = B$, $C = 2c$ giebt $x = \frac{1}{2} c$.

Wenn die Bewegungen nach einer Gegend zu gehen, also die Kräfte einander nicht entgegenstreben, son-

bern sich vielmehr unterstützen, so vertheilet sich ihre Summe durch den Stoß gleichförmig unter die Summe der Massen, und man findet die Geschwindigkeit nach dem Stoß, wenn man die Summe der Kräfte, d. i. der Größen der Bewegung vor dem Stoße durch die Summe der Massen theilet.

Dies giebt die Formel:

$$x = \frac{A \cdot C + B \cdot c}{A + B}$$

z. B. $A = B, C = 2c$

$$x = \frac{1}{2} c.$$

Aus den vorgetragenen Gesetzen des Stoßes harter Körper ergeben sich mehrere Folgen.

z. B. Gewinnst und Verlust an Bewegung bey dem Stosse sind einander gleich, und falls die Massen gleich sind, auch Gewinnst und Verlust an Geschwindigkeit. Sind die Massen ungleich, so verhalten sich Gewinnst und Verlust an Geschwindigkeit verkehret wie die Massen.

Stößet daher eine endliche Masse gegen eine unendlich große ruhende an, so verlieret sich die Geschwindigkeit beider ins Unendlichkleine; d. i. beide Massen ruhen nach dem Stosse. Ein Körper kann daher als absolut befestiget betrachtet werden, wenn er mit einer unendlich großen Masse (z. B. der Erde) so verbunden ist, daß er sich nicht ohne dieselbe bewegen kann.

§. 49.

Wenn die an einander stossenden Körper weich und unelastisch sind, so werden sie zwar durch den Stoß wechselseitige Eindrücke auf einander machen, da aber hierdurch keine Rückwirkung veranlassen wird, so müssen im Ganzen genommen die Gesetze des Stoßes für weiche unelastische Körper dieselben, wie für harte unelastische seyn. Der Unterschied liegt nur darin, daß man sich bey weichen Körpern die Wirkungen des Stoßes in unendlich kleinen Zeittheilchen nach und nach erfolgend denken muß.

Da aber für unsre Sinnen nur die Endresultate wahrnehmbar sind, so können wir auch keinen Unterschied in den Gesetzen des Stoßes harter und weicher unelastischer Körper finden.

Da wir eher weiche Körper antreffen, als harte, welche keine Elasticität besitzen, so pfleget man den Stoß unelastischer Körper durch den Stoß weicher Körper, z. B. an Kugeln von Bley, zu erläutern. Die Vorrichtung, deren man sich gewöhnlich dazu bedient, ist folgende. Man hängt zwey Kugeln A, B Fig. 52 pendelartig auf, so daß sie ihre Schwingungen vor einem in gleiche Theile getheilten Kreisbogen machen, dessen Mittelpunct c sehr nahe mit den Aufhängepuncten beider Kugeln zusammen fällt. Die Kugeln mögen gleiche Massen haben, hebt man z. B. die Kugel A um den Bogen $O2$, an, und läßt sie pendelartig schwingend gegen B stoßen, so werden beide Kugeln nach dem Stosse den Bogen $O1$ durchlaufen. Denn, wenn A an B stößt, so hat sie eine Geschwindigkeit, welche der Fallhöhe oo zugehört, und wenn beide Kugeln durch den Bogen $O1$ steigen, so haben sie eine Geschwindigkeit, welche der Höhe oo zugehört. Nun verhalten sich aber die Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Fallhöhen, und die Bögen (so lange sie klein sind) verhalten sich wie die Quadratwurzeln ihrer Einusversus, welches hier die Fallhöhen sind, folglich stellen die zurückgelegten Bögen auch die respectiven Geschwindigkeiten dar.

§. 50.

Wenn zwey elastische Körper gegen einander stoßen, so machen sie wechselseitig Eindrücke auf einander, und diese stellen sich vermöge der Elasticität wieder her, wodurch eine wechselseitige Rückwirkung entsteht, die bey vollkommner Elasticität gerade so groß als die Einwirkung ist. Nun finden in der Natur Einwirkung und Rückwirkung in den kleinsten Zeitmomenten gewiß zugleich Statt, wenn es aber bloß um die wahrnehmbaren Endresultate des Stoßes gilt, so ist die Voraussetzung erlaubt, als ob die

gesammte Einwirkung der gesammten Rückwirkung voraus
 gehe. Man denke sich daher die Körper vorerst weich
 und unelastisch, suche ihre Geschwindigkeit nach dem Stosse,
 beurtheile daraus und den respectiven Geschwindigkeiten
 vor dem Stosse die Größe der wechselseitigen Einwirkung,
 und denke sich diese in entgegengesetzter Richtung hinzuge-
 füget, so erhält man die Geschwindigkeiten der elastischen
 Körper nach dem Stosse.

1ter Fall.

A stosse mit der Geschwindigkeit C , B ruhe.

Für die unelastischen Körper fanden wir die Geschwin-
 digkeit nach dem Stosse (S. 48) $x = \frac{AC}{A + B}$

Es hat also A an Geschwindigkeit verloren $C - x$,
 eben so groß ist die Ein- und Rückwirkung vermöge der
 Elasticität von B, letztere ist aber der Geschwindigkeit von
 A entgegengesetzt, daher die wirkliche Geschwindigkeit von
 $A = x - (C - x) = 2x - C$

B hat die Geschwindigkeit x durch den Einbruch von A er-
 halten, und eben so viel erhält es durch die Rückwirkung
 von A, daher die wirkliche Geschwindigkeit von B $= 2x$.

2ter Fall.

Wenn A und B mit entgegengesetzten Geschwindigkei-
 ten $+ C$, $- c$ gegen einander stossen. In diesem Falle
 wäre die gemeinschaftliche Geschwindigkeit der unelastischen
 Körper nach dem Stosse

$$+ x = \frac{AC - Bc}{A + B} \quad (48)$$

daher der Verlust an Geschwindigkeit von A $= C - x$

Rückwirkung von B $= -c + x$

wirkliche Geschwindigkeit von A $= x - C + x = 2x - C$

Gewinnst an Geschwindigkeit von B in der Richtung von

$$A = c + x$$

$$\text{Rückwirkung von A} = c + x$$

$$\text{gesammte Geschwindigkeit von B} = x + c + x = 2x + c$$

3ter Fall.

Beide Körper bewegen sich nach einerlei Richtung, mit den Geschwindigkeiten C, und c.

Hier fanden wir für die Geschwindigkeit der unelastischen Körper nach dem Stosse

$$x = \frac{AC + Bc}{A + B} \quad (\text{S. 48}).$$

Verlust an Geschwindigkeit von A = C - x gleich der Einwirkung, gleich der Rückwirkung von B, daher die

wirkliche Geschwindigkeit von A = x - (C - x) = 2x - C

Gewinnst an Geschwindigkeit von B = x - c, gleich der Rückwirkung von A, daher die wirkliche Geschwindigkeit

$$\text{von B} = x + (x - c) = 2x - c.$$

Beispiele.

1) Es seyen im ersten Falle $A = B$ so ist $x = \frac{1}{2} C$ und die Geschwindigkeit von A = C - C = 0 die Geschwindigkeit von B = $\frac{1}{2} C + \frac{1}{2} C = C$ die stossende Kugel ruht, und die gestossene geht mit der Geschwindigkeit der anstossenden fort.

Es sey eine ganze Reihe elastischer Kugeln von gleicher Masse so aufgehängt, daß sie sich wechselseitig berühren, läßt man eine der äußersten Kugeln gegen die Reihe anstoßen, so fährt die andere äußerste mit der Geschwindigkeit der anstossenden weg. Läßt man die beiden ersten Kugeln anstoßen, so fahren die beiden letzten weg, und alle zwischen liegenden ruhen u. s. w. Die Erscheinung erklärt sich leicht aus dem eben berechneten Falle; nur muß man, wenn zwei oder mehrere Kugeln scheinbar zugleich stoßen, die Wirkungen der einzelnen Stöße sich in sehr kleinen Zeittheilchen auf einander folgend denken, so daß die Wirkung der ersten Kugel vorüber ist, wenn die der zweiten beginnt.

2) Die Masse der ruhenden Kugel B = 1, die Masse

der fließenden $A = 2$, so erhält man für die Geschwindigkeit nach dem Stosse, von $A = \frac{4}{3} C - C = \frac{1}{3} C$
 $B = 2 \cdot \frac{2}{3} C = \frac{4}{3} C.$

Denkt man sich eine Reihe von $n + 1$ Kugeln, deren Massen alle in dem Verhältnisse von 2:1 stehen, und die erste gegen die übrigen n anstossend mit der Geschwindigkeit c , so wird die letzte mit einer Geschwindigkeit $(\frac{4}{3})^n \cdot c$ wegfahren, welche Geschwindigkeit immer größer wird, je größer die Anzahl der Kugeln ist.

Nimmt man im 2ten Falle $A = B$ so wird

$$x = \frac{C - c}{2}$$

die Geschwindigkeit von $A = 2 \cdot \left(\frac{C - c}{2}\right) - C = -c$

die Geschwindigkeit von $B = 2 \left(\frac{C - c}{2}\right) + c = +C$

also die Geschwindigkeiten nach dem Stosse der Richtung und Größe nach verwechselt, folglich springen die Kugeln mit derselben relativen Geschwindigkeit von einander zurück, mit welcher sie sich vor dem Stosse genähert hatten.

Anderere Folgen, welche man aus den Gesetzen des Stosses der elastischen Körper abgeleitet hat, wie z. B. daß die Summe der Produkte aus den Massen die Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach dem Stosse gleich bleiben, müssen wir hier übergehen.

Nicht bloß feste, sondern auch die flüssigen Körper sind ähnlichen Gesetzen des Stosses unterworfen, wenn die flüssigen Körper in Masse, wie z. B. bey dem Stoßheber wirken. Wirken hingegen die einzelnen flüssigen Theilchen unabhängig von einander, so treten andere Gesetze des Stosses ein, wovon das Weitere unten folgen wird.

Theorie der Schwere als einer allgemeinen durch den Weltraum verbreiteten Kraft.

§. 51.

Vergleichen wir die Wirkungen der Schwere, wie wir sie an der Oberfläche der Erde haben kennen gelernt, mit

den Wirkungen anderer anziehender Kräfte, wie sie sich in den Erscheinungen der Cohäsion offenbaren, so finden wir so viel ähnliches, daß man schon dadurch geneiget werden muß, die Erscheinungen der Schwere als die Folge einer anziehenden Kraft zu betrachten, die durch die ganze Masse des Erdkörpers gleichförmig verbreitet sey, und in einem gewissen Verhältnisse der Entfernungen der Theilchen von einander abnehmen. Wir wollen mit Newton annehmen, es stehe die Kraft der Schwere im directen Verhältnisse der Massen, und in dem verkehrten der Quadrate der Entfernungen: so folget aus dieser Voraussetzung 1) daß die gesammte Wirkung der Anziehung des Erdkörpers auf einen Punct auffer ihr nach einer Richtung erfolgen müsse, welche gegen den Mittelpunct der Erde gefehret, oder überall senkrecht auf ihrer Oberfläche sey, wie es die Erfahrung bestättiget, und 2) daß die Größe dieser Anziehung eben so ausfalle, als ob die gesammte Masse des Erdkörpers in ihrem Mittel- oder Schwerpunkte vereiniget wäre.

Der erste Satz läset sich aus der Zusammensetzung der Kräfte leicht einsehen. Es bezeichne $adbe$ Fig. 53 die anziehende Kugel p den angezogenen Punct auffer ihr, a , b zwey wirksame Elemente in gleichen Entfernungen diesseits und jenseits der Linie cp . Die anziehenden Kräfte dieser Elemente mögen durch pr , pq dargestellt werden, sie lassen sich in die Kräfte nach py und pt , so wie nach px und pe zerlegen, da nun px und py als gleich und entgegengesetzt einander aufheben, so ist die resultirende Kraft $= 2 \cdot pt$. Gleiche Schlüsse lassen sich auf je zwei ähnlich gestellte Elemente durch die ganze Kugel anwenden, und so sieht man, daß das gemeinsame Resultat der Anziehung aller Elemente auf den Punct p in die Richtung pc fallen müsse. Sucht man mit Hülfe der Integralrechnung die gesammte Wirkung

aller einzelnen Elemente auf den Punct p , unter der Voraussetzung, daß die Wirkung jedes einzelnen Elementes in dem verkehrten Verhältnisse des Quadrates seiner Entfernung von dem Puncte p stehe, so ergibt sich für die Gesamtwirkung ein Ausdruck, welcher durch die Masse der ganzen Kugel dividiret, durch das Quadrat von cp dargestellt wird. Dieß ist der zweite Satz.

Aus der Newton'schen Theorie der Schwere ergeben sich mehrere Folgen, welche zur Prüfung derselben durch die Erfahrung dienen.

Es bezeichne p Fig. 54 einen über der Oberfläche der Erde erhabenen Punct, z. B. die Spitze eines hohen Berges d einen an der Oberfläche der Erde liegenden Punct. Es heiße der Halbmesser der Erde $od = r$; die Höhe des Berges $= x$; so ist nach Newton's Gesetz die Schwere in d zur Schwere in $p = (r + x)^2 : r^2$.

Es ist S. 44 gezeigt worden, daß die Schwingungszeiten von gleich langen Pendeln sich verkehret wie die Quadratwurzeln aus den Schweren verhalten, oder was einerlei ist, die Quadrate der Schwingungszeiten verkehret wie die Schweren, folglich die Quadrate der Schwingungszahlen in gleichen Zeiträumen direct wie die Schweren.

Rennt man die Anzahl der Schwingungen, welche dasselbe Pendel in einem Tage in d und p macht $= N$, und n , so hätte man nach Newton's Satz

$$N^2 : n^2 = (r + x)^2 : r^2$$

$$N : n = r + x : r$$

Setzen wir den Halbmesser der Erde

$$r = 860 \text{ geogr. Meilen}$$

$$x = \frac{1}{4} \text{ — —}$$

$$N = 98770 \text{ — —}$$

so erhalten wir

$$860\frac{1}{4} : 860 =$$

$$3441 : 3440 = 98770 : 98741$$

Das Pendel würde auf dem Gipfel des Berges nur 98741 Schwingungen in einem Tage machen.

Nach Bouguer machte dasselbe Pendel an den Ufern des Amazonenflusses 98770 Schwingungen, und zu Quito (6180 par. Fuß, etwas über $\frac{1}{4}$ Meile höher) 98740 Schwingungen in einem Tage.

Es bezeichne d Fig. 54 einen Berg von bedeutender Masse, a und b zwei nördlich und südlich am Fuße desselben gelegne Beobachtungsorte, in welchen man zwei empfindliche Pendel aufgehängt habe. Wenn nun alle Theile des Erdkörpers anziehende Kraft besitzen, so muß die Anziehung des Berges das nördliche Pendel südlich, und das südliche Pendel nördlich ablenken. Daher werden die in a beobachteten nördlichen Zenithdistanzen der Sterne kleiner, und die in b beobachteten größer ausfallen.

Der Unterschied vermindert um den Unterschied der geographischen Breiten der Beobachtungsorte ba giebt die doppelte Wirkung der Anziehung des Berges.

Solche Beobachtungen stellte zuerst im vorigen Jahrhundert der englische Astronom Maskelyne am Berge Schephallin in Schottland an, und fand, daß durch die Wirkung der Anziehung des Berges diesseits und jenseits das Pendel um einen Winkel von 11,66 Secunden abgelenkt wurde. Dr. Hutton berechnete aus dieser Ablenkung, der Größe, Dichtigkeit und Masse des Berg's, die mittlere Dichte der Erde = 4,5.

Eine Revision der hierzu nöthigen Rechnungen und Messungen im Jahre 1811 gaben für die mittlere

Dichte des Berges 2,8.04, und für die mittlere Dichte des Erdkörpers 4,713.

Auch stellte v. Zach im Jahre 1810 an dem Mont Mimet ohnweit Marseille, ähnliche Beobachtungen und Messungen an, die zwar wegen der viel geringern Masse dieses Berges nur eine Ablenkung des Pendels von 2 Secunden gaben, indessen doch die Wirkung der anziehenden Kraft der Berge auf das Pendel vollkommen bestätigten.

Da die Anziehung zwischen zwei Massen wechselseitig ist, so wird die Erde so gut von einem fallenden Stein, als dieser von jener gezogen. Weil aber die Massen der auf der Oberfläche der Erde befindlichen Körper, gegen die Masse der gesamten Erde als unendlich klein zu betrachten sind, so kann man jene Rückwirkung auf die Erde übersehen, und die Bewegung der schweren Körper auf der Oberfläche der Erde, als eine Folge der Anziehungskraft der Erde allein betrachten.

§. 52.

Hat man einmahl die Ueberzeugung gewonnen, daß die Anziehungskraft der Erde sich auf Körper erstreckt, welche nicht in Berührung mit ihrer Oberfläche sind; so ist nun kein Grund mehr vorhanden, dieser Kraft in die Ferne Grenzen zu setzen. Vielmehr müssen wir mit Newton annehmen, die Kraft erstreckt sich durch den Weltraum, jedoch in stets abnehmender Stärke, wie die Quadrate der Entfernungen von dem Mittelpuncte der Anziehung größer werden. Diese Voraussetzung wird durch die Bewegung des Mondes um unsere Erde bestätigt. Der Abstand dieses Weltkörpers von der Erde beträgt in der mittlern Entfernung 60 Erdhalbmesser, und er vollendet seine Bahn um die Erde in 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten. Seine mittlere Geschwindigkeit beträgt daher in einer Minute 33 Secunden im Bogen. Der Quersinus dieses

Winkels mit dem 60fachen Halbmesser der Erde multiplicirt giebt 15,06 par. Fuß für die Fliehkraft des Mondes in einer Minute. Eben so groß ist die Wirkung der Erdschwere in der Entfernung des Mondes nach dem newtonschen Gesetz; denn da sie dort 60 mahl 60 geringer als an der Oberfläche der Erde ist, so erzeuget sie dort in einer Minute eben so viel Bewegung als hier in einer Secunde.

Der Mond zieht eben so die Erde an, wie diese den Mond, da aber seine Masse nur $\frac{1}{1000}$ von der Masse der Erde beträgt, so ist auch seine Anziehungskraft in demselben Verhältnisse kleiner, und an der Oberfläche der Erde be-

trägt diese Kraft nur ein $\frac{49}{1000 \cdot 59^2}$ Theil oder $\frac{1}{248571}$

von der Erdschwere. Man darf also nicht erwarten, daß die anziehende Kraft des Mondes Theilchen von dem Erdkörper, wenn sie auch beweglich sind, wie Luft oder Wasser wirklich trennen und fortführen könne. Wohl aber erzeuget diese Kraft, welche auf die flüssigen Theile des Erdkörpers (Wasser und Luft) mit ungleicher Stärke, auf die ihr näher liegenden Theile stärker als auf die entfernteren wirkt, verbunden mit der Axiendumdrehung der Erde ein Schwanken in dem Weltmeere, so wie in der Atmosphäre; die Ebbe und Fluth, welche periodisch mit dem Durchgang des Mondes durch den Meridian wiederkehret, und sich in Hinsicht ihrer Stärke zugleich nach dem Stande des Mondes gegen den Aequator und gegen die Sonne richtet.

§. 53.

So wie der Mond sich um die Erde bewegt, so bewegen sich die Erde und alle übrigen Planeten mit ihren Nebenplaneten um die Sonne. Wir können also schon der Analogie nach schließen, daß eine ähnliche Kraft zwischen

der Sonne und allen Planeten Statt finden müsse, wie wir sie zwischen der Erde und dem Mond als wirksam erkannt haben. Daß dem wirklich so sey, lehret weiter folgende Betrachtung. Kepler hat aus der Vergleichung der Umlaufzeiten der Planeten unter einander, und ihrer Entfernungen von der Sonne das Gesetz abgeleitet: daß die Würfel der mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne sich verhalten wie die Quadrate ihrer Umlaufzeiten. Berechnet man, dieß Keplerische Gesetz zum Grunde legend, die Fliehkräfte der Planeten in ihren Bahnen, so sieht man, daß sie sich verkehret wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne verhalten, daher muß auch die anziehende Kraft der Sonne gegen die Planeten in demselben Verhältnisse stehen. Weiter zeigte Kepler, daß die Bahnen der Planeten um die Sonne nicht Kreise, sondern Ellipsen seyen, in deren unterm Brennpunct die Sonne stehet, woraus sich die durch Beobachtungen erwiesene ungleichförmige Geschwindigkeit der Planeten in ihren Bahnen nach dem §. 21 angeführten Gesetze erklärt. Newton bewies, daß die Centrakraft der Sonne, unter der Voraussetzung einer elliptischen Bahn, im verkehrten Verhältnisse des Quadrates des Abstandes des Planeten von der Sonne seyn müsse. So dienten also Keplers Entdeckungen der newtonschen Lehre von der allgemeinen Anziehung zur weitem Begründung, so wie umgekehret jene durch diese erst erklärt worden sind. Indessen bemerkten die Astronomen später, daß die Voraussetzung von den elliptischen Bahnen die Bewegungen der Planeten nicht vollständig erklärten, sondern daß gewisse anscheinende Unregelmäßigkeiten zurückblieben, welche periodisch wiederkehrten. Man nannte sie Störungen der elliptischen Bahnen und suchte aus den Beobachtungen, Gleichungen für ihre Gesetze herzuleiten, indem man jene ellip-



tischen Bahnen in Hinsicht der Lage ihrer großen Axen, und der Durchschneidungspuncte ihrer Ebenen mit der Erdbahn oder der Eccliptik, durch die wechselseitige Anziehung der Planeten unter einander als veränderlich betrachtete. Schon Newton hatte in seinen Principien der Naturphilosophie bewiesen, daß wenn drei Körper wie z. B. Sonne, Erde und Mond sich wechselseitig anziehen, die Bahnen der Planeten um ihren Centrkörper dann keine Ellipsen mehr seyn können. Indessen wurde das so schwierige Problem von der Wechselanziehung dreier oder mehrerer Körper, erst nach Newtons Tod durch die Bemühungen der berühmtesten Mathematiker und Astronomen neuerer Zeit so vollständig gelöst, daß mit Hülfe desselben die sämtlichen Störungen der Bewegungen der Planeten auf das Gesetz der allgemeinen Gravitation zurückgeführt werden konnten, wovon La Place's Mechanik des Himmels den bündigsten Beweis liefert.

Betrachten wir die Himmelskörper durch stark vergrößernde Fernröhre, so werden wir, so weit nur die verstärkte Sehkraft des Auges reicht, überall runde, oder mehr und weniger abgerundete Gestalten gewahr. Schon dieß berechtigt uns zu der Voraussetzung, es mögen in den fernsten Weltkörpern, so wie auf unsrer Erde ähnliche Kräfte wirken, welche nicht blos die einzelnen Theile desselben Weltkörpers, sondern auch die Weltkörper selbst gegen einander treiben und zu einem großen Systeme vereinigen.

Ob dereinst zur Erklärung himmlischer Erscheinungen noch andere Kräfte als die Gesetze der Trägheit und Schwere angenommen werden müssen, mögen künftige Geschlechter entscheiden, deren Kenntnisse und Vollkommenheit der Hülfsmitteln sich zu den jetzigen verhalten wie die unsrigen zu denen früherer Jahrhunderte. Immer wird es ein hoher Triumph des menschlichen Verstandes bleiben, aus so wenigen und einfachen Voraussetzungen, so vieles erklärt zu haben.





Vierter Abschnitt.

Von dem Gleichgewichte und der Bewegung tropfbar flüssiger Körper, und insbesondere von den Wirkungen der Schwerkraft auf dieselben.



§. 57.

Unter den tropfbar flüssigen Körpern verstehen wir nach §. 9 solche, deren einzelne Theile für sich beweglich sind und dabey keinen bemerkbaren Widerstand weder durch Cohäsion noch Reibung äussern, ob sie gleich ein Bestreben besitzen, unter sich Tropfen zu bilden. Es giebt eigentlich keinen vollkommen flüssigen Körper der Art, jedoch nähert sich das Wasser diesem Bilde, und wir verstehen in der Folge, der Kürze wegen, unter Wasser jeden tropfbar flüssigen Körper.

Jede Kraft, welche auf das Wasser wirkt, pflanzt sich in demselben nach allen Richtungen in gleicher Stärke fort.

Dieser Satz wird durch die Erfahrung gerechtfertiget. Man denke sich ein Gefäß voll Wasser oben mit einer Oeffnung versehen, in die ein wohl schlöffender beweglicher Stempel passe. Rund um an dem Gefäße seyen mehrere



klappen angebracht von gleicher Größe mit der Oeffnung. Versucht man den Stempel nieder zu drücken, so fahren alle Klappen zu gleicher Zeit auf. Wollte man sie zurückhalten, so müßte man an jeder eine Kraft anbringen, welche der Kraft des Stempels in der Oeffnung gleich käme. Wäre die Oberfläche des Gefäßes 1000 mahl größer als die Oberfläche des Stempels, und auf diese wirkte eine Kraft von einem Pfund, so würde daraus eine Kraft von 1000 Pfund gegen die ganze Oberfläche entstehen. Ob man diese Vervielfältigung der Kraft bloß aus der Flüssigkeit erklären könne, möchte fast zu bezweifeln seyn.

Denken wir uns eine jede Flüssigkeit nach §. 10 als eine Auflösung im Wärmestoff, und schreiben wir ihr Elasticität zu, die mit der Cohäsionskraft der Theile ins Gleichgewicht gekommen ist, so wird begreiflich, wie eine jede von aussen her auf die Flüssigkeit wirkende Kraft, die Spannung im Innern derselben nach allen Richtungen hin erhöhen müsse.

Einfache Versuche zur Erläuterung des vorstehenden Erfahrungssatzes, sind folgende.

Man fülle eine Blase mit Wasser und befestige in ihrem Hals eine unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhre, lege dann die Blase so auf einen Tisch, daß der aus der Blase hervortretende längere Schenkel der Glasröhre vertical zu stehen komme. Drückt man mit der flachen Hand auf die Blase, so muß man eine bedeutende Kraft anwenden, um das Wasser mehrere Zolle in der Glasröhre ansteigen zu machen. Drückt man bloß mit der Spitze eines Fingers auf die Blase, so wird dieselbe Wirkung mit einer viel kleineren Kraft hervorgebracht.

Man bringe in die mit Wasser gefüllte Blase ein Ey oder einen andern zerbrechlichen Körper, binde sie fest zu und beschwere sie mit vielen Gewichten, das Ey wird wegen des gleichförmigen Drucks, welchen das Wasser von allen Seiten her ausübt, nicht zerbrechen. Hieraus erklärt sich der Nutzen des Kindswassers, welches die Frucht in dem Leibe der Mutter umgiebt.

§. 55.

Eine in einem Gefäß enthaltne schwere Flüssigkeit kann nur dann im Gleichgewicht seyn, wenn ihre Oberfläche eine wagrechte Ebene bildet. Dieser Satz ist ebenfalls durch die Erfahrung gegeben. Man kann sich indessen auch durch Vernunftschlüsse überzeugen, daß die Erscheinung nicht anders erfolgen könne.

Es bezeichne $ABCD$ Fig. 55 ein Gefäß voll Wasser. Wenn die Oberfläche desselben nicht wagrecht wäre, sondern sich bey E erhöbe, so könnte man sich von E aus nach A und D rund herum schiefe Ebenen denken, auf welchen sich die flüssigen Theilchen in der Oberfläche befänden. Sie würden vermöge ihrer relativen Schwere nach A und D zu getrieben werden, und da dieser Kraft keine Reibung entgegenwirkt, so müßten die Theilchen so lange herabfließen, bis keine Erhebung in E mehr Statt fände. Ist dagegen die Oberfläche AD einmahl wagrecht, so werden alsdann alle Wassersäulen wie uv , xy von der Oberfläche bis zum Boden des Gefäßes ein gleiches Bestreben zu sinken äussern, folglich sich einander das Gleichgewicht halten.

Man kann den obenstehenden Satz allgemeiner so fassen: Eine schwere Flüssigkeit ist mit sich selbst im Gleichgewicht, wenn alle Elemente ihrer Oberfläche mit den Richtungen der Schwere rechte Winkel machen. Hieraus erklärt sich die kugelförmlich geformte Oberfläche des Weltmeeres.

§. 56.

Eine in einem Gefäß enthaltne schwere Flüssigkeit, drückt nicht bloß nach unten, sondern auch gegen die Seitenwände, und die Pressung gegen jede einzelne Stelle der

Seitenwand ist der Größe dieser Stelle, und ihrer Tiefe unter der Oberfläche proportional.

Auch von der Wahrheit dieses Satzes kann man sich leicht durch Erfahrung überzeugen.

Es stelle $ABCD$ Fig. 56 ein mit einer Oeffnung O in der Seitenwand versehenes Gefäß vor; von der Oeffnung gehe eine in gleicher Weite mit der Oeffnung aufwärts gekrümmte Röhre OFG in die Höhe. Gießet man Flüssigkeit in das Gefäß, so steigt dieselbe zugleich in der Röhre so an, daß G und AB in einer wagrechten Ebene sich befinden; dieß konnte man aus dem §. 55 angeführten Satze voraussagen. Nun drückt aber die flüssige Säule GF mit ihrem ganzen Gewichte niederwärts, diesem Drucke muß also ein gleich starker, aus dem Gefäße durch die Oeffnung entgegen kommen, und daraus folget, daß die Stelle der Oeffnung selbst einen Druck von der Flüssigkeit in dem Gefäße erleiden müsse, welche der Größe der Oeffnung und ihrer Tiefe unter der Oberfläche der Flüssigkeit proportional ist.

Man findet daher die Größe des Drucks auf der Stelle O der Seitenwand in Pfunden dargestellt, wenn man das Produkt aus der Fläche O mit ihrer Tiefe BO unter den Wasserspiegel durch das Gewicht eines Cubitzolles oder Cubikfußes der in dem Gefäße enthaltenen Flüssigkeit vermehret. Nimmt man letzteres Gewicht zur Einheit an, so drückt der körperliche Raum, oder das Produkt aus O in OB die hydrostatische Pressung aus. So pfleget man immer zu verfahren, wenn es nur darum zu thun ist, verschiedene hydrostatische Pressungen unter einander zu vergleichen. Wollte man die Pressung auf die ganze Seitenwand BD finden, so müßte man die Pressung auf jede

einzelne Stelle O derselben suchen und alle diese Pressungen summiren.

Bemerken wir uns das Resultat dieser Rechnung: man suche die Tiefe des Schwerpunkts der Seitenfläche unter dem Wasserspiegel, und multiplicire dieselbe mit der Größe der Seitenwand, so erhält man die hydrostatische Pressung.

Denken wir uns unter BD ein Rechteck, so ist die Tiefe des Schwerpunkts gleich der halben Höhe, und die hydrostatische Pressung auf die Seitenwand halb so groß, als der Druck auf eine Bodenwand von gleicher Größe. Das Gewicht des Wassers in einem Gefäß von der Gestalt eines hohlen Würfelfußes, wird erstens mit seiner ganzen Kraft auf die Bodenfläche, sodann mit einer halb so großen Kraft auf jede der vier Seitenwände pressen. Der gesammte hydrostatische Druck ist also dreimahl so groß als das Gewicht des Wassers. Dieser Druck fällt desto größer gegen das Gewicht aus, je größer die Oberfläche des hohlen Körpers gegen den körperlichen Inhalt ist, und je tiefer der Schwerpunkt derselben unter dem Wasserspiegel liegt.

Hat das Element O der Seitenwand keine senkrechte, sondern eine schiefe Stellung, so gelten im Ganzen genommen dieselben Sätze auch für das schief gestellte Element, nur muß man sich die hydrostatische Pressung perpendicular auf die Richtung des Elements denken. Eine jede schief gerichtete Kraft läßt sich in eine horizontale und verticale zerfallen. Nun zeigt die Rechnung, daß die Summe aller verticalen Pressungen auf die Seiten- und Bodenwand eines Gefäßes, jederzeit dem Gewichte der in dem Gefäße enthaltenen Flüssigkeit gleich seyn müsse. Von den horizontalen Pressungen halten sich immer je zwey einander entgegengesetzt auf die Elemente O , o' das Gleichgewicht; daher darf man nicht erwarten, die Größe der hydrostatischen Pressungen durch die Wage bestimmen zu wollen.

Das Gewicht eines		
pariser Cubikfußes Wasser ist	=	70 Pfund franz. Gewicht
— Cubikzoll	=	$37\frac{1}{3}$ Gran
darmstädter Cubikfußes	=	$31\frac{1}{4}$ Pf. heff. Gewicht
— — Cubikzoll	=	1 Loth — —

Vermittelt diese Zahlen kann man leicht den in Cubikfüßen, oder Cubikzollen angegebenen Druck auf Gewichte bringen. Z. B. Wie groß ist der Wasser-Druck gegen eine Schleuse 10 darmstädter Fuß breit 4 Fuß hoch?

Antwort. $10 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 31\frac{1}{4}$ Pfund = 2500 Pfund.

Wie groß ist der Druck des Wasser gegen einen Damm, dessen Länge 100 pariser Fuß und dessen Höhe 10 — — beträgt:

Antw. $10 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 70$ Pf. = 350000 Pf. = 3500 Ct.

Hat das Wasser vor einer lothrechten Wand eine veränderliche Höhe, so wächst sein Druck im quadratischen Verhältnisse der Höhe.

§. 57.

Aus den in §. 55 und 56 vorgetragenen Sätzen können wir mehrere, für die Ausübung wichtige Folgen ziehen.

Es bezeichne DCABEF Fig. 57 einen Kanal, der aus einem engen und weiten Theil verbunden bestehe. Der weite Theil sey oben durch einen passenden Deckel DC geschlossen, man denke sich den ganzen Kanal bis F mit Wasser angefüllt, so wird auf DC eine Pressung von unten nach oben gehen, die dem Gewicht der Wassersäule DCHG gleich kommt; weil der weite Kanal bis GH in die Höhe geführt werden müßte, wenn das Wasser in demselben dem Wasser in EF das Gleichgewicht halten sollte. Denkt man sich unter DC einen beweglichen Kolben, welcher, wie bey den Druckpumpen, durch eine mechanische Gewalt niedergetrieben wird, um das Wasser durch die Röhre EF in die Höhe steigen zu machen, so muß die Kraft, welche auf den Kolben wirkt, dem Gewicht einer Wassersäule gleich seyn, die gefunden wird, wenn man

die Grundfläche des Kolbens mit seinem tiefsten Stand unter der Ausgüßmündung bey F multiplicirt. Hierbey sind Reibung des Kolbens, und die Kraft, welche auf die Beschleunigung des Wassers verwendet werden muß, noch nicht in Anschlag gebracht.

Denkt man sich umgekehret die bewegende Kraft in der engern Röhre FE (sey dieß nun das Gewicht der Wassersäule selbst, oder eine andere Potenz) so wird dieselbe in ihrer Wirkung auf DC in dem Verhältniß der Querschnitte von FE zu DC vergrößert werden. Hierauf beruhen S'Gravesande's hydrostatischer Balg, Wolf's anatomischer Heber, Bramah's, Keal's, Romershausen's hydrostatische Pressen.

Die 58te Figur zeigt im Umrisse den senkrechten Durchschnitt einer hydrostatischen Wasser-Presse von Bramah. Die wesentlichsten Theile sind, eine in einem Wasserkasten stehende Druckpumpe EF, welche durch das Bodenventil i Wasser schöpft; und es bey niedergehendem Kolben durch ein zweites Ventil k in den weitem Cylinder DCBA presset. Hier wirkt das Wasser gegen die untere Fläche des beweglichen Kolbens AB, treibt denselben in die Höhe, und mit ihm das bewegliche Stück der Presse GH. Um einen Begriff von der großen Wirksamkeit dieser Maschine zu geben, wollen wir annehmen, der Durchschnitt der Pumpe verhalte sich zum Durchschnitt des Cylinders AB = 1 : 100 (welches für das Verhältniß der Durchmesser 1 : 10 gäbe); der Hebelarm ab : ac = 1 : 3; an c wirke die Kraft eines Menschen mit 25 Pf., so entsteht daraus eine Kraft auf den Kolben von 7500 Pfunden. Auf denselben Grundsätzen beruhen die so wirksamen Wassersäulen-Maschinen. An diesen stürzt eine Wassersäule durch eine Fallröhre FE Fig. 57 herab, und wirkt in einem weiten Cylinder auf einen beweglichen Kolben nach oben, welcher durch sein Gestänge einen Hebebaum in Bewegung setzt, der dann wieder Pumpen von kleinerer Kolbenfläche, als DC treibt. Man kann sich in E einen doppelt durchbohrten Hahnen denken, durch welchen die Verbindung zwischen FE, und AC bewirkt wird, und wenn der Kolben DC seine größte Höhe erreicht hat, das in dem Cylinder ABCD befindliche Wasser

wieder abgelassen werden kann. Dann wird der Druck der Luft, oder wenn dieser nicht hinreichend seyn sollte, ein Uebergewicht an der Stange des Kolbens diesen wieder niederpressen.

Auch unsere gewöhnlichen Wasserleitungen durch Röhren beruhen auf dem Gesetze von dem Gleichgewichte des Wassers in communicirenden Röhren.

§. 58.

Wenn in den beiden Schenkeln eines zusammenhängenden Kanals Fig. 59 Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewicht einander entgegenpressen, so stehen die Höhen der Flüssigkeiten CD , BF über der gemeinschaftlichen Grenzfläche AB im verkehrten Verhältnisse der specifischen Schwere. Die unter ABC befindliche Flüssigkeit ist mit sich selbst im Gleichgewicht. Von der Flüssigkeit CD entsteht ein Druck gegen AB , welche durch das Produkt $AB \cdot CD \cdot P$ dargestellt wird, wenn man unter P das specifische Gewicht der schwereren Flüssigkeit versteht. Eben so stellt das Produkt $AB \cdot BF \cdot p$ die Pressung der leichteren Flüssigkeit auf AB dar. Sollen beide Pressungen gleich seyn, so hat man $AB \cdot BF \cdot p = AB \cdot CD \cdot P$
oder $BF \cdot p = CD \cdot P$.

Hieraus folgt die Proportion

$$BF : CD = P : p.$$

Aus dieser Darstellung erblicket zugleich, daß das Verhältniß der Höhen $CD : CF$ sich nicht ändern würde, wenn auch die Weiten der beiden Schenkel CE , BG ungleich wären. Denn die hydrostatischen Pressungen auf die gemeinschaftliche Grenzfläche hängen nicht von der Weite, sondern von der Höhe der Flüssigkeiten in den einzelnen Schenkeln ab.

Versuche zur Erläuterung dieses Satzes.

• Sind die Schenkel des gemeinschaftlichen Kanals mit

einer Scale versehen, woran man die Höhen CD , BF leicht ablesen kann: so dienen solche Beobachtungen das Verhältniß der specifischen Gewichte der Flüssigkeiten zu bestimmen. Dabey sind folgende Vorsichtsmaaßregeln zu bemerken. Die Flüssigkeiten dürfen nicht von der Art seyn, sich chemisch mit einander zu mischen. Die beiden Schenkel des Kanales müssen wenigstens $\frac{1}{4}$ Zoll weit seyn, damit der Einfluß der Haarröhrchen-Anziehung von der Wand auf die Flüssigkeiten unbedeutend ausfalle; endlich sorge man dafür, daß die Flüssigkeiten dieselbe Temperatur haben, und bemerke diese nach dem Thermometer.

Von der rückwirkenden Pressung der Flüssigkeiten.

§. 59.

Es bezeichne $bcef$ Fig. 60 ein etwas hohes Gefäß mit Wasser gefüllet, an einem festen Punct A frei beweglich aufgehangen.

Es wird alles in Ruhe seyn, obgleich auf den Boden, so wie auf alle Stellen der Seitenwand hydrostatische Pressungen gehen. Der Druck auf den Boden wird durch die feste Unterstützung gehalten, und von dem Druck auf die Seitenwand, halten immer je zwei auf entgegengesetzte in gleicher Tiefe liegende Stellen e , und f gerichtete Pressungen einander das Gleichgewicht. Denken wir uns in f eine mit einem Stöpsel versehene Oeffnung, so wird, nach hinweggenommener Verschliessung, das Wasser zur Oeffnung f herausströmen, wodurch der hydrostatische Druck auf diese Stelle der Seitenwand wegfället, daher wird der Druck auf die entgegengesetzte Stelle e , durch nichts compensiret, das ganze Gefäß, nach der Richtung eh in Bewegung bringen. Dieß heißt die rückwirkende Kraft der Flüssigkeiten; sie findet eben sowohl bey den elastischen, wie



bey den tropfbaren Flüssigkeiten Statt. Auf ihr beruhen das Zurücklaufen des Geschüzes und der Stoß des Schießgewehres bey dem Abfeuern, die Wirkung der Minen seitwärts und unterwärts, so wie die weit hin verwüstende Kraft der Erdbeben, das Aufsteigen der Raqüeten, das Umlaufen der Feuerräder und viele Erscheinungen sonst. Segner und Andere haben die rückwirkende Kraft des Wassers benutzt, um Rotationsmaschinen in eine drehende Bewegung zu setzen.

Man denke sich statt der pendelartigen Aufhängung des Gefäßes Fig. 60, eine Unterstützung in der Linie Aa so, daß sich das Ganze um diese Linie, wie um eine Ase, frei drehen könne. An die Stellen e und f wollen wir horizontal hervorgehende Röhren eh , fg setzen, in welche seitwärts bey o und o' , aber nach entgegengesetzten Richtungen, kleine Oeffnungen gebohret sind. Indem nun durch diese Oeffnungen zwei Wasserstrahlen hervorströmen, so unterstützen sich die Rückwirkungen in ihrem Bestreben, die Maschine um die Ase Aa zu drehen, wechselseitig. Man kann auch statt zwoi, vier und mehr mit Oeffnungen versehenen Röhren an dem Gefäße anbringen, jedoch muß die Summe aller Oeffnungen o , zu dem Querschnitte des Gefäßes bc in einem kleinen Verhältnisse bleiben; damit die Geschwindigkeit der sinkenden Wasserschichte bc ebenfalls gering sey, indem sonst die, zur Erzeugung der Geschwindigkeit verwendete beschleunigende Kraft der Schwere, von der hydrostatischen Pressung abgehen, und somit die Rückwirkung verkleinern würde. Auch versteht es sich von selbst, daß von oben her so viel Wasserzufluß vorhanden seyn müsse, als das Ausströmen durch die Oeffnungen erfordert. Auf ähnliche Weise hat man das Ausströmen von saftigen Dämpfen zur Hervorbringung drehender Be-

wegungen benutzt. Eben so erkläret man das Umlaufen des electriſchen Flugrades, das Umherkreifen kleiner Kämpferſtückchen, die auf Waſſer ſchwimmen, aus der Rückwirkung.

Gefeße der Bewegung flüſſiger Körper.

Von dem Ausfluß durch enge Oeffnungen.

§. 60.

In dem wagrechten Boden eines cylindriſchen oder prismaſiſchen Gefäßes $a c d b$ Fig. 61 befinde ſich eine kleine kreisförmige Oeffnung $e f$ mit einem wohl abgerundeten dünnen Rande, durch welche das Waſſer frei abfließen könne, indessen ein Erſaß von oben her das Gefäß ſtets voll erhalte: ſo lehren Theorie und Erfahrung, daß die Geſchwindigkeit der durch die Oeffnung gehenden Waſſertheilchen $e f$ eben ſo groß ſey, als ob ſie von $m n$ bis $e f$ frei herabgefallen wären. Die Kraft, welche die durch die Oeffnung gehenden Waſſerſchichten beſchleuniget, iſt der Druck der ganzen Waſſerſäule $m n e f$ (vorausgeſetzt daß die Geſchwindigkeit des ſinkenden Waſſerſpiegels $a b$ unbedeutend klein ſey) und dieſer Druck, die Summe aller elementaren Preſſungen von $m n$ bis $e f$ bewirkt in einer unmeßbar kleinen Zeit eben die Geſchwindigkeit, welche der freie Fall von $m n$ bis $e f$ nach und nach erzeuget haben würde. Es heiße die Höhe des Waſſerſpiegels über der Oeffnung $= h$, der Fall in einer Secunde $= g$, ſo erhält man für die Geſchwindigkeit der durch die Oeffnung ſtrömenden Waſſertheilchen $c = 2\sqrt{gh}$. Multipliciret man dieſe Zahl mit der Größe der Oeffnung, ſo wird man die in

etner Secunde durch die Oeffnung fließende Wassermenge erhalten.

Die Erfahrung lehret, daß der Wasserstrahl, indem er durch die mit einem dünnen Rande versehene Oeffnung geht, sich verengert, und etwa in einer dem halben Durchmesser der Oeffnung gleichen Tiefe, unter der Oeffnung seinen kleinsten Querschnitt hat, welcher sich zum Querschnitt der Oeffnung wie 62 : 100 verhält, und die abfließende Wassermenge ist in demselben Verhältnisse kleiner, als die nach der obigen Theorie berechnete.

Setzt man in die Oeffnung eine kurze cylindrische Röhre, deren Länge den dreifachen Durchmesser der Röhre nicht übertrifft, so wird der Ausfluß gegen den vorigen Fall im Verhältniß von 10 : 13 vermehret.

Nimmt man statt der cylindrischen Ansaugröhre, eine andere welche von der Oeffnung im Gefäße an gerechnet die Figur des zusammengezogenen Wasserstrahles hat, so stimmt die Ausflußmenge mit derjenigen überein, welche die Theorie für den engsten Querschnitt giebt. Erweitert sich die Röhre wieder etwas nach aussen, übertrifft jedoch an Länge den 8fachen Durchmesser nicht, so giebt eine solche Röhre nach Venturi sogar noch etwas mehr Wasser, als die Rechnung für den engsten Querschnitt der Röhre.

Die Verengung des durch eine Oeffnung in einer dünnen Platte fließenden Wasserstrahles, erklärt sich am natürlichsten aus dem durch die hydrostatische Pressung im Gefäße entstehenden Bestreben der Wassertheilchen von allen Seiten her der Oeffnung zuzueilen, wodurch krumme Linien ye , xf gebildet werden, deren Krümmung zugleich von der Wirkung der beschleunigenden Kraft, von der Stelle xy an, wo man das Wasser noch als ruhend betrachten kann, bis zu seiner größten Geschwindigkeit in ef abhängt. Schwieriger ist es die durch kurze Ansaugröhre vermehrte Ausflußmenge zu erklären, welche wohl im Allgemeinen durch die in solchen Röhren noch

fortdauernde Beschleunigung, und durch den größern oder kleinern Widerstand, welche die Röhrenwand der freien Bewegung der einzelnen Wasserfäden entgegensezt, bedingt ist. Venturi nimmt zur Erklärung dieser Erscheinungen den Druck der Luft, und eine eigne Seitenwirkung des Wasserstroms auf neben ihm liegende Theile zu Hülfe. Bringt man an der Stelle der Venturischen Ansatzröhre, wo sie den engsten Querschnitt hat rund herum feine Löcher an, die man nach Willkühr öffnen und schliessen kann, so bemerkt man, daß während des Ausflusses des Wassers durch die Röhre Luft durch die Seitenöffnungen eingesogen wird, und wenn viele solche Luftlöcher offen sind, so fällt die Vermehrung des Ausflusses durch die Ansatzröhre wieder weg. Dieß beweiset allerdings, daß durch die andauernde Beschleunigung des Wassers in der Röhre ein Bestreben der vordern Wasserschichten sich von den nachfolgenden zu trennen entsteht, wodurch denn Luft eingesogen werden kann. Ob aber jene Beschleunigung durch den Luftdruck, oder vielmehr dieser durch jene erst bewirkt werde, das ist die Frage? Wir werden weiter unten sehen, daß nach meinen Beobachtungen ein ähnlicher Einfluß der Ansatzröhren auch bey dem Ausströmen der gasartigen Flüssigkeiten Statt hat.

Die Höhe des Wasserspiegels über der Oeffnung nennet man die Druckhöhe. Leeret sich ein Gefäß aus ohne nachgefüllet zu werden, so nimmt die Druckhöhe immer ab und mit ihr die Geschwindigkeit, letztere aber im Verhältniß der Quadratwurzeln der Druckhöhen. Wäre z. B. der Wasserspiegel von $a b$ bis $x y$ gesunken, und $dx = \frac{1}{4} db$, so würde nun die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers nur $\frac{1}{2}$ der anfänglichen Geschwindigkeit seyn. Aus diesem Gesetz lästet sich mit Hülfe der Rechnung die Folge ziehen, daß ein gleichweites Gefäß sich in der doppelten Zeit ausleeret, in welcher, bei gleichbleibender Geschwindigkeit, dieselbe Wassermenge durch die Oeffnung geflossen wäre. Z. B. Es betrage die Weite und Höhe eines cylindrischen Gefäßes = 10 pariser Zolle, der Querschnitt der Oeffnung (oder des zusammengezognen Wasserstrahles) 0,01 □-Zoll, so würde die Anfangsgeschwindigkeit = $2\sqrt{(15 \cdot 12 \cdot 10)} = 2\sqrt{1800} = 84,8$ Zoll seyn. Da der körperliche Raum des Gefäßes 785 Cubitzoll beträgt, so würden diese bey gleichbleibender Geschwindigkeit in $\frac{785}{0,848}$ = 925 Secunden durch die Oeffnung fließen. Die Zeit der Ausleerung des Gefäßes beträgt 1850 Secunden. Dabey



würde der Wasserspiegel ab immer langsamer sinken, und seine Geschwindigkeit würde im verkehrten Verhältnisse der Geschwindigkeit des Ausflusses stehen. Sollte der Wasserspiegel mit gleichförmiger Geschwindigkeit sinken, so müßten die Querschnitte des Gefäßes in dem Verhältnisse der Ausflusgeschwindigkeiten abnehmen, d. i. in dem Verhältnisse der Quadratwurzeln der Druckhöhen. Die Durchmesser der Querschnitten des Gefäßes müßten sich also wie die Wurzeln der 4ten Potenzen aus den Druckhöhen verhalten. Diese giebt eine Gestalt des Gefäßes wie sie Fig. 62 darstellt. Hierauf beruht die Einrichtung der sonst mehr als jetzt üblichen Wasseruhren. Quecksilber und Wasser, und überhaupt Flüssigkeiten von sehr verschiedenem specifischem Gewichte, fließen bey gleicher Druckhöhe mit gleichen Geschwindigkeiten aus. Denn es kommt hier nicht auf die absolute Größe des Drucks, sondern auf die durch denselben erzeugte beschleunigende Kraft an. Nun ist der Druck eine Function aus der Höhe multipliciret in die Dichte der Flüssigkeit, die beschleunigende Kraft aber eine Function aus dem Druck dividiret durch die Dichte, daher blos durch die Druckhöhe bestimmt. Wohl aber fließet des wärmern Wassers unter gleicher Druckhöhe mehr aus derselben Oeffnung als des kältern, nicht weil das Wasser durch die Erhöhung der Temperatur specifisch leichter, sondern weil es flüßiger wird.

§. 61.

Da die hydrostatische Pressung in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel nach allen Richtungen gleich stark wirkt, so treten dieselben Geseze ein, wenn man die Ausflussoeffnungen, statt in dem Boden, in der lothrechten Seitenwand des Gefäßes anbringt. Die Tiefe des Mittelpuncts der Oeffnungen unter dem Wasserspiegel gilt dann für die Druckhöhe. Es mögen a, b zwei solche Oeffnungen in der lothrechten Seitenwand AB eines Gefäßes Fig. 63 bezeichnen. Die Wasserstrahlen haben in dem Augenblick, wo sie aus den Oeffnungen treten, horizontale Geschwindigkeiten, die ihren Druckhöhen entsprechen, nun kommt der freie Fall der Schwere hinzu, und sie müssen nach §. 44

parabolische Linien a_0 , b_0 beschreiben. Fängt man einen solchen parabolischen Wasserstrahl in einer der Druckhöhe gleichen Tiefe unter der Oeffnung auf, so sind die Strahlweiten b_0 , BC den doppelten Druckhöhen gleich. Dieß ist eine Folge des §. 60 ausgesagten Gesetzes, und so läßt sich eins durch das andere prüfen. Reichte eine Oeffnung in der Seitenwand von a bis b , so würden die einzelnen Wasserstrahlen mit ungleichen Geschwindigkeiten zur Oeffnung herausströmen, so lange indessen ab , gegen die Tiefe unter dem Wasserspiegel einigermaßen klein bleibt, darf man die mittlere Tiefe A_m für die zur gesammten Oeffnung gehörige Druckhöhe nehmen.

Wir haben gesehen, daß die zur Druckhöhe h gehörige Geschwindigkeit durch $2\sqrt{gh}$ dargestellt wird. Hat diese Geschwindigkeit eine horizontale Richtung, so würde die horizontale Weite des Wasserstrahles in t Secunden $t \cdot 2\sqrt{gh}$ seyn. Nun fällt ein Körper durch die Höhe h in $\sqrt{\frac{h}{g}}$ Secunden, also ist der horizontale Weg des Wasserstrahles in dieser Zeit $\sqrt{\frac{h}{g}} \cdot 2\sqrt{gh} = 2h$. Dieß ist der oben ausgesagte Satz.

Von den Springwerken.

§. 62.

Ist wie Fig. 64 die Ausflußöffnung nach oben gekehrt, so springt das Wasser aus derselben mit einer der Druckhöhe AB zugehörigen Geschwindigkeit hervor, und der Wasserstrahl CD würde genau die Höhe BA erreichen, wenn kein Verlust an Geschwindigkeit in der Oeffnung, und kein Widerstand der Luft Statt fände.

Um letzterem besser zu begegnen und den Strahl mehr

zusammenzuhalten, giebt man der Ausgüßmündung eine etwas conische Gestalt, und neiget zugleich die Röhre etwas von der lothrechten Richtung ab, damit das zurückfallende Wasser dem nachfolgenden durch seine Schwere nicht entgegenwirke. Die Strahlhöhe CD bleibt indessen auch unter den günstigsten Umständen gegen die Druckhöhe BA zurück und die Erfahrung hat gelehret, daß die Unterschiede zwischen den Strahl- und Druckhöhen sich nahe wie die Quadrate der Strahlhöhen verhalten. Man bemerke folgende zusammengehörige Werthe

A B	— —	C D
5 Fuß	1 Zoll	— 5 Fuß
10 —	4 —	— 10 —
15 —	9 —	— 15 —
21 —	4 —	— 20 —
27 —	1 —	— 25 —
u. s. w.		

Es sey BC ein bey CE mit einem Zapfen versehenes Röhrenstück; zieht man den Zapfen, damit das Wasser zur vollen Oeffnung mit der ihm zukommenden Geschwindigkeit herausströmen kann, so verschwindet der Springstrahl CD völlig, weil nun keine hydrostatische Pressung mehr nach der Seite hin in BC existiret. Schließet man die Oeffnung CE, aber nur theilweise, so kommt der Springstrahl wieder zum Vorschein, desto höher je kleiner die Oeffnung CE ist. Dieser Versuch belehret uns, 1ten, daß eine jede hydrostatische Pressung von dem aufgehobenen Bestreben nach Bewegung herührt; 2ten, daß derjenige Theil der Kraft, welcher auf die Erzeugung von Bewegung verwendet wird, stets von der hydrostatischen Pressung abgeht.

Hieraus ergiebt sich für die Anlegung von Springwerken die practische Folge: es soll der Querschnitt der Zuleitungsröhre gegen den Querschnitt der Strahlöffnung groß seyn, damit die durch den Ausgüß des Strahles in der Zuleitungsröhre erzeugte Geschwindigkeit klein ausfalle.

Die Geseze der künstlichen Springwerke erläutern uns auch das Herworsprudeln der natürlichen Quellen an den Gebirgsabhängen

und in den tiefer gelagerten Ebenen. Wir dürfen den Ursprung der Quellen nicht da suchen, wo sie zu Tage hervorkommen. Die Gewässer derselben können im Innern der Erde schon einen weiten Weg in den natürlichen Gängen und Spalten der Erdschichten zurückgelegt haben. Je tiefer der Fall ist, desto stärker wird die Kraft seyn mit welcher die Quelle zum Vorschein kommt. Denken wir uns statt des Wasserdrucks AB auf die Oberfläche des Wassers BB' in einem überall bis auf die Springöffnung verschlossenen Gefäße eine mechanische Gewalt, so wird durch diese der Wasserstrahl nach ähnlichen Gesetzen hervorgetrieben werden. Hierauf beruht die Einrichtung der Spritze.

Von der Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen.

§. 63.

Wenn Wasser unter einer bestimmten Druckhöhe AB durch eine lange Röhrenleitung AC Fig. 65 fließet (welche wir vorerst horizontal und geradlinig annehmen wollen), so erleidet das Wasser nicht bloß bey seinem Eintritt in die Röhrenleitung den schon oben bemerkten Verlust an Geschwindigkeit, sondern das Wasser wird in jedem Querschnitt der Röhrenleitung durch die Anziehung der Röhrenwand und seine unvollkommene Flüssigkeit verzögert. Diese Verzögerung steht im verkehrten Verhältnisse des Durchmessers der Röhrenleitung und in dem geraden ihrer Länge; auch ist sie von der Geschwindigkeit abhängig; man kann sie dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzen. Nach Bossut gab eine Röhrenleitung von $\frac{4}{3}$ Zoll im Durchmesser bey einer Druckhöhe von 24 Zoll und einer Länge von 90 Fuß 28 Zoll Geschwindigkeit für das ausfließende Wasser, wurde die Röhrenleitung auf 120 Fuß verlängert, so betrug die Geschwindigkeit nur 24 Zoll. Berechnet man die Geschwindigkeit aus der Druckhöhe nach der Formel

$2\sqrt{gh}$, wo man $y = 15 \cdot 12 = 180$ Zoll setzt, so findet man für die Geschwindigkeit 131 Zoll. Da nach Bossut schon bey dem Eintritt in die Röhrenleitung $\frac{3}{16}$ an Geschwindigkeit verloren geht, so reducirt sich die Geschwindigkeit auf 160 Zoll, der übrige bey weitem größere Theil des Verlustes an Geschwindigkeit rühret von dem Widerstand der Röhrenleitung her. Vergleicht man mehrere solche Erfahrungen nach den aufgestellten Grundsätzen unter einander, so kann man daraus einen allgemeinen Ausdruck herleiten, welcher die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhrenleitungen darstellt.

Nach Langsdorf erhält man die Geschwindigkeit in einer nicht sehr gekrümmten Röhrenleitung durch den Ausdruck

$$c = 2 \sqrt{\left(\frac{gh}{1,538 + \frac{0,0251}{d}} \right)}$$

wenn man unter g den Fallraum in einer Secunde, unter h die Druckhöhe, unter l die Länge und unter d den Durchmesser der Röhrenleitung, alles in pariser Zollen gemessen, versteht. Hat die Röhrenleitung viele Krümmungen, so fällt die Geschwindigkeit wegen dem Anstoß in den Krümmungen noch etwas kleiner aus. Ist die Röhrenleitung nicht horizontal, sondern geneigt, so muß man unter der Druckhöhe h die lothrechte Höhe von dem Wasserspiegel an bis zum Ausguß der Röhrenleitung verstehen.

**Von der Bewegung des Wassers in offenen
Kanälen und Flüssen.**

S. 64.

Das Wasser, welches in dem Bette eines offenen Kanals oder Flusses fortrinnet, steht unter denselben Ge-

setzen der Schwere, wie eine Kugel die auf einer geneigten Ebene hinabrollt. So wie die Kugel mit beschleunigter Geschwindigkeit fällt, eben so würde das Wasser eines Flusses mit immer wachsender Geschwindigkeit von seinem Ursprunge an bis zum Ausfluß in das Meer fortströmen, wenn nicht der Widerstand des Bettes jene beschleunigende Kraft aufhobe, und die Bewegung, wenigstens auf gewisse Strecken hin in eine gleichförmige verwandelte. Betrachten wir einen Bergstrom, welcher sich von einer steilen Wand herabwälzet, so ist die Geschwindigkeit desselben wohl anfänglich beschleuniget, sehr bald wird aber durch die wachsende Kraft des Wassers das Bette immer tiefer ausgehölet, die Größe des Umfangs desselben und mit ihr der Widerstand so vermehret, daß die fernere Beschleunigung aufhöret. Hierzu kommen die vielen Hindernisse, welche den Strom nöthigen Krümmungen zu bilden; wodurch Anstöße und Rückprallungen entstehen, die das Wasser von dem einen zu dem andern Ufer werfen, und die Geschwindigkeit noch mehr vermindern. Tritt nun der Fluß aus den gebirgigten Gegenden in das flache Land, so wird mit dem verminderten Gefälle die Gewalt des Stromes schwächer, er setzt nach und nach die fortgeführten losen Stein- und Sandmassen nieder, verflächet sein Bette und vergrößert dessen Umfang. Durch alle diese Hindernisse zusammengenommen, tritt gerade das umgekehrte Phänomen ein, von demjenigen welches erfolgen würde, wenn das fließende Gewässer bloß den Gesetzen fallender Körper auf einer schiefen Ebene unterworfen wäre. Die Ströme fließen anfangs schneller, dann immer langsamer bis zu ihrem Ausfluß in das Meer. Doch kann man die Bewegung in einzelnen Strecken derselben, so lange das Bette, das Gefälle und die Wassermenge nahe dieselben bleiben, für eine gleichförmige

mitge achten, deren Geschwindigkeit desto größer ausfallen wird, je größer das Gefälle der Wassermenge, und je kleiner der Umfang des Bettes ist.

Es bezeichne $d a c o$ Fig. 66 das Längenprofil einer Stromstrecke in welcher man die Bewegung des Wassers als gleichförmig betrachten kann. Die Kraft, welche hier die Wassermasse fortschiebt, kann man sich als eine fortdauernde hydrostatische Messung der obern Wasserprofile gegen die untern denken. Es mögen m, n zwei an einander gränzende quer durch den Strom gehende Wasserschichten vorstellen.

Der Druck der obern Schichte übertrifft den Druck der untern gegen die gemeinschaftliche Gränzfläche um die Größe $z x$, welche dem Sinus des Winkels $z y x = \text{Sinus } f d o$, d. i. dem Gefälle des Wasserspiegels proportional ist. Nun bezeichne $a c b$ Fig. 67 das Querprofil des Stromes; die Wasserkraft wird der durch das Profil gehenden Wassermasse, also der Größe des Querschnittes, die Hemmung des Bettes aber dem Umfang desselben $a c b$ proportional gesetzt werden können. Durch solche Betrachtungen geleitet, findet man für die Geschwindigkeit eines im Beharrungsstande befindlichen Stromes den Ausdruck $v = A \cdot r \text{ Sin } f d o$, worin v die Geschwindigkeit, A eine durch die Erfahrung zu bestimmende Zahl und r den Quotienten aus dem Querschnitt des Bettes dividiret durch den Umfang bezeichnen. Mehrere Erfahrungen im Mittel geben für $A = 321$, wenn man r und v in pariser Zollen ausdrückt.

Um die Geschwindigkeit eines Stromes auf der Oberfläche zu messen, bedient man sich schwimmender Körper, die durch angehängte Gewichte eintauchen, und oben mit einer über das Wasser emporstehenden Fahne versehen sind. Die Geschwindigkeit in der Tiefe zu messen hat man vielerlei Werkzeuge erdacht. Eins der einfachsten ist die Pitotsche Röhre, eine unten recht winklich, gebogene Röhre $o d e$ Fig. 68 wird mit der Axe $d o$ in die Richtung des Stromes gestellt, der obere über das Wasser hervorragende Theil der Röhre muß von Glas seyn. Ruhte das Wasser, so würde der Stand desselben in der Röhre in den Wasserspiegel $b a$ fallen; durch den Stoß des strömenden Wassers wird die Wassersäule in der Röhre so lange ansteigen, bis der Druck der angestiegenen Wassersäule $a o$ dem Stoß gleich kommt. Da nun zu einer Wasserhöhe $= a o$ die Geschwindigkeit $= 2 \sqrt{y \cdot a o}$ gehöret, so kann man hier-

durch auf die Geschwindigkeit des Stromes schließen. Die Erfahrung hat gelehret, daß die einzelnen Geschwindigkeiten in demselben Querprofil nicht so sehr verschieden ausfallen, wie man früher, durch eine falsche Theorie verleitet, glaubte. Die größte Geschwindigkeit findet sich in der Mitte des Stromstriches etwas unter der Oberfläche in m , kleiner wird sie gegen dem Umfang des Bettes, am kleinsten gegen a und b . Der obige Ausdruck für v bezieht sich auf die mittlere Geschwindigkeit; multiplicirt man diese Größe mit dem Querschnitt, so erhält man die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt fließende Wassermenge, das heißt die Mächtigkeit des Stromes. Die Einrichtungen anderer Strommesser, wie z. B. Wolmanns hydromatischer Flügel, Brünning's Strommesser können hier der Kürze wegen nicht erwähnt werden. Man sehe Brünning's Abhandl. über die Geschwindigkeit des fließenden Wassers übersetzt von Krönte.

Vom Stoß und Widerstand des Wassers.

§. 65.

Wenn strömendes Wasser gegen einen ruhenden festen Körper trifft, so übt es gegen denselben einen Stoß aus; wird ein fester Körper in ruhendem Wasser fortbewegt, so muß er dasselbe vor sich hertreiben und das Wasser widersteht ihm. Wenn es nun einerlei ist, Bewegung zu erzeugen, oder vorhandene zu vernichten, so könnte man Stoß und Widerstand des Wassers unter einerlei Gesichtspunct zusammenfassen. Dieß thut die gewöhnliche Theorie vom Stöße flüssiger Körper. Wir wollen uns einen von ebenen Flächen begränzten Körper denken, z. B. ein Parallelepipedum; die dem Strom zugekehrte Fläche heißt die Stoßfläche des Körpers, die Richtung des Stosses sey senkrecht auf diese Fläche, man fraget nach der Größe des Stosses? Wäre umgekehrt das Wasser ruhend, und der Körper würde mit der Geschwindigkeit des Stromes fort-

geführt, so müßte er dem Wasser seine Geschwindigkeit mittheilen. Sucht man die Höhe einer Wassersäule, welche durch ihren Druck eine gleiche Geschwindigkeit in dem Wasser erzeugte, so könnte man diesen Druck über der Stoßfläche als das Maas des Stosses betrachten. Es heiße jene Druckhöhe = h , die Stoßfläche = a^2 , so würde das Gewicht einer Wassersäule von der Größe = $a^2 \cdot h$ die Größe des Stosses geben. Wir haben §. 60 zwischen der Geschwindigkeit c und der Druckhöhe h die Gleichung $c = 2\sqrt{gh}$ gefunden, woraus wir umgekehrt $h = \frac{c^2}{4g}$

folgern. Dieß heißt: man dividire das Quadrat der Geschwindigkeit des Wassers durch den 4fachen Fallraum in einer Secunde, so erhält man die Höhe, welche mit der Stoßfläche multipliciret die Wassersäule giebt, deren Gewichte der Größe des Stosses gleich ist. Geht die Richtung des Stosses schief gegen die Stoßfläche, so zerlege man dieselbe in zwei Theile, wovon der eine Theil senkrecht auf der Stoßfläche, der andere mit ihr parallel ist, bloß der erste Theil ist hier der wirksame, und dem Sinus des Anstoßwinkels proportional. Kann die Fläche nur nach der ursprünglichen Richtung des Stosses ausweichen, so wird der schiefe Stoß durch das Quadrat des Sinus des Anstoßwinkels bestimmt.

Beispiel. Es sey die Stoßfläche ein Quadratfuß, die Geschwindigkeit = 6 Fuß, so erhält man für die Druckhöhe $h = \frac{6^2}{4 \cdot 15} = \frac{36}{60} = \frac{6}{10}$ Fuß. Also das dem Stoß gleiche Gewicht der Wassersäule = $\frac{6}{10} \cdot 70$ Pf. = 42 Pf. in pariser Maas u. Gewicht. Wäre der Anstoßwinkel = 60° , so müßten wir jenes Gewicht noch mit dem Sinus des Anstoßwinkels oder 0,86 multipliciren, und es verminderte sich auf 36 Pfund.

Zieht man die Erfahrung zu Rath, so findet man dieselbe nur dann mit der Theorie übereinstimmend, wenn eine kleine Stoßfläche einem großen gleichsam unbegrenzten Wasserstrom ausgesetzt wird, und wenn der Anstoßwinkel ein rechter ist, oder wenigstens nicht unter 60° beträgt. Wird der Anstoßwinkel kleiner, so vermindert sich zwar der Stoß, aber in einem geringern Verhältnisse als dem der Sinusse der Anstoßwinkel. Auch wird der senkrechte Stoß größer, selbst noch einmahl so groß, als ihn die zur Geschwindigkeit gehörige Fallhöhe giebt, wenn eine Stoßfläche einem isolirten Wasserstrahle dargeboten wird, welche wenigstens noch einmahl so groß ist als der Querschnitt dieses Wasserstrahles.

Das Wasser wird dann nicht plötzlich an der Stoßfläche, sondern in einiger Entfernung von derselben in krummen Linien abfließen. Setzt man voraus, daß die Tangenten der Anfangselemente dieser krummen Linien parallel mit der Axe des Strahles, und die Tangenten der am Ende liegenden Elemente parallel mit der Stoßfläche seyen, so erhält man mit Hülfe der Analysis eine Pressung senkrecht gegen die Stoßfläche, welche der doppelten zur Geschwindigkeit gehörigen Fallhöhe entspricht. Hiermit stimmen unter den obigen Einschränkungen die Erfahrungen überein. (Man sehe Bossüs's Hydrodynamik.) Beide Theorien des Stoßes haben das mit einander gemein, daß die Größen des Stoßes sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, wie die Größe der Stoßfläche oder vielmehr die Querschnitte der anstossenden Wasserstrahlen, und wenn verschiedene Flüssigkeiten in Betracht kommen, wie die Dichten der Flüssigkeiten verhalten.

Aus den Gesetzen des Stoßes und des Widerstandes flüssiger Massen erläutern sich die Wirkungen der unterschlächtigen Wasserräder, des Steuerruders bey den Schiffen, so wie der Ruder überhaupt.

Nach den Gesetzen des schiefen Stoßes werden die spitzigen Vordertheile der Schiffe konstruirt. Aus dem großen Widerstand, welchen ein Schiff senkrecht auf seine größte Durchschnittsfläche erleidet, und dem verhältnismäßig viel geringern Anstoß, welchen das spitzige Vordertheil des Schiffes nach der Richtung des Rieles dem Wasser darbietet, mit Hülfe der Zerlegung der Kräfte eines schief gegen die Segel stossenden Windes, kann man sich erklären, wie man mit einem Winde fahren könnte, der nur wenige Striche des Compasses von der Richtung des Rieles abweicht, nach welcher das Schiff fortgehen soll.

nur verweisen können. Kürzlich haben die Gebrüder Ernst Heinrich und Wilhelm Weber eine auf Experimente gegründete Wellenlehre geliefert (Leipzig 1825), aus welcher wir folgendes in Beziehung auf die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mittheilen. Zur Erregung und Beobachtung solcher Wellen bedienen sich die Verfasser eines eignen Apparats, den sie die Wellenräume nennen; es ist ein langes, schmales, verhältnißmäßig hohes Parallelepipedum, dessen zwei gegen einander überstehende lange Seitenwände entweder ganz von Glas, oder wenigstens an mehreren Stellen davon aufgebaut sind.

Die Dimensionen der kleinern Wellenrinne waren 5 $\frac{1}{4}$ " Länge, 6" — 7" Breite, 8" Tiefe; der größeren 6' Länge, 1" $1\frac{1}{4}$ " Breite, 2 $\frac{1}{2}$ " Tiefe. Wird eine solche Wellenrinne mit Wasser, oder irgend einer andern Flüssigkeit gefüllt, oder auch mit mehreren übereinander stehenden zu gleicher Zeit, und man erregt dann durch Ansaugen und Fallenlassen der Flüssigkeit am Ende der Wellenrinne (oder auf irgend eine Art) Wellen, so kann man durch die Glaswände nicht nur deren Fortgang auf der Oberfläche, oder falls mehrere Flüssigkeiten übereinander stehen an ihren Gränzflächen, sondern auch die Bewegung der einzelnen Flüssigkeitstheilchen im Innern der ganzen Massen wahrnehmen. Dabey hat sich folgendes ergeben. Eine Welle wie A B C D E F G Fig. 70 * besteht aus einer großen Menge in verticalen Ebenen rotirender Wassertheilchen, deren Bahnen nach der Oberfläche hin kreisförmig oder nahe kreisförmig, in der Tiefe aber elliptisch sind. Die großen Axen der elliptischen Bahnen liegen wagrecht, die verticalen Durchmesser der Bahnen werden immer kleiner, je tiefer sie unter der Oberfläche liegen. Von dem verticalen Durchmesser der obersten Bahnen hängt die Höhe der Wellenberge D, D', D'' ab. Die Wellenlinie D E F G H J bildet eine Art Cycloide, weniger oder mehr gedehnt, je nach dem sich die Bahnen der Flüssigkeitstheilchen der Kreisform mehr nähern. Eine jede Schwingungsbahn A A' A'' wird in derselben Zeit beschrieben, in welcher eine Welle um ihre Breite von D nach J fortrückt. Es hängt also die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Wellen von ihrer Breite, und zugleich von der Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Theilchen ab. Letztere wird durch die Größe der erregenden Kraft, durch die Höhe der Wellen und ihre Breite zugleich bestimmt. (Hiernach sind alle Theorien unrichtig, welche die Geschwindigkeit der Wellen bloß von ihrer Breite abhängen lassen.) Die Richtung der rotirenden

Schwingungen ist der fortschreitenden der Wellen entgegengesetzt, daher die Bewegungen der einzelnen schwingenden Theilchen in der hintern Hälfte der Welle BCD nach unten, in der vordern EFG nach oben gerichtet sind.

Man sehe die Richtung der Pfeile Fig. 70 *. Woher mag die rotirende Bewegung und die bestimmte Richtung derselben kommen? Wir erklären sie aus dem Impuls der Wellen erregenden Kraft, und der unvollkommenen Flüssigkeit, oder der sogenannten Klebrigkeit der flüssigen Massen.

Wir wollen uns die erregende Kraft von der Seite A her von unten nach oben wirkend denken, indem die in A und unter A liegenden Theilchen angehoben werden, widerstehen die in B und unter B liegenden jetzt noch als ruhend gedachten Theilchen vermöge ihrer Klebrigkeit. Es müssen daher die in A befindlichen Theilchen nach der Richtung A A' A'' in Rotation kommen. Da nun die erregende Kraft sich auf dieselbe Weise von einer Flüssigkeitssäule zur andern fortpflanzt, so müssen die in allen rotirenden Theilchen nach einerlei Richtung schwingen; sie fangen aber ihre Schwingungen in verschiedenen auf einander folgenden Zeitmomenten an, so daß, wenn zum Beispiel das in erster Bahn schwingende Theilchen in A' ist, das in der zweiten schwingende sich in B' befindet u. s. w.

Die Geschwindigkeit der Wellen in Flüssigkeiten von sehr verschiedner Dichte, sind nahe gleichzeitig, wenn Höhe und Breite der Wellen gleich bleiben. Hierin unterscheiden sich die Wellen der tropfbaren Flüssigkeiten sehr von den Wellen der elastischen Flüssigkeiten.

Die merkwürdige Wellen stillende Kraft des auf der Oberfläche des Wassers verbreiteten Oehles scheint auf die verminderte Adhäsion der Luft gegen die fettige Oberfläche des Wassers zurückgeführt werden zu müssen.

Von den Gesetzen des Gleichgewichts fester Körper die in Flüssigkeiten getaucht sind.

§. 67.

Man denke sich einen festen Körper, z. B. einen Würfel, in Wasser versenkt, so leidet der feste Körper von der Flüssig-



sigkeit überall einen Druck, welcher nach den §. 56 vorgetragenen Sätzen bestimmt werden kann. Je zwei Pressungen auf entgegengesetzten Seitenflächen werden sich als gleich groß vernichten. Auf die obere Grundfläche des Würfels (die wir uns in wagrechter Lage denken) geht ein Druck, welcher dem Gewicht des aufliegenden Wassers gleich ist, auf die untere Grundfläche ein Druck aufwärts, welcher jenem Gewichte, nebst dem Gewichte einer den Raum des Würfels füllenden Wassermasse gleich kommt. Der Druck aufwärts übertrifft also den Druck unterwärts um die letztgenannte Größe.

Der Würfel wird also im Wasser so viel von seinem Gewicht verlieren, als das Wasser wiegt, welches er aus der Stelle treibt. Dieß übersieht man noch kürzer so: bevor der feste Körper in das Wasser kam, war alles im Gleichgewicht, folglich mußte das Wasser, welches jetzt noch die Stelle des festen Körpers einnahm, sein ganzes Gewicht durch den umgebenden Druck verloren haben. Tritt nun der feste Körper an die Stelle des Wassers, so ändert sich dadurch der Druck des umgebenden Wassers nicht, es muß daher der feste Körper im Wasser eben so viel verlieren, als vorher das an seiner Stelle befindliche Wasser verlor. Hieraus erhellet zugleich, daß die Größe des Gewichtsverlustes im Wasser nicht von der Gestalt noch Beschaffenheit des eingetauchten Körpers, sondern bloß von seiner Größe abhängt. Hieraus ziehen wir also den Schluß: jeder Körper, von beliebiger Gestalt und Beschaffenheit, verlieret, in eine Flüssigkeit eingetaucht, so viel von seinem Gewicht, als die Flüssigkeit wiegt, die er aus der Stelle treibt. Ein Versuch zur Erläuterung des Satzes ist folgender. Man bringe an einer Wage einen hohlen und einen massiven Würfel ins Gleichgewicht, tauche dann den massi-

den Würfel ins Wasser, so muß man, zur Herstellung des Gleichgewichts, den hohlen Würfel mit Wasser anfüllen.

§. 68.

Als Folgen des Satzes §. 67 können wir ableiten: Körper von gleichem Gewicht, aber ungleicher Größe, verlieren in Wasser eingetaucht ungleich viel an Gewicht, der größere mehr, der kleinere weniger. Körper von gleicher Größe, aber ungleichem Gewicht, verlieren gleich viel unterm Wasser. Bringt man einen Körper nach einander in verschiedene Flüssigkeiten, so verlieret er in der schwerern mehr, in der leichtern weniger von seinem Gewicht.

Versuche zur Erläuterung dieser Sätze sind: zwey gleiche Kugeln von Elfenbein an eine Wage aufgehängt, dann die eine in Wasser, die andere in Weingeist getaucht, halten einander nicht mehr das Gleichgewicht, sondern die Kugel im Weingeist sinkt. Eine Kugel von Bley und eine von Elfenbein von gleicher Schwere an einer Wage aufgehängt, dann beide unter Wasser getaucht, so sinkt die bleyerne Kugel.

§. 69.

Ein in Wasser gesenkter Körper wird, je nachdem sein Gewicht größer, kleiner oder eben so groß, als das Gewicht des aus der Stelle getriebenen Wassers ist, sinken, steigen oder schweben; im letztern Falle bleibt er an jeder Stelle der Flüssigkeit wo man ihn hin bringt in Ruhe, vorausgesetzt, daß diese überall von gleicher Dichte sey. Die Kraft womit ein Körper in einer Flüssigkeit sinkt, oder von ihr in die Höhe getrieben wird, heißt seine relative Schwere, welche Kraft im letztern Fall als eine negative zu betrachten ist. Diese Lehren lassen sich ebenwohl auf flüssige Körper, welche andern Flüssigkeiten einge- mengt sind, anwenden. So steigt ein Tropfen Oehl im

Wasser in die Höhe, weil er leichter als ein gleich großer Wassertropfen ist; ein Luftballon steigt in der Luft an, so lange die von ihm aus der Stelle gedrängte Luft schwerer als er selbst ist. Erwärmtes Wasser, oder erwärmte Luft steigen in kälterem Wasser oder in kälterer Luft in die Höhe, weil sie durch die Wärme ausgedehnter und folglich specifisch leichter als die umgebende Flüssigkeit sind. Hierauf beruht das Ziehen unsrer Kamine und überhaupt das Ansteigen der Dünste in der Atmosphäre.

S. 70.

Das Gewicht eines auf dem Wasser schwimmenden Körpers ist jederzeit so groß als das Gewicht des Wasserkörpers, welchen sein eingetauchter Theil aus der Stelle treibt. Vermehret man jenes Gewicht, so taucht sich der Körper tiefer ein, vermindert man es, so wird der Körper von dem Wasser gehoben. Hierauf beruht die Belastung der Schiffe. Um die Tragbarkeit eines Schiffes zu berechnen, messe man seinen unter Wasser gehenden Raum aus, betrachte ihn als einen Wasserkörper und suche dessen Gewicht. Es betrage dieser Raum z. B. 1000 pariser Cubikfuß, so ist die Tragbarkeit des Schiffes = 70000 Pf.

Ein schwimmender Körper schwimmt nicht in jeder Lage mit gleicher Sicherheit vor dem Umschlagen. Es kommt hierbey auf die relative Lage des Schwerpunkts des schwimmenden Körpers gegen den Schwerpunkt des aus der Stelle getriebenen Wasserkörpers an. Von jenem Punkt geht die nach unten gerichtete Kraft, von diesem die nach oben gerichtete Kraft aus. Beide Punkte müssen nothwendig in eine lothrechte Linie fallen, wenn der schwimmende Körper ruhen soll; hierbey finden noch dreierley Lagen der beyden Schwerpunkte gegen einander Statt: 1) sie können zusammen fallen, dann ist

der schwimmende Körper gegen jede Drehung gleichgültig, wie wenn eine Kugel ganz unter Wasser versenkt ist.

2) Der Schwerpunkt des schwimmenden Körpers lieget tiefer, als der Schwerpunkt des aus der Stelle getriebenen Wasserkörpers.

Dies ist die sicherste Lage die ein schwimmender Körper haben kann; denn wenn irgend eine Kraft den schwimmenden Körper schwanken macht, so hebt sie seinen Schwerpunkt, der dann, sich selbst überlassen, wieder in seine vorige Lage, pendelartig, zurückfällt.

3) Der Schwerpunkt des Körpers liegt höher, als der Schwerpunkt des verdrängten Wassers. In diesem Falle ist die Lage des schwimmenden Körpers nur dann gegen Drehung gesichert, wenn beide Punkte einander so nahe wie möglich liegen, der Schwerpunkt des Körpers, also durch eine Drehung nicht tiefer kommen kann. Hieraus folgt, daß ein Körper mit seiner breitem Seite ins Wasser getaucht sicherer schwimmt, als mit der schmalen.

Hierauf gründet sich der zweckmäßige Bau und die gehörige Belastung der Schiffe. Bey ersterem kommt zugleich die leichtere Beweglichkeit des Schiffes nach der Richtung des Rieles und dem Vordertheil in Anschlag. Man betrachte den Bau der Fische! Der runde, jedoch etwas abgerundete Kopf, der lange keilförmig mit gehöriger Breite auslaufende und mit der großen Schwanzflosse versehene Hintertheil, verbunden mit den Seitenflossen, und der großen Schlüpfrigkeit der Oberfläche sind die vorzüglichsten Mittel, welche die Natur diesen Thieren zur leichten Fortbewegung im Wasser gegeben hat. Die große Schwanzflosse dienet den Fischen nicht bloß als Steuerruder zur Lenkung, sondern auch zum Fortschwimmen, indem ein schneller Doppelschlag mit dem Schwanz wegen des Widerstand's des Wassers, wie zwei von hinten her nach vornen unter spitzen Winkeln gerichtete Seitenkräfte wirken. Manchen Fischen hat die Natur eine Schwimmblase gegeben, die sie nach Willkühr mehr und weniger zusammenpressen können, um im Wasser zu sinken oder zu steigen. Doch besitzen auch die mit keiner Schwimmblase versehenen Fische dieß Vermögen (vielleicht in einem mindern Grade).

Ein Körper, welcher specifisch leichter als Wasser ist, kann mit einem specifisch schweren so verbunden werden, daß beide zusammen specifisch leichter als Wasser sind und folglich schwimmen.

Hierauf beruht die Einrichtung der Schwimmgürtel, Schwimmkissen.

Die allgemeinen Regeln zur zweckmäßigen Verfertigung solcher künstlichen Schwimmmittel sind folgende:

1) man nehme des leichtern Körpers so viel, daß die Auftriebskraft das vereinigte Gewicht beider Körper übertreffe;

2) man gebe dem leichtern Körper eine möglichst breite, nach der Oberfläche des Wassers hin sich ausdehnende Gestalt;

3) man bringe den leichtern Körper so nahe wie thunlich bey demjenigen Theile des schwerern Körpers an, welcher über Wasser erhalten werden soll.

Beispiel zu 1).

Es wiege ein Mensch 130 Pfund, sein Raum betrage 2 Cubikfuß, man fragt wie viel Korkholz müßte der Mensch mit seinem Körper verbinden, wenn der 4te Theil desselben über Wasser bleiben soll, vorausgesetzt, daß ein Cubikfuß Kork 17 Pfund, ein Cubikfuß Wasser 70 Pfund wiege. Dieß giebt folgende Rechnung.

$$130 \text{ Pfund} + 17x = 1\frac{1}{2} \cdot 70 \text{ Pfund} + 70x$$

$$130 - 105 = (70 - 17)x$$

$$x = 0,471 \text{ Cubikfuß} = 8 \text{ Pfund Kork.}$$

Von der Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper durch Abwiegen im Wasser.

§. 71.

Eine der wichtigsten Anwendungen von dem Gleichgewichte der unter Wasser versenkten Körper, ist die Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper, wobey man das specifische Gewicht des Wassers zur Einheit angenommen hat. Man wiege einen Körper, dessen specifisches Gewicht man bestimmen will, genau ab, versenke ihn dann

unter Wasser, suche den Verlust an Gewicht, welchen er in dem Wasser erleidet, und dividire mit diesem Verlust in das Gewicht des Körpers, so erhält man das specifische Gewicht. Wäre der Körper leichter als Wasser, so muß man mit demselben einen schwerern Körper so verbinden, daß beide zusammen sich unter Wasser versenken; von dem gesammten Verlust an Gewicht, ziehe man den Verlust, welchen der schwere Körper allein erleidet, ab, so erhält man den Verlust des leichtern Körpers im Wasser, welchen man in das Gewicht des Körpers dividiret, um das specifische Gewicht zu finden.

Da die specifischen Gewichte nichts anders sind als Verhältnißzahlen, welche angeben, wie viel Mal ein Körper schwerer oder leichter als Wasser ist, der Verlust im Wasser aber das Gewicht eines gleich großen Wasserkörpers angiebt, so erhellet hieraus die Richtigkeit des Verfahrens.

Vorsichtsmaßregeln, welche bey Anstellung von Versuchen zur Bestimmung des specifischen Gewichts zu beobachten sind.

1) Man muß vor allen Dingen mit einer empfindlichen Wage und genauen Gewichten versehen seyn, die eine Wagschaale muß ein Häkchen haben, damit man unter derselben den unter Wasser abzuwiegenden Körper an einem feinen Faden aufhängen könne.

2) Man muß die chemische Reinheit und die sonstige physische Beschaffenheit des Körpers genau untersuchen, so wie auch seinen Fundort angeben.

3) Man bestimme den Thermometer und Barometerstand, bey welchem man die Versuche angestellet hat.

Alle Körper werden durch die Wärme ausgedehnet, der eine mehr, der andere weniger, daher müssen sich die Verhältnißzahlen der specifischen Gewichte mit der Temperatur ändern. Man ist gegenwärtig so ziemlich einverstanden, alle specifischen Gewichte auf die Temperatur der Eiskälte zu beziehen. (Eine mittlere Temperatur von $+ 10 - 15^{\circ}$ wäre vielleicht schicklicher, weil man bey dieser die Bestimmungen leichter unmit-

selbst erhalten kann.) Um dieß thun zu können, muß man wissen, wie viel das Wasser, und der Körper räumlich durch einen Grad des Thermometers ausgedehnt werden. Hat man die Temperatur beobachtet, wobey das specifische Gewicht bestimmt worden ist, so muß man das Resultat mit der Größe der Ausdehnung des Körpers multipliciren, und es durch die Größe der Ausdehnung des Wassers dividiren, um dasjenige Resultat zu erhalten, was man bey der Temperatur der Eiskälte gefunden haben würde. — Alle Körper sind bey dem gewöhnlichen Abwiegen in Luft eingetaucht, und verlieren daher so viel von ihrem absoluten Gewicht, als die Luft wieget, die sie aus der Stelle treiben. Dieß Gewicht ändert sich aber mit dem Barometer- und Thermometerstand. Hiervon im folgenden Abschnitte.

In der Regel ist der Verlust, den die Körper an Gewicht in der Luft erleiden, so klein, daß man ihn bey der Bestimmung der specifischen Gewichte vernachlässigen darf; nur dann muß er berücksichtigt werden, wenn die abzuwiegenden Körper sehr leicht sind, und einen großen Raum im Verhältniß der Gegengewichte einnehmen. Auf die Gestalt der Körper, deren specifisches Gewicht man bestimmen will, kommt zwar im Ganzen nichts an, jedoch dürfen die Körper keine zu große Oberfläche gegen ihre Masse haben, weil sonst die Adhäsion und der Widerstand der Flüssigkeit an und gegen die Oberfläche das genaue Abwiegen erschweret, und das Resultat unsicher macht.

§. 72.

Das specifische Gewicht der tropfbar flüssigen Körper zu bestimmen, kann man verschiedne Methoden befolgen.

1) Man wähle einen festen Körper, (z. B. eine Kugel von Glas) welcher sich im Wasser und vielen andern Flüssigkeiten einsenken läßt; untersuche wie viel der Körper an Gewicht im Wasser verlieret, und wie viel er in der Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht man bestimmen will, verlieret; mit dem erstern Gewichtsverlust dividire man in den letzteren, so erhält man das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

2) Man wähle einen hohlen Körper von bestimmter Größe, (am besten eine Glasflasche mit geschliffenem Stöpsel, durch welchen eine mit einem Zeichen versehene Röhre

geht) fülle denselben bey gleichen Temperaturen zuerst mit Wasser, dann mit der Flüssigkeit, das eine Mahl genau so weit als das andere Mahl an, suche durch die Wage das Gewicht des Wassers und das Gewicht der Flüssigkeit bey gleichem Raume, dividire letzteres durch ersteres, so erhält man das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

3) Man untersuche das specifische Gewicht einer Flüssigkeit durch einen hohlen mit Gewichten beschwerten Körper (Senkwaage, Aräometer), welcher auf dem Wasser und den zu untersuchenden Flüssigkeiten schwimmt. Diese Methode die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten durch die Senkwaage zu bestimmen, ist eine von den bequemsten und am häufigsten in Anwendung kommende, daher sie eine nähere Betrachtung verdient.

§. 73.

Man hat zwey Arten von Senkwagen, mit Scalen, und mit Gewichten. Die mit Scalen versehenen Aräometer gründen sich auf den Satz: wenn ein und derselbe Körper auf verschiedenen Flüssigkeiten schwimmt, so verhalten sich die eingetauchten Räume des Körpers verkehret wie die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten.

Hieraus bestimmt sich folgende Einrichtung für die Aräometer mit Scalen.

Man gebe einem solchen Körper (am besten von Glas) die Gestalt Fig. 71. A ist ein nach unten etwas zugespitzter kugelartiger Körper, B ein ähnlicher kleinerer Raum, welche vor der Schmelzlampe durch eine Glasblase verfertigt werden können; der obere Theil ab ist eine hohle cylindrische Röhre.

Man fülle in die untere Kugel B so viel Quecksilber, daß sich das Aräometer bis a in Wasser von der angenom-



menen Normaltemperatur eintauche, und suche darauf das Gewicht des Aräometers. Jetzt vermehre man das Gewicht desselben so lange, bis es sich im Wasser bis b einsenkt; das Verhältniß der beiden Gewichte giebt das Verhältniß der Räume Ba zu Bb an. Wir wollen annehmen, dieß Verhältniß sey $= 90 : 100$, und das Aräometer soll sich im Wasser bis a eintauchen, so muß man jetzt das später hinzugefügte Gewicht wieder wegnehmen, und dann den Raum B hermetisch versiegeln. Ist dieß geschehen und das Instrument senkt sich in einer andern Flüssigkeit bis b ein, so kann man nach dem oben aufgestellten Lehrsaß schliessen, daß sich das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit zum specifischen Gewicht des Wassers $= 90 : 100$ verhalte. Um zwischen den Punkten a und b die Scale so zu verzeichnen, daß sie den innerhalb 90 und 100 fallenden specifischen Gewichten entsprechen, verfähre man wie folgt.

Man errichte rechts und links von b die Perpendikel bd , ac , deren Längen sich gegen einander verhalten wie die Räume von $Bb : Ba$, im Bepspiel wie $100 : 90 = 10 : 9$; theile jedes derselben in so viel gleiche Theile, als man Theile auf ab haben will, verbinde die zusammengehörigen Punkte von cb rechter Hand, oder von da linker Hand gezählet durch gerade Linien, so geben deren Durchschnittspuncte mit ab die verlangte Scalentheilung, welche man wie die Figur zeigt, d. i. im umgekehrten Verhältnisse der Räume beschreibt. Man zeichnet die Scale bey gläsernen Werkzeugen am besten auf ein Papier, das man zusammenrollet und in die Röhre ab hineinschiebt. Das Gewicht der Scale vermindert das in B einzufüllende Gewicht an Quecksilber, worauf, bevor der Raum B verschlossen wird, Rücksicht genommen werden muß. Man kann der Scale eines Aräometers nicht wohl einen solchen Umfang geben,

daß sie die specifischen Gewichte aller Flüssigkeiten umfasse. Daher muß man sich mehrere Werkzeuge verfertigen, deren Scalen so aneinander passen, daß die eine da anfängt wo die andere aufhört.

Der Beweis der oben beschriebenen Verzeichnung der Gradtheilung beruht auf folgenden Gründen. Es bezeichne der Punct x einen mittlern Grad, z. B. den 95ten,

so muß $Bx : Ba = 100 : 95$ seyn,

also auch $ax : Ba = 5 : 95$

oder $ax = \frac{5}{95} \cdot Ba$. Da aber auch

$Ba : Bb = 90 : 100$, also

$ab = \frac{10}{90} Ba$, $Ba = 9 ab$

so hat man $ax = \frac{5}{95} \cdot 9 \cdot ab$

und $bx = ab - ax = \frac{50}{95} ab = \frac{5 \cdot 10}{95} ab$

oder $ax : bx = 9 : 10$

Dasselbe Verhältniß giebt auch die Construction.

§. 74.

Die Aräometer mit Gewichten sollen sich in verschiedenen Flüssigkeiten gleich tief, bis zu einem am Halse befindlichen Normalpuncte, einsenken, ihre absoluten Gewichte müssen also im Verhältnisse der specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, worauf sie schwimmen, verändert werden, damit man aus dem Verhältniß der erstern auf das Verhältniß der letzteren schliessen könne. Folgende Einrichtung ist hierzu die passendste.

Man lasse sich einen hohlen Körper von Glas von der Gestalt Fig. 72 verfertigen. Das Halschen zwischen der Schale C und dem Körper A kann ein massives Glasstängelchen seyn, damit es dünne und hinlänglich stark ausfalle. In die untere Kugel B wird so viel Quecksilber eingefüllet, und dieß so tief unter A angebracht, daß man etwas über die Hälfte von dem Gewichte des Werk-

zeuges Beschwerung auf die Schale legen könne, ohne zu besorgen, daß das Aräometer umschlage, oder sich schief stelle. Man gebe z. B. dem Werkzeug 700 Gewichtstheile, indeß das größte Auflegegewicht 400 — 500 Theile sey. Nun suche man dasjenige Auflegegewicht, bey welchem das Aräometer in Wasser von der Normaltemperatur bis n eintauche. Dieß Gewicht sammt dem Gewicht des Werkzeugs heiße = p ; taucht nun, bey verändertem Auflegegewicht, das Aräometer in einer andern Flüssigkeit wieder bis n und sein gesamntes Gewicht heißet nun = q , so

würde $\frac{q}{p}$ das specifische Gewicht der Flüssigkeit' seyn.

Diese kleine Rechnung erspähret man, wenn man p gerade = 1000 nimmt. Dieß kann auf zweierlei Art erhalten werden. Entweder man bestimme den Raum von B bis n so daß er genau 1000 bekannte Gewichtstheile (z. B. Gran oder halbe Gran) Wasser von der Normaltemperatur fasse, welches einen wohl geübten Glasarbeiter fordert; oder man wähle die Größe des Werkzeugs nach seiner Bequemlichkeit, bestimme das Gewicht p durch einen genauen Versuch, theile darauf dasselbe auf einer scharfen Wage in 1000 gleiche Theile, und brauche solche Tausendtheile des Gewichts p als Auflegegewichte, so hat man ebenfalls was verlangt worden ist. Z. B. Es wiege das Aräometer für sich 700 Theile, bey einer Flüssigkeit (Alkohol) brauche man 91 Aufleggewicht, bey einer andern 412, so sind die specifischen Gewichte dieser beiden Flüssigkeiten 0,791 und 1,112 das Wasser zur Einheit genommen. Da die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, das Quecksilber ausgenommen, nicht über 2,000 ansteigen, so kann man mit zwei Werkzeugen der vorgeschriebenen Art völlig aus-

hen; ja mit einem, wenn man den Theil B von dem

Theil A sondert, und sich zwey Kugeln B, B' von gleicher Größe aber ungleichem Gewichte verfertiget, die man an den Theil A anhängen kann. Es wiege

A + B 700 Gewichtstheile

A + B' 1200 derselben, so wird man mit einem Werkzeug für alle Flüssigkeit ausreichen. Hätten B und B' nicht gleiche Räume, so müßte man sich für A + B' besondere Gewichtstheile verfertigen, auf ähnliche Art wie man sie für A + B gefunden hat.

§. 75.

Nicholson hat ein Aräometer angegeben, womit sich auch die specifischen Gewichte der festen Körper bestimmen lassen. Es beruht auf folgenden Gründen. Mit einem hohlen Körper A, der auf einem Stängelchen C die Schale D trägt, ist ein trichterförmiges Anhängengewicht B verbunden. Das Ganze ist specifisch leichter als Wasser, so daß noch ein bestimmtes Gewicht p in die Schale gelegt werden muß, um das Aräometer bis C ins Wasser zu versenken. Will man das specifische Gewicht eines Körpers K finden, von welchem wir voraussetzen, daß er weniger wiege als p, so bringe man den Körper statt p in die Schale D, und lege so viele Gewichte daneben, bis sich das Aräometer bis C eintaucht. Die zugelegten Gewichte von p abgezogen, geben das Gewicht des Körpers K. Jetzt bringe man den Körper von der Schale unter Wasser in den Trichter B; er wird um so viel weniger wiegen als er in dem Wasser verloren hat, und man muß Gewichte in der Schale zulegen, bis das Aräometer sich bis C einsenkt. Die zugelegten Gewichte drücken den Verlust der Körper in dem Wasser aus, dividiret man mit demselben in das vorhin gefundene Gewicht des Körpers, so erhält man das specifische Gewicht.

Die nachstehende 1te Tafel enthält die specifischen Gewichte mehrerer festen und flüssigen Körper nach den zuverlässigsten Beobachtungen, nebst Angaben der Temperaturen, wo sie bekannt sind. Wie die specifischen Gewichte der Gasarten gefunden worden sind, soll in dem folgenden Abschnitte weiter erläutert werden. Bey den specifischen Gewichten der Gasarten hat man das Gewicht der atmosphärischen Luft bey der Temperatur der Eiskälte und einem Barometerstand von 28 pariser Zollen zum Grunde gelegt.

Die zweyte Tafel enthält die Aenderung des specifischen Gewichts des Wassers nach Hallstrom's neuesten Untersuchungen über diesen Gegenstand, welcher die sämtlichen Beobachtungen der Naturforscher hierüber verglichen, und die wahrscheinlichsten Resultate berechnet hat.

Die zweyte Tafel dienet die specifischen Gewichte von einer Temperatur auf die andere zu bringen. Brisson z. B. giebt das specifische Gewicht des Eisens bey $+ 14^{\circ} R$ 7,79 an, wie viel würde es bey der Temperatur der Eiskälte betragen!

Aus der Tafel findet sich das spec. Gewicht des Wassers bey $+ 14^{\circ}$ 0,999 bey der Eiskälte = 1,000 beider Unterschied = 0,001 mit 7,79 multipliciret giebt 0,00779 um welche Größe das specifische Gewicht in Bezug auf die größere Dichte des Wassers kleiner ausgefallen seyn würde. Dieß gäbe $7,79 - 0,00779 = 7,78221$. Wollte man auch auf die Verdichtung des Eisens Rücksicht nehmen, welche für $+ 14^{\circ} R$ 0,000054 Theile des Raumes bey der Eiskälte beträgt, so müßte jene Zahl wieder um $0,000054 \times 7,78 = 0,00042012$ vermehret werden, und man erhielte 7,7826412 für das gesuchte specifische Gewicht.

Die dritte Tafel giebt das absolute Gewicht eines Körpers aus seinem Raume und specifischen Gewichte, oder umgekehret den Raum aus dem Gewichte.

Beispiele. Wie viel wiegt ein Cubitzoll Silber, dessen spec. Gewicht nach Brisson bey $+ 14^{\circ} R = 10,47$ ist in

best. Maas? Antwort $10,47 \times 0,99985 \text{ Loth} = 10,4684 \text{ Lth.}$
Ohne Rücksicht auf die Temperatur würde er $= 10,47 \text{ Loth}$
wiegen.

Wie viel Raum nimmt ein Marmorblock ein, dessen absolutes Gewicht $= 500 \text{ Pf.}$, spec. Gewicht $= 2,71$ ist?

Antwort $\frac{500 \text{ Pf.}}{2,71 \times 31,2 \text{ Pf.}} = 5,91 \text{ E F.}$

Die specifischen Gewichte dienen dem Naturforscher nebst andern Merkmalen zur Unterscheidung der Körper. Der Anblick der Tafel lehret, daß kein Metall, die Metalloide der Alkalien ausgenommen, unter dem fünffachen Gewicht des Wassers vorkommt. Man kann auch aus dem specifischen Gewichte einer Mischung und der gemischten Körper auf das Verhältniß der Mischung, und umgekehret von diesen auf jene schliessen. Hierzu giebt der folgende Paragraph Anleitung.

1te Tafel über die specifischen Gewichte. Metalle.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Platin gehämmert . . .	21,000		Wollaston (Wst.)
Gold gehämmert . . .	19,26	14° R	Briffon (Br.)
gewalzt . . .	19,36	—	(Br.)
Scheelium	17,22		Allen
Quecksilber	13,619	0° R	Cavallo
fest	14,4		
Bley gegossen	11,35	14°	(Br.)
Palladium gehämm. . .	11,4		(Wst.)
gewalzt	11,87		—
Rhodium	11,0		—
Silber gegossen	10,47	14°	(Br.)
gehämmert	10,51	14°	—
Uranium	9,00		Buchholz
Nickel gegossen	8,28		Richter
gehämmert	8,67		—
Kupfer gegossen	7,79	14° R	(Br.)
gehämmert	8,88	—	—
Molybdän	8,60	—	(Buchholz)
Kobalt	8,54		Lampadius
Arsenik	8,31		Bergmann
Kadmium gegoss.	8,604	16,5	Stromeyer
gehämmert	8,694	—	—
Eisen gehämmert	7,79	14° R	(Br.)
Stahl	7,84	—	—
Zinn gegossen	7,29	—	—
gehämmert	7,30	—	—

Fortsetzung Metalle.

Namen.	Spec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Blei gegossen	6,86	—	(Br.)
gehämmert	7,21	—	—
Mangan	6,99—8,01	—	Hielm, John
Spicéglanz	6,86—6,71	60° F	Bergmann Hatchet
Tellurium	6,11	3 1/2 R	Klapproth (Kl.)
Chrom um	5,90	—	Richter
Selenium	4,3	—	Berzelius
Barium	4,0	—	Davy
Natronium	0,93	—	—
Kalium	0,6	—	—

Brennbare Körper.

Jodine	4,948	—	(Van Lussac (G. L.))
Diamant	3,49—3,68	3 1/2° R	Karstens (K.)
Schwefel	2,01	14° R	(Br.)
Phosphor	2,03	—	—
Graphit	2,1—2,37	3 1/2° R	(K.)
Steinkohle	1,27—1,51	—	—
Erdspech	0,965	—	—
Erdschlacke	1,092	—	—
Bernstein	1,08	14°	(Br.)

Steine.

Birkon	4,3—4,7	3 1/2° R	(K.)
Almandin (rother Gra-	4,02—4,34	—	—
nat)	4,03—4,29	—	—
Saphir	3,52—3,57	—	—
Spinell	3,89—4,03	—	—
Korund	3,53—3,66	—	—
Topas	2,71	—	—
Emeragd	2,68—2,88	—	—
Bergkrystall	3,14—3,29	—	—
Fluspath	2,56	—	—
Zaëpis	2,64	—	—
Achat	6,01	—	Kirwan
Tunastein	4,08—4,48	3 1/2° R	(K.)
Schwerspath	4,36	—	—
Witherit	3,67	—	(Kl.)
Strontian	3,20	—	(K.)
Turmalin	3,26	—	(Kl.)
Olivin	3,08	—	(K.)
Basalt	2,35	14° R	(Br.)
Obsidian	2,08	3 1/2	(K.)
Sörsferthon	2,71	14° R	(Br.)
Marmor (farar.)	2,715	14° R	(Br.)
Kalkspath (isländ.) . . .	2,25	3 1/2°	(K.)
Kreide	2,31	14° R	(Br.)
Krauenis	2,38	3 1/2	(K.)
Speckstein	1,21	—	—
Weerschaum	—	—	—

Fortsetzung Steine.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Bimsstein	0,93	3½	(R.)
Schwammstein	0,45	—	—

Erden.

Schwererde	4,00	15° R	Kirwan
Kieselerde	2,65		—
Thonerde	2,0		—
Wassererde	2,187		Schmidt
Kalierde	2,39		Kirwan
Beryllerde	2,967		Geberg
Yttererde	4,842		—

Gläser.

Flintglas	3,3	14°	Savallo
Kronglas	2,52		—
Krystallglas	2,89		(Br.)
Porcellain	2,38		—

Salze (bekannteste).

Kochsalz	1,918—2,08	14°	Muschenbroek (M.) Henry
Steinsalz	2,14		(M.)
Salpeter	1,90		—
Salmiak	1,42		—
Alaun	1,71		—
Kali (Kohlensäur.)	2,75		—
Natron (Kohlens.)	1,42		Kirw.
Ammoniak (Kohl.)	1,502		(M.)

Hölzer.

Burbaum	1,33		(M.)
Ebenholz	1,21		—
Mahagony	1,06		—
Eichenholz (Kern)	1,17		—
Buchenholz	0,852		—
Eschenholz	0,845		—
Erlenholz	0,80		—
Thorn	0,755		—
Birnbaum	0,7548		Schmidt
Rußbaum	0,677		(M.)
Linden	0,604		
Ebeltannen	0,55		(M.)
Pappeln	0,38		—
Kork	0,24		—
Holzkohlen	0,28—0,44		Sielm

Einige Körper des Thierreichs.

Elfenbein	1,825	(M.)
Ballroßzahn	1,933	—
rothe Corallen	2,689	—
orient. Perlen	2,750	—

Fette und Oehle.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Beobachter.
Batrath	0,94	14°	(Br.)
Zalch	0,95		(R.)
Wachs	0,96		—
But. er	0,94		(Br.)
Baumöhl	0,91		(R.)
Leinöhl	0,93		—
Zherpentinöhl	0,792		—
Steinöhl ober Kapha	0,752 0,816		(Br.)

Flüssigkeiten verschiedener Art.

Schwefelsäure	1,848		Ure
Salpetersäure	1,50		—
Salzsäure	1,192		—
Frauenmilch	1,023		(R.)
Rühmilch	1,0324		—
Bier	1,02—1,10		—
Weine	0,99—1,05		—
Wasser	1,00	3½° R	—
Ammoniak (äq.)	0,905		Davy
Essigäther	0,91		—
Weingeist	0,791	15° R	Lewig
Schwefeläther	0,717		Gaussür.

Gase.

Hierbey wird das specifische Gewicht der atmosphär. Luft zur Einheit angenommen.

Namen.	spec. Gew.	Temp.	Druck.	
atmosph. Luft	0,001296	0°	28 Zoll	d. Wasser = 1 gesetzt
atmosph. Luft	1,0000	—	—	—
Sauerstoffgas	1,10359	—	—	Biot. (G. L.) Arrago
Stickg. s	0,96913	—	—	(0,976 nach Berzelius)
Wasserstoff Gas	0,07321	—	—	(0,0689 n. Berzel.)
Kohlensaures Gas	1,51961	—	—	—
Ammoniak Gas	0,59669	—	—	—
salzsaures Gas	1,2474	—	—	—
Chlorin Gas	2,470	—	—	—
Hydriod Gas	4,443	—	—	(G. L.)
Kohlenoxyd. Gas	0,9569	—	—	—
Dryd. Stickgas	1,5204	—	—	—
Salpeter Gas	1,0888	—	—	—
Schwef. Wasserst. G.	1,1912	—	—	—
Oehlbildend. Gas	0,97804	—	—	—
Flußspathf. Gas	2,3709	—	—	—
Dampf des Wassers	0,623*	—	—	(G. L.)
Alkohols	1,6133*	—	—	—
Schwefeläther	2,586*	—	—	—

Die mit * bezeichneten Dämpfe sind bey dieser Temperatur und Spannkraft nur eben gebildete Stoffe. (Siehe die Lehre von den Dämpfen.)

2te Tafel.
Specifisches Gewicht des Wassers nach Fahrenheit.
 Temperatur | spec. Gew. |

Centes. Reaum.		spec. Gew.	größte Dichte
0°	0		
0°	0	1,0	
1	0,8	1,0000466	
2°	1,6	1,0000799	
3°	2,4	1,0001004	
4°	3,2	1,00010817	
4,1	3,28	1,00010824	
5°	4,0	1,0001032	
6°	4,8	1,0000856	
7°	5,6	1,0000355	
8°	6,4	1,0000129	
9	7,2	0,9999579	
10	8,0	0,9998906	
11	8,8	0,9998112	
12	9,6	0,9997196	
13	10,4	0,9996160	
14	11,2	0,9995005	
15	12,0	0,9993731	
16	12,8	0,9992340	
17	13,6	0,9990832	
18	14,4	0,9989207	
19	15,2	0,9987468	
20	16,0	0,9985615	
21	16,8	0,9983648	
22	17,6	0,9981569	
23	18,4	0,9979379	
24	19,2	0,9977077	
25	20,0	0,9974666	
26	20,8	0,9972146	
27	21,6	0,9969518	
28	22,4	0,9966783	
29	23,2	0,9963941	
30	24,0	0,9960993	

3te Tafel.

Absolutes Gewicht des Wassers bey verschiedenen Temperaturen, in neu französischem, alt pariser, und großherzoglich Hessischem Maasß und Gewicht.

Temp. Centes.	1 Cub. Dec. Meter 1 p. Cubiff.		1 Cub. Fuß. = 1000 Cubitzoll.	
	Grammen.	Pfund Troy	Stb.	Pf.
0° = 0R	999,89	70,0165	999,89 Stb. =	31,247 Pf.
4,1	1000,00	70,0242	1000 - =	31,25 -
5° = 4	999,99	70,0235	999,99 - =	31,2497 -
10° = 8	999,78	70,0088	999,78 - =	31,2432 -
15° = 12	999,26	69,9724	999,26 - =	31,227 -
20° = 16	998,45	69,9157	998,45 - =	31,202 -
25 = 20	997,36	69,8394	997,36 - =	31,168 -
30° = 25	996,00	69,7441	996,00 - =	31,125 -

Wenn sich zwei Körper von verschiednen Dichten so mit einander vermischen, daß der Raum, welchen sie nach der Mischung einnehmen, gleich der Summe der Räume vor der Mischung ist, so erhält man für die Dichte der Mischung, (wenn V und v , D und d Räume und Dichten der gemischten Körper bezeichnen) den Ausdruck $x = \frac{VD + vd}{V + v}$.

Umgekehret wird aus D , d und x das Verhältniß der Mischung, oder $V : v = x - d : D - x$ gefunden. Das ist die Räume der gemischten Körper verhalten sich verkehret wie die Unterschiede zwischen der Dichte der Mischung und der gemischten Körper.

Nach Beobachtungen der Metallarbeiter können Blei und Zinn zusammen geschmolzen werden, ohne daß sich der Raum bemerklich ändert. Würden gleiche Theile zusammen geschmolzen, so wäre nach der vorstehenden Tafel der specifischen Gewichte die Dichte der Mischung

$$\frac{1 \cdot 1135 + 1 \cdot 7,29}{1 + 2} = 9,32.$$

Wäre die Dichte einer Mischung aus Blei und Zinn $= 8,305$ gegeben, und man suchte das Verhältniß der Mischung, so erhielt man $8,305 - 7,29 : 11,35 - 8,305 = 1 : 3$ für das Verhältniß von Blei zu Zinn dem Raume nach. Mischte man die Körper nicht nach Räumen, sondern nach Gewichten, oder Massen; so bemerkte man, daß die Massen den Räumen multipliciret in die Dichten proportional sind. Dieß giebt $m = vd$ und $v = \frac{m}{d}$.

Daher obige beide Ausdrücke in folgende übergehen

$$x = \frac{M + m}{\frac{M}{D} + \frac{m}{d}} = \frac{(M + m) D d}{M d + m D}$$

$$\text{und } \frac{M}{D} : \frac{m}{d} = x - d : D - x$$

$$\text{oder } M : m = D (x - d) : d (D - x)$$

Die Voraussetzung, daß die Summe der Räume vor und nach der Mischung gleich bleiben, tritt selten ein, vielmehr findet meistens durch die Wechselanziehung der sich mischenden Stoffe eine Verkleinerung des Raumes, folglich eine Verdichtung Statt. Z. B. Gleiche Massen von Wasser, und Weingeist von der Dichte 0,791, würden gemischt nach der obigen Voraussetzung eine Dichte $x = \frac{2 \cdot 0,791}{1,791}$

$= 0,8833$ haben. Die Erfahrung giebt nach der unten folgenden Tafel 0,917. Es findet also eine Verdichtung oder Raumbverminderung von $\frac{37}{8833} = \frac{1}{26}$ des Ganzen Statt. Da die Größe der Verdichtung theils von der Wechselanziehung der sich mischenden Stoffe, theils von dem Verhältnisse der Mischung abhängt, so bleibt der sicherste Weg die Dichten der Mischungen durch die Erfahrung zu bestimmen, wobey man sich übrigens der mathematischen Einschaltungsmethode bedienen kann, um die Erfahrungen nicht allzusehr häufen zu müssen. Die nachstehende, eigentlich von Lomig herrührende Tafel über die Dichten der Mischungen von Weingeist und Wasser, habe ich aus Meißners Aräometrie Wien 1816 entlehnt. Die erste Columne enthält die Menge des Weingeists nach Procenten des Gewichts, die zweite das specifische Gewicht bey 16° R, die 3te die Aenderung der Dichte für 1° Temperaturänderung, von mir berechnet nach folgenden Grund-

sätzen: Es heiße die Ausdehnung eines Körpers durch die Wärme = a eines andern = b, von jenem seyen m, von diesem n Theile in der Mischung, so findet man die Aenderung der Dichte durch die Formel $\left(\frac{ma + nb}{m + n}\right) d.$

Nach eignen Versuchen fand ich die Größe der Ausdehnung für 1° R von Wasser = 0,000443
 von Weingeist = 0,00148

zwischen 15° und 30° Temperatur. Diese Werthe zum Grunde gelegt, sind die Zahlen der dritten Columne nach der vorstehenden Formel berechnet worden. Sie stimmen mit den Beobachtungen gut überein. Z. B. nach Gilpin (Philos. Trans. 1794) ist die Dichte

	bey 60° F	bey 65° F
von 2 Thl. Weingeist 1 Thl. Wasser	0,89707	0,89479
gleichen Theilen	0,93002	0,92794
von 1 Thl. Weingeist 2 Thl. Wasser	0,95804	0,95635

Unsre Formel giebt für die drei letzten Zahlen aus den drei ersten

0,89474
 0,92804
 0,95636

Doch kann die Formel nur auf solche Mischungen angewendet werden, wobey keine bedeutende chemische Wirkung statt findet.

Weingeist nach Procent.	specif. Gewicht bey 16° R	Aenderung des spec. Gew. für 1° R
100	0,791	0,00117
95	0,801	
90	0,818	0,00110
85	0,813	
80	0,843	0,00107
75	0,856	
70	0,868	0,00102
65	0,880	
60	0,892	0,00095
55	0,904	
50	0,915	0,00088
45	0,926	
40	0,937	0,00080
35	0,947	
30	0,955	0,00079
25	0,963	
20	0,970	0,00068
15	0,977	
10	0,984	0,00063
5	0,992	
0	1,000	0,000443

Der Gebrauch der Tafel ist folgender. Man habe mittelst eines Aräometers die Dichte eines Brandtweins $= 0,940$ bei $+ 12^{\circ}R$ gefunden, und frage, wie viel Procent Weingeist enthält derselbe. Da für diese Dichte die Aenderung für $1^{\circ}R = 0,0008$, also für $4^{\circ}R = 0,0032$ ist, so subtrahire man diese Größe von der beobachteten Dichte, um sie auf die Normaltemperatur von $+ 16^{\circ}R$ zu bringen, und man erhält $0,9368$, welches 40 Procent Weingeist entspricht.

Ähnliche Tafeln hat man für Salzaufösungen und andere Mischungen verfertigt. Man sehe das schon angeführte Werk von Meißner.

Träget man auf die nach specifischen Gewichten eingetheilte Scale eines Aräometers, die den einzelnen Dichten einer Mischung entsprechenden Procente, so erhält man für bestimmte Zwecke brauchbare Brandtweinwagen, Salzwagen u. s. w.

Ueber die Verfertigung der Aräometer ist nachzusehen: Anleitung zur Bestimmung des specifischen Gewichts und zur Verfertigung genauer Aräometer von A. Baumgärtner Wien 1820. Desgl. Gehlers physik. Wörterb. Artikel Aräometer neue Ausgabe von Munk.

Tafel über die specifischen Gewichte der drei bekanntesten Mineralsäuren nach Ure.

Procent nach Maassen	Specif. Gew. Schwefelsäure	Spec. Gew. Salpetersäure	Spec. Gew. Salzsäure
100	1,8485	1,5000	1,1920
90	1,8115	1,4730	1,1735
80	1,7120	1,4385	1,1550
70	1,5975	1,3945	1,1351
60	1,4860	1,3427	1,1155
50	1,3884	1,2887	1,0960
40	1,2999	1,2277	1,0765
30	1,2184	1,1645	1,0517
20	1,1410	1,0764	1,0380
10	1,0682	1,0485	1,0190

~~~~~

**Soolengehalt von Rochsalz nach Bischof in Pro-**  
**centen des Gewichts bey 15° R.**

Siehe Silb. N. 356.

| Spec. Gew. | Procente | Spec. Gew. | Procente |
|------------|----------|------------|----------|
| 1,005      | 0,71     | 1,105      | 14,33    |
| 1,010      | 1,42     | 1,110      | 15,00    |
| 1,015      | 2,11     | 1,115      | 15,64    |
| 1,020      | 2,82     | 1,120      | 16,29    |
| 1,025      | 3,52     | 1,125      | 16,94    |
| 1,030      | 4,21     | 1,130      | 17,59    |
| 1,035      | 4,91     | 1,135      | 18,23    |
| 1,040      | 5,69     | 1,140      | 18,87    |
| 1,045      | 6,28     | 1,145      | 19,52    |
| 1,050      | 6,97     | 1,150      | 20,15    |
| 1,055      | 7,65     | 1,155      | 20,79    |
| 1,060      | 8,33     | 1,160      | 21,43    |
| 1,065      | 9,00     | 1,165      | 22,06    |
| 1,070      | 9,68     | 1,170      | 22,69    |
| 1,075      | 10,35    | 1,175      | 23,32    |
| 1,080      | 11,02    | 1,180      | 23,94    |
| 1,085      | 11,73    | 1,185      | 24,57    |
| 1,090      | 12,35    | 1,190      | 25,19    |
| 1,095      | 13,01    | 1,195      | 25,82    |
| 1,000      | 13,67    | 1,200      | 26,44    |
|            |          | 1,205      | 27,50    |

---



---

## F ü n f t e r A b s c h n i t t.

### Von den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung der elastischen Flüssigkeiten.

#### §. 78.

Unter einer elastischen Flüssigkeit verstehen wir eine, solche, welche sich nicht bloß durch äussere Kräfte zusammenpressen läßt, sondern auch ein Bestreben äussert, sich in einen größern Raum auszubreiten. Wir können uns zwischen den Theilchen derselben eine zurückstossende Kraft denken, mag nun diese Kraft den Theilchen selbst, oder, welches wahrscheinlicher ist, einer viel feinern zwischen sie eingebrungenen und mit ihnen adhärirenden Flüssigkeit, wie wir uns etwa die Wärme denken, zugeschrieben werden müssen.

Wir unterscheiden die elastischen Flüssigkeiten in solche, deren Elasticität dauernd ist, und in solche, die keine unter allen Temperaturen bleibende Elasticität besitzen. Die erstern bezeichnen wir mit dem allgemeinen Namen von Luft, Luftarten, die andern mit dem Namen von Dämpfen. Beide begreift man auch unter dem gemeinschaftlichen Namen von Gasen. Unter die erstern gehören die gemeine oder atmosphärische Luft und ihre Bestandtheile das Sauer-

stoffgas und Stickgas; ferner das Wasserstoffgas und mehrere andere von den Chemikern entdeckte künstliche Gasarten. Jedoch finden sich unter den letztern nach Faraday's neuern Beobachtungen auch solche, wie z. B. das Chlorgas, Chlornwasserstoffgas, das oxydicte Stickgas und Salpetergas, das Schwefelwasserstoffgas, Ammoniakgas, Cyan gas, und kohlensaure Gas, welche durch einen sehr starken Druck und eine niedrige Temperatur in tropfbare Flüssigkeiten verwandelt werden können. Innerhalb jener Grenzen verhalten sie sich wie die permanenten Gase. Unter die andere Klasse gehören die Dämpfe nicht bloß des Wassers, sondern aller Flüssigkeiten überhaupt, wahrscheinlich auch die meisten feinen und unsichtbaren Ausdünstungsstoffe der festen Körper, obgleich die letztern nur noch wenig bekannt sind. Die Dämpfe haben das Eigenthümliche, daß sie bey einer bestimmten Temperatur auch nur einen bestimmten Druck anhalten können, wird dieser überschritten, oder jener erniedriget, so zerlegen sie sich theilweise, und kehren in die tropfbarflüssige Gestalt zurück.

Allen diesen Flüssigkeiten müssen wir außer der Elasticität auch Schwere zuschreiben, und die Eigenschaften, welche aus der Vereinigung dieser beiden Kräfte hergeleitet werden können, machen den Gegenstand dieses Abschnittes aus. Wir werden diese Eigenschaften zunächst an Erscheinungen, die uns die gemeine Luft darbieten, erläutern, bemerken aber ein für alle Mal, daß sie für die ganze Klasse gelten, die Dämpfe nicht ausgenommen, jedoch bey diesen unter gewissen Einschränkungen, die gehörigen Orts erwähnt werden sollen.

Unterschied zwischen den permanenten, und nicht Gasarten kann zwar seit Faraday's erwähnter Ent-  
t mehr so streng genommen werden, darf aber nicht

ganz aufgegeben werden, weil die Dämpfe von den coerciblen Gasen (wie sie Berzelius nennt) sich dadurch unterscheiden, daß sie sich bey jeder Temperatur zerlegen, sobald sie das für diese Temperatur Statt findende Maximum ihrer Dichte überschreiten.

### §. 79.

Die Oberfläche der Erde ist überall mit Luft umgeben, wir leben und bewegen uns in derselben.

Dies Luftmeer umgiebt die Erdkugel wie eine concentrische Kugelschichte, jedoch darf diese Gestalt nicht in dem strengen geometrischen Sinne genommen werden, denn dieses Luftmeer muß sich schon, wegen der Schwungkraft und Abnahme der Schwere gegen den Aequator hin, noch mehr aber, wegen der dort herrschenden größern Wärme viel weiter in die Höhe erstrecken, als gegen die Pole.

Die Luft ist zugleich der Behälter, wohin sich alle von der Erde aufsteigende Dünste begeben, daher heißt sie auch der Dunstkreis oder die Atmosphäre. Die Existenz derselben ist für das gesammte Erdenleben von der größten Wichtigkeit, indem uns die Erfahrung lehret, daß kein Thier, ja keine Pflanze, beym völligen Ausschluß der Luft leben und fröhlich gedeihen könne. Die neuere Chemie hat bewiesen, daß die Luft die Hauptquelle alles künstlichen Feuers auf der Erde ist; nicht weniger ist sie der Vermittler und Vertheiler der Wärme erregenden Kraft der Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Erde. In der Atmosphäre gehen alle jene großen Erscheinungen vor, die wir im Allgemeinen mit dem Namen der Mettore bezeichnen.

Die Luft ist nicht nur der Behälter, wohin sich die Ausdünstungsstoffe der Erde begeben, sondern auch der Schoos, woraus sie unter den mannigfaltigsten Gestalten

als Regen, Thau, Schnee, Blitz und Hagel, theils befruchtend, theils verheerend wieder zur Erde zurückkehren. Es lohnt sich also in jeder Hinsicht der Mühe, die Eigenschaften der Luft näher kennen zu lernen. ...

### §. 80.

Die Luft ist schwer, die Luft ist elastisch.

Beide Sätze sind aus der Erfahrung entnommen, und lassen sich auch leicht ohne künstliche Versuche, durch sie rechtfertigen; ja man muß sich von ihrer Wahrheit schon überzeugt haben, wenn man die Einrichtung und den Bau desjenigen Werkzeuges verstehen will, wodurch jene Eigenschaften erst vollständig erläutert und über alle Zweifel erhoben worden sind, ich meine die Luftpumpe. Daher bemerke man vorläufig folgende Erfahrungen.

Man nehme eine Schweinsblase, fülle sie zur Hälfte mit Wasser an, stecke durch den Hals der Blase eine an beiden Enden offene Glasröhre so, daß das untere Ende der Röhre ins Wasser tauche, der obere 10 — 12 oder mehrere Zolle über die Blase hervorrage. Nun binde man den Hals der Blase luftdicht um die Glasröhre zu, und drücke die Blase mit der Hand an ihrem die Luft enthaltenden Theile zusammen; das Wasser wird sogleich in der Röhre in die Höhe steigen, desto mehr, je stärker man drückt, und bey nachlassendem Druck wieder zurücksinken. Dieser einfache Versuch beweist die Elasticität der Luft, und wie die Spannkraft derselben durch einen Druck von aussen her vermehrt werden kann, sich aber auch mit diesem Druck ins Gleichgewicht setzt. Bringt man die Blase in einer geheizten Stube nahe zum Ofen, so wird man gleichfalls das Wasser in der Glasröhre in die Höhe steigen, und bey nachher Erwärmung wieder zurücksinken sehen. Hieraus

geht hervor, daß die Spannkraft der Luft durch die Wärme vermehret, und durch die Kälte vermindert wird.

Man fülle ein etwas weites und tiefes Gefäß voll Wasser, nehme ein gewöhnliches Trinkglas, fülle und kehre es unter Wasser um, hebe sodann dasselbe in die Höhe, jedoch nicht weiter als daß der untere Rand des Glases noch unter dem Wasserspiegel bleibe. Das Glas bleibt gefüllt und das in ihm befindliche Wasser hebt sich über den Wasserspiegel des Gefäßes. Da nun diese Erscheinung aus den Gesetzen des Gleichgewichts des Wassers allein nicht erklärt werden kann, so müssen wir den Grund der Erscheinung in dem auf die Oberfläche des Wassers im Gefäße gehenden Luftdruck suchen, welcher auf das Wasser im Glase von unten nach oben sich fortpflanzt, von oben nach unten aber ausgeschlossen ist. Die Luft ist also schwer. Dieß beweist noch augenscheinlicher der bekannte Versuch mit dem Stechheber. Man tauche eine an beiden Enden offene, jedoch oben und unten sich verengende Glasröhre unter Wasser, verschliesse die obere Oeffnung mit dem Finger, und hebe die Röhre aus dem Wasser; das Wasser wird in ihr hängen bleiben. So bald man den Finger oben wegzieht, fließet es unten aus, und höret auf zu fließen so bald man wieder schließet.

Die über dem Wasser in dem Stechheber eingeschlossene Luft ist in einem verdünnten Zustande, und drückt schwächer gegen das Wasser, als die Atmosphäre von unten herauf.

Auf die Schwere und Elasticität der Luft gründen sich eine Menge Einrichtungen, welche theils bloß Unterhaltung und Belustigung, theils wesentlichen Nutzen gewähren. Hierher sind zu zählen die Einrichtungen von Lampen, die bey umgekehrten Delgefäßen nichts verschütten, und doch den gehörigen Zufluß gewähren, der magische Trichter, das Dintensaß, die Reißeschreibfeder, aus welchen wenig verdunstet und nur so viel

Dinte ausfließet als verschrieben wird, das Oelrügelschen der Wittwe, der intermittirende oder Zauberbrunnen, u. dergl. mehr. Auch erklärt sich aus der Schwere und Elasticität der Luft das periodische Fließen mancher Quellen, und ihr reichliches Ueber- und Ausströmen bey plötzlich vermindertem äusserm Luftdruck.

Hiervon in den Vorlesungen.

Einer besondern Erwähnung verdienen der Heronsball, und Heronsbrunnen, wegen der Anwendung, welche man von ihnen bey den Wasserhebmaschinen gemacht hat.

abcd Fig. 74 bezeichne ein überall verschlossenes Gefäß, welches bey ab mit einer Schraubenschliessung versehen ist, durch welche die zum Durchgang des Wasserstrahles bestimmte Röhre ef luftdicht geht. Das Gefäß sey bis gh mit Wasser gefüllet, in dem obern Raum befindet sich Luft eingeschlossen. Treibt man durch die Röhre ef, vermittelst Blasen mit dem Munde, oder besser durch eine Druckpumpe mehr Luft in den innern Raum des Gefäßes, so wird das Wasser durch die Röhre fe hervorspringen, anfänglich mit stärkerer, dann immer abnehmender Geschwindigkeit, bis sich die durch die Verdichtung erhöhte Spannkraft der Luft durch das Sinken des Wasserspiegels gh wieder verloren hat. Dächte man sich von der Seite her unterhalb gh ein Wasserdruckwerk so angebracht, daß dasselbe in einer gegebenen Zeit eben so viel Wasser in das Gefäß trieb, als durch die Springöffnung hinausfähret, so würde nun durch diese ein ununterbrochener Wasserstrahl zu derjenigen Höhe ansteigen, welche dem Druck einer Wassersäule entspricht, der eben so groß wäre als die Vermehrung der Spannung der eingeschlossenen Luft. Dieß ist die Einrichtung bey unsern verbesserten Feuersprizen, wo der Heronsball unter dem Namen des Windkessels angebracht ist.

Der Heronsbrunnen ist ein Springwerk, bey welchem die vermehrte Spannung der Luft durch den Fall oder Druck des Wassers selbst erhalten wird.

Fig. 75 stellt die Einrichtung desselben dar. A, B sind zwei über einander gestellte luftdichte Gefäße von gleichen Räumen. Das obere wollen wir uns durch die hernach zu verschliessende Oeffnung o mit Wasser bis gh gefüllt denken, das untere mit Luft, welche durch die Röhre cd mit dem obern Raume des Gefäßes A in Verbindung stehe. Die andere Röhre ab dienet dazu, das untere Gefäß von aussen her mit Wasser zu füllen und die Luft aus demselben durch die Röhre cd in das obere Gefäß zu treiben. Indem dieß ge-

schießt vermehret sich daselbst die Spannkraft der Luft, und treibt das Wasser zur Springröhre  $f e$  hinaus. Die Geschwindigkeit des Wasserstrahles entspringt der Druckhöhe  $a b$ .

### S. 81.

Dem Toricelli, einem Schüler des Galiläi, verdanken wir die genauere Bestimmung der Größe des Luftdrucks. Man denke sich eine Röhre, oben und unten mit Hähnen versehen, und zwischen den Hähnen länger als 32 Fuß. Man fülle durch die obere Oeffnung bey unten verschlossenem Hahn die Röhre ganz mit Wasser an, schliesse darauf auch den obern Hahn, stelle die Röhre mit ihrer untern Oeffnung unter Wasser und öffne den untern Hahn; das Wasser wird in der Röhre zum Theil herabsinken, aber in einer Höhe von ungefähr 32 Fuß stehen bleiben (vorausgesetzt, daß die Röhre eine lothrechte Stellung habe). Dieß ist der berühmte Versuch, wodurch Toricelli zuerst bewiesen hat, daß die Luft nicht bloß schwer sey, sondern daß ihr Gewicht, das ist der Druck der ganzen Atmosphäre, auch eine bestimmte Gränze habe, und daß es dieser Luftdruck sey, welcher das Wasser in unsern Saugpumpen in die Höhe treibt, nicht ein Abscheu gegen den leeren Raum, welchen man früher der Natur angebichtet hatte, um jene Erscheinung nothdürftig zu erklären. Nimmt man statt des Wassers Quecksilber, welches 13,6 mahl schwerer als Wasser ist, so braucht die Röhre nur etwas über 28 pariser Zoll lang zu seyn, um dieselbe Erscheinung wahrzunehmen. Man bedienet sich mit mehr Bequemlichkeit hierzu einer gläsernen Röhre von ein Paar Linien Weite, schmilzt dieselbe an ihrem untern Ende zu, füllet sie etwas erwärmt mit trockenem Quecksilber an, und focht dasselbe zu mehrerer Vorsicht in der Röhre aus, um alle Feuchtigkeit

und Luft daraus zu vertreiben, verschliesset dann die Oeffnung der Röhre fest mit dem Finger, wendet sie um, und bringt sie in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß. So wie man den Finger von der Oeffnung der Röhre wegzieht, sinkt das Quecksilber in der Röhre herab, bleibt aber in einer Höhe von ungefähr 28 Zoll n. M. stehen. Ueber dem Quecksilber in der Röhre bildet sich ein luftleerer Raum. Auch diesen Versuch verdanken wir Toricelli, und der so erzeugte leere Raum hat von seinem Erfinder den Namen der toricellischen Leere erhalten, man kannte ihn früher als denjenigen, welchen man mit Hülfe der Luftpumpe erzeugen kann.

Bermittelt des toricellischen Versuchs oder vielmehr des Barometers welches darauf gegründet ist, können wir den Druck der Luft auf jede bestimmte Oberfläche genau angeben. Z. B. der Barometerstand sey bey der Temperatur der Eiskälte = 28 Zoll par. Maasß =  $30\frac{1}{3}$  Zoll hessisches Maasß, wie groß ist der Druck der Luft auf einen Quadratzoll nach hessischem Maasß und Gewicht?

Antwort  $30\frac{1}{3} \times 13,619 \text{ Loth} = 413,1196 \text{ Loth}$   
 $= 12,91 \text{ Pf.}$ ; also der Druck der Luft auf einen Quadratfuß  
 $= 100 \square \text{ Zollen } 1291 \text{ Pf.}$

In pariser altem Maasß und Gewicht würde man den Druck auf einen Quadratfuß 2236 Pf. auf einen Quadratzoll 15,5 Pf. finden. In neuem französischen Maasß und Gewicht würde der Luftdruck unter den angegebenen Bedingungen auf den Quadratmeter . . . . . 10328 Kilogramme  
auf den Quadratdecimeter . . . . . 103,28 Kilogramme  
betragen.

## §. 82.

Von den mancherlei Einrichtungen, zum Theil Künstlerleien, die man an dem Barometer angebracht hat, wird am besten in den Vorlesungen geredet. Hier nur kürzlich von den beiden vorzüglichsten Einrichtungen desselben.

1) Das Gefäßbarometer Fig. 78 I. und II. Eine



mit Quecksilber gefüllte, oben zugeschmolzene cylindrische Glasröhre steht unten mit einem weitem Gefäße, das zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt ist, in Verbindung.

Das Gefäß kann wie Fig. 78 I. an die Röhre selbst angeschmolzen seyn (so sind die gewöhnlich zum Verkauf ausgebotnen Barometer der Glasblaser eingerichtet) oder einen abgesonderten Theil ausmachen wie Fig. 78 II. Man wählet dann zum Gefäß am besten ein cylindrisches Glas, welches oben mit einem Deckel zur Abhaltung des Staubes versehen ist. Der Deckel muß entweder selbst so porös seyn, um die Luft durch zu lassen, oder besser mit einer eignen dazu bestimmten Oeffnung versehen seyn. Wenn der Quecksilberstand bey vermehrtem Luftdruck in dem Barometer steigt, so ist die gesammte Veränderung aus dem Theil  $xy$ , und aus der Größe, um welche der Quecksilberspiegel in dem Gefäße von  $ed$  nach  $ed'$  sinkt, zusammengesetzt. Ist das Gefäß gegen die Röhre weit, so kann die Veränderung des Quecksilberspiegels bey den gewöhnlichen Beobachtungen vernachlässiget werden. Besser berücksichtigt man sie bey genauern Beobachtungen. Dieß geschieht wenn das Gefäß  $n$  mahl weiter als die Röhre ist:

a) daß man die beobachtete Veränderung  $xy$  in dem Verhältnisse von  $1 : 1 + n$  vergrößert, oder

b) wenn man die Scale, woran man  $xy$  misst, in dem umgekehrten Verhältnisse von  $1 + n : 1$  verkleinert; jedoch eine gewisse Höhe  $ex$  für den mittlern Barometerstand nach dem richtigen Maße austräget.

c) Man mache die ganze Scale beweglich, und versehen sie unten mit einem Weiser, den man genau nach dem Quecksilberspiegel in dem Gefäße stellen kann.

2) Das Heberbarometer Fig. 79, von seiner gleich einem Heber gebognen Gestalt, also benannt.

Der längere Schenkel *ab* ist oben zugeschmolzen, bey *bc* der luftleere Raum, bey *e* in dem kurzen und oben offenen Schenkel drückt die Luft auf das Quecksilber. Die Höhe des Quecksilberstand's wird an einer Scale *ao* gemessen, deren Null- oder Anfangspunkt mitten zwischen *a* und *e* lieget; man beobachtet die Tiefe *oa*, und die Höhe *oc* und addiret beide. Eine solche Scale kann auch mit Flußspathsäure auf die Glasröhre selbst geätzt werden. Um das doppelte Ablefen der Scale nach unten und oben zu vermeiden, kann man die Theilung auf einer Metallplatte anbringen, welche verschleubar ist, unten mit einem Weiser versehen, der nach dem Stand des Quecksilbers in *e* gerichtet wird, oben erhält die Scale einen für sich beweglichen Weiser mit Vernier, welcher letztere Zehnthelle oder noch kleinere Theile von der Haupttheilung angiebt, die meistens nach alt, oder neu französischem Maaß eingerichtet ist. Ein Heber- und Gefäßbarometer, in gleicher Vollkommenheit verfertigt, harmoniren nicht ganz mit einander, sondern das Gefäßbarometer steht wegen der Wirkung der Haarröhrchenanziehung, die bey demselben bloß oben nicht unten Statt findet, etwas tiefer, desto mehr, je enger die Röhre und je höher die Krümmung (der Meniscus) des Quecksilbers in der Röhre ist. Wie viel zeigt nachstehendes von Schleiermacher berechnetes Tafelchen in Millimetern.

| Durchmesser<br>der Röhre. | Höhe der Krümmung oder des Meniscus. |       |       | Herabpress. des St |
|---------------------------|--------------------------------------|-------|-------|--------------------|
|                           | 0,2                                  | 0,6   | 1,0   |                    |
| 2                         | 2,450                                | 5,581 | 6,171 |                    |
| 4                         | 0,594                                | 1,643 | 2,338 |                    |
| 6                         | 0,242                                | 0,695 | 1,066 |                    |
| 8                         | 0,120                                | 0,354 | 0,546 |                    |
| 10                        | 0,034                                | 0,205 | 0,299 |                    |

Gleicht man den Unterschied des Standes zwischen einem Gefäß- und Heberbarometer durch Zufüllung von Quecksilber in das Gefäß bey einem mittleren Barometerstand aus, so harmoniren dann beide Barometer mit einander. Zu den täglichen Beobachtungen sind die Gefäßbarometer vorzuziehen. Zu den Höhenmessungen die Heberbarometer, weil sie leichter und sicherer transportabel gemacht werden können; auch eine kleine Abweichung von der cylindrischen Gestalt der Röhre bey ihnen den Nachtheil nicht hat, als bey dem Gefäßbarometer.

Da die Wärme das Quecksilber in den Barometern ausdehnet, so muß man deswegen eine kleine Verbesserung mit den beobachteten Barometerständen vornehmen, um sie alle auf eine Temperatur, etwa auf die Temperatur der Eiskälte zu bringen.

Man bemerke, daß die Ausdehnung des Quecksilbers für  
 $1^{\circ} R$  0,000231  
 $1^{\circ} Cent.$  0,0001748 beträgt.

Man multiplicire eine dieser Zahlen mit der beobachteten Temperatur, und dem beobachteten Barometerstand, so erhält man die Größe, welche man von dem beobachteten Barometerstand abziehen muß, um den auf die Eiskälte reducirten zu erhalten. Z. B. die beobachtete Temperatur sey =  $+ 10^{\circ} R$  der beobachtete Barometerstand = 28", so ist der reducirte =  $28'' - 0,00231 \cdot 28 = 27,93532$ . Man kann sich darüber eine Tafel verfertigen, um die Rechnung nicht jedesmahl führen zu müssen. Deluc hatte gefunden, daß die Quecksilbersäule im Barometer sich bey einer Länge von 27 Zoll um 6 Linien =  $\frac{96}{16}$  Linien ausdehne, wenn sich die Temperatur von der Eiskälte bis zur Südhitze vermehret. Daher theilte er diesen Raum an dem Thermometer in 96 Theile, so entsprach jeder Grad des Thermometers  $\frac{1}{16}$  Linie Aenderung an dem Barometer. Uebrigens nahm er zur Normaltemperatur nicht die Eiskälte, sondern  $+ 10^{\circ} R = 12^{\circ} Deluc$  an. Deluc's Correction ist aber nur näherungsweise richtig, weil sie sich nur auf die Länge von 27" Barometerstand bezieht.

Die Erfahrung hat gelehret, daß der Barometerstand und sonach der Druck der Luft veränderlich ist, und daß die Neu-

Änderungen des Barometerstandes mit Veränderungen der Witterung verknüpft sind. Wenn man aus sehr vielen Beobachtungen des Barometers die an demselben Orte, zu bestimmten Zeiten, in regelmäßiger Reihenfolge angestellt worden sind, das arithmetische Mittel nimmt, so erhält man den mittlern Barometerstand des Orts. Dieß ist eine beständige Größe. Der um die Mittagszeit eintretende Barometerstand weicht wenig von dem mittlern täglichen ab. Nun bemerke man folgende aus der Erfahrung gezogene Regeln. Wenn das Barometer über den mittlern Stand langsam ansteigt und einige Zeit stehen bleibt, so ist heitere und beständige Witterung zu erwarten, die Wahrscheinlichkeit wird größer, wenn diese Veränderungen des Barometerstandes zugleich mit eintretendem Ost- und Nordostwind verknüpft sind. Das Gegentheil findet Statt, d. i. es steht Regenwetter bevor, wenn das Barometer langsam unter den mittlern Stand sinkt, und zugleich warme süd- und südwest Winde eintreten. Bey und vor Gewittern sinkt das Barometer gewöhnlich ein wenig, und steigt nach vorübergegangenem Gewitter. Sehr plötzliches und tiefes Fallen des Barometers deutet meistens heftigen Sturm, zuweilen Erdbeben an. Die Ursachen des veränderten Luftdrucks liegen oft sehr fern von dem Beobachtungsorte, daher manche große Barometerveränderungen mit keinem auffallenden atmosphärischen Wechsel an dieser Stelle verknüpft sind. Ueberhaupt sind die Ursachen der Barometerveränderungen noch nicht sämmtlich im Klaren, obgleich der Wechsel der Temperatur, der Einfluß der Winde, die electriche Spannung und der Zustand der Feuchtigkeit der Luft als eben so viele einwirkende Ursachen nicht zu verkennen sind.

Eine sehr regelmäßige, aber in unsern Gegenden wenig bemerkbare tägliche Schwankung des Barometers, rühret von dem täglichen Wechsel der Erwärmung der Luft durch die Sonne her.

Ueber diesen Gegenstand hat Alexander von Humboldt (*Observations faites pour constater le marche des variations horaires du Barometre etc.*) aus seinen und anderer Naturforscher bewährten stündlichen Barometerbeobachtungen folgende Gesetze aufgestellt.

1) Täglich treten in den Barometerständen zwei größte und zwei kleinste Werthe ein. Am Tage fällt das maximum zwischen 8 $\frac{1}{2}$  — 10 $\frac{1}{2}$  Uhr Morgens, das minimum zwischen

3 — 5 N. N. Des Nachts fällt das maximum 9 — 11 Uhr, minimum 3 — 5 Uhr.

Die Zeiten sind nach den Zonen etwas veränderlich; man kann als mittlere Epoche annehmen

heiße Zone 21 $\frac{1}{2}$ , 4, 10 $\frac{1}{2}$ , 16 Uhr, von Mittag gezählt.  
gemäßigte Zone 20 $\frac{1}{2}$ , 3 $\frac{1}{2}$ , 9 $\frac{1}{2}$ , 17

2) In der heißen Zone sind die Epochen in dem Niveau des Meeres und auf 1300 — 1400 Toisen hohen Plateaus gleichzeitig. In der gemäßigten Zone soll es nicht so seyn. Z. B. auf dem Bernhard fällt das Barometer, wenn es in Genf steigt.

3) Zwischen den Tropen reichen die Beobachtungen eines Tages hin, die regelmäßigen täglichen Schwankungen festzustellen, in der gemäßigten Zone kaum eine Reihe von 20 Tagen.

4) Die Größe der täglichen Schwankungen des Barometers nimmt von dem Aequator nach den Polen hin ab, wie folgendes Täfelchen übersehen läßt.

| Geograph. Breite.    | Größe der Schwankung. |
|----------------------|-----------------------|
| Peru 5° 6' S.        | — 3,10 Millimeter     |
| La Guayra 10° N.     | — 2,44                |
| Brasilien 22° S.     | — 2,34                |
| Strasburg 45°34' N.  | — 0,80                |
| Königsberg 54°42' N. | — 0,20                |

Daß diese tägliche Schwankungen von der erwärmenden Kraft der Sonne und der Umdrehung der Erde herrühren, ist keinem Zweifel unterworfen. Warum fallen die Epochen der beiden minima mit der wärmsten und kältesten Tageszeit zusammen? (Nach unsrer Ueberzeugung, weil in jener der stärkste Abfluß der erwärmten Luft in den obern Regionen der Atmosphäre, in dieser der stärkste Abfluß der kalten Luft in den untern Theilen Statt findet. Die maxima müssen da liegen, wo sich beide Ströme östlich und westlich begegnen.)

Außer dieser durch die Sonne bewirkten täglichen Variation des Barometers findet nach La Place noch eine andere Einwirkung von Sonne und Mond auf die Atmosphäre Statt, und zwar 1) durch die unmittelbare Anziehung jener Weltkörper auf die Luft 2) durch die Ebbe und Fluth des Weltmeeres, wodurch die Atmosphäre eine veränderliche Basis erhält, welche auf ihren Stand zurückwirkt. Bey dieser atmosphärischen Ebbe und Fluth ist der Mond der wirksamere Körper, indessen beträgt sein Einfluß auf den Barometerstand, nach

La Place nur  $\frac{1}{18}$  Millimeter, und ist also bey einzelnen Beobachtungen gar nicht wahrnehmbar. Diese Größe wurde aus 4752 Beobachtungen, welche zu Paris in den Jahren 1815 — 23 Morgens 9 Uhr und nach Mittag's 3 Uhr angestellt wurden, hergeleitet.

Die kleinsten jährlichen Veränderungen des Barometers finden unter dem Aequator Statt, sie wachsen mit der geographischen Breite, wovon der Grund in der sich mehr gleichbleibenden mittlern Temperatur der heißen Zone lieget.

(Der höchste hier in Gießen am 8ten Febr. 1821 beobachtete Barometerstand betrug 28 Z. 7 Linien, der tiefste am 26ten Oct. 1820 26 Zoll 10 Linien, also der größte Unterschied 1 Zoll 9 Linien, und das Mittel von den beiden äußersten Werthen 27 Zoll 8,5 Linien.

Nachdem vorstehendes geschrieben war, wurde am 20 Oct. 1825 Morgens 9 Uhr noch ein tieferer Barometerstand = 26 Z. 8 Linien hier in Gießen beobachtet.

### Mariottisches Gesetz.

#### §. 83.

Wenn Luft, welche einen bestimmten Raum einnimmt und eine gewisse Spannkraft besitzt, in den halben, dritten, vierten Theil des Raumes zusammengepresset wird, so wird ihre Spannkraft zwei, drei, viermahl größer, und umgekehret wenn die Luft sich in den 2, 3, 4fachen Raum ausdehnet, so wird ihre Spannkraft zwei, drei viermal kleiner. (Hierbey wird vorausgesetzt, daß keine Temperaturveränderung Statt gefunden, oder alles wieder auf die anfängliche Temperatur zurückgekommen sey.) Dieß ist das von seinem Erfinder Mariotte benannte mariottische Gesetz. Es läßt sich durch folgende Erfahrungen rechtfertigen. Man nehme eine doppelt gebogene Glasröhre, von der Gestalt Fig. 76, das eine Ende a sey zugeschmolzen, das andere bey f offen. Der kürzere oben verschlossene Schenkel der Röhre b a soll durchaus von gleicher Weite

sey; man kann ihn der Bequemlichkeit wegen im Voraus in Räume eintheilen, die sich wie  $\frac{1}{2}$  ab,  $\frac{1}{4}$  ab, u. s. w. verhalten. Hat man sich versichert, daß die in der Röhre eingeschlossene Luft trocken sey, und bringt dann durch die Oeffnung f zuerst so viel Quecksilber in die Röhre, daß davon der horizontale Theil der Röhre bf angefüllet werde, so hat nun die in ab eingeschlossene Luft dieselbe Dichte und Spannkrast als die äussere atmosphärische Luft, vorausgesetzt, daß keine Temperaturveränderung vorgegangen sey. Gießt man darauf in den offenen Theil der Röhre nach und nach so viel Quecksilber, bis die in dem verschlossenen Schenkel ba ansteigende Quecksilbersäule die Luft in den halben Raum zusammengepresst hat, so wird man finden, daß die über der horizontalen Linie do stehende Quecksilbersäule do in dem offenen Schenkel gerade so groß als der Barometerstand ist. Es trägt also die in ao enthaltene Luft den doppelten Druck der Atmosphäre, und ist in dem halben Raum zusammen gepresst. Eben so wird die Luft, wenn sie in dem Schenkel ba bis zum 4ten Theil zusammengepresst worden ist, eine Quecksilbersäule gf tragen, welche dem 3fachen Barometerstand gleich kommt u. s. w.

Um das Gesetz auch für die Verdünnungen der Luft zu prüfen, verfähre man wie folget. Man nehme eine durchaus gleichweite Glasröhre, welche die Länge von 28 Zollen übertrifft, schmelze sie an einem Ende zu, fülle sie dann mit Quecksilber, und schaffe durch Erwärmung (am besten durch Auskochung) des Quecksilbers alle Luft aus den Zwischenräumen fort, nehme dann an dem obern offenen Ende der Röhre eine bestimmte Menge Quecksilber heraus, z. B. die Länge eines Zolles, verschließe hierauf

die Oeffnung mit dem Finger, und bringe die Röhre schnell in umgekehrter Lage mit der Oeffnung unter das Quecksilber der Schale B Fig. 77. Die Luft wird in der Röhre ansteigen und in den Raum  $d$  über das Quecksilber treten, hier sich ausbreiten und in demselben Verhältniß an Spannkraft verlieren; mit der ihr übrigbleibenden Spannkraft drückt sie indessen auf das Quecksilber in der Röhre und macht, daß dieses bey  $o$  tiefer steht, als der Barometerstand  $a$  b. Man messe den Unterschied  $b$  c, so wie den Raum der Luft  $d$  c =  $R$ , und den Raum welchen sie anfänglich einnahm =  $r$ , als sie noch unter dem Druck der Atmosphäre stand, und sage nun nach dem mariottischen Gesetz

$$R : r = ab : bo$$

trifft das so berechnete  $bo$  mit dem beobachteten überein, so ist dadurch jenes Gesetz gerechtfertiget.

Wie weit das mariottische Gesetz gelten könne, ist unbekannt. Daß es nicht ins Unendliche gelte, erhellet von selbst, denn sonst müßte auf der einen Seite unsre Atmosphäre sich ins Unendliche erstrecken (welches den astronomischen Beobachtungen über die Strahlenbrechung widerspricht), andern Theils müßte die Luft sich zu jedem gegebenen Grade verdichten lassen, was wieder sehr unwahrscheinlich ist. Um so mehr, da die neueren Beobachtungen beweisen, daß mehrere Lustarten sich durch einen bestimmten Druck in tropfbare Flüssigkeiten verwandeln.

Die unmittelbaren Erfahrungen bewährten bisher das mariottische Gesetz bis zum 8fachen Druck der Atmosphäre. Wie weit es bey Verdünnungen gelte, habe ich durch eigene Versuche nach Art der oben beschriebenen auszumitteln gesucht, indem ich dazu eine gegen 90 pariser Zoll lange Glasröhre gebrauchte.

Wep einem meiner Versuche betrug der oben eingeschlossene



Raum der Luft unter dem Druck der Atmosphäre = 27,65 Barometerstand, 0,543 Zolle. Bey umgewendeter Röhre nahm die Luft in dem verdünnten Zustande einen Raum von 61,05 Zollen ein, und der Unterschied zwischen dem Stand des Quecksilbers in der Röhre und dem Barometerstande betrug 0,246 Zoll. Setzt man nach dem mariottischen Gesetz die Proportion an  $61,05 : 0,543 = 27,65 : x$ , so erhält man für  $x$  genau die Größe 0,246 (wohl nur ein glücklicher Zufall!). Die Verdünnung der Luft war bey diesem Versuch etwas über 112fach. Bey einem andern Versuch fand sich zwischen der Rechnung und der Beobachtung ein bis zu  $\frac{1}{16}$  gehender Unterschied.

#### S. 84.

Die Entdeckung des mariottischen Gesetzes hat zu der wichtigen Bestimmung der Höhen durch das Barometer geführt. Da nach Biot und Gay Lussac's Bestimmungen durch die Luftpumpe (siehe unten S. 106) die Luft 10495 Mal leichter als das Quecksilber bey 28'' Barometerstand und der Temperatur der Eiskälte ist, so würde man, wäre die Dichte der Luft nicht mit dem Barometerstande und der Temperatur veränderlich, aus den gleichzeitig beobachteten Barometerständen zweier nicht allzuweit aus einander liegenden Orte, die relative Erhebung der Orte übereinander finden, wenn man den Unterschied der Barometerstände mit 10495 multipliciret. Hiernach würde zu einem Zoll Unterschied der Barometerstände eine Höhe von 865 pariser Fuß oder zu einer Linie Quecksilberfall eine Höhe von 72 Fuß gehören. Bemerken wir aber, daß das von Biot angegebene Gewicht der Luft sich auf eine völlig trockne Luft bezieht, und daß die Feuchtigkeit, von welcher die Atmosphäre nie frei ist, das specifische Gewicht der Luft etwas vermindert. Wiederholte sorgfältige Beobachtungen gaben für einen mittlere Wärme von  $10^{\circ}$  R und einen

mittlern Feuchtigkeitszustand, folgende zu einer Linie Quecksilberfall zusammengehörige Höhen der Luftsäulen

| Barometerstand | Höhe der Luftsäule<br>die 1''' Quecksilber bey 1,0° Temp. entspricht |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|
| 28'' — 27''    | 77,89 par. Fuß                                                       |
| 27'' — 26''    | 80,82                                                                |
| 26'' — 25''    | 84,00                                                                |
| 25'' — 24''    | 87,43                                                                |
| 24'' — 23''    | 91,15                                                                |
| 23'' — 22''    | 95,20                                                                |
| 22'' — 21''    | 99,63                                                                |
| 21'' — 20''    | 104,49                                                               |

Hiernach läffet sich die Höhe zweier Orte übereinander berechnen, an welchen man gleichzeitige Barometerbeobachtungen angestellt hat. Z. B. Es seyen die beiden Barometerstände 27'' — 9''' und 26'' 5''' gewesen, wie groß ist der dazu gehörige Höhenunterschied? Antwort =  $9 \times 77,89 + 7 \times 80,82 = 1266,55$  par. Fuß. Wäre die mittlere Temperatur zwischen den beiden Beobachtungsorten nicht = 0 gewesen, so bemerke man: für jeden Grad der 80 theiligen Thermometerscale über 0° muß die gefundene Höhe nach Deluc um  $\frac{1}{215}$  nach La Place um  $\frac{1}{200}$  nach meiner Beobacht. um  $\frac{1}{207}$  vermehret werden.

Die vorgetragne Methode, die Höhen durch das Barometer zu messen, ist nur annäherungsweise wahr, indem sich die Dichte der Luft von unten nach oben durch unendlich kleine Stufen vermindert und so die zu einerlei Quecksilberfall gehörige Höhe vermehret.

Nennt man  $b$  den Barometerstand an dem untern Beobachtungsorte,  $b'$  an dem obern, und die zu einer unendlich kleinen Höhe gehörige Aenderung des Barometerstandes unten  $db$ , oben  $db'$  so hat man nach dem mariottischen Gesetz  $\frac{db}{b} = \frac{db'}{b'}$ , hieraus folgt nach mathematischen Gründen,

daß die Unterschiede der Logarithmen der Barometerstände sich wie die Unterschiede der Höhen verhalten. Hiernach ergibt sich die Formel  $h = C \cdot (\log b - \log b')$ , für die Temperatur der Eiskälte. In der Bestimmung des Coefficienten C und in der wegen der Ausdehnung der Luft durch die Wärme anzubringenden Verbesserung, weichen die Naturforscher noch etwas von einander ab. Folgendes sind jetzt zwei am häufigsten gebraucht werdenden Formeln

$$h = 56448 \left[ 1 + \frac{1}{2}(t + t') 0,005 \right] \log \frac{b}{b'} \text{ n. Ramond u. La Place}$$

$$h = 56526 \left[ 1 + \frac{1}{2}(t + t') 0,005 \right] \log \frac{b}{b'} \text{ nach D'Aubuisson}$$

Hier wird h in pariser Fußes t und t' d. i. die untere und obere Lufttemperatur nach der 80theiligen Scale gelesen, b, b' sind die auf einerlei Temperatur zurückgekehrten Barometerstände (S. 81). Der Coefficient in den vorstehenden Formeln gilt eigentlich nur für 45° geographische Breite; er nimmt wegen der veränderlichen Schwerkraft, wie La Place gezeigt hat, mit zunehmender Breite ab, und mit abnehmender zu, für 10° ungefähr nur ein Tausendtheil. So nach würde der Coefficient in d'Aubuissons Formel für 50° Breite nur 56470 seyn.

Deluc, welcher die Lehre von der Höhenmessung mit dem Barometer zuerst practisch verbessert hat, gab für  $+ 16\frac{3}{4}^{\circ} R$  die Formel  $h = 10000 (\log b - \log b')$  wo h in französischen Toisen gelesen wird; die gefundene Höhe wird um  $\frac{n}{215}$  vermehret oder vermindert, wenn die mittlere Lufttemperatur um n Grade über oder unter  $16\frac{3}{4}^{\circ} R$  beträgt.

Nach meinen Beobachtungen finde ich, auf ähnliche Weise ausgedrückt  $h = 10000 (\log b - \log b') \left( 1 \pm \frac{n}{207} \right)$  wo man unter n den Unterschied von  $13,8^{\circ} R$  in der mittlern Lufttemperatur verstehen muß. Bringt man Deluc's und meine Formel auf die Temperatur der Eiskälte und pariser Fußes zurück, so lassen sie sich wie folgt schreiben

$$h = 55326 \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{(t + t')}{215} \right] \log \frac{b}{b'} \text{ nach Deluc}$$

$$h = 56262 \left[ 1 + \frac{1}{2} \frac{(t + t')}{207} \right] \log \frac{b}{b'} \text{ nach Schmidt}$$

welches zur Vergleichung der angeführten Formeln unter einander dienen.

Berechnen wir das oben angegebene Exempel, so erhalten wir  $h = 1237$ , p. Fuß nach Deluc  
 $= 1206,6$  — nach Schmidt  
 $= 1269$ , — nach d'Aubuisson.

Für die Ausübung dienen folgende Bemerkungen: die Barometerbeobachtungen müssen so viel möglich gleichzeitig und mit völlig harmonirenden, oder wenigstens untereinander verglichenen Werkzeugen angestellt werden. Man muß für die Beobachtung so viel thunlich heitere beständige Witterung auswählen, die Morgen- und Abendstunde vermeiden. Es ist gut das Barometer nicht eher zu beobachten, als bis das Quecksilber in demselben wenigstens nahe zur Temperatur der umgebenden Luft gekommen ist. Die Temperatur des Quecksilbers wird an einem neben dem Barometer befestigten Thermometer beobachtet, die Temperatur der Luft hingegen an einem frei im Schatten aufgehängten Thermometer. Kann man keine gleichzeitigen Beobachtungen erhalten, so nehme man für  $b$ ,  $b'$ ,  $t$ ,  $t'$  die mittlern Barometer- und Thermometerstände zweier Beobachtungsorte, und verfähre was die Berechnung betrifft wie oben.

Auf Dr. Poggendorf's Betrieb wurden im Jahre 1823 an mehreren Puncten Deutschlands und der Seeküste gleichzeitige Barometerbeobachtungen angestellt.

Aus den vor mir liegenden Poggendorfschen zu Cuxhaven vom 20ten Junius bis zum 20ten Julius 1823 angestellten Beobachtungen und meinen gleichzeitigen hier angestellten Beobachtungen ziehe ich folgendes Mittel.

|          | Bar. therm. • | —       | th. in der Luft Reaum |
|----------|---------------|---------|-----------------------|
| Giessen  | 27" . 7",635  | + 14°,8 | + 13°,868             |
| Cuxhaven | 28" . 0,918   | + 14,66 | + 13,72               |

Hieraus berechne ich nach meiner Formel die Erhebung von Giessen über dem Meere 414,66 pariser Fuß. Da nun das Barometer Cuxhaven 19 Fuß über dem mittlern Wasserstand des Meeres, in Giessen 28 Fuß über dem Spiegel der Lahn beobachtet wurde, so gehen von jener Höhe 9 Fuß ab, um die Höhe des Lahnspiegels bey Giessen dem Meere = 405,66 par. Fuß zu finden.

## S. 85.

Nach der Erfindung des Barometers durch Toricelli kam die so wichtige Entdeckung der Luftpumpe durch Otto Guericke. Die mancherlei Einrichtungen und Verbesserungen dieses Werkzeuges seit seiner ersten Erfindung können hier nicht erwähnt werden; nur die wesentlichsten Theile einer gut eingerichteten Luftpumpe sollen kurz beschrieben werden.

## 1) Hahnen-Luftpumpen.

Der Haupttheil einer jeden Luftpumpe ist ein hohler vollkommen cylindrisch ausgearbeiteter Körper von Metall AB Fig. 80, der Stiefel genannt, in demselben bewegt sich ein massiver Cylinder, der Kolben C luftdicht auf und nieder. Um dieß zu bewerkstelligen, muß der mittlere Theil des Kolbens aus elastischen in Oehl getränkten Lederscheiben bestehen, welche durch zwei Metallstücke, von oben und unten, die durch eine Schraube mit einander verbunden sind, zusammengepresst werden. An dem Kolben befindet sich die Kolbenstange, welche so weit der Kolbenhub es erfordert, gezähnet ist, und oben durch ein mit einer Kurbel versehenes Räderwerk auf und nieder getrieben werden kann. Der untere Theil des Kolbens (hier abgerundet) muß genau mit dem untern Theil des Stiefels zusammenpassen, damit keine Luft zwischen beiden sich aufhalten kann, wenn der Kolben ganz nieder getrieben wird.

Dicht unter dem Boden des Stiefels befindet sich ein doppelt durchbohrter Hahn E. Die eine Durchbohrung geht quer durch gerade nach unten, und verbindet den Raum des Stiefels durch die Röhre GHJ mit dem Teller der Luftpumpe, auf welchem die Glocke luftdicht aufsteht. Die zweite Durchbohrung des Hahnes geht erst horizontal nach der Ase desselben und dann gebogen unter einem rechten

Winkel mit der vorigen seitwärts; giebt man daher dem Hahnen mittelst der Stange F eine Viertelswendung, so kommt der Stiefel mit der Atmosphäre in Verbindung, dagegen wird derselbe von der Glocke abgeschlossen. Die Bewegung des Hahn's E mit der Stange F, kann entweder durch eine besondere Kurbel, oder auch durch diejenige, welche den Kolben treibt, mittelst eines eignen Mechanismus, erhalten werden. Der Teller J muß sowohl wie der Rand der Glasglocke, eben abgeschliffen seyn, damit beide luftdicht auf einander passen; zur Vorsicht bringt man etwas Dehl dazwischen. R ist ein zweiter kleinerer Teller, welcher durch einen Hahn L besonders abgeschlossen werden kann. Er dienet zu Versuchen, welche längere Zeit dauern, und zu solchen, wo man die Luft unter der Glocke verdichten will. In welchem Fall man eine Schraubensklamme so an dem Teller anbringen kann, um damit die Glocke auf dem Teller festzuhalten. Statt des Tellers K können auch andere Gefäße, oder die Elasticitätsprobe aufgeschraubt werden.

Dies sind die wesentlichsten Stücke einer guten Hahnenluftpumpe. Zur leichtern Bewegung des Kolbens dienet, wenn der Stiefel bey A verschlossen ist, und bloß die Kolbenstange, deren unterer Theil dann cylindrisch seyn muß, luftdicht durch die Verschließung geht. Befindet sich zugleich oben bey A und unten vor der Oeffnung des Hahns E, welche zur freien Luft führet, ein Ventil, so bewegt sich der Kolben im Stiefel stets in einem von Luft beynah leeren Raume, und die mechanische Kraft an der Kurbel hat bloß die Reibung des Kolbens zu überwinden. Die Art wie die Luft unter der Glocke verdünnet wird ist folgende. Man gebe dem Hahn die Verbindung mit der Glocke, und ziehe den Kolben in die Höhe, drehe dann

den Hahn in die zweite Stellung nach der Atmosphäre und stosse den Kolben nieder, u. s. w.

Nennt man den Raum der Glocke =  $a$ , den Raum des Kolbenhubs =  $b$ , so giebt

ein Kolbenspiel eine  $\left(\frac{a+b}{a}\right)$  fache

zwei Kolbenspiele ein  $\left(\frac{a+b}{a}\right)^2$  fache

drei Kolbenspiele —  $\left(\frac{a+b}{a}\right)^3$  fache u. s. w.

Verdünnung.

Um die Luft unter der Glocke zu verdichten, darf man nur die Stellungen des Hahns verwechseln d. i. beym Aufgang des Kolbens den Hahn nach der Atmosphäre und beym Niedergang des Kolbens nach der Glocke stellen. Die Zunahmen der Verdichtungen sind hierbey nach dem mariottischen Gesetz folgende:

1 Kolbenspiel  $\frac{a+b}{a}$  fache Verdichtung

2 Kolbenspiele  $\frac{a+2b}{a}$  — —

3 Kolbenspiele  $\frac{a+3b}{a}$  — —

Es sey z. B.  $b = a$  so erhält man für die

Verdünnung — Verdichtung nach

1 Kolbenspiel  $\frac{1}{2}$  3

2 —  $\frac{1}{4}$  — 3

3 —  $\frac{1}{8}$  — 4

u. s. w.

2tes Ventil. Luftpumpen.

Hier bleibt alles wie bey den vorhin beschriebenen

Hahn - Luftpumpen, nur wird statt des Hahns ein Ventil in der Bodenplatte des Stiefels, und ein zweites Ventil in dem Kolben selbst angebracht. Das erste Ventil öffnet sich von der Seite der Glocke her nach dem innern des Stiefels, das zweite von dem innern des Stiefels und Kolbens nach der Atmosphäre. Diese beiden Ventile sind wesentlich erforderlich. Uebrigens kann noch ein 3tes oben bey A angebracht werden, wenn der Stiefel zur leichtern Bewegung des Kolbens verschlossen ist. Die Einrichtung dieser Ventile ist gewöhnlich folgende.

Es bezeichne A Fig. 81 den untern Theil das ist die Bodenplatte des Stiefels oder des Kolbens; sie ist bey d e unter einem rechten Winkel durchbohret, welcher Canal von d aus nach dem Teller der Luftpumpe führet, über den etwas erhabenen Theil a b der Bodenplatte ist eine elastische Blase oder Stückchen Wachstaffet stramm angespannt, so daß es die Oeffnung e verschliesst, jedoch vermöge seiner Elasticität einem Druck in der Richtung c e nachgiebt. Der untere Theil des Kolbens muß genau die Gestalt der Bodenplatte haben, damit er sich genau anschliesse. Das Ventil in dem Kolben hat dieselbe Einrichtung; man denke sich den Kolben aus zwei Theilen A und B Fig. 81 zusammengesetzt, welche bey a b soviel Zwischenraum gestatten, daß sich das Blasenventil durch den Druck der Luft von unten nach oben heben kann. Die Durchbohrung des untern Theiles des Kolbens geht gerade nach e e g, die Durchbohrung des obern Theiles etwas schief nach f, damit man in der Mitte die Kolbenstange anschrauben könne. Zieht man bey dieser Einrichtung den Kolben in die Höhe, so stößt die Elasticität der Luft in der Glocke das Bodenventil des Stiefels auf und folgt dem Kolben, geht dagegen der Kolben nieder, so hebt sich das Kolbenventil, und die



Luft in dem Stiefel tritt über den Kolben, entweder unmittelbar, oder durch das dritte Ventil bey A Fig. 80 in die Atmosphäre.

Von den Einrichtungen solcher Luftpumpen, wie die Cuthbertson'sche, wo die Ventile durch den Mechanismus des Kolbenhub's selbst geöffnet und geschlossen werden, wird in den Vorlesungen geredet.

Auch bey den Hahnenluftpumpen läßt sich die Drehung des Hahn's durch die Bewegung der Kolbenstange erhalten.

Herr Hofmechanicus Köbler hat zu einer für das Großherzogliche physicalische Cabinet zu Darmstadt gelieferten Hahnenluftpumpe, woran der Kolben 4 Zoll 2 Linien Durchmesser, und der Stiefel eine Höhe von 27 Zoll hat, eine solche Vorrichtung geliefert, deren wesentlichsten Theile das Folgende angiebt. Man sehe Fig. 80\*.

An dem Hahne ist ein gezähntes Rad A befestiget, in welches einer der Schenkel der Stange B eingreift. Diese Stange geht oben und unten durch geschlossene Hülsen. Die untern Hülsen stehen auf einer Platte C, welche sich um etwas verschieben läßt, um nach Erforderniß den einen oder den andern Schenkel der Stange in das Rad eingreifen zu lassen. An dem Ende der Kurbelaxe, wodurch der Kolben in Bewegung gesetzt wird, ist eine messingne Scheibe D befestiget, woran auf jeder Fläche zwei bewegliche stählerne Hebelchen sind, welche sich nach einer Seite zurücklegen, nach der andern aber wider einen Stift anlegen, und, wie in der Zeichnung, stehen bleiben. An dem obern Theil der Stange B ist auf jeder Seite ein kleiner Ansatz e und b, woran sich die Hebelchen anlegen und die Stange bey dem Umdrehen der Kurbel auf oder niederwärts schieben. Diese Verschiebung ist so groß, daß dadurch eine Viertelsumdrehung des Hahn's hervorgebracht wird.

Die Kolbenstange hat einen toden Gang, damit sie sich bey Umdrehung der Kurbel etwa einen Zoll lang allein verschiebe, ehe sie den Kolben fasset. Dieser tode Gang ist deshalb nöthig, damit gleich bey dem ersten Umdrehen der Kurbel der Hahn geöffnet, oder geschlossen werde, ehe der Kolben seine Stelle verläßt. Angenommen der Kolben sitze auf dem Boden des Stiefels, so steht die Vorrichtung zur Hahnenbewegung wie in der Zeichnung. Gleich bey dem ersten Anfang der Kurbelbewegung greift eines der beiden vordern Hebelchen den Ansatz

b, hebt die Stange B und wendet den Hahn um  $\frac{1}{4}$  Umgang, wodurch die Verbindung mit dem Innern der Luftpumpe hergestellt wird. Die auf der hintern Seite der Scheibe befindlichen Hebelchen legen sich auf diesem Wege zurück so oft sie den Ansaß e berühren. Wird die Kurbel rückwärts gedreht, um den Kolben herunter zu winden, so schiebt das erste Hebelchen der hintern Fläche, welches den Ansaß e trifft, die Stange herunter und schließt den Hahn gegen das Innere ab, öffnet ihn aber nach der Atmosphäre. Bey dieser Bewegung legen sich die auf der vordern Fläche befindlichen Hebelchen zurück, wenn sie den Ansaß b berühren. Gegenwärtige Stellung gilt bey dem Evacuiren; will man Condensiren, so verschiebt man die Platte C und läßt den andern Schenkel der Stange in das Rad eingreifen, wodurch denn der Hahn auf die entgegengesetzte Seite gedreht wird.

Eine Pumpe, welche bloß zum Verdichten der Luft dienen soll, kann einfacher eingerichtet werden.

Eine cylindrische Röhre, in welcher sich ein Kolben luftdicht bewegt, unten mit einem nach aussen sich öffnenden Ventil und einer Schraube, oben, seitwärts unter dem höchsten Stand des Kolbens mit einem Luftloch versehen, reicht hin. Man schraubt das Gefäß, worin die Luft verdichtet werden soll, unter das Ventil an die Röhre, zieht den Kolben in der Röhre bis über das Luftloch in die Höhe, und stoßet ihn dann wieder nieder. Dieß wiederholet man so oft, bis der Widerstand der verdichteten Luft mit der Kraft, welche den Kolben treibt, ins Gleichgewicht gekommen ist.

Da durch eine plötzliche Verdichtung der Luft eine große Menge von Wärme frei wird, welche die Spannkraft der Luft gleichfalls erhöht, so muß man bey starken Verdichtungen langsam und mit der nöthigen Vorsicht verfahren, damit die verdichtete Luft sich wieder abkühle und die Gefäße nicht zersprengt werden.

### §. 85.

Um die verdünnende oder verdichtende Kraft einer Luftpumpe zu messen, bedienet man sich gewöhnlich der Elasticitäts- oder Barometerprobe

#### 1) Der Verdünnungsmesser.

Eine doppelt gekrümmte Glasröhre abcd Fig. 82

kann bey  $d$  auf die Luftpumpe geschraubt werden. Der Theil  $ba$  der Röhre, welcher oben bey  $a$  hermetisch verschlossen ist; muß mit Quecksilber gefüllet und durch Auskochen gehörig von Luft befreiet worden seyn. Ist nun die Luft in dem Theil  $fed$  und dem Innern der Luftpumpe so weit verdünnet worden, daß sie das Gewicht der Quecksilbersäule  $ba$  nicht mehr tragen kann, so sinkt das Quecksilber von  $a$  an herab nach  $e$  und steigt dagegen von  $b$  nach  $f$  in die Höhe. Mißt man den Unterschied des Quecksilberstandes  $fe$ , und dividiret denselben in den Barometerstand, so giebt der Quotient an, wie viel mahl die Luft verdünnet worden ist; vorausgesetzt, daß sich unter der Glocke der Luftpumpe keine fremdartigen Dünste befinden, welche die Spannkraft der Luft vermehren, und daß die Temperatur der Luft Innen und aussen gleich sey. Um die Wirkung der feuchten Dünste aus dem innern der Luftpumpe wegzuschaffen, bringt man eine Portion gut ausgeglüheten salzsauren Kalk in einer kleinen Schale von Glas oder Porcellain unter die Glocke der Luftpumpe.

## 2) Verdichtungsmesser.

Man nehme eine ähnlich gekrümmte Röhre wie zu dem Verdünnungsmesser, welche sich bey  $d$  auf die Luftpumpe schrauben läßt. Sollen die Verdichtungen nicht sehr weit getrieben werden, so kann der dann etwas verlängerte Schenkel der Röhre  $ba$  oben bey  $a$  offen bleiben. Man füllet den untern Theil der gekrümmten Röhre  $fbf$  mit Quecksilber an, welches in beiden Schenkeln gleich hoch steht. So wie die Luft von der Seite  $d$  her verdichtet wird, sinkt das Quecksilber in dem Schenkel  $eb$  und steigt in  $ba$ ; der Unterschied der Quecksilberstände  $fg$  in beiden Schenkeln, dividiret durch den Barometerstand, giebt an, um wie viel die Luft verdichtet worden ist. Bey starken Ver-

dichtungen, die bey Druck der Atmosphäre mehrmahlen über-  
treffen, würde der Schenkel  $ba$  zu lang und zerbrechlich  
werden. In diesem Fall verschliesset man, wenn man das  
Quecksilber eingefüllet hat, die Oeffnung  $a$  gut hermetisch.  
Die Röhre muß stark von Glas und in dem Theil  $ba$   
gleich weit seyn.

Indem nun durch die Wirkung der Luftpumpe das  
Quecksilber in dem Schenkel  $ba$  in die Höhe getrieben  
wird, so presset sich die bey  $a$  eingeschlossene Luft zusam-  
men und wirkt nebst dem angestiegenen Druck der Quecksil-  
bersäule, der durch die Luftpumpe verdichteten Luft entgegen.

Um die Größe der Verdichtung zu messen, dividire  
man den Raum  $af$  durch den Raum  $ag$ , welchen die Luft  
nach der Verdichtung einnimmt, multiplicire den Quotien-  
ten mit dem Barometerstand, addire hierzu die Höhe der  
Quecksilbersäule  $hg$ , und dividire die Summe wieder durch  
den Barometerstand, so zeigt die herauskommende Zahl

die Größe der Verdichtung an. Z. B. Es sey  $\frac{af}{ag} = 4$ ,  
 $hg = 7$  Zoll, der Barometerstand = 28 Zoll, so ist die  
Verdichtung =  $\frac{4 \cdot 28 + 7}{28} = 4\frac{1}{4}$ .

Bringt man in die Krümmung bey  $b$  nur einen Quecksil-  
bertropfen; dessen Gewicht bey dem Ansteigen bis  $g$  vernachlässiget  
werden darf, so giebt der Quotient  $\frac{ag}{ab}$  die Verdichtung an.

Von Sematons Birnprobe, welche dazu dienen soll, die Ver-  
dünnung der Luft, mit Ausschluß der durch die Dämpfe er-  
zeugten Spannung zu messen, in den Vorlesungen. Der Ge-  
brauch dieses Werkzeugs ist etwas umständlich und erfordert  
mancherlei Vorsichten, wenn die Angabe desselben genau aus-  
fallen soll.

### §. 86.

Die Luftpumpe bietet uns die Mittel dar, die von der

Schwere und Elasticität der Luft herrührenden Erscheinungen auf das vollständigste zu erläutern. Einige der vorzüglichsten hierher gehörigen Versuche sind folgende.

Eine cylindrische, oben kugelartig gekrümmte Glocke wird auf den Teller der Luftpumpe, wenn die Luft unter ihr verdünnet worden ist, durch den Druck der Atmosphäre mit einer großen Kraft angepresset, und kann nicht weggenommen werden, bevor man wieder Luft unter die Glocke gelassen hat.

1) Eine kleine Glocke kann neben der Oeffnung des Tellers der Luftpumpe (siehe Fig. 83) durch den Druck der Luft an gepresset werden, wenn man sie an einem Drath, der luftdicht durch die Fassung einer größern Glocke geht, aufhängt, die größere Glocke, wie die Figur zeigt, auf den Teller setzt und die Luft auspumpt, dann mittelst des Drathes die kleinere Glocke an den Teller drückt, und Luft unter die größere Glocke zuläßet, darauf kann man die größere Glocke wegnehmen, und die kleine haftet fest; will man sie los haben, so muß man dasselbe Verfahren in umgekehrter Ordnung anwenden.

2) Die guerichteten Halbfugeln. Man nehme zwey hohle mit ihren Ränden auf einander geschliffene Halbfugeln, unten mit einem Hahnen versehen, den man auf die Luftpumpe schrauben kann, evacuire die Luft, schraube dann nach vorher verschlossenem Hahne die vereinigten Halbfugeln ab, schraube an den entgegengesetzten Enden derselben zwei Haken an und versuche sie von einander zu reißen. Dieß vermögen, wenn die Halbfugeln groß genug sind, zwei Menschen ja selbst Pferde nicht. Der Druck der Luft auf die Halbfugeln läßt sich nach S. 99 berechnen.

Es sey der Durchmesser der Halbfugeln = 10 pariser

Zolle, also die größte Kreisfläche = 78,54 Zolle, und der Luftdruck auf dieselbe =  $15,5 \times 78,5$  Pfund = 1208,9 Pf., wenn die Kugeln völlig von Luft entleeret worden wären, und ein Barometerstand von 28 Zoll Statt fände. Erstes tritt nicht ein, wir wollen annehmen, die Barometerprobe habe bey der Verdünnung  $\frac{1}{2}$  Zoll gestanden, so geht von jenem Druck  $\frac{1}{56}$  ab, und es bleibt Ueberschuß an Druck von aussen = 1187 Pfund. Der Luftdruck auf die ganze Oberfläche einer Halbkugel ist zwar doppelt so groß, als ihn jene Rechnung giebt; wenn man aber die Kugeln aus einander zu ziehen trachtet, so hat man nur denjenigen Theil des Drucks zu überwinden, welcher auf die Basis der Halbkugeln senkrecht gerichtet ist. Ebenso berechnet man die Kraft, mit welcher eine Glocke auf dem Teller der Luftpumpe haftet; hier kommt nur der wagrechte Querschnitt der Glocke, dessen Rand mit dem Teller in Berührung ist, in Anschlag.

3) Man nehme einen an beiden Enden offen mit abgeschliffnem Rande versehenen Cylinder, setze ihn auf den Teller der Luftpumpe, und binde über die obere Oeffnung desselben eine dünne Blase; pumpt man die Luft schnell aus, so wird die Blase durch den Druck der äussern Luft mit einem Knall zersprengt. Legt man auf den obern Rand des Cylinders eine luftdicht passende dünne Glas-tafel, so wird dieselbe ebenfalls durch den Druck der Luft zersprengt. (Hierbey ist Vorsicht nöthig.) Bringt man die mit etwas Fett bestrichne flache Hand auf den obern Rand des Cylinders und pumpt langsam aus, so wird der innere Theil der Hand nach dem leeren Raum hin ausge-dehnt, und man empfindet Spannung in den Blutgefäßen, ähnet die Wirkung der Schröpfköpfe.

Das Manometer unter der Glocke der Luftpumpe.

Man bringe an einer kleinen aber empfindlichen Wage eine hohle hermetisch verschlossene etwas große aber leichte Glasfugel mit einem möglichst kleinen aber schweren Gegengewicht ins Gleichgewicht, setze den Apparat unter die Glocke der Luftpumpe und evacuire. Sobald die Luft hinlänglich verdünnt wird, sinkt der Theil des Wagebalkens, an welchem die Glasfugel hängt, nieder, und kommt wieder ins Gleichgewicht, wenn man die Luft zuläßt. Dieser Versuch beweist, daß ein jeder Körper so viel an Gewicht verlieret, als die Luft wieget, welche er aus der Stelle treibt.

Hierauf gründete Otto Guericke seinen Manometer oder Dichtigkeitsmesser; ein ganz ähnlicher Apparat nur nach größern Abmessungen. Wenn die hohle Glasfugel, bey einem gewissen Barometerstand und Temperatur mit dem kleinen Gegengewicht ins Gleichgewicht gebracht worden ist, so wird dieß Gleichgewicht gestört, so bald sich die Dichte der Luft aus irgend einer Ursache verändert; die Kugel sinkt bey abnehmender und steigt bey zunehmender Dichte der Luft. Die Gewichte, welche zur Herstellung des Gleichgewichts erforderlich sind, geben die Unterschiede der Luftgewichte eines Raumes an, welcher dem Unterschied des Raumes der Kugel und dem Gegengewicht gleich ist. Was ist schwerer, ein Pfund Bley oder Federn, beide in der Luft abgewogen? Am besten beweiset die Schwere der Luft der Versuch, wodurch man ihr specifisches Gewicht bestimmt hat. Dieß verdienet eine nähere Betrachtung.

### §. 87.

Man nehme eine hohle Glasfugel, deren innerer Raum wenigstens  $\frac{1}{8}$  Cubikfuß beträget, und versehen sie mit einer messingenen Fassung, in welche sich ein Hahn schrauben läßt



set, der selbst wieder auf die Oeffnung der Luftpumpe geschraubt werden kann. Der ganze Apparat muß luftdicht, übrigens so leicht als möglich gearbeitet werden. Den körperlichen Inhalt der Kugel bestimmt man am sichersten durch das Gewicht von reinem Regen- oder destillirten Wasser, das sie unter einer bestimmten Temperatur fasset. Aus dem bekannten absoluten und specifischen Gewichte des Wassers läßt sich der Raum der Kugel bey der beobachteten Temperatur nach §. 93 berechnen. Setzt trockne man die Kugel auf das Vollkommenste aus, welches am besten durch Erwärmung und Einblasen von trockner Luft, zuletzt durch Einbringung von geglühtem salzsauren Kalk geschieht. Wenn die Kugel trocken und mit Luft von der Dichte der atmosphärischen angefüllet ist, so wiege man sie genau, nachdem man vorher den Stand des Thermometers, Barometers und Hygrometers beobachtet hat. (Es ist gut den Versuch zu einer Zeit anzustellen, wo die Temperatur nur wenig oder gar nicht von derjenigen verschieden ist, bey welcher man das Abwiegen mit Wasser vorgenommen hat, weil dann die Ausdehnung des Gefäßes durch die Wärme nicht in Rechnung zu nehmen ist.) Nun schraube man die Kugel auf die Luftpumpe, evacuire sie so gut als möglich, beobachte die Elasticitäts-Probe, und bestimme abermals ihr Gewicht. Der Unterschied von dem vorigen Gewicht giebt das Gewicht der weggepumpten Luft an. Vermehret man dieses Gewicht um den sovielten Theil als der Quotient des Standes der Elasticitätsprobe und des Barometers anzeigt, so erhält man das Gewicht der Luft, welche die Kugel unter der gegebenen Temperatur und dem beobachteten Barometerstande fasset. Dividiret man dieses Gewicht durch das früher gefundene Gewicht von Wasser, die Kugel bey gleicher Temperatur fasset, so erhält

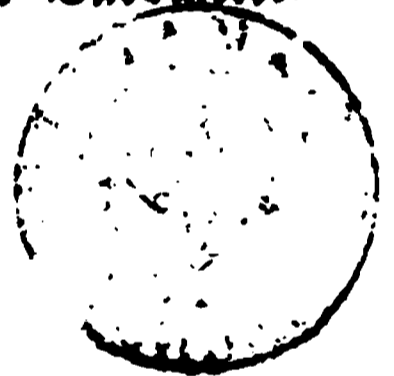


man das specifische Gewicht der Luft in Beziehung auf das Wasser; dividiret man jenes Gewicht durch den körperlichen Raum der Kugel, so erhält man das Gewicht eines Cubitzolles oder Cubikfußes Luft.

Will man dieses Gewicht für einen andern Barometerstand finden, so bemerke man, daß die Dichten der Luft, also auch ihre Gewichte sich wie die Barometerstände und verkehret wie die Ausdehnungen durch die Wärme verhalten. Es beträgt aber letztere bey der Luft für einen Grad des 100theiligen Thermometers 0,00375 Theile des Raums bey der Eiskälte. Hätte man also das Gewicht der Luft  $p$  bey einem Barometerstand  $= b$  einer Temperatur  $= t$  gefunden, und man wollte wissen, wie groß ist es bey der Temperatur der Eiskälte und einem Barometerstand von 28 Zollen, so sage man

$$\frac{b}{1 + 0,00375t} : 28 = p : x, \text{ dieß giebt}$$

$$x = \frac{p \cdot 28 \cdot 1 + 0,00575t}{b}$$



Biot, Arrago und Gay Lüssac haben das Gewicht der atmosphärischen Luft, so wie mehrerer künstlichen Gasarten mit aller Vorsicht bestimmt. Sie fanden die atmosphärische Luft bey 28'' Barometerstand, und der Temperatur der Eiskälte 77174 Mahl leichter als Wasser, oder 10495 Mahl leichter als Quecksilber.

Das specifische Gewicht einer künstlichen Gasart in Beziehung auf die atmosphärische Luft erhält man, wenn man den gleichen Raum bey einerlei Temperatur und Barometerstand zuerst voll Luft, dann luftleer, und endlich mit Gas angefüllt wiegt, das Gewicht der atmosphärischen Luft, dividiret in das Gewicht des Gases giebt das specifische Gewicht des Gases. Um diesen Versuch mit Bequemlichkeit anstellen zu können, dienet folgende Einrichtung der Luftpumpe:  $ab$  Fig. 84 ist eine nach der Luftpumpe führende Röhre, welche bey  $b$  durch einen Hahnen abgeschlossen werden kann, und sich bey  $c$  und  $d$  in zwei einander gegenüberstehende Schrauböffnungen endiget.



Auf *e* wird der gläserne mit einem Hahn versehene Ballon, bey *d* eine ebenfalls mit einem Hahn versehene gut zubereitete Rinderblase, in welche man vorher das künstliche Gas eingefüllet hat, geschränkt.

Nachdem der gläserne Ballon *A* gehörig evacuirt worden ist, schliesset man *b* und öfönet den Hahn *d*, so strömt das Gas aus *B* in *A*, vermöge seiner eigenen Elasticität und des Drucks der Atmosphäre auf die Blase. Statt der Blase kann man sich noch besser einer unten offenen Glocke bedienen, die mit ihrer Oeffnung in dem pneumatischen Apparat steht. Dann muß man aber, wenn nach dem Einströmen des Gases aus *B* nach *A*, das Wasser oder Quecksilber in dem Gefäß *B* höher als aussen stehen sollte, die dadurch bewirkte Verdünnung des Gases in Rechnung nehmen.

Die specifischen Gewichte der Gasarten findet man in der §. 76 mitgetheilten Tafel der specifischen Gewichte.

### §. 88.

Die nachbeschriebenen Versuche dienen zur Erläuterung der Elasticität der Luft.

Eine zugebundne Blase unter die Glocke der Luftpumpe gebracht schwillt auf, wenn man die Luft unter der Glocke auspumpt, und sinkt wieder zusammen, wie man die Luft zuläßset. Schliesset man die Blase in einen Cylinder ein und beschweret sie mit Gewichten, so werden die Gewichte durch die Kraft der sich ausdehnenden Luft in der Blase gehoben, wenn unter der Glocke ein luftleerer Raum erzeugt wird.

Man mache in die harte Schale an der Spitze eines frischen Eyes eine kleine Oeffnung, hänge darauf das Ey schwebend, die Oeffnung nach unten gekehret, unter der Glocke der Luftpumpe auf, und evacuire. Die unter der obern Wölbung des Eyes eingeschlossene Luftblase dehnt sich aus und treibt erst das Weiße, dann das Gelbe des Eyes zur Oeffnung heraus. Treibt man die Verdünnung

nicht so weit, daß die die Luftblase einschließende Haut berstet, und läßt wieder Luft unter die Glocke zu, so tritt meistens alle Flüssigkeit bey dem Zusammenziehen der Luftblase in das Ey wieder zurück.

Man fülle eine kleine Phiole von Glas voll Wasser, stelle sie verkehrt, die Oeffnung nach unten, in ein etwas größeres Glas, in welches man so viel Wasser gethan hat, daß die Oeffnung der Phiole unter Wasser zu stehen kommt. Stellt man diese Zurichtung unter die Glocke der Luftpumpe, und evacuirt, so wird man eine Menge Blasen überall aus dem Wasser aufsteigen sehn; diejenigen, welche sich in der Phiole bilden, steigen in die Höhe, und nehmen nach und nach den ganzen obern Raum ein, indem sie das Wasser aus der Phiole in das Glas pressen. Läßt man wieder Luft unter die Glocke zu, so höret die vorige Erscheinung sogleich auf, dagegen tritt das Wasser wieder in die Phiole zurück, jedoch bleibt in dem obern Raume eine Luftblase, das ist diejenige Luft, welche sich durch ihre Elasticität in dem leeren Raume aus den Zwischenräumen des Wassers, wo sie unter dem Druck der Luft durch die Adhäsionskraft zurückgehalten wurde, los gemacht hat. Dieser Versuch belehret uns, wie man Flüssigkeiten von der ihnen beygemischten Luft durch Auspumpen befreien könne. Auch die Zwischenräume der festen Körper sind mit Luft angefüllet, welche entweicht, wenn sie von einer andern Flüssigkeit durchdrungen werden. Dieß beweist der folgende Versuch. Man nehme ein Stück einer gut ausgeglühten aber dann wieder an der Luft gelegnen Holzkohle, befestige es mit etwas Wachs auf dem Boden eines Glases und gieße Quecksilber darüber, bringe die Vorrichtung unter die Glocke der Luftpumpe und evauire. Man wird Luftblasen aus dem Quecksilber hervorkommen sehn; läßt man



nun nach einiger Zeit wieder Luft unter die Glocke, und nimmt die Kohle aus dem Quecksilber heraus, so wird man sie ganz mit Quecksilber durchdrungen finden.

**Die Fontaine im luftleeren Raum.** Man setze einen Heronsball unter die Glocke der Luftpumpe, so wie man die Luft unter der Glocke wegpumpt, fängt der Heronsball, durch die Elasticität der in ihm eingeschlossenen Luft an zu springen.

Eine Abänderung dieses Versuchs ist, wenn man einen etwas hohen mit einem Hahnen versehenen Cylinder von Glas evacuirt, dann den Cylinder, nach verschlossenem Hahn, von der Luftpumpe abschraubt, die untere Mündung des Hahns unter Wasser bringt und den Hahn öffnet; der Druck der Atmosphäre treibt dann einen Wasserstrahl in den leeren Raum des Cylinders.

**Die Fontaine durch verdichtete Luft.** Man bringe den Heronsball unter eine starke Glocke, welche man von aussenher auf den Teller der Luftpumpe festschrauben kann, und condensire die Luft unter der Glocke, man wird Luftblasen durch das Wasser in den Heronsball dringen sehen. Läßt man hierauf die verdichtete Luft aus der Glocke in die Atmosphäre strömen, so fängt der Heronsball durch die Spannkraft der in ihm verdichteten Luft an zu springen.

Eine Abänderung dieses Versuchs erhält man, wenn der Heronsball von Metall und oben mit einem Hahn versehen ist, der sich auf die Luftpumpe schrauben läßt. Verdichtet man nun die Luft in dem Heronsball stark, und schraubt ihn nach vorher verschlossenem Hahn von der Luftpumpe ab, öffnet darauf den Hahn in der Atmosphäre, so springt das Wasser mit einer desto größern,

aber nach und nach immer abnehmenden Geschwindigkeit herans, je größer die Verdichtung der Luft war.

Die größte Höhe welche der Wasserstrahl erreicht beträgt  $n$  mahl 32 Fuß, wenn die Verdichtung im Innern  $= n + 1$  ist. Jedoch sind hier Widerstand der äussern Luft, und andere Hindernisse nicht in Anschlag gebracht.

### §. 89.

Noch wollen wir kürzlich einige Versuche mit der Luftpumpe erwähnen, die sich zum Theil auf die mechanischen zum Theil auf die chemischen Eigenschaften der Luft beziehen.

#### 1) Widerstand der Luft vermöge ihrer Trägheit.

Man befestige an dem obern Theil eines einige Fuß hohen Glascyinders in einer Klemme, die man von aussen öffnen kann, eine Pflaumfeder und einen Ducaten, evacuire die Luft, und öffne die Klemme; beide Körper werden zugleich auf den Teller der Luftpumpe niederfallen. In dem mit Luft erfüllten Cylinder bleibt die fallende Feder gegen das Goldstück zurück.

2) Die Luft pflanzt die Schwingungen tönender Körper zu unserm Ohr fort. Man setze ein kleines Schlagwerk unter die Glocke der Luftpumpe, und evacuire, je stärker die Verdünnung der Luft, desto schwächer hört man den Klang der angeschlagenen metallnen Glocke.

Ohne die Luft können die mit Lungen versehenen Thiere nicht leben. Man bringe einen Vogel, eine Maus oder dergl. kleines Thier unter die Glocke der Luftpumpe; so wie die Luft weggenommen wird, wird das Thier unruhig und stirbt unter Zuckungen wenn nicht wieder Luft zugelassen wird. Insecten und andere nicht mit Lungen versehne Thiere leben viel länger im luftverdünnten Raume.

#### 3) Ohne Luft kann kein Feuer fortbrennen.

Eine brennende Kerze erlöschet unter den ersten Stempelzügen. Ein Feuerzeug, das durch einen Federzug von außen losgeschlagen werden kann, giebt keinen Funken, wenn sich gleich Stückchen von Stahl losreißen. Schießpulver kann im luftleeren Raume nur unvollkommen, Phosphor gar nicht durch Erhitzung von außen entzündet werden.

Wärme und Electricität können durch Reibung an Körpern auch im luftleeren Raume erzeugt werden. Der fast von Luft entleerte Raum ist ein schlechter Leiter der Wärme, aber ein guter der Electricität; selbst die vollkommenste toricellische Leere ist nach Davy's Versuchen noch für die electriche Flüssigkeit durchgänglich. Der electriche Strom erscheint in dem luftverbünnten Raume mit dem schönsten Farbenspiel, und dieß wechselt mit dem stärkern Grade der Verdünnung von dem purpurröthlichen bis zum hellgrünen.

4) Ohne den Druck der Atmosphäre würden mehrere tropfbare Flüssigkeiten schon bey der gewöhnlichen Wärme der Luft zu sieden anfangen und sich in Dunst auflösen. Man bringe unter einen etwas schmahlen und hohen Recipienten eine kleine Schaaale mit Wasser, welches man gegen 20° nach dem reaumürischen Thermometer erwärmt hat, und pumpe die Luft schnell aus; so bald der Elasticitätsmesser unter einen Zoll herabgesunken ist, wird das Wasser heftig aufwallen, und das Quecksilber in dem verkürzten Barometer wieder bis zu einem Zoll ansteigen. Nimmt man statt des Wassers höchst gereinigten Weingeist, so braucht man denselben nur bis zu 10° R zu erwärmen, um dieselbe Erscheinung wahrzunehmen. Rectificirte Naphtha (Schwefeläther) fängt sogar schon bey der Temperatur der

Eiskälte, und selbst darunter in dem luftleeren Raume an zu stehen.

Der Grund dieser Erscheinungen wird bey der Lehre von den Dämpfen im Abschnitt von der Wärme näher entwickelt werden. Hier wollen wir nur bemerken, wenn man, nachdem die Flüssigkeit im luftleeren Raume ins Aufwallen gerathen ist, stets fortfähret zu verdünnen, so kann man nach und nach alle Flüssigkeit in Dunstgestalt aufgelöset fortpumpen. Dieses Mittels bedienen sich die Chemiker, um feuchte Körper bey einer sehr gelinden Wärme auszutrocknen. Ja man hat sogar den Technikern die Luftpumpe schon als ein Destillirapparat ohne Feuer vorgeschlagen.

Von den Bewegungen welche durch die Schwere und Elasticität der Luft in andern Körpern und der Luft selbst hervorgebracht werden.

#### §. 90.

Man hat sich der Elasticität und Schwere der Luft auf mancherlei Weise bedient, um dadurch andere Körper, besonders Wasser in Bewegung zu setzen. Die für die Ausübung brauchbarsten Maschinen der Art sind der Heber und die Saugpumpe.

Der Heber ist eine an beiden Enden offene gekrümmte Röhre  $dbaec$  Fig. 85. Man bedient sich desselben gewöhnlich, um eine Flüssigkeit aus einem Gefäß A in ein Anderes B, durch den Druck der Luft gehoben, ausfließen zu machen, indem man bey  $c$  mit dem Munde die Luft aus dem Heber saugt. Dieß kann nur unter folgenden Bedingungen geschehen. Der höchste Punct des Hebers, oder der Scheitel  $a$ , muß weniger über der Oberfläche der Flüssigkeit im Gefäß A erhaben liegen, als die Höhe der Flüssigkeitssäule, welche dem Druck der Atmosphäre gleich

kommt, beträgt, also muß  $a f$  für Quecksilber kleiner als 28 Zoll, für Wasser kleiner als 32 Fuß seyn. Denn träte diese Bedingung nicht ein, so würde, wenn auch in dem Heber ein luftleerer Raum hervorgebracht würde, die Flüssigkeit doch nicht bis zur Höhe  $a$  ansteigen, viel weniger nach  $B$  zu ausfließen. Oder wenn man den Heber zuerst in umgekehrter Lage mit Flüssigkeit füllte, und ihn dann in die Lage der Figur brächte, so würde in beiden Schenkeln  $a b$ ,  $a c$  die Flüssigkeit so weit herabsinken, bis sie mit dem Druck der Atmosphäre ins Gleichgewicht käme. (Diesen Versuch kann man leicht mit einem mit Quecksilber gefüllten Heber anstellen, wenn man vorher in die beiden Gefäße  $A$  und  $B$  etwas Quecksilber gegossen hat.)

Es ist aber nicht allein hinreichend, daß der Scheitel  $a$  des Hebers nicht zu hoch liege, sondern es muß auch der Schenkel  $a c$  tiefer herabgehen, als der andere Schenkel  $a b$  bis zur Oberfläche der Flüssigkeit in dem Gefäß  $A$  gerechnet, sonst würde abermals kein Fließen des Hebers nach der Seite von  $B$  zu Statt finden können. Denn man denke sich den Heber gefüllt und bey  $b d$  in die Flüssigkeit getaucht; der Druck der Atmosphäre heiße  $= b$ , so geht von  $A$  aus ein Druck nach dem Heber  $= b - a f$  von  $B$  aus aber ein Druck  $= b - a g$ . Ist nun  $a g$  größer als  $a f$ , so ist von der Seite  $A$  her ein Uebergewicht an Druck, welches durch die Höhe  $f g$  dargestellt wird, und dieß ist die bewegende Kraft, welche das Fließen im Heber erzeugt. Liegt also die Oeffnung  $o$  in der verlängerten  $b f e$ , so ist Gleichgewicht von beiden Seiten; lieget  $o$  höher, so fließet die Flüssigkeit nach  $A$  zurück.

Wenn die beiden oben angegebenen Bedingungen bey dem Heber erfüllt werden, so mag übrigens die Gestalt des Hebers seyn, welche sie wolle; er leistet seine Dienste. Dieß hat



Gelegenheit dargeboten zu vielen Abänderungen und Kunstleien am Heber, die theils zu reellen Zwecken, theils zur Belustigung dienen, welche aber hier nicht alle angeführt werden können. Hierher gehören unter andern der sogenannte Verirbecher Fig. 86.

Am der Wand und in dem Boden  $a b c d$  eines Bechers ist ein Heber verborgen, dessen einer Schenkel in dem andern steckt, die höhere Oeffnung des Hebers lieget bey  $o$ , die tiefere bey  $m$ , der Scheitel bey  $n$ . Wird der Becher nur bis  $o f$  vollgegossen, so läuft nichts aus, füllet man ihn aber bis  $a b$  an, so leeret er sich durch den Heber bis auf den Boden aus. Man erklärt hieraus das periodische Fließen mancher Quellen und Seen.

Braucht man den Heber als hydraulische Maschine im Großen, so kann er nicht wohl durch Saugen gefüllt werden. Man denke sich dann bey  $d, c, a$  Fig. 85 Hahnen angebracht; öffnet man den Hahn bey  $a$ , indessen die beiden untern geschlossen sind, so kann der Heber von oben herab mit Wasser gefüllt werden. Verschliesst man darauf den obern Hahn und öffnet die beiden untern bey  $d$  und  $c$ , so wird der Heber das Wasser von  $A$  nach  $B$  hin abfließen machen.

Der Naturforscher bedient sich des Hebers oft um eine Flüssigkeit von der andern zu trennen, um Gefäße mit engen Oeffnungen zu füllen oder zu leeren: zu diesem Behuf dienen besonders kleine gläserne Heber von der Gestalt Fig. 87, die feine Spitze  $b$  kommt in die enge Mündung des Gefäßes, bey  $a$  sauget man, und die Kugel  $A$  nimmt die ansteigende Flüssigkeit auf. Hält man die Oeffnung  $a$  verschlossen, so kann die Flüssigkeit nicht zurückfließen, bevor man die Luft wieder bey  $a$  zuläßet.

Heber, welche durch Blasen fließen. Ihre Einrichtung stellt Fig. 88 dar. Mit dem gewöhnlichen Heber  $c a d$ , welcher bey  $d$  eine etwas enge Oeffnung hat, ist noch ein dritter Schenkel  $d f g$  verbunden. Bläset man bey  $g$  stark und schnell hinein, so wird die in dem doppelten Schenkel  $f d a$  nach hydrostatischen Gesetzen angestiegne Wassersäule, durch den Stoß der Luft über  $a$  hinaus nach  $c$  zu getrieben, und dann fließet der Heber  $d a c$  fort. Es gehört etwas Übung zur Behandlung eines solchen Hebers, der übrigens bey Flüssigkeiten gebraucht werden kann, die man nicht in den Mund bringen darf. Eine mit dem gewöhnlichen Heber verbundene Saugröhre.  $x y$  Fig. 85

dienet auch hierzu, wenn man bey *c* zuhält, indem man bey *y* mit dem Mund saugt.

### §. 91.

Die wesentlichsten Theile einer Saugpumpe zeigt Fig. 89. *ABCD* ist der hohle Cylinder oder Stiefel, in welchem der Kolben *K* luft- und wasserdicht auf und nieder geht; *EFGH* ist die sogenannte Saug- oder Steigröhre, mit ihrem untern feiheartigen Theil stets unter Wasser. An der Einmündung der Saugröhre in den Stiefel lieget ein Ventil *b*, welches sich bey aufgehendem Kolben nach dem Stiefel zu öffnet. Auf dem inwendig durchbohrten Kolben lieget die Klappe *a*, welche sich nach oben öffnet, wenn der Kolben niedergeht. Bey *D* ist die Ausgußröhre. Der höchste Kolbenstand *AD* muß über dem Wasserspiegel einige Fuß niedriger als 32 Fuß liegen, wenn die Pumpe gut wirken soll.

Das Spiel der Pumpe ist folgendes. Wenn der Kolben in die Höhe gezogen wird, so entsteht unter ihm ein luftleerer Raum. Die Atmosphäre drückt das Wasser durch die Steigröhre und das geöffnete Ventil *b* dem Kolben nach in den Stiefel, so wie der Kolben nieder geht, schließt sich das Ventil *b* und öffnet sich die Klappe *a*, das Wasser tritt in dem Stiefel über den Kolben. Bey dem folgenden Kolbenhub fließet das Wasser über dem Kolben durch die Röhre *D* ab, indessen ihm neues von unten her durch die Pressung der Atmosphäre folgt. Die Kraft welche bey dem Kolbenhub angewendet werden muß, ist gleich dem Gewicht einer Wassersäule über der Grundfläche des Kolbens und von der Höhe *HD*, denn von oben herab drückt die Atmosphäre auf den Kolben, von unten hinauf ebenfalls, aber von diesem Gegendruck geht das Gewicht

der angestiegenen Wassersäule HD ab. Bey der Berechnung der Kraft sind die Reibung des Kolbens und sonstige Hindernisse nicht in Anschlag gebracht. Beym Niedergang des Kolbens sind es bloß diese Hindernisse, welche die Kraft zu überwinden hat, daher der Widerstand der Last bey einer Saugpumpe sehr ungleichförmig wirkt. Man pflegt daher die einfache Pumpe mit einem durch ein Gegengewicht beschwerten Hebel so zu bewegen, daß das Gewicht gehoben wird, wenn der Kolben niedergeht, und das gegen dem aufsteigenden Kolben zu Hülfe kommt. Noch gleichförmiger wird die Bewegung, wenn man zwei Saugpumpen so mit einander verbindet, daß der Kolben in der einen aufsteiget, wenn er in der andern niedergeht.

### §. 92.

Unter die Maschinen, bey welchen durch den Druck der Luft die Luft selbst in Bewegung gesetzt wird, gehören vorzüglich die Gebläse und einige Luftreinigungsmaschinen, Ventilatoren u. s. w. Der gemeine Blasebalg ist eine zu bekannte Maschine, als daß er einer umständlichen Beschreibung bedürfte. Wenn die beiden Backen des Blasebalgs von einander entfernt werden, so öffnet sich die an den untern Backen angebrachte Klappe und die äussere Luft stürzt sowohl durch das geöffnete Ventil, als durch die Blaseröhre in den innern Raum; bey dem Niederdrücken des Blasebalgs schliesst sich die Klappe, die Luft in dem Balg wird zusammengepresst und strömt vermöge ihrer größern Spannkraft zur Blaseröhre hinaus. Die Wirkung ist sehr ungleichförmig, weil die Zusammenpressung der Luft allmählig erfolgt. Besser wirkt der doppelte Blasebalg, woyon die eine Hälfte niedergeht, indessen die andere Hälfte aufgeht. Noch besser ist es, wenn man den

Blasebalg mit einem Windkasten verbindet. Alsdann führt die Röhre des Blasebalgs zu einem luftdicht verschlossenen Kasten, der wenigstens doppelt so viel Raum als der geöffnete Blasebalg fassen soll. An der zu dem Windkasten von dem Balg führenden Röhre liegt ein nach dem Innern des Kastens sich öffnendes Ventil.

Ein zweites nach aussen sich öffnendes Ventil liegt an der Röhre, die von dem Windkasten zu der Blaseröhre führt. Mit dem Windkasten soll ein sogenannter Windmesser (Luftelasticitätsmesser) in Verbindung stehen, das ist eine doppelt gekrümmte Glasröhre, in welcher durch die erhöhte Spannkraft der in dem Windkasten eingeschlossenen Luft, eine Säule von Wasser oder Quecksilber in die Höhe gepresst wird, deren Höhe man an einer in Fuße, Zolle und Linien eingetheilten Scale messen kann. Aus dem Höhenstand des Elasticitätsmessers läßt sich die Geschwindigkeit des zur Blaseröhre herausfahrenden Luftstromes, nach meinen darüber angestellten Versuchen auf folgende Weise berechnen. Es heiße  $c$  die gesuchte Geschwindigkeit,

so erhält man  $c = 0,7 \times 2 \sqrt{\left(\frac{gh}{d}\right)}$  wo  $h$  den Höhen-

stand des Elasticitätsmessers,  $g$  den Fallraum in einer Secunde und  $d$  die Dichte der in dem Windkasten eingeschlossenen Luft bezeichnen. 3. B. Es sey

$$h = 4 \text{ par. Fuß Wasserdruck}$$

$$g = 15 \text{ • Fuß}$$

so ist, da man die Dichte der atmosphärischen Luft bey einem Barometerstand von 28'' (= 32 Fuß Wasserdruck) und einer mittlern Temperatur von  $15^{\circ} R = \frac{1}{810}$  des Wassers annehmen kann,  $d = \frac{36}{32} \cdot \frac{1}{810} = \frac{1}{747}$  also  $c = 0,7 \times 2 \sqrt{(15 \cdot 4 \cdot 747)} = 292$  Fuß. Diese Geschwindigkeit muß mit dem Querschnitt der Blaseöffnung

multipliciret werden, um die Menge der in einer Secunde ausströmenden Luft zu erhalten. Der Ausdruck  $\frac{h}{d}$  bezeichnet die Höhe einer Luftsäule von der Dichte der in dem Windkasten eingeschlossenen, deren Gewicht eben den Druck auf die Blaseröhre erzeugt als die Spannkraft der eingeschlossenen Luft. Es läßt sich die Dichte der comprimierten Luft, wenn der ihrer Spannkraft entsprechende Quecksilberdruck und die Temperatur gegeben sind, nach §. 105 berechnen, folglich die Größe  $\frac{h}{d}$  in jedem Falle bestimmen.

Der Coefficient 0,7 bezieht sich auf eine conische Blaseröhre, deren Länge ihren Durchmesser nicht über 30mahl übertrifft. Muß die Blaseröhre länger und mit Krümmungen (welche möglichst zu vermeiden sind) geführt werden, so vermindert sich jener Coefficient wohl hier auf 0,5. Aus der Formel folgt, daß sich die Geschwindigkeiten der ausströmenden Luft wie die Quadratwurzeln aus den Spannkraften dividiret durch die Dichten verhalten.

- Von den verschiedenen mechanischen Einrichtungen der Gebläse wird in den Vorlesungen gehandelt. Die vorzüglichsten Arten sind jetzt wohl das Cylindergebläse, und das Henschelsche Kettengebläse. Der Elasticitätsmesser soll unmittelbar an dem Windkasten angebracht seyn, je entfernter von demselben gegen die Blaseöffnung hin er gestellt wird, desto niedriger fällt sein Stand aus; ja es ließ sich eine solche Länge und Weite der Blaseröhre denken, an deren Ende ein Elasticitätsmesser = 0 zeigte, obgleich die Luft mit einer bedeutenden Geschwindigkeit zur Oeffnung herausströmte. Denn je mehr Kraft auf die Erzeugung von Geschwindigkeit verwendet worden ist, desto geringer muß die zurückbleibende Spannung ausfallen. Uebrigens bemerkt man, wenn gleich der Elasticitätsmesser auf den Windkasten gestellet ist, gewöhnlich ein Schwanken desselben. Dieß rühret theils von dem ungleichförmigen Ab- und Zufließen der Luft in den Windkasten her, theils auch von den Veränderungen der Temperatur in demsel-



ben; denn mit jeder Verdichtung der Luft ist Wärme: Entbindung, mit jeder Verdünnung derselben Kälteerzeugung, verknüpft. Versuche mit der Luftpumpe, wobey die Verdichtung bis zum doppelten Druck der Atmosphäre ging, haben mich belehret, daß bey schnellem Ausströmen der so verdichteten Luft eine gegen  $4,5^{\circ}$  R gehende Temperaturerniedrigung hervorgebracht wurde, wodurch der Elasticitätsmesser über 15 Linien Quecksilberhöhe herabsank. Dies ist ein anderer Grund warum man die Windkästen an den Gebläsen nicht zu klein machen soll.

### §. 93.

Auf dem gestörten Gleichgewicht der Luft beruht ferner das Ziehen unserer Kamine; die Theorie dieser Erscheinung läßt sich kurz so übersehen.

Es bezeichne *ab* Fig. 90 die Feuerstelle, über welcher sich die erwärmte Luftsäule *cd* in dem Kamin befinde, durch die Oeffnung *f* habe die atmosphärische Luft freien Zutritt zu dem Feuerraum: so wird die erwärmte Luftsäule stets nach der Richtung *cd* ansteigen, indessen frische Luft durch *f* zuströmet, und durch das Feuer erwärmt dieselbe Bewegung annimmt wie diejenige Luft, welche sie verdrängt hat.

Man kann sich unter *dcbg* die Are einer communicirenden Röhre denken, in deren einem Schenkel *dc* eine erwärmte, und durch die Wärme ausgedehnte, folglich leichtere Luftsäule, in dem andern Schenkel eine kältere und schwerere *gb* gegen einander drücken. Der Unterschied beider Gewichte ist die bewegende Kraft, welche durch das Gewicht oder die Masse der erwärmten Luftsäule dividiret, die beschleunigende Kraft giebt, vermöge welcher jedes Lufttheilchen von *c* bis *d* auf eine ähnliche Weise, wie ein freifallender Körper, jedoch durch eine andere Kraft beschleuniget wird. Hieraus läßt sich leicht herleiten, daß die

Geschwindigkeit des Luftzuges in den Kaminen sich wie die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung der Luftsäule in dem Kamine, multipliciret mit der Quadratwurzel aus der Höhe des Kamins, verhalte. Die Geschwindigkeit des Luftstromes vermehret sich daher mit der Höhe des Kamins, jedoch in einem kleinern Verhältnisse, und gewiß nur bis zu einer bestimmten Gränze, weil wegen des unvermeidlichen Verlusts an Wärme durch die Wände des Kamins endlich eine allzugroße Höhe wieder eine Verminderung der mittlern Temperatur der erhitzten Luftsäule herbeiführen könnte. In der Regel wird diese Gränze in der Ausübung nicht erreicht. Da die beschleunigende Kraft von dem Unterschiede der Gewichte der äußern und innern Luftsäule, in lothrechter Richtung genommen, dividiret durch die Masse der in Bewegung zu setzenden Luftsäule, abhängt, so wird durch das sogenannte Schleifen der Schornsteine nie etwas an Zug gewonnen, wohl aber verloren werden können.

Es bezeichne  $p$  das Gewicht einer Luftsäule von der Höhe  $= h$  und der Dichte der atmosphärischen Luft, die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung einer gleich hohen Luftsäule in dem Kamin heiße  $= e$ , so ist das Gewicht der erwärmten

Luft  $= \frac{1}{1 + e} \cdot p$  der Unterschied der Gewichte beider Luft-

säulen  $= p - \frac{1}{1 + e} \cdot p = \frac{ep}{1 + e}$ ; die beschleunigende

Kraft der Luft in dem Kamin  $= \frac{ep}{1 + e} : \frac{p}{1 + e} = e$ ,

und die zur Höhe  $h$  gehörige Geschwindigkeit  $= e \cdot 2 \sqrt{gh}$ . Ob bey gleicher Höhe und Erwärmung des Kamins der Zug durch eine gewisse Gestalt desselben, etwa eine conisch nach oben sich erweiternde, vermehret werde? ist eine Frage, welche nur genaue Versuche entscheiden können, an welchen es, so viel uns bekannt ist, noch fehlt.

Um die vorstehende Theorie über den Zug der Kamine

durch die Erfahrung zu prüfen, stellte ich nachfolgende Versuche an.

Ueber einer argandischen Lampe wurde ein gut schliessendes Rauchfang von Eisenblech angebracht, der die Fig. 90 abgebildete Gestalt hatte, und durch Aufsatzstücke von 17 bis zu 55 pariser Zollen erhöht werden konnte. Nachdem die Lampe angezündet und die Luftsäule in dem Rauchfang gehörig erwärmt war, wurde die Hitze durch ein in die obere Oeffnung gesenktes Quecksilberthermometer, dessen Scale bis zur Siedhize des Quecksilbers reichte, gemessen, und darauf vermittelt eines feinen Anemometers die Geschwindigkeit des Luftzugs an der obern Oeffnung des Rauchfangs beobachtet. Das Anemometer hatte folgende Einrichtung. An einer stählernen Axe ( $\frac{1}{2}$  Linie dick) die in einem messingnen Rahmen lief, war ein feiner Seidenfaden angeknüpft, der von da auf eine schraubenförmig eingedrehte Welle ging, die so abgeglüht war, daß 10 Umdrehungen des Rädchens eine Umdrehung der Welle gaben. Der Durchmesser des Rädchens entsprach dem Durchmesser des Rauchfangs von 2 Zollen. Wurde das Rädchen mit seiner Axe in die Mittellinie des Rauchfangs gehalten, so konnten die Umläufe desselben bis zum Ablauf der Schnur leicht gezählt und die verstrichene Zeit an einer Secundenuhr beobachtet werden. Durch vorgängige Versuche, wobey man das Rädchen in stiller Luft mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegte, war ausgemacht worden, daß ein Umlauf des Rädchens 0,7 Fuß oder 8,4 pariser Zollen Geschwindigkeit entsprach.

Ich setze von mehreren Versuchen nur folgende her, wovon jeder doppelt angestellt worden ist, nebst den aus den Versuchen sich ergebenden und nach der obenstehenden Theorie berechneten Geschwindigkeit.

#### 1ter Versuch.

$$h = 17 \text{ Zoll}$$

Wärme im Rauchfang  $180^{\circ}$  C. aussen  $20^{\circ}$  C.

Umläufe 71 in  $20\frac{1}{2}$  }  
 $20\frac{1}{4}$  } Secunden.

#### 2ter Versuch.

$$h = 43 \text{ Zoll}$$

Wärme im Rauchfang  $178^{\circ}$  C. aussen  $20^{\circ}$  C.

Umläufe 71 in  $14\frac{1}{4}$  }  
 $13\frac{1}{4}$  } Secunden.



## 3ter Versuch

h = 55 Zoll

Wärme im Rauchfang 170° C. außen 20° C.

Umläufe 71 in  $12\frac{3}{4}$  } Secunden.  
12 }

Hieraus finde ich

1) berechnete Geschwindigkeit — beobachtete  
66 Zoll — 29 Zoll

Verhältniß 1 zu 0,44

2) berechnete Geschw. beobachtete  
104,2 Zoll 44,2 Zoll

Verhältniß 1 zu 0,42

3) berechnete Geschw. beobachtete  
199 Zoll 48,1 Zoll

Verhältniß 1 zu 0,43.

Da das Verhältniß der berechneten zur beobachteten Geschwindigkeit für constant angenommen werden darf, so rechtfertiget dieß die obige Theorie, und die nach der Erfahrung bestimmte Formel für die Geschwindigkeit des Luftzugs in den Kaminen mit Rücksicht auf den Widerstand wäre  
 $= 0,43 \cdot \sqrt{4gh}$ .

## S. 94.

Aus der Darstellung der Gründe, welche den Zug der Luft in den Kaminen hervorbringen, können wir uns zugleich die Entstehung der Winde in dem großen Luftmeer, welches unsern Erdball umgiebt, erläutern; denn es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daß der größte Theil aller Winde seinen Grund in dem durch Verschiedenheit der Temperaturen bewirkten ungleichen Luftdruck habe, ob wir gleich die Ursache der Temperaturveränderungen nicht immer bestimmt nachweisen können. In den folgenden Beyspielen kann dieß ziemlich genügend geschehen.

1) Der allgemeine Erdwind, welcher besonders in unsern Gegenden in den Frühlingsmonathen als ein herr-

schender Nordostwind, so wie in der südlich gemäßigten Zone in den Herbstmonathen als ein Südwestwind sich zu erkennen giebt, läßt sich aus der durch die Aendrehung der Erde bewirkten regelmässigen Erwärmung der nord- und südwärts um den Aequator liegenden Luftschichten durch die Sonne erklären; vermöge derselben steigen diese Luftschichten in die Höhe und werden durch kalte von den Polen her strömende Luft ersetzt.

Der dadurch in den entgegengesetzten Hemisphären entstehende Nord- und Südwind wird, weil wegen der Aenumdrehung der Erde die östlicher liegenden Gegenden jene Zuströmungen früher erhalten, in Nordost- und Südostwinde verwandelt.

2) Die regelmäßig im Sommer und Winter nach entgegengesetzten Richtungen wehenden Monsoons in dem indischen Ocean lassen sich befriedigend aus den entgegengesetzten Klimaten von Asien und Afrika, zwischen welchen jene Meere innen liegen, erklären. Wenn in den heißen Sommermonathen die Luftsäulen über den erhitzten Steppen Asiens in die Höhe steigen, so strömet von unten her aus der kältern südlichen Hemisphäre der Wind in einer südwestlichen Richtung über den indischen Ocean, dagegen die Richtung des Windes sich in die entgegengesetzte verwandelt, wenn in unsern Wintermonathen die südlich vom Aequator gelegenen Länder Afrikas stark erwärmt sind.

3) Die an den Küstenländern zur Nachtzeit herrschenden Landwinde und des Tages über wehenden Seewinde, so wie die in langen engen Thälern zu verschiednen Tageszeiten herrschenden Berg- und Thalwinde lassen sich aus ganz ähnlichen Gründen erklären.

Des Tages über erwärmt sich das feste Land durch

die Sonne viel stärker als das Wasser, daher auch die über ihm liegenden Luftschichten, und es entsteht Seewind.

Des Nachts verhält es sich umgekehrt, weil das Wasser langsamer abkühlt, und es entsteht Landwind.

4) Die einer heranziehenden Gewitterwolke vorangehenden heftigen Windstöße, welche man sonst durch das electriche Abstoßen der Luft zu erklären suchte, glauben wir befriedigender bloß aus der durch das Gewitter bewirkten Abkühlung der Luft herleiten zu können. Die Abkühlung an sich ist Erfahrungssache, sie rühret theils von der durch die Wetterwolke verursachten Beschattung, theils von der mit dem Regenfall nothwendig verknüpften Ausdünstung her. Diese Abkühlung beträgt an einem heißen Sommertag oft  $10^{\circ}$  —  $15^{\circ}$  R. Wir wollen sie hier nur  $= 10^{\circ}$  annehmen, so können wir die dadurch bewirkte Verdichtung der unter der Wetterwolke liegenden Luftsäule  $= \frac{1}{20}$  ihres Volumens setzen. Daher wird, nach der in den vorhergehenden Paragraphen entwickelten Theorie, die von der verdichteten Luftsäule ausgehende beschleunigende Kraft  $= \frac{1}{20}$  der Schwere betragen, und wenn diese Kraft durch eine Luftsäule von 4000 Fuß Höhe gewirkt hat, so muß sie eine Geschwindigkeit von 25 Fuß in einer Secunde erzeugt haben. Es ist daher kein Wunder, daß der heranziehenden Wetterwolke ein starker Wind vorausgeht. Doch wollen wir nicht leugnen, daß die eigenthümlich electriche Kräfte, manche Winde, besonders die durch ihre Wirbelbewegung so verheerenden Windhosen veranlassen. Zu der vorausgesetzten Verdichtung einer 4000 Fuß hohen Luftsäule durch  $10^{\circ}$  Kälte würde doch nur eine Aenderung von 2,4'' im Barometerstand gehören. Nun lehret aber die Erfahrung, daß zuweilen Veränderungen in der Atmosphäre vorgehen, welche das Barometer über 12 Linien

fallen machen. Findet eine solche Störung des Gleichgewichts plötzlich Statt, so ist es wohl begreiflich wie dadurch Orkane entstehen können, welche 120 Fuß und darüber in einer Secunde zurücklegen.

Zur Bestimmung der Richtung, Geschwindigkeit und Stärke des Windes hat man besondere Werkzeuge, die unter dem Nahmen Anemoscope, Anemometer bekannt sind. Die Richtung des Windes giebt jede gute Windfahne an. Zur Messung der Geschwindigkeit des Windes dienen am besten kleine, nach Art der Windmühlenflügel gebauete Rädchen, deren Umlaufgeschwindigkeit entweder der Geschwindigkeit des anstossenden Windes gleich ist, oder in einem bekannten Verhältniß zu derselben steht. Um die Zahl der Umläufe eines solchen Windrädchens bequemer messen zu können, verbindet man die Welle desselben mit einem Trieb, der in ein gezahntes Rädchen eingreiffet, das sich 100 Mal langsamer umdreht. Von der Art ist Woltmanns Windmesser.

Zur Bestimmung der Stärke und Stoßkraft des Windes möchte der nach Art des Pitotischen Strommessers gebauete Anemometer von Lind zu empfehlen seyn. Eine nach Art des Heberbarometers gebogene doppelschenkliche Glasröhre 0,4 Zoll weit, 5 — 10 Zoll hoch, wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt; das obere Ende des einen etwas höhern Schenkels ist mit einer rechtwinklicht gebogenen Röhre von Messing versehen, deren horizontale Ase in die Richtung des Windes gestellt werden muß. Durch den Stoß des Windes wird das Wasser in dem einen Schenkel herabgedrückt, und in dem andern in die Höhe getrieben. Der Unterschied des Wasserstandes wird durch eine zwischen den Schenkeln angebrachte Scale gemessen, und giebt die zu dem Windstoß gehörige Druckhöhe an, welche auf einen Quadratfuß gebracht, und in Pfunden ausgedrückt werden kann. Nimmt man nach der Lehre vom Stosse flüssiger Körper S. 83 an, die zu einem gewissen Stoß gehörige Druckhöhe sey doppelt so groß, als die zur Geschwindigkeit der anstossenden Flüssigkeit gehörige Fallhöhe; so kann man aus der beobachteten Druckhöhe die Geschwindigkeit nach der Formel  $c = \sqrt{2gh}$  berechnen, wenn man, um  $h$  zu finden, die beobachtete Wasserhöhe durch das specifische Gewicht der anstossenden Luft dividiret. Wir theilen hier eine Tafel über Geschwindigkeit und Stärke des Windes nach Smeaton mit

| Geschwindigkeit des Windes in einer Secunde in engl. Fuß | Druck auf 1 □ Fuß in Pfunden. |                                      |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1,47                                                     | 0,005                         | kaum bemerklicher Wind               |
| 4,40                                                     | 0,044                         | bemerkbarer Wind                     |
| 14,67                                                    | 0,492                         | windig                               |
| 27,34                                                    | 1,968                         | sehr windig                          |
| 58,68                                                    | 7,873                         | ausserordentlicher Wind              |
| 117—146                                                  | 31—49                         | Orkan der Bäume und Häuser umstürzt. |

## §. 95.

Die Windbüchse bietet uns ein merkwürdiges Beyspiel einer durch die Zusammenpressung der Luft hervorgebrachten starken bewegenden Kraft dar. Die wesentlichsten Theile der Windbüchse sind folgende. Der Kolben, welcher sich von dem Laufe abschrauben läßt, besteht aus einem hohlen Windkasten von festem und zähen Metall (am besten Eisen oder Kupfer) überall luftdicht verschlossen bis auf die vornen nach dem Lauf gehende Oeffnung. In der Oeffnung liegt ein metallenes nach innen zu sich hebendes Regelventil, das nicht nur durch den Druck der verdichteten Luft, sondern überdieß durch eine von Innen her wirkende Spiralfeder angepresset wird. Schraubt man statt des Laufes eine Compressionspumpe, wie sie §. 84 beschrieben worden ist, auf den Windkasten, und stößt den Kolben der Luftpumpe so lange auf und nieder, bis der Widerstand der verdichteten Luft keine fernere Oeffnung des Regelventils mehr gestattet, so ist nun der Windkasten voll gepumpt oder geladen. Der hierbey anzuwendenden Vorsicht ist bereits §. 84 gedacht worden. Jetzt schraubt man die Luftpumpe ab, und dafür den Lauf der Windbüchse an den Windkasten, und bringt in den Lauf die gewöhnliche Bleyladung nebst dem aufgesetzten Pfropfen. Das Schloß der

Windbüchse ist so eingerichtet, daß beym Losschlagen des Hahns eine starke Feder einen Winkelhebel in Bewegung setzt, welcher wider einen von dem Regel des Ventils hervorgehenden Stift schläget, und dadurch das Ventil auf einen Augenblick öffnet. Die aus dem Windkasten herausstürzende verdichtete Luft, welche sich zwischen der Ladung und dem sogleich wieder zugehenden Ventil eingeschlossen befindet, treibt nun, indem sie die Kugel vor sich her schiebt, dieselbe mit einer abnehmend beschleunigenden Kraft aber wachsenden Geschwindigkeit zur Mündung hinaus.

Um die Geschwindigkeit der zum Laufe der Windbüchse herausfahrenden Kugel genauer berechnen zu können, müssen folgende Dinge gegeben seyn. Der Grad der Verdichtung der Luft in dem Windkasten, die Menge der durch das geöffnete Ventil heraustretenden Luft oder das Verhältniß des Raumes welchen sie einnimmt zu dem Raume des Laufes, die Länge und der Durchmesser des Laufes, so wie die Schwere oder Masse der Ladung. Drückt man die Größe der Spannkraft der verdichteten Luft, durch die Höhe einer Luftsäule von der Dichte der atmosphärischen aus, und dividiret diese Größe durch die Masse der Kugel + der Masse der in dem Laufe eingeschlossenen Luft auf gleiche Art ausgedruckt; so erhält man die in dem ersten Augenblick der Bewegung wirkende beschleunigende Kraft. Wenn die Kugel zur Mündung des Laufes heraus tritt, so ist die Kraft so vielmahl geringer geworden, wie vielmahl die verdichtete Luft sich in dem Laufe ausgedehnt hat. Da nun die ausdehnenden Kräfte stets im verkehrten Verhältnisse der Räume stehen: so folgt hieraus, daß sich die Summe aller Beschleunigungen, oder die zur Endgeschwindigkeit gehörige Höhe wie der natürliche Logarithme der Länge des Laufes, dividiret durch die Länge des Lau-

maß, welchen die verdichtete Luft anfangs einnahm, verhalte.

Nach den obenstehenden Grundsätzen haben Robin's und Euler, Daniel Bernoulli, Karstens und andere Mathematiker Formeln zur Berechnung der Geschwindigkeit einer Windbüchsenkugel aufgestellt, welche 606 — 630 Fuß Geschwindigkeit in einer Secunde geben, unter der Voraussetzung, daß die Luft in dem Windkasten 100fach verdichtet worden sey.

Nach unsern über die Geschwindigkeit des Ausströmens verdichteter Luft angestellten Versuchen, würde in diesem Fall die verdichtete Luft allein zu dem Windbüchsenventile mit einer Geschwindigkeit von 863 Fuß in einer Secunde herausfahren, und hiernach betrüge die Geschwindigkeit der Kugel  $\frac{3}{4}$  von der Geschwindigkeit der Luft.

Die Kraft des Pulvers in unsern Feuergewehren wirkt auf ganz ähnliche Weise, indem bey der Entzündung des Pulvers durch das Verbrennen der Kohle und des Schwefels mit dem Sauerstoffe des Salpeters, kohlensaures Gas, Stickgas, Wasser- und Schwefelsaurer-Dunst gebildet, und durch die Glühhitze sehr ausgedehnt werden. Nach ältern Versuchen schätzte man die Kraft der Dämpfe des entzündeten Schießpulvers dem 1000fachen Druck der Atmosphäre gleich. Wäre nun die stärkste Verdichtung in einer Windbüchse = 100 so würden sich die beschleunigenden Kräfte in der Windbüchse und dem Feuergewehr = 1 : 10, also die dadurch erzeugten Geschwindigkeiten =  $\sqrt{1} : \sqrt{10}$  verhalten. Dieß gäbe für die Geschwindigkeit einer aus einer Büchse gefeuerten Kugel = 2000 Fuß in einer Secunde.

Nach Rumford soll die Kraft des entzündeten Schießpulvers, welche er vorzüglich in den expandirten Wasserdämpfen sucht, sogar bis zum 55000fachen Luftdruck (?) ansteigen können.

Wie stark sich die atmosphärische Luft zusammenpressen lasse, ist noch nicht mit Gewißheit ausgemacht. Hales und Richman wollen sie bis zum 300fachen verdichtet haben. Nach Roberval verlor eine in einer Windbüchse 15 Jahre lang erhaltene stark verdichtete Luft nichts von ihrer Elasticität. So nach wäre bis jetzt die atmosphärische Luft eine wirklich permanent elastische Flüssigkeit. Ob es gleich Faraday gelungen ist, mehrere früher ebenfalls für permanent elastisch gehaltene Gasarten durch einen weit geringern Druck zu verdichten.

Der Stoß aus Widerstand, welchen die bewegte oder ruhende Luft ansetzt, folgt zwar im Ganzen genommen ähnlichen Gesetzen wie der Stoß des Wassers und anderer Flüssigkeiten, wovon bereits §. 65 geredet worden ist, und kann so nach auf ähnliche Art wie dort gezeigt worden ist, berechnet werden. Jedoch ist zu bemerken, daß die Luft, so wie jede elastische Flüssigkeit nicht wider einen Körper fließen kann, ohne sich zu verdichten, wodurch ihre Spannkraft vermehrt wird und gegen dem Widerstand zurückwirkt. So wie daher bey dem Stoße fester elastischer Körper auf einander doppelt so viel Bewegung erzeugt oder vernichtet wird, als bey dem Stoße harter Körper unter sonst ähnlichen Umständen, eben so steht zu vermuthen, daß es sich mit dem Stoße der Luft gegen den Stoß des Wassers verhalte. Schätzt man also letztern, nach der gewöhnlichen Theorie dem Gewicht einer Wassersäule gleich, welche die Stoßfläche zur Grundfläche, und die zur Geschwindigkeit gehörige Fallhöhe zur Höhe hat, so müßte man hiernach den Stoß der Luft dem doppelten Gewicht einer Luftsäule von gleicher Dichte mit der anstossenden und der zur Geschwindigkeit gehörigen Höhe gleich setzen. Denken wir uns einen festen Körper in ruhender Luft mit einer großen Geschwindigkeit bewegt, so wird die Luft vor dem Körper verdichtet, hinter demselben verdünnt werden, wenn sie nicht schnell genug an den Seiten zu- oder abfließen kann, durch beides wird die Größe des Widerstandes vermehrt, und man übersieht sogleich, daß es hierbey auf die Gestalt der Vorder- und Hinterfläche des anstossenden Körpers ankomme. Daher wird man bey der Bestimmung der Größe des Stoßes und Widerstandes der Luft gute Erfahrungen nicht entbehren können.



Nach Hutton ist das absolute Maaß des senkrechten Luftstoffes gegen eine Kreisfläche mit halbkugelförmigem Hintertheil 1,3862 der zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeit, wenn diese sich innerhalb den Gränzen von 3 — 20 Fuß befindet. Ältere Versuche von Schober gaben jenen mit der Fallhöhe zu multiplicirenden Coefficienten zwischen 1,2 bis 1,9 veränderlich; ja Prechtl, dessen Versuche mit Umsicht und Genauigkeit angestellt worden sind (Gilb. Annalen 1806 23 B.) setzt den Widerstand'scoefficienten sogar auf 3,793 für Geschwindigkeiten zwischen 2 — 10 Fuß, wenn der gegen die Luft senkrecht stossende Körper vornen und hinten durch ebene mit einander parallel laufende Flächen begränzt ist.

Nach Borda sowohl als Hutton wächst der Stoß der Luft im Verhältniß der zweiten Potenz der Geschwindigkeiten, so lange dieselben die Größe von 20 Fuß nicht überschreiten. Bey viel größern Geschwindigkeiten über 100 Fuß scheint aber der Stoß in einem stärkern Verhältnisse zu wachsen.

Nach Huttons Versuchen mit abgeschossenen Bleykugeln von beynabe 2 Zoll Durchmesser ist der Widerstand, den sie von der Luft bey 200 Fuß Geschwindigkeit erleiden, der 2,04ten, bey 1200 Fuß Geschwindigkeit der 2,1ten, bey 1500 Fuß Geschwindigkeit der  $2\frac{1}{9}$ ten Potenz der Geschwindigkeit proportional, und wächst dann nicht ferner. Bey 6pfündigen Kanonenkugeln, die sich mit 2000 Fuß Geschwindigkeit durch die Luft bewegten, soll der Widerstand der Luft dem 100fachen Gewicht der Kugel gleich, also viel größer gewesen seyn, als ihn die newtonsche Theorie giebt, welche den Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzt. Es wäre zu wünschen, daß die auf den

Stoß und Widerstand der Luft sich beziehende Versuche wiederholt und erweitert würden.

### §. 97.

Aus dem Stoß und Widerstand der Luft erklären sich mancherlei Erscheinungen, da der Widerstand der Luft mit der Oberfläche wächst, das Gewicht aber unabhängig von der Oberfläche sich bloß nach der Masse richtet, so folget hieraus, daß ein in der Luft fallender schwerer Körper eine desto geringere beschleunigende Kraft erhalten werde, je größer seine Oberfläche gegen sein Gewicht ist. Hieraus erläutert sich der §. 107 angeführte Versuch mit der Luftpumpe. Ferner, da der Widerstand der Luft wenigstens im quadratischen Verhältniß der Geschwindigkeit wächst, die Schwerkraft aber an der Oberfläche der Erde, als eine an Stärke sich gleich bleibende unveränderliche Kraft angenommen werden kann, so folget hieraus, daß ein von einer bedeutenden Höhe herabfallender Körper endlich eine solche Geschwindigkeit erlangen müsse, wobey der Widerstand der Luft dem Gewicht des fallenden Körpers gleich wird, da, alsdann alle Beschleunigung aufhöret und der Körper mit gleichförmiger Bewegung fortgeht. Dieser Zeitpunkt wird desto früher eintreten, je größer die Oberfläche des fallenden Körpers und je kleiner sein Gewicht ist. Hierauf gründet sich die Einrichtung der Fallschirme, wodurch sich der Mensch von bedeutenden Höhen, ohne Schaden zu leiden, herablassen kann. Ohne den Widerstand der Luft würde jedes fallende Hagelkorn, selbst jeder große Regentropfen der unser Haupt träfe uns tödtlich werden können. Der Stoß der stark und anhaltend bewegten großen Luftmassen erzeugt die fürchterliche Gewalt der Drakane. Als bewegende Kraft bedienen wir uns des Luft-

Roffes an den Windmühlen und bey den Segeln der Schiffe; auch bedienet man sich des Widerstandes der Luft bey manchen Maschinen, um die allzugroße Beschleunigung mancher Kräfte zu hemmen. Ob wir durch den Widerstand der Luft gegen schnell geschwungne hinlänglich große Ruder dereinst die horizontale Lenkung der Luftballons in unsre Gewalt bekommen werden, muß die Zukunft lehren.

Als Erläuterung zum oben Gesagten diene folgendes Beispiel. Ein Mensch will sich mit einem Fallschirm, der ausgebreitet 15 pariser Fuß im Durchmesser hat, herablassen, wir wollen annehmen, das Gewicht des Menschen mit dem Schirm betrage 125 Pfunde, man fraget nach der Geschwindigkeit =  $c$ , bey welcher der Fall gleichförmig wird. Nimmt man für das Maaß des Widerstandes die doppelte zur Geschwindigkeit gehörige Fallhöhe an, und setzen wir ferner das Gewicht eines pariser Cubikfußes Luft =  $\frac{1}{12}$  Pf., so erhalten wir

$$\text{folgende Gleichung } \frac{15^2 \cdot 0,785 \cdot 2 \cdot c^2}{4 \cdot 15 \cdot 12} = 125, \text{ woraus sich}$$

$c = 16$  Fuß findet. Hierzu würde im leeren Raume eine Fallhöhe von  $4\frac{1}{4}$  Fuß gehören.

Der Flug der Vögel beruht ganz auf dem Widerstande der Luft. Wir müssen den activen und passiven oder steigenden und senkenden Flug der Vögel unterscheiden. Beym erstern hebt sich der Vogel durch den schnellen Schlag der Flügel gegen die widerstehende Luft, bey letzterm bedienet er sich der ganz ausgebreiteten Flügel wie eines Fallschirms, und indem er den Schwerpunct seines Körpers durch Ausstrecken von Kopf und Hals etwas nach vornen bringt, schwebt er schief vorwärts nieder. (Siehe Zachariä Elemente der Luftschwimmkunst.)

Vom Gleichgewicht fremdartiger in der Luft eingetauchten Körper. Luftschiffahrt.

### §. 98.

Wir haben §. 86 den Versuch mit dem Manometer kennen gelernt, wodurch bewiesen wird, daß die Luft, wie jede schwere Flüssigkeit, gegen einen in sie eingetauchten

Körper mit einer Kraft aufwärts preßet, welche dem Gewicht der aus der Stelle getriebenen Luft gleich ist. Könnte man also einen großen hohlen Körper so leicht bauen, daß er weniger wöge, als die Luft, welche er verdrängt, so müßte er von der umgebenden Luft in die Höhe getrieben werden. Die Lösung dieser Aufgabe im Großen war den Gebrüdern Montgolfier im Jahr 1783 vorbehalten, obgleich es zwei Jahre früher dem Naturforscher Cavallo in England gelungen war, Seifenblasen, die er mit entzündlichem Gas gefüllt hatte, in der Luft ansteigen zu machen. Die sogenannten Montgolfieren waren dünne Hüllen von Zeug oder Papier, unten mit einer Oeffnung versehen, unter welche man in gehöriger Entfernung eine Glutpfanne setzte, auf welcher man Papier und andere leicht entzündliche Stoffe verbrannte. Die so erhitzte Luft stieg zugleich mit den Dämpfen des Brennmaterials in die Hülle, schwellte sie an, und machte sie specifisch leichter als die umgebende Luft, wodurch sie in der Atmosphäre in die Höhe stieg, so lange als die durch die Wärme in der Montgolfiere hervorgerachete starke Verdünnung der Luft andauerte. Sehr bald darauf in demselben Jahre füllten Charles und Robert in Paris einen von gefirnißtem Taffent gefertigten, 12 Fuß im Durchmesser haltenden Ballon mit entzündlicher Luft, die sie aus Eisen mit verdünnter Schwefelsäure bereiteten, und ließen ihn in die Höhe steigen. Dieser Füllungsart hat man in der Folge den Vorzug gegeben, weil sie den Luftballons mehr Steigkraft verleiht und mehr Sicherheit gewährt. Das reine Wasserstoffgas, wie es die Kunst des Chemikers darzustellen vermag, ist zwar gegen 1-mahl leichter als die atmosphärische Luft, man darf aber dem bey der Füllung der Luftballons angewendeten Gas, welches im Großen nicht in jener Reinheit erhalten werden kann,

wohl nur eine 6mahl größere Leichtigkeit, als der atmosphärischen Luft zuschreiben.

Wir wollen einen Luftballon von 10000 Cubikfuß Inhalt, d. i. von 28 — 29 Fuß Durchmesser annehmen, so wird der Ueberschuß an Gewicht der atmosphärischen Luft über das angefüllte Gas  $\frac{5}{6} \cdot 10000 \cdot \frac{1}{12}$  Pfund = 695 Pf. betragen. Ziehen wir hierauf ab

|                           |           |         |
|---------------------------|-----------|---------|
| das Gewicht der Hülle mit | • • • • • | 120 Pf. |
| des Netzes von Bindfaden  | • • • • • | 60      |
| der Gondel                | • • • • • | 50      |
| eines Ankers              | • • • • • | 15      |
|                           |           | <hr/>   |
|                           |           | 345     |

so bleibt für die Steigkraft des Ballons 350 Pf. übrig. Ein solcher Luftballon kann also drei Menschen tragen, deren Gewicht wir im Durchschnitt zu 300 Pf. annehmen wollen, und behielt noch 50 Pf. Steigkraft übrig. Der Luftball würde sich mit abnehmender Kraft so lange erheben, bis der aufwärts gerichtete Druck der umgebenden Luft sich von 695 Pf. bis zu 645 Pf. vermindert hätte. Fraget man, in welcher Höhe dieses geschieht, so erinnere man sich, daß die Dichten, also auch die Gewichte der Luft sich bey gleich bleibender Temperatur wie die Barometerstände verhalten. Dieß giebt  $695 : 645 = b : x$  also nach §. 101 die Höhe, ohne Rücksicht auf die Temperatur =  $60000 (\lg 695 \cdot \lg 645) = 1945$  pariser Fuße.

Wollten sich nun zwei Menschen mit dem Ballon erheben, und man gäbe ihnen ein Uebergewicht von 150 statt 50 Pfunden, so würde er zu einer Höhe von 6335 Fuß steigen, bevor er mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht käme. Dieß zeigt, daß das Auswerfen von wenigen Pfunden Ballast dem Ballon eine bedeutende Vermehrung der Steigkraft giebt.

Man pflegt die Luftballons unten nicht ganz voll zu füllen, weil sonst zu befürchten stünde, daß durch die ausdehnende Kraft des eingeschlossenen Gases, bey vermindertem äußern Luftdruck, die Hülle des Ballons zerplatze. Auch nimmt man anfänglich so viel Ballast mit, daß der Luftballon nur eine geringe Steigkraft hat, und wirft nach und nach von dem Ballast, wie man sich höher erheben will, weg. Durch die Oeffnung einer an dem obern Theil des Ballons angebrachten Klappe hat es der Luftschiffer in seiner Gewalt, den Ballon durch Auslassung von entzündlichem Gas specifisch schwerer zu machen. Durch beide Mittel zusammen genommen hat man, so lange sie ausreichen, das Aufsteigen oder Senken des Luftballons in seiner Gewalt, dagegen ist die horizontale Lenkung bis jetzt ein unaufgelöstes Problem.

Die gefirnißten Hüllen unsrer Luftballons sind nicht von der Art, daß sie das entzündliche Gas für immer zurückhalten, und dieß ist der Grund, warum ein in die Höhe gelassener Luftballon nach und nach von selbst herabsinkt. Es wäre für die Luftschiffahrt schon viel gewonnen, wenn man einen Luftball von der Art bauen könnte, daß er das eingefüllte Wasserstoffgas für immer zurückhielt, und zugleich eine Lenkung in verticaler Richtung zuließ. Es sind hierzu schon mehrere Vorschläge geschehen. Einer der besten scheint der von Prechtl in dem 5ten Band der Jahrbücher des polytechnischen Instituts zu Wien gethane zu seyn. Der Verfasser will über einem nach Art der Ringkugeln gefertigten hölzernen Gerüste, einen Ballon von Kupferblech von 150 Fuß Durchmesser gebauet haben, in demselben soll ein zweiter Ballon mit biegsamer Hülle von 75 Fuß Durchmesser aufgehangen werden. Der Zwischenraum beider Ballons soll mit sehr reinem Wasserstoffgas aus Schwefelsäure und Zink, der Raum des innern Ballons aber mit atmosphärischer Luft gefüllt werden. Durch einen starken Blasebalg kann die Luft des innern Ballons verdichtet und verdünnet werden, und hierdurch ist die verticale Lenkung des Ballons, ohne Verlust an Wasserstoffgas, und ohne Auswerfung von Ballast gegeben. Die Steigkraft des Ballons berechnet Prechtl auf 10428 Pf.

Unter die merkwürdigsten Luftreisen in wissenschaftlicher Hinsicht gehören die von Sacharov in Petersburg und von Liot und Gay Lüsac in Paris unternommenen. Letztere allein erreichte die größte Höhe zu der ein Mensch von

der Erde bisher angestiegen ist, 21600 pariser Fuß über der Meeresfläche.

### Art der Verbreitung elastischer Flüssigkeiten unter einander.

#### S. 99.

Nach den Gesetzen der Bewegung fremdartiger in der Luft eingetauchter Körper sollte man erwarten, daß alle in der Atmosphäre befindliche Körper, also auch andere elastische Flüssigkeiten, wenn sie keine chemische Anziehung gegen die atmosphärische Luft besitzen, sich nach ähnlichen Gesetzen in derselben verbreiteten. So verhält es sich aber, wenn wir die Erfahrung zu Rath ziehen, nicht. Die durch die Wirkung der Wärme an der Oberfläche der Erde und besonders der Meere sich bildenden Wasserdämpfe sind ein viel leichteres Fluidum als die atmosphärische Luft, sie steigen aber nicht in derselben so lange an, bis sie mit der umgebenden Luft einerlei Dichte haben, sondern sie verbreiten sich vielmehr durch die ganze Atmosphäre, und ihre Dichte und Spannkraft hängt nicht von der Dichte und Spannkraft der umgebenden Luft, sondern nur von der herrschenden Temperatur ab. Läßt man Wasserdämpfe in einem eingeschlossenen Raum voll Luft treten, so erhöht sich die Spannkraft der Luft gerade um so viel, als die Spannkraft der Wasserdämpfe beträgt, wenn sie sich bey gleicher Temperatur im luftleeren Raume gebildet hätten, und die Dämpfe sind gleichförmig durch den Raum verbreitet. Z. B. Es betrage die Spannkraft einer eingeschlossenen trocknen Luftmasse bey einer Temperatur von  $+ 15^{\circ}$  R 27 Zoll Quecksilberdruck, man lasse zu dieser Luft so viel Wasserdampf, als sie aufnehmen kann, so wird der

Elasticitätsmaß auf 27,68 Zoll frigen. Es beträgt aber die Expansivkraft der Wasserdämpfe im luftleeren Raume bey 15° genau 0,68 Zolle. Aehnliche Erscheinungen treten ein, wenn sich Gasarten mischen, die nicht chemisch auf einander wirken.

Man hat merkwürdige Versuche über die Vermischung verschiedener Gasarten auf folgende Weise angestellt. Man denke sich zwei gläserne Kugeln A, B, jede mit einem besondern Gas von gleicher Expansivkraft aber verschiedenem specifischen Gewichte angefüllt, A enthalte das leichtere, B das schwerere Gas. Verbindet man beide Kugeln durch eine enge Röhre so mit einander, daß das leichtere Gas A, oben hin zu stehen kommt, und erhält die Temperatur möglichst gleichförmig, so wird man dem ungeachtet gewahr werden, daß nach einiger Zeit (kürzer, oder länger, je nach dem die Verbindungsröhre weiter oder enger war) die Gasarten in beiden Räumen sich gleichartig gemischt oder gemengt haben. Hieraus wird zwar begreiflich, warum die verschiedenen Bestandtheile unsrer Atmosphäre, so weit sie bis jetzt bekannt sind, nämlich Sauerstoffgas, Stickgas, kohlensaures Gas und Wasserdämpfe, obgleich von sehr verschiedenem specifischen Gewichte, doch gleichförmig gemischt sind; aber die Erklärung dieser Erscheinung bleibt immer vielen Schwierigkeiten unterworfen.

Der englische Naturforscher Dalton fand sich bewogen, aus diesen Erscheinungen die Folge zu ziehen: die Theilchen verschiedener Gasarten wirkten zwar abstoßend auf sich und auf feste sie beschränkende Körper, aber nicht wechselseitig auf einander. Da indessen dieser Satz den allgemeinen Bewegungsgesetzen träger Körper, wie wir uns doch die Gasarten denken müssen (denn ein Strom eines Gases stößt jedes andere Gas aus der Stelle), widerspricht, so möchte er schwerlich allgemeinen Beyfall erhalten. Sollten vielleicht alle Gasarten, über deren Stetigkeit der Raumerfüllung wir wegen der großen Durchsichtigkeit gar nicht urtheilen können, strahlende Flüssigkeiten, aus festen Theilchen bestehend, seyn, die durch die Wirkung der strahlenden Wärme und durch ihre Verdichtung um jene Theilchen in bestimmten Entfernungen aus einander gehalten werden, so ließ es sich wohl begreifen, wie in demselben Raume mehrere Flüssigkeiten zugleich sich strahlend bewegen könnten, bis endlich die Theilchen einander so nahe kommen, daß sie innerhalb



ihrer wechselseitigen Anziehungssphäre fallen, und sich zu festen, oder tropfbar flüssigen Körpern verdichtend ausscheiden. Sollte es sich bestätigen, daß die Mischung zweier Gasarten, durch Hinzukunft einer dritten, ohne chemische Wirkung, bloß auf mechanische Weise getrennt werden könnte (man will gefunden haben, daß die Seeluft weniger kohlensaures Gas enthalte, wegen der in ihr befindlichen salzsauren Dämpfe, als die Luft über dem festen Land), so möchte dieß eine Stütze für unsre Ansicht geben.

---

---

## Zweiter Abschnitt.

### Von den mit einem Schall begleiteten Schwingungen der Luft und anderer elastischer Körper.

---

#### §. 100.

Jeder sinnliche Eindruck, welchen wir durch das Organ des Gehöres wahrnehmen, heißt ein Schall. Der Schallarten giebt es unzählig viele, welche sich besser empfinden, als beschreiben lassen, wie schon die folgenden verschiedenen Bezeichnungen beweisen. Knall, Laut, Klang, Ton, Geräusch, Gepolter, Geklapper, Brausen, Säusen, Zischen, Knarren, Pfeifen, Rollen u. s. w. Knall heißt ein mit einer plötzlichen und starken Erschütterung des Gehörorgans verbundener Schall, Laut der durch die menschliche oder thierische Stimme hervorgebrachte Schall, Klang heißt insbesondere die durch tönende Metalle hervorgebrachte Gehörempfindung, Ton nennen wir einen solchen Klang oder Laut, worin wir eine bestimmte Höhe oder Tiefe wahrnehmen. Die übrigen Schallbezeichnungen nehmen wir nicht zu definiren. Zur Wahrnehmung Schalles gehört, 1) der Schall hervorbringende oder der Körper; 2) ein Mittel, welches den Schall zu dem

Ohre fortpflanzt; 3) die besondere Affection des Gehörorgans selbst, wodurch wir den Schall wahrnehmen. Die Akustik oder Lehre von dem Schall im Allgemeinen hat daher die Gesetze der schallenden Körper, die Gesetze der Fortpflanzung des Schalles und endlich die Veränderungen, welche der Schall in unserm Gehörorgan hervorbringt, nachzuweisen.

Die Luft ist fast ausschließlich das Mittel, wodurch der Schall zu unserm Ohr fortgepflanzt wird, oft auch der tönende Körper selbst. Dieß mag es rechtfertigen, warum gerade am Ende des vorstehenden Abschnitts von den Gesetzen der schallenden Körper gehandelt wird.

### Erregung des Schalles.

#### §. 101.

Man kann sehr leicht durch Versuche zeigen, daß jeder schallende Körper sich in einer schnellen zitternden oder hin- und herschwingenden Bewegung befindet, und da nur elastische Körper fähig sind, im Ganzen sowohl, wie in ihren einzelnen Theilen eine schwingende Bewegung anzunehmen, so sind sie auch nur die tönenden Körper.

Die tönenden Körper sind entweder schwingende physische Linien, wie die Saiten auf den musicalischen Instrumenten, oder schwingende Flächen, wie die gespannten Pauken und Trommelfelle, oder eigentlich schwingende Körper, wie bey dem Klange der Glocken und der metallenen Stäbe, bey den tönenden Schwingungen der Luft in unsern Blasinstrumenten, und bey der Fortpflanzung des Schalles durch die Luft, oder durch andere Körper. Bis jetzt sind die transversalen Schwingungen tönender Saiten am vollständigsten erforschet. Versuche zur Sichtbarmachung der tönenden Schwingungen elastischer Saiten lassen

auf folgende Weise anstellen. Man nehme eine Darm- oder Metall-Saite, spanne sie in horizontaler Richtung, am besten so, daß man eins ihrer Enden befestiget, das andere über eine Rolle führet, und so lange mit Gewichten beschwert, bis die Saite mit einem Violinbogen angestrichen einen hörbaren Ton giebt. Nach diesen Vorbereitungen behänge man die Saite hier und da ihrer Länge nach mit leichten Papierschnitzeln. So wie man die gehörig gespannte Saite durch Anstreichen ihrer Mitte stark tönen läßt, fahren alle Papierschnitzeln von ihr weg, die gegen die Mitte befindlichen mit der größten Geschwindigkeit. Die gespannte Saite AB Fig. 91 kommt hierbey nach folgenden Gesetzen in Schwingungen. Wenn die Saite durch mechanische Gewalt aus der geraden Richtung AB, in die krumme AFEB gebracht, und daher gedehnt worden ist, so bestricht sie sich vermöge ihrer Elasticität (deren Größe der spannenden Kraft gleich gesetzt werden muß) wieder in die vorige Lage zurück zu begeben, und zwar dermaßen, daß die einzelnen Punkte FEH alle zugleich an den Stellen G, C, K anlangen. Daher müssen die einzelnen Stellen durch Kräfte getrieben werden, welche sich unter einander wie die reciproken Entfernungen FG, EC, KH verhalten. Da AB anzeigt kann die Saite nicht gehen, sondern würde vermöge ihrer erhaltenen Richtung nach der reciprocirten Richtung ADB gehn. Sie kehrt in der That nach der Schwingung mit abwechselnder Fort. aber gleichzeit. fort, bis endlich die Saite zur Höhe kommt.

Da man eine unendlich dünne Saite durch solche Kräfte treiben muß, welche die Saite in jedem Punkt gleichmäßig zu einer Seite oder zu einer anderen Seite ablenken, so muß man die Saite in jedem Punkt gleichmäßig treiben, so wie man die Saite

Schwingungszeiten der Saiten auch ähnliche Regeln, wie bey dem Pendel, gelten.

Nun haben wir gesehen, daß sich die Schwingungszeiten verschiedner Pendel (S. 62), wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Pendel, dividiret durch die beschleunigenden Kräfte, verhalten. Wenden wir dieses Gesetz auf die schwingenden Saiten an, und bedenken, daß hier die beschleunigenden Kräfte den spannenden Kräften, dividiret durch die Massen der Saiten (wofür man bey gleichartigen Saiten die Produkte aus den Längen in die Quadrate der Durchmesser schreiben kann), die Längen der Saiten aber den Längen der Pendeln entsprechen; so können wir die Folge ziehen, daß sich die Zeiten der Schwingungen gleichartiger Saiten von verschiedner Länge, Dicke und Spannung direct wie Längen und wie die Durchmesser, aber verkehret wie die Quadratwurzeln aus den spannenden Kräften verhalten. Oder die Zahl der Schwingungen in einer bestimmten Zeit verhält sich verkehret wie die Länge und Dicke der Saite, und direct wie die Quadratwurzel aus der spannenden Kraft.

Die ganze Zeitdauer der Schwingung einer Saite in Secunden giebt der Ausdruck  $T = \frac{1}{67,43} \sqrt{\left(\frac{M}{S}\right)} \cdot L$ , wo  $M$  Masse,  $S$  Spannung,  $L$  Länge der Saite und die Zahl 67,43 das Produkt aus dem Kreisverhältniß in die Länge des Secundenpendels in pariser Linien bezeichnen.

Eine gespannte Saite kann nicht bloß im Ganzen, sondern auch nach einzelnen Theilen schwingen, wie z. B. Fig. 92. Dann kommt nur die Länge jedes einzeln schwingenden Theiles in Betrachtung. Die hierbey in Ruhe bleibenden Punkte wie  $C$  heißen Schwingungsknoten, sie bilden sich, wo man einen Punkt einer gespannten Saite festhält oder dämpft, zuweilen aber auch ohne dieß von selbst durch die Art des Ton's welchen die schwingende Saite anlebt.

Auf eine ähnliche Weise wie die gespannten Saiten schwingen die elastischen Flächen, wenn sie tönen, dabei bilden sich tönende Zonen oder Sectoren, und zwischen ihnen ruhende Linien, die sich nach der Art des Tones schneiden oder unter einander parallel laufen. Die Art dieser Schwingungen, und der dazwischen liegenden Linien dem Auge permanent sichtbar zu machen, lehrte uns Ohladni durch seine Entdeckung von den sogenannten Klangfiguren. Man gebe einer gleichförmig dicken (überhaupt nicht zu starken) Glasscheibe die Gestalt eines Quadrat's von 3 — 6 Zoll in der Seite, schleife die scharfen Ränder desselben matt, halte die Scheibe, nachdem man sie vorher gleichförmig mit Sand bestreuet hat, in wagrechter Lage zwischen zwey Fingerspitzen an einem Punkte, durch welchen eine oder mehrere Knotenlinien gehen sollen, und bestreiche sie mit einem geharzten Bogen am Rande außerhalb einer Knotenlinie. Die Scheibe wird sich in tönende Zonen, Hälften, Viertheile, Sechstheile u. s. w. theilen, die um ruhenden Linien nach entgegengesetzten Richtungen schwingen; der Sand fährt dabei von den schwingenden Theilen weg, auf die ruhenden oder Knotenlinien, und bildet dadurch die sogenannten Klangfiguren. Fig. 93 I bis V stellen einige der einfachsten Klangfiguren dar; a bezeichnet die zwischen den Fingern gehaltne Stelle, b die angestrichne des Randes. (Zuweilen muß man beide Stellen ein wenig verändern, um den Ton und die Figur möglichst rein zu erhalten.) Je mehr schwingende Zonen sich bilden, desto höher fällt der Ton aus; so gehören die Figuren I u. II zu tiefem, III u. IV zu höhern Tönen. Fig. V ist ein bloße Abänderung des To-

nes Fig. IV, wobey die geraden Knotenlinien in krumme übergegangen sind.

Wer sich näher über diesen interessanten Theil der Akustik unterrichten will, den verweisen wir auf Chladni Entdeckungen über die Theorie des Klanges Leipzig 1787, so wie auf dessen Akustik Leipzig 1804 und die Beiträge dazu Leipzig 1817.

## Schwingungen elastischer Stäbe, Gläser und ähnlicher Körper.

### §. 103.

Stäbe von elastischen Metallen, Glas, Holz und dergleichen schwingen nach etwas andern Gesetzen als Saiten, weil ihre Elasticität sich nicht bloß nach Schwingungen der Länge, sondern nach allen drei körperlichen Dimensionen zugleich äußert.

Man nehme einen prismatischen Stab von Glas, Metall oder einer andern elastischen Materie, halte ihn an einem Ende fest, und schlage oder streiche ihn unter einem rechten Winkel an, daß er töne, so wird er in transversale Schwingungen gerathen, wie Fig. 94 I. Liegen die beiden Enden des Stabes frei, so schwingt er wie Fig. 94 II, sind seine beiden Enden befestiget, so haben die Schwingungen die Gestalt Fig. 94 III. Die Zahl der Schwingungen zweier Stäbe von einerlei Materie, die auf ähnliche Art schwingen, verhalten sich bey gleicher Länge verkehret wie ihre Dicken, bey gleichen Dicken verkehret wie die Quadrate der Längen.

Es können auch einzelne Theile eines Stabes für sich schwingen, indem sich zwischen ihnen Schwingungsknoten bilden.

Die Zahl der Schwingungen und somit die Höhe der Töne wächst dann in dem Verhältniß der Quadratzahlen der schwingenden Theile: Die Breite der Stäbe hat keinen Einfluß auf die Anzahl der Schwingungen. Tönende elastische Ringe und Glocken (indem bey letztern nur die gegen den Rand hin liegenden Zonen schwingen) folgen ähnlichen Gesetzen wie die schwingenden Stäbe.

---

### Längenschwingungen tönender Saiten und Schwingungen der Luft in den Blasinstrumenten.

#### §. 101.

Wenn man eine Saite unter einem sehr spitzigen Winkel auf die Richtung ihrer Länge anstreicht, so dehnt und zieht sie sich abwechselnd ihrer Länge nach zusammen, und wenn diese Schwingungen schnell genug auf einander folgen, so giebt die Saite Töne an, welche sich von den durch transversale Schwingungen, bey gleicher Länge, Dicke und Spannung der Saite erzeugten sehr unterscheiden, sie sind in der Regel viel höher. Chladni hat diese Art Töne zuerst näher untersucht.

Auf ähnliche Art schwingen die Luftsäulen in den Blasinstrumenten. Wenn der Wind in die Pfeife gestossen wird, so presset er die in derselben enthaltne Luftsäule zusammen, welche sich vermöge ihrer Elasticität wieder ausdehnt, und so in Schwingungen der Länge nach geräth. Die Länge der schwingenden Luftsäule hat auf die Höhe des Tons einen wesentlichen Einfluß, indem dieselbe desto größer ausfällt, je kürzer die schwingende Luftsäule ist, doch bestimmt sich die Höhe des Tons nicht allein hierdurch,



sondern auch die durch Art des Einblasens. Je enger die Oeffnung ist und je schneller man in dieselbe bläset, desto höher fällt der Ton aus, wovon man sich leicht durch das Pfeiffen mit dem Munde überzeugen kann.

Jede plötzliche Ausdehnung und Wiederzusammenziehung der Luft ist mit einem hörbaren Schall verknüpft. Man nehme eine kleine Glaskugel, etwa 1 Zoll im Durchmesser haltend, welche vor der Schmelzlampe in eine Spitze ausgezogen worden ist, erwärme die Kugel stark und schmelze die Spitze zu. Läßet man die Kugel von einer mäßigen Höhe herabfallen, daß sie zerbricht, so geschieht dieß mit einem heftigen Knall: Durch die vorgängige Erwärmung der Kugel wurde die Luft in derselben stark verdünnt, und die äussere Luft dringt mit Heftigkeit in diesen Raum, und wird dadurch in schallende Schwingungen versetzt. Ein durch plötzliche Zusammenpressung der Luft hervorgebrachter Knall kann auf folgende Weise erzeugt werden. Man nehme eine ähnliche, nur ein paar Linien im Durchmesser haltende Glaskugel, erwärme sie und tauche die Oeffnung der Spitze schnell unter Wasser, es tritt durch den Druck der äussern Luft, etwas Wasser in den innern Raum der Kugel, darauf schmelze man die Spitze vorsichtig, ohne die Kugel zu erwärmen, vor der Lampe zu. Steckt man ein so zubereitetes Kügelchen mit seiner Spitze in den Docht einer brennenden Kerze, so zerspringt es bald, indem sich das eingeschlossene Wasser in Dämpfe verwandelt, mit einem heftigen Knall. Der Versuch erfordert, wegen der auseinander fahrenden Glassplitter, Vorsicht. Er dienet zur Erläuterung dessen, was bey der Entzündung des Schießpulvers in unsern Feuergewehren vorgeht, so wie überhaupt der heftigen Explosionen, welche durch die Entzündung des Knallgoldes, Knallsilbers und ähnlicher knallenden Substanzen hervorgebracht werden. Denn in allen diesen Fällen sind es plötzlich sich entwickelnde elastische Flüssigkeiten, die die umgebende äussere Luft heftig zusammenpressen.

---

#### §. 105.

Auch der wundervolle Bau der menschlichen Stimme, und der dazu dienenden Organe, der Kehle, dem Kehlk-

Kopf mit der Stimmriße und ihren elastischen Bändern und der Klappe sind darauf berechnet, die Luft in tönende Schwingungen zu versetzen. Indem die Luft aus der Lunge durch die sich verengenden Stimmriße mit mehrerer oder minderer Heftigkeit gestossen wird, kommen nicht bloß der obere Theil der Kehle mit den Wänden des Kehlkopfs und den elastischen Bändern der Stimmriße und der Klappe in schwingende Bewegung, sondern die tönenden Schwingungen theilen sich auch der herausgestossenen Luft selbst mit, welche denn durch die Bewegungen der Zunge, der Lippen, der Zähne auf mancherlei Weise modificiret und articuliret werden, wie dieß Jeder selbst leicht bey dem Sprechen an sich wahrnehmen kann. Eben daher hängt auch die Höhe und Tiefe, die Stärke und Schwäche der menschlichen Stimme nicht bloß von der Einrichtung des Organs, sondern auch von der Beschaffenheit der umgebenden Luft ab. In Wasserstoffgas wird die Stimme höher, in verdichteter Luft stärker, in verdünnter schwächer; und in dem absolut leeren Raume würde so wenig eine Stimme wie überhaupt ein Schall möglich seyn.

Von dem Hörbaren der Töne, der Höhe und Tiefe derselben und den Verhältnissen.

§. 105.

Wenn die Schwingungen einer gespannten Saite oder eines elastischen Stabes so langsam erfolgen, daß sie dem Auge sichtbar sind und sich zählen lassen, so sind sie mit keinem wahrnehmbaren Ton begleitet. Verkürzt man die Saite bey gleicher Spannung, so vermehren sich ihre Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse der Länge und sind endlich mit einem wahrnehmbaren Tone, und zwar dem tiefsten, welchen die Saite angeben kann, begleiten

Verkürzt man die Saite immer mehr, oder vergrößert man ihre Spannung bey gleicher Länge, so nimmt die Zahl der Schwingungen und die Höhe der Töne zu, bis sie sich endlich in ein schneidendes Geräusch verlieren. Die Gränzen der für unser Ohr wahrnehmbarer Töne und die gehörige Anzahl von Schwingungen in einer Secunde setzt man nach Le Sauveur auf 25 bis 12800, nach Euler auf 40 — 8000. Andere erweitern diese Gränzen von 30 bis zu 30000.

### §. 106.

Es erhellet von selbst, daß nicht alle zu jener großen Mannigfaltigkeit von Schwingungen gehörigen Töne für unser Ohr angenehm, oder auch nur deutlich unterscheidbar seyn können. Man schränkt sich daher in der Musik auf gewisse Verhältnisse ein, wovon folgende die einfachsten sind.

Nennet man den tiefsten Ton, welchen eine Saite angiebt, oder den Grundton = 1, ohne sich um die absolute Anzahl der dazu gehörigen Schwingungen zu bekümmern, so heißt derjenige Ton, zu welchem noch einmahl so viel Schwingungen gehören, die Octave = 2.

Zwischen diesem einfachsten aller Tonverhältnisse pflegt man nach der gewöhnlichen Tonleiter 6 Töne einzuschieben in folgender Ordnung

C, D, E, F, G, A, H, c

$1, \frac{9}{8}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{5}{3}, \frac{15}{8}, 2$

Die Nahmen derselben sind von dem Grundton angerechnet Secunde, große Terz, Quarte, Quinte, Sexte, Septime, Octave. Die Verhältnisse dieser Töne unter einander sind nicht gleich und lassen sich durch folgende Zahlen darstellen.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} &= \frac{1}{2} & \frac{1}{4} &= \frac{1}{4} ; \frac{1}{4} : \frac{1}{3} = \frac{3}{4} \\ \frac{1}{3} &= \frac{1}{3} & \frac{1}{2} &= \frac{1}{2} ; \frac{1}{3} : \frac{1}{8} = \frac{8}{3} \\ \frac{1}{4} &= \frac{1}{4} \end{aligned}$$

Die kleinsten Intervalle zwischen der Terz und Quart, der Septime und Octave heißen halbe Töne, die übrigen ganze Töne.

Versuche mit dem Monochorde zur Erläuterung der eben stehenden Sätze. Man nehme eine gleich dicke Saite und mache sie dermaßen, daß sie im Ganzen schwingend den Grundton gebe; setzt man darauf einen beweglichen Steg in ihre Mitte, so giebt jede Hälfte der Saite die höhere Octave. Theilt man die Saite durch den Steg in 3, 4, 5 u. s. w. Theile, so werden  $\frac{2}{3}$  der Saite die Quinte,  $\frac{3}{4}$  die Quart,  $\frac{4}{5}$  die große Terz u. s. w. vom Grundtone geben.

In der Musik hat man, um die Ungleichheit der eben angegebenen Intervallen zu mindern, und sie überhaupt kleiner zu machen, mehrere Zwischentöne eingeführt, welche man erhält, wenn man das Intervall eines jeden Tones um  $\frac{1}{12}$  erhöht oder vertieft. Hierdurch erhält man 22 Töne in der Octave. Läßt man den durch Erhöhung des niedrigen, und durch Vertiefung des höhern Tons entstandnen Zwischenton für einen gelten, so erhält man 12 Töne in der Octave, oder die sogenannte chromatische Tonleiter.

Da indessen auch hierbey die Verhältnisse noch ungleich sind, und diese Ungleichheit besonders auffallend wird, wenn man von einem andern Grundton ausgehend durch mehrere Octaven ansteigt, so haben manche, wie Lambert, vorgeschlagen, das Verhältniß der Octave 1 : 2 in zwölf gleiche geometrische Verhältnisse zu theilen, wodurch alle dazwischen fallende Töne irrationale Zahlen werden, welcher Vorschlag indessen, so viel uns bekannt ist, keinen Beyfall bey den praktischen Musikern gefunden hat.

### §. 107.

Die Erfahrung lehret, daß manche Töne zu gleicher Zeit einen angenehmen Eindruck in uns veranlassen, dagegen nicht; erstere nennet man consonirende, dissonirende Töne. Die vollkommenste Consonanz

bildet der Grundton mit der höhern Octave, wobey immer zwei Schwingungen der letztern mit einer der erstern zusammen fallen. Man sucht daher die Ursache der Consonanz und Dissonanz der Töne überhaupt in dem mehr oder minder einfachen Verhältnisse der zu gleicher Zeit entstehenden Tonschwingungen zu einander. Ja manche Philosophen sind so weit gegangen, daß sie alle angenehmen Gefühle, welche die Musik durch eine wohlgefällige Verbindung und Folge der Töne, durch Harmonie und Melodie, in uns erregt, aus einer rechnenden Vergleichung der tönenden Schwingungen, welche die Seele ohne klares Bewußtseyn vornehme, herleiten wollten.

Fragen wir nach einem weitem Grund jener angenehmen oder auch unangenehmen Gefühle, welche die Kunst in uns zu erregen vermag, so ist derselbe wohl in der physischen Beschaffenheit unsers Gehörorgans selbst, so wie in der gewohnten Weise unsers Gefühl- und Empfindungsvermögens zu suchen.

#### §. 108.

Die Erfahrung lehret ferner, daß nicht alle Töne von gleicher Höhe dieselbe Empfindung in uns veranlassen. Der Ton einer Saite, einer Glocke, einer Trommel sind ganz verschiedene Empfindungen, wenn gleich das Zahlverhältniß der Schwingungen bey allen dasselbe ist. Worin die Verschiedenheit lieget, ist noch nicht bekannt. Daß außer der Zahl der Schwingungen eines tönenden Körpers, auch die Kraft und Stärke womit er schwingt, die Weite der Schwingungen und dergleichen mehr auf unsre Empfindung Einfluß haben mögen, ist wahrscheinlich.

---

## Fortpflanzung des Schalles durch die Luft und andere Körper.

### §. 109.

Wenn wir uns einen schallenden Körper, wie es fast immer der Fall ist, mit Luft umgeben denken, so muß dieselbe rund um den schallenden Körper durch seine Ausschwingungen zusammengepreßt werden, und sich sogleich wieder ausdehnen, wie jene Schwingungen nachlassen, oder vielmehr in die entgegengesetzten übergehen. Die Luft wird daher in eine ähnliche und gleichzeitige schwingende Bewegung mit dem schallenden Körper gesetzt, die darin besteht, daß sich die Lufttheilchen rund um den schallenden Körper bis auf eine gewisse Weite hin abwechselnd zusammenpressen und wieder ausdehnen. Man hat diese schwingende Bewegung der Luft Schallwellen genannt, weil sie manches ähnliche mit der wellenförmigen Bewegung des Wassers hat. Der Unterschied zwischen den Schallwellen der Luft, die in ihr durch Mittheilung des Schalles von andern Körpern, und denjenigen, die durch Erregung des Schalles in ihr selbst entstehen, liegt darin, daß bey jenen die größte Geschwindigkeit der schwingenden Luft mit der größten Geschwindigkeit des ursprünglich schallenden Körpers, also mit ihrer größten Zusammenpressung, bey diesen aber die kleinste Geschwindigkeit der Luft mit der größten Verdichtung zusammen fällt.

Die Schallwellen pflanzen sich mittelst der Luft wieder andern Körpern, und so auch unserm Ohr mit, wodurch überhaupt der Schall für uns wahrnehmbar wird.

Versuche zur Erläuterung des Vorstehenden mit der Luftpumpe. Siehe §. 89.

### Geschwindigkeit des Schalles.

#### §. 110.

Um die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher

sich der Schall durch die Luft fortpflanzt, - ist man wie folgt verfahren. An einem erhabenen Standorte, dessen Entfernung von der Beobachtungsstelle man genau gemessen hatte, wurde Geschütz aufgepflanzt, welches in verabredeten Pausen hinter einander abgefeuert wurde; indessen der Beobachter die Zeiten, welche zwischen dem Erscheinen des Pulverblitzes und dem Hören des Knalles verfloßen, mit der größten Schärfe in Secunden und Theilen derselben, durch Zählung von Pendelschlägen oder mittelst einer guten Uhr bestimmte. Die bekannte Weite durch die beobachtete Zeiten dividiret, giebt die Geschwindigkeit des Schalles. Dabey müssen die Stände des Barometers, Thermometers, Hygrometers, so wie die Richtung und Stärke des Windes angegeben werden.

Auf die Weise haben 1738 Cassini zu Paris, Benzberg 1809 zu Düsseldorf, Arrago, Humboldt, Mathieu und Prony 1822 abermals zu Paris Beobachtungen mit aller Vorsicht angestellt. Aus den zuletzt genannten Versuchen ergab sich die Geschwindigkeit des Schalles bey einer Temperatur von  $+ 17,6''$  Centes. 174,7 Toisen = 1048,2 par. Fuß in einer Secunde. Bringt man diese Zahl, indem man für jeden Grad des Thermometers die Geschwindigkeit um 0,32 Toisen mindert, auf die Temperatur der Eiskälte, so erhält man 169 Toisen = 1014 par. Fuß für die Geschwindigkeit des Schalles in einer Secunde. Aus den Beobachtungen hat sich zugleich ergeben, daß die Geschwindigkeit des Schalles von der Stärke und Höhe derselben, so wie von dem Barometerstand unabhängig ist, dagegen wird sie durch die Wärme vermehret. Der Wind vergrößert die Geschwindigkeit des Schalles, wenn seine Richtung mit der des Schalles zusammen fällt.

Theoretische Untersuchungen über die Geschwindigkeit des



Schalles hat schon Newton angestellt, und dafür den Ausdruck  $\sqrt{2gH}$  gefunden, welches durch die Untersuchung neuerer Mathematiker bestätigt worden ist.  $H$  bezeichnet die Höhe der Luftsäule von gleicher Dichte und Spannkraft mit der Atmosphäre an der Beobachtungsstelle,  $g$  den Fallraum in einer Secunde. Die Rechnung giebt für einen Barometerstand von 28 Zoll und die Temperatur der Eiskälte eine Geschwindigkeit von 887 Fuß, also 127 Fuß geringer als die Beobachtung. Diesen Unterschied zwischen der Theorie und der Erfahrung hat La Place aus der durch die Schwingungen erzeugten Temperaturerhöhung der Luftwellen erklärt.

Ehladni hat die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles, mit den Längenschwingungen einer Luftsäule in den Orgelpfeifen verglichen, und dabey die merkwürdige Uebereinstimmung gefunden, daß der Schall sich in derselben Zeit auf eine gegebene Weite fortpflanzt, in welcher eine Luftsäule von gleicher Länge und Spannung eine Längenschwingung macht, welchen Satz man auch mit Erfolg auf die Bestimmung der Geschwindigkeit des Schalles in andern Gasarten und in festen Körpern angewendet hat.

Pflanzt sich der Schall nach allen Richtungen in der verticalen, wie in der horizontalen mit gleicher Geschwindigkeit und Stärke fort? Giebt es Stellen in der schallenden Luft, wo man den Schall nicht höret? Findet bey der Fortpflanzung des Schalles so etwas wie bey der Polarisation des Lichtes Statt? Dieß sind Fragen, welche weitere Beobachtungen entscheiden müssen.

### Fortpflanzung des Schalles durch feste elastische Körper.

#### §. 111.

Daß der Schall sich auch durch feste elastische Körper fortpflanze, beweisen viele Erfahrungen. Man verstopfe z. B. beide Ohre mit Baumwolle, daß man den Schlag einer Taschenuhr auf gewöhnlichem Wege durch die Luft nicht mehr höre, nehme ein trocknes Stäbchen von tannen Holz zwischen die Zähne und berühre mit dem andern Ende des Stäbchens das Gehäuse der Taschenuhr.



ihr, so wird der Schall wieder zum Vorschein kommen, indem er sich durch das Stäbchen, die Zähne und den Schädel zu dem in dem Schläfenothen liegenden innern Theil des Gehörorgans fortpflanzt. Versuche über die Geschwindigkeit, womit sich der Schall durch feste Körper fortpflanzt, hat zuerst Wünsch, später Biot angestellt. Letzterer fand, indem er eine kleine Glocke an der Mündung einer 2927 Fuß langen eisernen Röhrenleitung so aufhängte, daß ein Hammerzug zugleich an die Glocke und an die Wand der Röhrenleitung ansetzte, die Fortpflanzung des Schalles durch die eiserne Röhrenwand  $10\frac{1}{2}$  mahl so geschwind als durch die in der Röhrenleitung eingeschlossene Luft. Chladni hat aus der Vergleichung der Tonhöhe fester Körper, die sich in Längenschwingungen befinden, mit dem Ton einer schwingenden Luftsäule von gleicher Länge mit den festen Körpern die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in den festen Körpern (siehe S. 110) berechnet, und gefunden, daß sich der Schall im Zinn  $7\frac{1}{2}$  mahl, im Silber 9 mahl, im Kupfer 12 mahl, im Eisen und Glas 17 mahl geschwinder als in der atmosphärischen Luft fortpflanzt. La Place hat folgenden theoretischen Satz aufgestellt: man findet die Geschwindigkeit des Schalles in jedem elastischen Körper (fest oder flüssig), wenn man die Größe, um welche sich die Einheit des körperlichen Raumes von einer bestimmten Materie durch das eigne Gewicht derselben dehnt oder zusammendrückt, in die Beschleunigung der Schwere (in gleichem Maaß ausgedrückt) dividirt, und aus dem Quotienten die Quadratwurzel zieht. Z. B. Nach Canton wird das Wasser durch den Druck der Atmosphäre um 0,0000425 seines Raumes zusammendrückt, folglich würde die Zusammendrückung eines Cubikfußes Wasser durch sein eigenes Ge-

wicht  $\frac{0,0000425}{32} = 0,00000133$  und die Geschwindigkeit des Schalles im Wasser nach La Place  $\sqrt{\left(\frac{30}{0,00000133}\right)}$   $= 4749$  Fuß in der Secunde betragen.

Laplace hat gewiesen wie die Formel von La Place für die Geschwindigkeit des Schalles aus der Newtonischen  $= \sqrt{2gH}$  abgeleitet werden kann. Denkt man sich einen Cubikfuß Luft von der Dichte der atmosphärischen durch sein eigenes Gewicht zusammengepresst, so wird die Verminderung seines Raumes durch das Verhältniß  $\frac{H}{H+1} = 1 - E$  dargestellt werden, wenn E die Größe der Zusammenpressung bezeichnet. Hieraus folgt  $H = \frac{1}{E} - 1$ , oder, weil  $\frac{1}{E}$  gegen 1 sehr groß ist,  $H = \frac{1}{E}$ , welcher Werth für H in die newtonische Formel geschrieben, den Ausdruck von La Place giebt.

### Von der Reflexion des Schalles und der Verstärkung desselben durch Reflexion.

#### §. 412.

Man kann sich leicht durch Beobachtungen überzeugen, daß die geradlinige Fortbewegung des Schalles, die sogenannten Schallstrahlen, wenn sie auf feste, und hinlänglich dichte Körper treffen, nach ähnlichen Gesetzen zurückgeworfen werden, wie die Bewegungen elastischer Körper überhaupt. Hierauf gründet sich die Construction der akustischen Säle, der Sprachgewölben, der Sprachröhren, Hörrohren und dergleichen mehr.

Es bezeichne ABCD Fig. 95 einen elliptisch gebaueten

Saal oder Sprachgewölbe. Wenn eine Person sich in dem einen Brennpunct  $F$  des Gewölbes befindet und auch nur leise spricht, so wird sie von einer andern in dem entgegengesetzten Brennpuncte  $f$  stehenden deutlich vernommen werden, weil alle Schallstrahlen von  $F$  ausgehend, und dem Gesetze der Reflexion folgend, in  $F$  wieder besammeln sind.

Wäre das Gewölbe bey  $A$  parabolisch, so würden alle in  $F$  erregte Schallstrahlen mit der Axe  $AC$  parallel hinausfahren. Wäre hingegen das Gewölbe kreisförmig, so würden alle in dem Mittelpuncte  $M$  hervorgebrachten Schallstrahlen, durch die Reflexion auch wieder in denselben Punct zurückkehren u. s. w.

Die sogenannten Sprachröhren sollen dazu dienen, den zu ihrer Mündung hineingesprochenen Schallstrahlen durch die Reflexion von ihren Wänden die divergirende Richtung zu benehmen; und in eine mit der Axe des Sprachrohres parallele, oder wenigstens minder divergirende zu verwandeln. Lambert hat gezeigt, daß dazu die einfache conische Gestalt des Sprachrohres hinreicht, wenigstens eben soviel leistet, als die von andern vorgeschlagene elliptisch-parabolisch gekrümmte Figur, weil es nicht möglich ist, die zu dem Sprachrohr hineingesprochenen Töne, alle von einem Puncte ausgehend zu machen. Man gebe nach Lambert einem Sprachrohr bey einer Länge von 52 Zolle zum weitern Durchmesser 13 Zoll, zum engern  $1\frac{1}{2}$  Zoll.

Den akustischen Röhren, deren sich harthörende Personen mit Vortheil bedienen, giebt man am besten eine parabolische Gestalt wie Fig. 96. Das gekrümmte Ende  $m$  des Hörrohres wird durch den Gehörgang auf das Trommelfell gebracht, damit die zur weitern Oeffnung  $O$  einfallende

Der Zusammenhang der Hörsinnorgane mit dem Gehör  
 ist ein sehr wichtiger Punkt, den wir hier nicht weiter  
 ausführen können, da er in der Anatomie des Menschen  
 ausführlich behandelt ist. Wir wollen nur hier bemerken,  
 dass die Hörsinnorgane mit dem Gehör durch die  
 Hörschnecke verbunden sind, welche die Schwingungen  
 der Luft in Schwingungen des Gehörs umsetzt. Diese  
 Schwingungen werden durch die Hörschnecke in  
 Schwingungen des Gehörs umgewandelt, welche  
 durch die Hörschnecke in Schwingungen des Gehörs  
 umgewandelt werden.

Die Hörschnecke ist ein sehr wichtiger Punkt, den wir  
 hier nicht weiter ausführen können, da er in der  
 Anatomie des Menschen ausführlich behandelt ist. Wir  
 wollen nur hier bemerken, dass die Hörschnecke  
 die Schwingungen der Luft in Schwingungen des  
 Gehörs umsetzt. Diese Schwingungen werden durch  
 die Hörschnecke in Schwingungen des Gehörs  
 umgewandelt, welche durch die Hörschnecke in  
 Schwingungen des Gehörs umgewandelt werden.

Die Hörschnecke ist ein sehr wichtiger Punkt, den wir  
 hier nicht weiter ausführen können, da er in der  
 Anatomie des Menschen ausführlich behandelt ist. Wir  
 wollen nur hier bemerken, dass die Hörschnecke  
 die Schwingungen der Luft in Schwingungen des  
 Gehörs umsetzt. Diese Schwingungen werden durch  
 die Hörschnecke in Schwingungen des Gehörs  
 umgewandelt, welche durch die Hörschnecke in  
 Schwingungen des Gehörs umgewandelt werden.

## Von der Einrichtung des Gehörorgans, und insbesondere des menschlichen Ohres.

### §. 115.

Man kann das Ohr in das äußere, mittlere und  
 innere abtheilen. Zu erstem rechnet man die Muschel und  
 den Gehörgang bis zu dem Pauken, oder Trommelfell,  
 zu dem andern die Paukenhöhle nebst den in ihr liegenden  
 Gehörknöchelchen, zum innern und wesentlichsten Theil des  
 Gehörorgan's gehört das Labyrinth, nebst dem in ihm  
 sich erzeugenden Gehörnerven.

Die Muschel A A Fig. 97 b ist ein knorplichter, bey verschiedenen Menschen mehr oder weniger hervorstehernder Muskel, welcher in der Mitte eine muschelförmige Vertiefung hat, die zu dem Gehörgang A B führt. Dieser ist hinten durch das Trommelfell B D geschlossen, welches ihn in schiefer Richtung von oben nach unten durchschneidet. Hinter dem Trommelfell in der sogenannten Paukenhöhle, welche, so wie das Labyrinth, ganz in dem Schläfenknochen verborgen liegt, befinden sich die drei Gehörknöchelchen a, b, c der Hammer, Ambos und Stegreif genannt. Der Hammer theilet sich gleich einem Winkelhebel in zwei Arme, wovon das Ende des einen, der Griff, mit der Spitze des nach innen etwas conisch erhabnen Trommelfelles zusammengewachsen ist. Das dicke Ende a des Hammers ist in den Ambos b eingelenkt, und dieser mit seiner Spitze durch das linsenförmige Bein in den Stegreif c, welcher mit seinem scheibenförmigen Fußplättchen eine Oeffnung des Labyrinth's, das ovale Fensterchen genannt, gleich einer Klappe verschliesset. Die Trommelhöhle ist mit Luft erfüllet, von der Dichte und Spannkrast der atmosphärischen, da sie durch die Eustachische Röhre mit der Nasenhöhle in Verbindung steht. Das Labyrinth besteht aus drei Hauptabtheilungen, dem mit dem eyrunden Fensterchen versehenen Vorhof c, den drei halbkreisförmigen Rindlen d, e, f, welche sich mit fünf Oeffnungen in den Vorhof endigen, und der mit zwei und ein halb Windungen versehenen Schnecke g. Die Schnecke ist durch eine halb knöcherne, halb häutige spiralförmige Scheidewand der Länge nach in zwei Gänge getheilt, wovon der obere sich in den Vorhof öffnet, der untere nach der Trommelhöhle führet, jedoch ist dessen Oeffnung, das dreieckige Fensterchen genannt, mit einer feinen Haut verschlossen. Das

Das Gehörorgan ist ein sehr wichtiges Organ, die ihm die Funktion der Höre ist. Der Gehörorgan ist aus dem Gehör nach dem inneren Gehörorgan, die verschiedene Organe nach der Größe, dem Vertheil, und die ihm die verschiedenen Organe. Der größte Zweck des Gehörorgans ist in der Schärfe, durch bringt deren Organe, und gibt sich hier aus in unzahligen feinen Kanälen durch die ganze in der Spindel befindlichen Löcher nach der inneren Schärfe wand bis in deren höchsten Punkt. Die übrigen Zweige des Gehörorgans führen nach dem Vertheil, und den halbrunden Kanälen nach treten sich dort in einer dreipartigen Weise von verschiedenen Organen aus.

### §. 116.

Die Erklärung der verschiedenen Functionen der einzelnen Theile des so zusammengesetzten Gehörorgans ist schwierig. Gewöhnlich nimmt man an: die Muschel fange die schwingenden Schwingungen der Luft auf, leite sie durch den conisch sich verengenden Gehörgang zu dem Trommelfell, welches dadurch selbst in Schwingungen gerathe, die sich vermittelt der Gehörknöchelchen, durch das ovale Fenster dem Wasser des Labyrinthes und diesem selbst mittheilen, wodurch sie endlich zu den überall in demselben vorbereiteten Nervenenden des Gehörnervens und so zu dem Gehirn fortgepflanzt werden.

Dienen die feinen Nervenfäden der Schnecke, welche mit den engern Bindungen derselben kürzer werden, als eben so viele Saiten von gleicher Spannung aber ungleicher Länge, deren jede nur für einen bestimmten Ton länglich ist?

Daß das Trommelfell mit der Paukenhöhle und der in ihr eingeschlossnen elastischen Flüssigkeit einen wesentlichen Theil des Gehörorgans bilde, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Aber eben so gewiß ist es, daß Töne ohne Schwingungen des Trommelfelles (bey Lähmung desselben, oder Verstopfung der äussern Ohren) durch die Knochen-Substanz der Zähne und des Schädels zu dem Innern des Gehörorgans fortgepflanzt und empfunden werden können. Auch haben physiologische und pathologische Beobachtungen gelehrt, daß das Hören noch möglich ist, wenn gleich das äussere Ohr, das Trommelfell und die Gehörknöchelchen bis auf das ovale Fensterchen deckende Plättchen zerstöhret, dieses aber und das Labyrinth nebst den Gehörnerven unversehrt erhalten sind. Auch fehlet das Labyrinth oder ein ähnlicher mit Flüssigkeit angefüllter Körper keinem Thier, alle übrigen Theile des Gehörorgans sind bey den verschiednen Thierklassen veränderlich mehr oder weniger entwickelt, zum Theil auch fehlend, wie bey den Fischen das Trommelfell und die Gehörknöchelchen.

Geht gleich aus dem Gesagten hervor, daß das Labyrinth mit den Gehörnerven, der eigentliche Sitz des Gehöres ist, so dürfen wir doch keineswegs zweifeln, daß die übrigen Theile des Gehörorganes notwendige und nützliche Bestandtheile des Ganzen ausmachen.

Der äussere Gehörgang ist wohl nicht allein zur Verstärkung der schallenden Schwingungen da, sondern dient auch zur deutlicheren Wahrnehmung über die Richtung des Schalles. Das Trommelfell scheint durch die Gehörknöchelchen nach Savart's Beobachtungen eine eigne Spannung zu erleiden, die sich nach der Stärke des Schalles modificiret. . . Troviranus sucht die Fortpflanzung des Schalles vom Trommelfell zur Flüssigkeit des Labyrinths, nicht sowohl in dem Erzittern der Gehörknöchelchen, als viel mehr in den Schwingungen der in der Paukenhöhle eingeschlossnen Luft. Jenen weist er dagegen die Rolle eines Dämpfungsmittels auf das Labyrinth an,

wodurch die Fortdauer der in der Flüssigkeit desselben erregten Schwingungen gehemmt, und das Nachklingen der Töne verhindert werde.

Die getheilten Meinungen berühmter Naturforscher über denselben Gegenstand belehrt uns wenigstens, daß hier noch manches künftigen Zeiten aufzuklären vorbehalten bleibt.

---



---

## S i e b e n t e r   A b s c h n i t t .

Von den besondern anziehenden Kräften, welche das Ansteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen und die sogenannten chemischen Wahlverwandtschaften bewirken.

---

### §. 117.

Haben wir in den vorhergehenden Abschnitten die Wirkungsart der Schwere und Elasticität betrachtet, deren mehr nach aussen gelehrtes Streben sich durch auffallende Bewegungen im Raume offenbaret; so wenden wir uns jetzt zu denjenigen Kräften, die im Innern der Körper walten, oft eine kaum merkliche Bewegung, aber eine desto größere Qualitätsveränderung in den Körpern hervorbringen. Wir machen mit den Erscheinungen, welche die Flüssigkeiten in sehr engen Röhren, den sogenannten Haarröhrchen, darbieten, den Anfang.

### §. 118.

Wir wissen bereits aus der Lehre von den allgemeinen Eigenschaften der Körper, daß die Flüssigkeiten sich an die

Oberflächen fester Körper anhängen. Die Kraft der Adhäsion, welche dieß bewirkt, ist bey den verschiednen Körpern von ungleicher Größe. Wenn wir Schwamm, Holz, Elfenbein, Stein, ein blankes Metall unter Wasser tauchen und wieder heraus nehmen, so treten zwar alle diese Körper benezt aus dem Wasser hervor, jedoch in ungleicher Stärke, der Schwamm am meisten, das Metall am wenigsten. Taucht man dieselben Körper in reines Quecksilber, so zieht man sie alle bis auf das Metall (wenn dieß nicht Eisen oder Platina ist) trocken aus dem Quecksilber hervor. Dieser einfache Versuch beweiset zur Genüge, wie verschieden die Größe der Adhäsionskraft zwischen den Oberflächen der festen und flüssigen Körper ausfällt, ja die geringste Veränderung der Oberflächen ändert oft jene Kraft sehr bedeutend. Man überziehe einen Körper, der vom Wasser benezt wird, mit einer dünnen Lage von Talch oder Wachs, so wird er nicht mehr oder nur wenig benezt werden. Kupfer, Zinn oder Bley können, wenn ihre Oberflächen an der Luft angelaufen sind, geraume Zeit unter Quecksilber gehalten und trocken herausgezogen werden, das keineswegs der Fall ist, wenn diese Metalle eine blanke Oberfläche haben. Ein Körper wird von einer Flüssigkeit benezt, wenn die Adhäsionskraft desselben gegen die Flüssigkeit größer ist, als die Cohäsion der Flüssigkeit unter sich.

Man hänge eine ebene Platte von bestimmter Oberfläche horizontal an einer empfindlichen Wage auf, und bringe sie durch Gegengewichte ins Gleichgewicht; darauf die untere Fläche der Platte mit einer Schale voll Wasser, oder jeder andern Flüssigkeit, in gleichförmige Berührung, und lege in die entgegengesetzte Wagschale nach und nach so viele Gewichte sanft ein, bis die Platte sich von

der Flüssigkeit losreißet. Die zugelegten Gewichte sieht man gewöhnlich für das Maas der Adhäsionskraft an. Es hängt aber diese Größe zugleich von der Cohäsion der Flüssigkeit und von ihrem specifischen Gewicht ab. Parrot (Naturlehre 1. B.) fand auf die Weise die Adhäsionskraft auf einem Quadrat Zoll von Marmor und Glas

|               |           |          |
|---------------|-----------|----------|
| gegen Baumöhl | • • • • • | 45½ Gran |
| Weingeist     | • • • • • | 33½      |
| * Quecksilber | • • • • • | 497½     |
| Wasser        | • • • • • | 55       |

Bey dem mit \* bezeichneten Versuche war eine polirte Zinnplatte angewendet worden.

Meine eignen Versuche, wobey ich eine kreisrunde Spiegelplatte von 34 pariser Linien im Durchmesser anwendete, gaben die zum Losreißen erforderliche Kraft bey 15° R

|                              |           |                    |
|------------------------------|-----------|--------------------|
| für Wasser                   | • • • • • | 322,5 Gran Edl. u. |
| Weingeist (0,844 spec. Gew.) | • • •     | 208                |
| Baumöhl (0,913 spec. Gew.)   | • • •     | 248                |

Dies macht auf den Quadrat Zoll bey dem

Wasser 51,1 Gran

Weingeist 33,0

Baumöhl 40,7

Viel größer fällt die Adhäsion aus, wenn man eine Flüssigkeit zwischen zwei eben geschliffene Platten eines festen Körpers bringt, und dann beide Platten in senkrechter Richtung von einander zu reißen sucht. Parrot giebt an, daß ein Wassertropfen zwischen zwei Marmor- oder Glasplatten ausgedehnt eine Adhäsionskraft von etwa 2500 Gran auf den Quadrat Zoll gebe. Meine Versuche über diesen Gegenstand lehrten mich folgendes.

Zwischen zwei Messingplatten von 34'' im Durchmesser wurde eine Schichte Baumöhl von ½ Linie Dike ge-

bracht. Die Adhäsion betrug bey  $45^{\circ}$  R und  $27'' 10''$  Barometerstand  $5\frac{3}{4}$  Loth. Wurde die Dicke der Schichte bis auf  $\frac{1}{16}$  Linie vermindert, so betrug die Kraft der Adhäsion 12 Loth. Die beiden Metallplatten wurden durch 4 kleine Stückchen Papier oder Kartenblatt in den angegebenen Entfernungen auseinander gehalten, indessen der übrige Zwischenraum mit Baumöhl ausgefüllt war. Vor dem Versuch wurden die Platten eine Zeitlang in einem zusammengepressten Stand erhalten.

In einem folgenden dritten Versuch wurden 4 Tropfen Baumöhl (deren 16 7,734 Gran wogen) gleichförmig zwischen den Metallplatten verbreitet, und diese nach vorgängiger Zusammenpressung auseinander gezogen. Die Kraft der Adhäsion betrug 5 Pf. 7 Loth. Aus den beiden zuerst angeführten Versuchen kann man schliessen, daß die Adhäsionskräfte zweier Platten, zwischen welchen sich eine Schichte Flüssigkeit befindet, in dem umgekehrten Verhältniß der Dicke der flüssigen Schichten wachse. Berechnet man aus dem Gewicht des im 3ten Versuche angewendeten Oehles und der Größe der Fläche, worüber es sich verbreitet hatte, die Dicke der Oehlschichte, so findet man dafür 0,0625 Linien. Diese verhält sich zu der Dicke der Oehlschichte im zweiten Versuch = 5 : 1. Hiernach hätte die Adhäsionskraft im 3ten Versuch 5 mahl größer ausfallen müssen als im zweiten, sie war aber 12 mahl größer. Indessen ist es schwer sich zu versichern, ob eine so geringe Menge Flüssigkeit gleichförmig über der ganzen Oberfläche der metallnen Scheibe verbreitet war. Wir werden bald sehen, in wie fern unsre Versuche mit der von La Place aufgestellten Theorie dieser Erscheinungen übereinstimmen.

Auf der Adhäsion der flüssigen Körper gegen feste beruhen die Menge Erscheinungen, von welchen man zum Theil in

den Künsten einen vortheilhaften Gebrauch gemacht hat. Die Wera'sche Seilmaschine hebt das Wasser vermöge der Adhäsion durch ein häufenes oder besser härnes Seil, wenn man dem über zwei Rollen geschlagenen aufsteigenden Seil eine hinlängliche Geschwindigkeit giebt. Eigne Versuche mit der Maschine haben mich belehret, daß 2 Mann in einer Minute 5 Cubikfuß Wasser 7 Fuß hoch fördern können, wenn das aufsteigende Seil  $10\frac{1}{2}$  Fuß Geschwindigkeit hat. Bey zunehmender Geschwindigkeit wuchs der Effect im Verhältniß der 1,4ten Potenz der Geschwindigkeit. Die Gewalt mit welcher Flüssigkeiten durch die Adhäsionskraft in feste Körper einzubringen streben, ist außerordentlich groß. Wenn man in feste Steinmassen hinlänglich tiefe Löcher bohret, diese mit trockenem Holz auskeilet, und dann auf die hölzernen Keile Wasser gießt, so zerspringet der Stein, indem das Wasser vermöge der Adhäsionskraft in das Holz eindringt, und es aufquellen macht.

Sehr merkwürdig ist die starke Zunahme der Adhäsionskraft, wenn zwei sich vollkommen berührende Körper längere Zeit in einem stark zusammengepressten Zustand, besonders unter Einwirkung einer abkühlend wirkenden Temperatur erhalten werden. Ich hielt die im 2ten der vorgeschriebenen Versuche gebrauchte Vorrichtung der beiden Metallplatten mit der dazwischen befindlichen Oehlschichte 24 Stunden lang zwischen zwei Schraubenpressen eingeklemmt, die Temperatur des Zimmers war während der Zeit von  $15^{\circ}$  auf  $5^{\circ}$  R herabgekommen. Jetzt erforderte es  $44\frac{3}{4}$  Loth Kraft, um die Platte aus einander zu ziehen, die Tags vorher durch 14 Loth getrennt werden konnten. Das Oehl zwischen den Platten war noch flüssig, hatte aber eine etwas grünkliche Farbe angenommen. Ferner, wenn man eine mit Quecksilber gefüllte Barometer-Röhre, die bedeutend länger als 28 Zoll ist (selbst die doppelte Länge haben kann), recht vollkommen auskocht, dann ruhig, das Glasgewölbe nach unten gekehret, in senkrechter Lage in einer kalten Temperatur mehrere Tage stehen läset, so wird die Adhäsionskraft des Quecksilbers gegen das Glas zuweilen so groß, daß sie bey Umkehrung der Röhre den ganzen Ueberschuß der Quecksilbersäule über den Druck der Atmosphäre trägt. Hat man durch Klopfen an die Röhre die Quecksilbersäule einmahl zum Herabsinken gebracht, so kann man dieselbe Erscheinung, wenigstens in der Vollkommenheit nicht wieder hervorrufen. Ich weiß von dieser starken Vermehrung der Adhäsionskraft unter

den angeführten Bedingungen keine befriedigendere Erklärung zu geben, als durch die Hypothese: es werde durch die vollkommene Berührung ein electricischer Proceß rege, im ersten Fall ein hydroelectriccher, im andern ein thermoelectriccher, wodurch die physische Flächenanziehung zu einer chemischen Verwandtschaft oder Cohäsionskraft gesteigert wird.

### S. 119.

Wenn man eine Flüssigkeit aus einem Gefäß, dessen Wände davon benetzt werden, langsam ausgießet, so fließet dieselbe am Rande des Gefäßes herab, und benetzt die ganze Aussenseite des Gefäßes, ist diese einmahl naß, so kann man sie horizontal, ja selbst nach hinten etwas in die Höhe halten, und das Abfließen längst derselben durch die Adhäsionskraft, findet immer Statt. Die ganze Erscheinung fällt weg, wenn die Wände des Gefäßes von der darin enthaltenen Flüssigkeit nicht benetzt werden.

Man gieße in ein cylindrisches oder prismatisches Gefäß eine Flüssigkeit, die dessen Wände benetzt, z. B. Wasser in ein Glas, so wird, nachdem alles in Ruhe gekommen ist, die Oberfläche der Flüssigkeit nicht ganz wagrecht stehen, sondern sich rund um an dem Rande des Gefäßes in einer eignen krummen Linie, oder vielmehr krummen Fläche erheben. Man sehe Fig. 98. Hat das Gefäß einen oder mehrere Zolle im Durchmesser, so befindet sich in der Mitte ein ebener Theil  $bc$ ; ist hingegen der Durchmesser des Gefäßes nur einige Linien weit, oder noch kleiner, so verschwindet dann der ebene Theil ganz, und die Oberfläche der Flüssigkeit nimmt eine hohle Gestalt an. Gefäße von einem so kleinen Durchmesser heißen allgemein Haarröhren. In denselben steht die Oberfläche einer Flüssigkeit, welche die Wände nicht benetzt, wie z. B. Quecksilber in Glas, *convex*. Siehe Fig. 99. Es scheint, als ob im ersten

Fall der die Oberfläche der Flüssigkeit berührende Rand des Gefäßes dieselbe in die Höhe zöge, und dagegen im andern zurückstoße.

Man nehme ein Glas, dessen oberer Rand recht eben geschliffen ist, und stelle den ebenen Rand mittelst einer Wasserwaage genau horizontal, gieße dann durch einen feinen Trichter, dessen Oeffnung man beynabe bis auf den Boden des Glases hält, sanft Wasser in dasselbe; so wird man folgende Erscheinungen gewahr werden. Wenn der Wasserspiegel mit seinem höchsten Rande *ad* Fig. 98 den Rand des Glases berührt, so wird bey fortdauerndem Anfüllen nichts abfließen, sondern der hohle Wasserspiegel *abcd*, wird sich zuerst in einen ebenen *ad*, und dann in den umgekehrten convexen *acfd* verwandeln. Unterbricht man hier den Zufluß, so bleibt alles ruhig; gegentheils fließet nun das Wasser über den Rand ab. Der Zug des Randes welcher, so lange das Gefäß nicht voll, nach oben gerichtet war, ist bey ganz vollem Gefäß nach unten gekehrt.

Gießet man unter ähnlichen Umständen Quecksilber in das Glas, so steigt sein Spiegel stets mit convexer Oberfläche an, und fließet ab, wenn sein Rand *ad* Fig. 99 mit dem Rande des Glases zusammen fällt.

### §. 120.

Man befestige an die innere Wand des im vorstehenden Paragraphen beschriebenen Glases mit abgeschliffenem Rand ein gut calibrirtes Glasröhrchen, etwa eine Linie weit, so daß seine untere Oeffnung etwas über dem Boden des Glases, seine obere Oeffnung einige Zolle über den Rand des Glases stehe. Gießet man, wie in dem vorigen Ber-

sich, Wasser in das Glas, so steigt dasselbe in dem Haarröhrchen höher als in dem Glase, und diese Höhe bleibt eine beständige Größe, so lange der Wasserspiegel den Rand des Glases nicht berührt. Ist dieß eingetreten, und man füllet das Glas allmählich an, bis seine Wasserspiegel eine concave Oberfläche bildet, so steigt das Wasser im Haarröhrchen höher, beynähe doppelt so hoch als vorher, vom Rande des Glases an gemessen. Gießet man statt Wasser Quecksilber in das Glas, so steht das Quecksilber in den Haarröhren tiefer, als außen. Um die Vertiefung des Quecksilbers unter dem äussern Niveau zu messen, ist es bequemer, sich einer doppeltschenklichten Röhre zu bedienen, deren einer Schenkel gegen einen Zoll oder darüber weit, der andere ein Haarröhrchen ist.

#### §. 121.

Die Erfahrung giebt folgende Gesetze für das Ansteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhren.

1) Flüssigkeiten von einerlei Art steigen in Haarröhren von verschiedenen Durchmessern zu ungleichen Höhen an, und die Höhen stehen im verkehrten Verhältnisse der Durchmesser.

2) Zwischen zwei parallelen ebenen Flächen steigt eine Flüssigkeit nur halb so hoch als in einem cylindrischen Haarröhrchen, dessen Durchmesser der Zwischenweite beider Flächen gleich ist.

3) Verschiedne Flüssigkeiten steigen in derselben Haarröhre zu ungleichen Höhen an, und die Höhen stehen nicht in dem umgekehrten Verhältnisse der specifischen Gewichte der Flüssigkeiten, sondern hängen zugleich von der Anziehungskraft des Haarröhrchens gegen die Flüssigkeit ab.



4) Dieselbe Flüssigkeit steht in Haarröhren von einerlei Durchmesser, aber verschiedner Materie, gleich hoch, wenn nur die Wände der Haarröhren von der Flüssigkeit gleichmäßig benetzt werden.

(Dieser Satz verbienet weitere Prüfung.)

5) Bey Flüssigkeiten, welche in Haarröhren tiefer als aussen stehen, treten im Allgemeinen ähnliche Gesetze für die Vertiefungen ein.

Versuche zur Erläuterung der vorstehenden Sätze sind folgende.

Man befestige mehrere gut calibrierte Haarröhren von verschiednen aber genau gemessenen Durchmessern auf einem Maassstab in einiger Entfernung so neben einander, daß man sie in senkrechter Lage mit ihren untern Oeffnungen zugleich in die Flüssigkeit eintauchen kann. Nachdem man durch Ansaugen der Flüssigkeit die Wände einer jeden Röhre gleichmäßig benetzt hat, bemerke man die Höhen zu welchen die Flüssigkeit in den einzelnen Röhren über den Wasserspiegel in dem Gefäß angestiegen sind, sie werden sich umgekehrt wie die Durchmesser der Haarröhren verhalten.

|                                    | No. 1                | No. 2                  | No. 3                 |
|------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Durchmesser der Röhren             | $\frac{5}{41}$ Linie | $\frac{8,5}{41}$ Linie | $\frac{27}{41}$ Linie |
| Höhe der angestiegenen Wassersäule | 38,3 L.              | 23 L.                  | 7 Linien.             |

Die Durchmesser der Haarröhren waren unter dem Mikroskop mit einem Mikrometer gemessen worden. Multipliciret man die Durchmesser mit den Höhen, so müssen nach dem ersten Gesetz ständige Produkte kommen, welche die Höhe geben, zu welcher die Flüssigkeit in einem Haarröhrchen von 1 Linie im Durchmesser angestiegen seyn würde. Ich will diese Höhe  $= h$  nennen. Der Versuch gab bey dem Wasser für

$h = 4,671$  ;  $4,768$  ;  $4,61$

also im Mittel  $h = 4,6796$  Linien.

Ein anderer Versuch mit denselben Röhren gab für Weingeist

$h = 2,012$  ;  $2,073$  ;  $2,305$

im Mittel  $h = 2,130$  Linien für Schwefelnaphtha

$h = 1,71$  ;  $1,82$  ;  $1,78$

im Mittel  $h = 1,77$

für caustischen Salmiakgeist (0,97 spec. Gewicht)

$$h = 4,28 ; 4,33 ; 4,27$$

$$\text{Mittel } h = 4,293$$

Baumöl (0,913 spec. Gew.)

$$h = 2,634 \text{ im Mittel.}$$

Die Temperatur bey den Versuchen war  $= + 15^{\circ}$  Reaum.

Gay Lüssac fand den Werth

von  $h = 5,892$  Linien für Wasser

$= 2,336$  für Weingeist.

Sollte der nicht unbedeutende Unterschied von der Verschiedenheit des Glases herrühren?

### §. 122.

Die Theorie der vorstehenden Gesetze bey den Haarröhrchen lässet sich folgendermaassen geben. Die anziehende Kraft der Röhrenwand gegen die Flüssigkeiten nimmt mit den Entfernungen so schnell ab (das Gesetz ist noch unbekannt), daß man nur die der Wand sehr nahe liegenden Theile als ihrem Einfluß unterworfen betrachten darf.

Es bezeichnen  $F C D E$  Fig. 100 ein Haarröhrchen das in eine Flüssigkeit  $A B$  eingetaucht sey. In dem Augenblick, wenn die untere Oeffnung mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, so wirkt ein schmaler Ring der Röhrenwand  $C D$  anziehend in die Höhe, die Cohäsion der Flüssigkeit, wo diese von der übrigen getrennt werden soll, um in das Röhrchen zu treten, in einem ähnlichen Ring anziehend herab.

Ist jene Anziehung größer als diese, so tritt die Flüssigkeit wirklich in das Haarröhrchen ein, und nun steigt die Flüssigkeit zugleich durch den unmittelbar über ihr liegenden Theil der Röhrenwand gehoben, so lange in die Höhe, bis das Gewicht der angestiegenen Säule  $H I$  dem Ueberschuß jener beiden einander entgegenwirkenden Anziehungen das Gleichgewicht hält. Da der wirksame Theil der Röhrenwand sowohl unten, als oben und der

Flüssigkeit unter CD (alle zwischen CD, und FE liegende Theile der Röhrenwand sind unwirksam, weil die Anziehung eines jeden höher liegenden Theiles durch die entgegengesetzte des darunter liegenden aufgehoben wird, die fern über FE liegenden Theile aber wegen ihrer Entfernung unwirksam sind) dem Umfang oder dem Durchmesser der Röhre proportional gesetzt werden kann, das Gewicht der Flüssigkeit aber ihrem körperlichen Raume oder dem Quadrat des Durchmessers multipliciret in die Höhe proportional ist: so fließet hieraus, daß die Höhe der angestiegenen Säule im verkehrten Verhältnisse des Durchmessers stehen müsse. Dieser Satz und mehrere Folgen desselben lassen sich am besten durch eine Formel darstellen.

Es heiße der Durchmesser der Haarröhre =  $d$ , die specifische Anziehung der Röhrenwand gegen die Flüssigkeit =  $a$ , die Cohäsion der letztern =  $c$ , die Höhe der angestiegenen Säule =  $h$ , das specifische Gewicht der Flüssigkeit =  $p$ : so hat nach der vorstehenden Erläuterung  $d(a - c)$

=  $d^2hp$  und hieraus  $hp = \left(\frac{a - c}{d}\right)$ . Da nun für einerlei

Flüssigkeit  $a$ ,  $c$  und  $p$  beständige Größen sind, so steht  $h$  im verkehrten Verhältnisse des Durchmessers der Haarröhre. Für verschiedene Flüssigkeiten aber einerlei Haarröhre erhält man  $hp : HP = (a - c) : (A - C)$  d. i. die specifischen Anziehungen verhalten sich wie die Producte aus den Höhen der angestiegenen Säulen in die specifischen Gewichte. Wird  $a = c$ , so steht die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen eben so hoch als aussen (dieser Fall kommt in der Natur selten vor), wird  $c > a$ , so wird  $a - c$ , so wie  $h$  eine negative Größe. Man muß sich in diesem Fall unter  $(a - c)$  eine nach unten gefehrte Kraft denken, die, wenn ein Haarröhrchen unter den Wasserspiegel

einer Flüssigkeit getaucht worden ist, durch den Druck  $h\rho$  der umgebenden Flüssigkeit erst überwunden werden muß, bevor die Flüssigkeit in das Haarröhrchen treten kann, daher steht nun die Flüssigkeit inwendig tiefer als außen.

Man denke sich zwei Haarröhren, ein cylindrisches und ein prismatisches, deren Querschnitte sich wie ein Kreis und das um ihn beschriebene Quadrat verhalten, so wird einerlei Flüssigkeit in beiden Haarröhren gleich hoch steigen, weil sich die Umfänge vom Kreis und dem unbeschriebenen Quadrat, wie ihre Flächen verhalten. Daher sind nach den vorstehenden Sätzen die anhebende Kraft, welche dem Umfang, und die gegenwirkende Schwerkraft, welche dem Querschnitt proportional ist, bey gleicher Höhe der angestiegenen Flüssigkeit gleich. Denkt man sich in den prismatischen Röhrchen zwei gegen einander überstehende Seiten weg, so wird die anhebende Kraft nur halb so groß, indessen der Querschnitt bleibt, folglich wird nun die Höhe der angestiegenen Flüssigkeit auch nur halb so groß seyn. Dieß ist der Grund von dem zweiten angeführten Gesetz von den Haarröhren.

### §. 123.

Wir haben vornen gesehen, daß die Flüssigkeiten, welche in Haarröhren ansteigen, stets eine hohle Oberfläche bilden, dagegen diejenigen, welche in den Haarröhren tiefer stehen, eine convexe Oberfläche haben. Wir wollen hinzufügen, wenn die Flüssigkeiten in engen Röhren eine ebene Fläche bilden, so stehen sie darin weder höher noch tiefer als in weiten Gefäßen. Dieser Fall kommt zwar sehr selten vor, kann aber z. B. bey dem Quecksilber in Röhren von sehr verschiedener Weite durch ein vollkommenes Auskochen des Quecksilbers in den Röhren hervorgebracht werden. Auf

diese Erscheinungen sich stützend, hat La Place eine neue scharfsinnige Theorie der Haarröhrchen mit Hülfe der höhern Analysis gegeben, welche zugleich die Wirkungen der Adhäsion bey ebenen Flächen erklärt. Hier können davon nur die Grundsätze erwähnt und die Resultate durch einige Versuche erläutert werden.

Es bezeichne MN Fig. 101 die hohle Oberfläche der in dem Haarröhrchen angestiegenen Flüssigkeit, durch den tiefsten Punct der Oberfläche denke man sich eine Ebene AB geleet, so fällt zwischen sie und die Höhlung ein Meniscus, welcher durch die Anziehung der Wand gebildet worden ist. Man kann sich vorstellen, als ob die in dem Meniscus enthaltne Flüssigkeit gleichsam einen Theil der festen Röhrenwand ausmache. Dieses ist um so mehr erlaubt, da unten an der Röhrenwand nach aussen hin bey C und D und überhaupt an dem Rand eines jeden noch so weiten Gefäßes, welches von der Flüssigkeit benetzt wird, sich ein ähnliches Ansteigen und Festhalten der Flüssigkeit findet. Die Kraft der Anziehung des Meniscus gegen die unter ihm stehende Flüssigkeit in dem Haarröhrchen, muß daher als eine anhebende Kraft betrachtet werden, sie heiße  $= M$ . Die nach unten gefehrte Wirkung der Cohäsion der Flüssigkeit auf die Ebene AB heiße  $= K$ , so entsteht aus beiden Kräften in dem Haarröhrchen eine nach unten gerichtete Kraft  $= K - M$ . Denkt man sich ferner innerhalb der Flüssigkeit OP einen mit dem Haarröhrchen zusammenhängenden gleichweiten Kanal CD, EF, so wird die nach unten gerichtete Wirkung der Cohäsion auf EF eben so groß als auf AB  $= K$  seyn. Es wirken also in dem Kanal von MN und EF ungleiche Kräfte  $K - M$ , und  $K$  einander entgegen, und der Ausfall der Kraft  $M$  von der Seite des Haarröhrchens kann nur da-

durch ersetzt werden, daß das Gewicht der angelegten Säule  $ABCD = M$  ist.

Steht die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen mit convexer Oberfläche  $mn$ , so fällt der Meniscus  $ABnm$  von  $AB$  aus gerechnet weg. Wäre er vorhanden, so würde seine Kraft auf die unter ihm befindliche Flüssigkeit gleichfalls anhebend seyn. Die Kraft der Cohäsion auf die concave Fläche  $mn$ , muß daher um die Kraft des Meniscus größer seyn als auf die Ebene  $AB$ , daher durch  $K + M$  dargestellt werden. Denkt man sich wie vorher auf die Stelle des Kanals  $EF$  die Kraft  $= K$ , so ist von der Seite des Haarröhrchens der nach unten gerichtete Ueberschuß der Kraft  $= M$ , welcher nun die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen eben so tief unter die Oberfläche der Flüssigkeit  $OP$  hinabdrücken muß, als die entgegengesetzte Kraft im ersten Fall sie erhob. Nun beweiset La Place durch Rechnung, daß die Kraft des Meniscus im verkehrten Verhältnisse seines Krümmungshalbmessers, und dieser bey engen Röhren in dem Verhältnisse des Durchmessers der Haarröhre bey einerley Flüssigkeit stehe, woraus das erste Gesetz von den Haarröhrchen fließet. Das zweite Gesetz fließet aus den vorhergehenden mittelst der Betrachtung, daß zwischen zwei ebenen Flächen die Oberfläche der Flüssigkeit nur einfach gekrümmt ist, indessen sie in cylindrischen Haarröhren von doppelter Krümmung ist. Man kann die aus der Betrachtung des Meniscus hergeleitete Folge allgemeiner so ausdrücken. Flüssigkeiten, welche sich in eine erhabene Oberfläche endigen, wirken an dieser Stelle stärker auf sich selbst, und solche, welche sich in eine hohle Oberfläche endigen, wirken schwächer auf sich, als diejenigen, welche von einer ebenen Fläche begrenzt sind.

Hieraus läßt sich die Größe der Adhäsion fester ebener Flächen gegen eine Flüssigkeit herleiten, wie folget.

Es bezeichne  $AB$ ,  $CD$  Fig. 102 zwei ebene feste Flächen, zwischen welchen eine Flüssigkeit mit hohlem Rand  $AC$ ,  $BD$  sich befindet. Die Kraft, welche die Flüssigkeit an dem hohlen Rand auf sich selbst ausübt, ist so viel schwächer, als auf jedes gleich große Element der Flächen  $AB$ ,  $CD$ , die von ihr benetzt werden, wie viel das Gewicht einer Flüssigkeitssäule beträgt, die eine gleiche Grundfläche, und zur Höhe die Höhe hätte, zu welcher die Flüssigkeit zwischen den Platten  $AB$ ,  $CD$  in verticaler Richtung ansteigen würde. Kennt man diese Höhe  $= h$ , die Größe der Fläche  $AB = b^2$ , das spezifische Gewicht der Flüssigkeit  $= p$ , so erhält man die Kraft, mit welcher die Flüssigkeit die Platten, und so mit diese sich einander anziehen  $= b^2 h p$ .

Ist die untere Ebene die Oberfläche der Flüssigkeit selbst, so lehret dann die Erfahrung, daß der hohle Rand eine viel flächere Krümmung, wie  $Ac$ ,  $Bd$  annimmt. Die Rechnung zeigt, daß nun die Größe der Adhäsion bey einem nicht sehr kleinen Durchmesser und vollkommener Benetzung der Scheibe durch  $b^2 p \sqrt{(h')}$  dargestellt werde, wo  $h'$  die Höhe der Flüssigkeit in einem cylindrischen Haarröhrchen bezeichnet, welches diejenige Einheit zum Durchmesser hat, mit welcher  $b^2$  gemessen worden ist.

Berechnen wir nach diesen Sätzen, und unsern oben durch die Erfahrung bestimmten Werthen von  $h$  und  $h'$  für Wasser, Weingeist und Baumöhl die Adhäsionskraft einer 34 Linien im Durchmesser haltenden Scheibe an diese verschiedenen Flüssigkeiten, so erhalten wir für das Wasser 369,4 Gran.

den Weingeist 210,4 —

das Baumöhl 253,0 —

Die oben S. 121 angeführten Versuche gaben 322,5 ; 208 ; 248 Gran.

Für die Adhäsion der beiden Messingplatten mit der dazwischen liegenden Oel-schichte giebt die Rechnung  
 bey der Entfernung von  $\frac{1}{16}$  Linie 13,69 Lth.  
 von  $\frac{1}{7}$  Linie 5,99 Lth.

Die Versuche gaben 14 Loth und 5,75 Loth.

Eine so vollkommene Uebereinstimmung, als sich zwischen La Place's Theorie und Gay Lussac's Versuchen findet (man sehe Biots Physik auch Gilb. Annal. 33. B.), zu erhalten, ist mir bisher nicht geglückt. Indessen wollen wir daraus keinen Zweifel gegen eine so wohl begründete Theorie ableiten.

### §. 124.

Folgende Versuche mögen zur Erläuterung der Theorie von den Haarröhren noch kurz erwähnt werden.

1) Stellt man zwei ebene Glasplatten unter einem spitzen Winkel vertical neben einander in eine Schale mit gefärbtem Wasser, so bildet die dazwischen ansteigende Flüssigkeit eine gleichseitige Hyperbel, deren Scheitel nach dem spitzen Winkel zu liegt. Eine Folge des 1ten Gesetzes von den Haarröhren.

2) Legt man eine von den Platten horizontal und bringt in die Oeffnung des Winkels, nachdem man die Platten vorher wohl gereinigt und mäßig befeuchtet hat, einen Wassertropfen, welcher beide Platten berührt, so wird sich derselbe schnell nach dem Scheitel des Winkels begeben. Neigt man jetzt die unter einem Winkel gestellten Platten gegen den Horizont den Scheitel des Winkels nach oben gekehret, so sinkt der Tropfen herab und bleibt an einer bestimmten Stelle hängen, die von der Neigung, der Oeffnung des Winkels, und dem Gewicht des Tropfens abhängt. La Place hat hierüber strenge Rechnung geführt.

3) Man befestige ein Haarröhrchen, dessen Hebkraft gegen das Wasser man vorher durch einen Versuch geprüft hat, durch einen Korkstopfen gesteckt luftdicht in einen



Glaszylinder, dessen Länge 4 — 5 mahl so groß ist, als das Wasser in dem Haarröhrchen ansteigt. Nun fülle man den Cylinder mit Wasser, verschliesse seine Oeffnung mit dem Finger und fehre sie unter Wasser um, den Cylinder in einer verticalen Lage, das Haarröhrchen nach oben gekehret. Man wird das Wasser in dem Cylinder fallen sehn, indessen Luft durch das Haarröhrchen zuströmt. Nun bringe man schnell zu wiederholten Mahlen kleine Wassertropfen auf die obere Oeffnung des Haarröhrchens, sie werden anfangs schnell, dann immer langsamer eingeschlürft werden, indessen der Wasserspiegel in dem Cylinder fortfähret herabzusinken. Ist dieser so weit herabgesunken, daß dessen Höhe über dem Wasserspiegel des Gefäßes, gleich der Höhe ist zu welcher das Wasser im Haarröhrchen ansteigen würde, so bleibt nun alles im Gleichgewicht, als ob der Glaszylinder oben luftdicht verschlossen wäre. Untersucht man das Haarröhrchen genau, so wird man an einer Stelle desselben ein kleines Wassertropfchen gewahr werden, dessen obere Fläche viel höhler als die untere ist. Die Kraft dieses Meniscus ist es, welche einen Theil des Luftdrucks von oben her trägt, daher ein eben so großer Druck von unten her thätig wird, und die Wassersäule im Cylinder erhält. Zuweilen ereignet es sich, daß in dem Haarröhrchen statt eines, mehrere von einander durch Luftsäulen getrennte Wassertropfchen hängen bleiben, und dann steht in der Regel das Wasser in dem Cylinder höher als der Saugkraft des Haarröhrchens zukommt. Hier unterstützen sich die Ziehkkräfte der einzelnen Meniscuse einander wechselseitig.

Dies gibt uns den Schlüssel zur Lösung folgender sonst sehr anomal erscheinenden Thatsache.

4) Es werde an einen Glaszylinder von  $\frac{1}{2}$  Zoll Weite



und 15 Zoll Länge, ein sehr enges Haarröhrchen, 0,035 Linien im Durchmesser und nahe 3 Zoll lang angefüllt. Füllt man den Cylinder mit Quecksilber, so wird, vorausgesetzt, daß das Haarröhrchen trocken und rein ist, das Quecksilber durch seine eigene Schwere durch das Haarröhrchen gepreßet in einzelnen feinen Tröpfchen abfließen. Kehrt man nun den Cylinder mit dem Finger verschließend um, und taucht ihn mit seiner untern Oeffnung in eine Schale voll Quecksilber, so wird man die Luft durch das Haarröhrchen eindringen, und das Quecksilber langsam in dem Cylinder fallen sehen. Dieß hört alsbald auf, wenn man ein Wassertropfen auf die obere Oeffnung des Haarröhrchens bringt. Hier erhält also die in dem Haarröhrchen wirksame Kraft eine Quecksilbersäule von 15 Zollen = einer Wassersäule von 202,5 Zoll. Das Haarröhrchen würde unmittelbar nur eine Wassersäule von 133 — 134 Linien, nach unsern oben mitgetheilten Erfahrungen, angehoben haben. Untersucht man das oben befeuchtete Haarröhrchen mit einer Luppe genau, so sieht man, daß der oben aufgebrachte Wassertropfen verschwunden, dagegen das Haarröhrchen in seinem Innern mit einer großen Menge abwechselnder Luft- und Wasserschichten angefüllt ist. Dieser Versuch belehret uns zugleich, daß Quecksilber und Luft leichter durch ein sehr enges Haarröhrchen fließen, als Wasser; also überhaupt wohl alle Flüssigkeiten, welche eine mindere Anziehung gegen die Wände von Haarröhrchen haben, leichter, als solche die eine größere Anziehung dagegen besitzen. Daß unter den Luftarten selbst wieder ein bedeutender Unterschied Statt finde, geht aus einer Erfahrung Döbereiner's hervor, welcher beobachtete, daß Wasserstoffgas leichter durch eine gesprungene Glasglocke drang, als atmosphärische Luft und andere Gasarten.

Mit unsrer eben ausgesprochenen Ansicht stimmt auch die Erscheinung, daß Quecksilber sich leichter durch die Poren von Leder pressen läßt, als Wasser, obgleich dieses das Leder benetzt, Quecksilber aber nicht. Von dem Durchwandern einer Flüssigkeit durch die Zwischenräume eines festen Körpers, müssen wir das Aufnehmen in die Zwischenräume unterscheiden; letzteres steht offenbar mit der Haarröhrenanziehung im directen Verhältnisse.

#### Anmerkung.

Als das Vorstehende über die Capillarattractionen ausgearbeitet war, kam mir Girard's Abhandlung zu, über die Anziehung, die sich in merklichen Abständen zwischen den Oberflächen starrer Körper äußert, durch eine sie benetzende Flüssigkeit, in welche sie untergetaucht sind. Siehe *Annales de Chym.* T. XXIX, auch Poggendorfs *Annalen* 1825. 9. St.

Girard hatte aus frühern Versuchen über die Vermehrung der Dichte, welche fein zertheilter Ehon in Wasser und Weingeist hervorbringt, worin er sich nicht auflöst, und welche man durch das Aräometer messen kann, geschlossen, die kleinen in der Flüssigkeit schwebenden Molekülen äußerten innerhalb gewisser Entfernungen, die er ihre Atmosphären nennet, eine verdichtende Kraft, auf die zwischen ihnen befindliche Flüssigkeit. Um diese in einige Entfernungen hinwirkende Anziehung der Molekülen auf zwischen ihnen befindliche Flüssigkeiten, auf andere Art nachzuweisen, stellte Grd. noch folgende Versuche an. Er hieng zwei Glastafeln, denen er durch daran befestigte Korkscheiben eine, das specifische Gewicht des Wassers nur wenig übertreffende Schwere gegeben hatte, parallel und vertical neben einander in einem weiten Gefäß voll Wasser pendelartig so auf, daß er sie nach Willkühr einander nähern, und ihre Entfernungen von einander, so wie die Elongationswinkel der Aufhängsfäden von der Verticalen, genau messen konnte. Würden nun die Glasplatten einander so nahe gebracht, daß ihre Anziehungsphären sich durchschnitten, und man ließ sie pendelartig zurückschwingen, so mußte die Zeit des Rückgangs zur Verticalen desto größer ausfallen, je stärker die Molekularattraction der Platten, gegen die zwischen ihnen eingeschlossene Schichte von Flüssigkeit war. Die Versuche gaben folgende Resultate.



So lange die Entfernungen der Glasplatten nicht kleiner als  $2\frac{1}{2}$  Millimeter ( $= 1,108$  Linien) war, bemerkte man keine Retardation der durch die Schwere erzeugten Schwingung. Bey einer Entfernung von  $0,2481$  Millimeter ( $= 1,0997$  . . Linien) wurde sie bemerkbar, und nahm mit der Verminderung der Entfernungen dermaßen zu, daß die Verzögerung der Oscillationszeiten nahe im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen standen.

Girard zieht hieraus die Folge, daß die Attractionsphäre der Molekülen einen kleinern Halbmesser als  $1\frac{1}{4}$  Millimeter  $= 0,554$  Linien habe, aber in kleinern Entfernungen eine wirkliche Anziehung statt finde, welche mit der Abnahme der Entfernungen wachse. Gegen diesen Schluß möchte sich nichts einwenden lassen. Ob aber eine Verdichtung der Flüssigkeit durch die Molekularattractionen hervorgebracht werde, möchte doch noch weiterer Beweise bedürfen. Man vergleiche damit das Resultat unsers 3ten Versuchs S. 118, wo ein  $0,0615$  Linien dicke Schichte von Baumöhl zwischen zwei Messingplatten eine unverhältnißmäßig große Adhäsionskraft zeigte.

Im Besitze sehr empfindlicher Aräometer wiederholte ich Girard's zuerst angeführte Versuche. Eine Vermengung fein zertheilte Thonerde in Wasser von  $15^{\circ}$  R Temperatur zeigten im Verhältniß von 1 : 32 1,020 Dichte

1 : 16 1,038 Dichte

berechnet man aus der Dichte des Thons  $= 2,475$ , und dem Verhältniß der Mischung, die Dichte der Mischung nach S. 77 so findet man 1,0184

1,0363

Diese Zahlen stimmen so ziemlich mit den beobachteten, und da es kaum möglich ist die Versuche so schnell anzustellen, bevor sich ein Theil der eingemengten Thonerde niedergeschlagen hat, so möchte aus solchen Versuchen allein die Verdichtung der Flüssigkeiten nicht gefolgert werden können.

---

## Von den chemischen Wahlverwandtschaften.

### S. 125.

So lange die Wirkungen der in den Körpertheilchen thätigen Kräfte sich nur auf die äussere und innere Ober-

fläche der Körper (Haarröhrchenwände) beschränken, bezeichnen wir jene Kräfte im Allgemeinen durch physische Adhäsionskräfte, wenn aber die Kräfte ins Innerste der Körper wirken, die kleinsten Theilchen derselben nöthigen ihre bisherige Verbindung aufzugeben und andere einzugehen, wodurch in der Regel nicht bloß die Form der Körper, sondern auch ihre Eigenschaften geändert werden, so legen wir alsdann diesen Kräften den Namen chemischer Anziehungkräfte oder Wahlverwandtschaften bey. Die letztere Benennung ist bildlich daher entnommen, weil bey der chemischen Wechselwirkung der Körper gewisse Stoffe sich vorzugsweise mit einander verbinden, indessen sie sich von andern trennen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die chemischen Verwandtschaften von den physischen Anziehungkräften nur dem Grade nach verschieden sind. Indessen ist es doch nöthig, um Verwirrung zu vermeiden, beide von einander zu unterscheiden. Folgendes Beyspiel wird den Unterschied beider Kräfte deutlicher machen. Ein Stück Thon in Wasser gelegt saugt das Wasser durch Haarröhrchenkraft ein, erweicht sich und giebt ungerührt mit dem Wasser ein scheinbar gleichartiges Gemenge, welches jedoch bey ruhigem Stand bloß durch die ungleiche Wirkung der Schwere sich wieder in Thonerde und oben auf stehendes Wasser sondert. Verfahren wir auf ähnliche Art mit einem Stück Salz oder Zucker, so wird das Wasser anfangs auch in die Zwischenräume des Salzes dringen, dieses aber wird schmelzen d. i. flüssig werden, und selbst ohne Umrührung, wenn man ihm nur Zeit giebt, sich so innig und gleichförmig mit dem Wasser verbinden, daß jeder Tropfen des Wassers nach Salz oder Zucker schmeckt. Die Erscheinung heißt eine Auflösung des Salzes im Wasser, und erfolgt vermöge der chemischen Verwandtschaft zwischen Salz und



**Wasser.** Wenn einer der beiden in Wechselwirkung tretenden Körper schon flüßig war, so giebt man vorzugsweise demselben den Namen des Auflösungsmittele. Die einzelnen Bestandtheile einer Auflösung trennen sich durch die Wirkung der Schwerkraft nicht wieder von einander. Wir müssen uns daher vorstellen, daß die kleinsten denkbaren Theilchen (Atome) des Wassers und Salzes zu einem uns gleichartig erscheinenden Körper verbunden sind.

Die chemischen Verwandtschaften haben auch das mit den physischen Adhäsionskräften gemein, daß sie nicht in die Ferne, sondern nur bey der Berührung wirken. Die gleichförmige Vertheilung des aufgelösten Stoffes in dem Auflösungsmittele bey ruhigem Stande des letztern geht auf folgende Art von Statten. Die den aufzulösenden Körper zunächst umgebende Schichte des Auflösungsmittele nimmt so viel von ihm auf, als sie vermöge ihrer Anziehung aufzunehmen vermag. Mit der zunehmenden Verbindung nimmt die Stärke der Anziehung ab, die entfernt liegende Schichte des Auflösungsmittele wirkt nun mit größerer Energie und entzieht der ersten wieder einen Theil des aufgelösten Stoffes, macht sie aber eben dadurch fähig einen neuen Antheil aufzunehmen. So geht es von Schichte zu Schichte so lange fort, bis endlich die Anziehungskräfte aller einzelnen Schichten mit einander ins Gleichgewicht gekommen sind.

Befördert wird daher die chemische Auflösung, durch mechanisches Mengen oder durch Verkleinerung des aufzulösenden Körpers, wodurch seine Oberfläche vergrößert und die Berührungspunkte mit dem Auflösungsmittele vermehrt werden. Der chemischen Verwandtschaft entgegen wirken die Cohäsionskräfte der aufzulösenden Körper, daher eine chemische Verbindung leichter von Statten geht, wenn die zu vereinigenden Stoffe in flüßiger Form sind, und oft gar nicht eintritt, wenn beide in fester Gestalt sind. Muß man um die flüßige Gestalt der zu verbindenden Körper hervorzubringen Feuer zu Hülfe nehmen, so heißen solche Auflösungen, Auflösungen auf dem trocknen Wege. Dahin gehören z. B. die Zusammenschmelzungen von Metallen.

## §. 126.

Sehr häufig tritt bey den Auflösungen der Fall ein, daß nicht alle in chemischer Wirksamkeit befindlichen Körper sich mit einander vereinigen, sondern gewisse Stoffe ausgeschieden werden, und die übrigen in andern Verhältnissen zusammen treten. Dieß ist die eigentliche Wirkung der chemischen Wahlbeziehungen, wodurch die Eigenschaften der Körper umgewandelt werden. Man nehme z. B. statt des gemeinen Wassers eine mit Wasser verdünnte Schwefelsäure und löse darin eine Portion Kochsalz auf, bringe dann die Flüssigkeit in eine Glas- oder Porcellan-Schaale und dämpfe sie über dem Feuer bis zum Trocknen ab. Das zurückbleibende Salz ist Glaubersalz, eine Verbindung des Natrons mit der Schwefelsäure; da nun das Kochsalz aus Natron und Salzsäure besteht, so müssen wir uns vorstellen, daß die Schwefelsäure vermöge ihrer stärkern Wahlziehung zum Natron dieses der Salzsäure entzogen und damit Glaubersalz gebildet habe. Die Salzsäure ist dagegen in flüssiger Gestalt an das Wasser getreten, und mit demselben durch die Wirkung des Feuers in Dunstgestalt weggetrieben worden. Bringt man die Auflösung des Kochsalzes in der verdünnten Schwefelsäure in eine Retorte, und füttet an dieselbe eine Vorlage die man stets kühl erhält, indessen man die Flüssigkeit in der Retorte zum Sieden erhitzt, so steigen die mit Wasser verbundenen Dämpfe der Salzsäure in die Vorlage, und in der Retorte bleibt nach beendigtem Proceß das Glaubersalz zurück. Dieser einfache Versuch belehret uns zugleich, wie durch das Spiel der chemischen Wahlverwandtschaften Körper getrennt und aufs neue mit andern verbunden werden können, und wie sich der Chemiker jener Kräfte bedienen müsse, um solche

Trennungen und neue Verbindungen hervorzurufen. Hierzu ist vor allen Dingen nöthig, daß er die Grade oder Stärke der Wahlverwandtschaften der Körper gegen einander kenne. Wir schreiben aber einem Körper eine stärkere Wahlverwandtschaft zu, wenn derselbe vermögend ist, die Verbindungen eines andern zu trennen. Hierüber haben sich bis jetzt keine allgemein gültige Regeln aufstellen lassen, und es ist daher das Studium der verschiedenen Wahlverwandtschaften eine verwickelte, aber auch eine der nützlichsten Beschäftigungen des Chemikers. Man findet in den Handbüchern der Chemie Tafeln, worin die Verwandtschaftsgrade der Körper gegen einander, so weit sie uns durch die Erfahrung bekannt geworden sind, angegeben werden. Als Beyspiel führen wir die Verwandtschaften des Kali's oder der Potasche zu einigen der bekannten Säuren hier an.

#### Kali oder Potasche.

Schwefelsäure  
Salpetersäure  
Salzsäure  
Phosphorsäure  
Flußsäure  
Sauerklee säure  
Weinsteinsäure  
Zitronensäure  
Essigsäure  
Kohlensäure.

Die Tafel zeigt, daß die Verbindung des Kalis mit der Salpetersäure (der gemeine Salpeter) durch die Schwefelsäure, die Verbindung der Kohlensäure mit dem Kali (kohlen saures Kali) durch alle vorstehenden Säuren getrennt werden könne.



## §. 127.

Es ist nicht immer nöthig, sich der Wirkung des Feuers zu bedienen, um den durch chemische Verwandtschaft ausgeschiednen Stoff, von der neuen Verbindung zu trennen. Oft wird dieser Trennung schon durch das verschiedene Gewicht und die Wirkungen der Cohäsion der sich neu bildenden Körper herbey geführt, oder auch durch das besondere Bestreben des einen oder des andern Körpers, die Gas- oder Dunstform anzunehmen und sich so zu verflüchtigen. Man gieße z. B. Scheidewasser auf Kreide, so verbindet sich die Salpetersäure des Scheidewassers mit der Kalkerde zu salpetersaurem Kalk, und die Kohlensäure der Kreide entweicht aufbrausend als Gas. Ist man geneigt, wie wir unten sehen werden, die Erscheinungen der Wärme einem materiellen, — wiewohl inponderablen, Stoff, zuzuschreiben, so muß man solche Verflüchtigungen fester Stoffe als Verbindungen derselben mit dem elastischen Princip der Wärme betrachten. Gießet man zur Auflösung des salpetersauren Kalks concentrirte Schwefelsäure, so bildet sich in der Flüssigkeit ein weißer Niederschlag; die Verbindung der Schwefelsäure mit der Kalkerde giebt Gyps, welcher durch seine Cohäsionskraft verdichtet, vermöge seines größern specifischen Gewichts, sich von der Flüssigkeit trennet. Diese mit den chemischen Verwandtschaften zugleich wirkenden physischen Kräfte der Schwere, der Cohäsion, der Expansion, modificiren erstere auf mancherlei Weise, welches wohl zu berücksichtigen ist. Daher rühret der Unterschied zwischen Verwandtschaften auf dem nassen und auf dem trocknen Weg. Man erwärme z. B. verdünnte Schwefelsäure mit gebrannten pulverisirten Knochen, so tritt die Kalkerde der Knochen mit der Schwefel-

säure zu Gyps zusammen, indessen sich die Phosphorsäure mit dem Wasser verbindet. Bringt man dagegen Gyps mit fester Phosphorsäure in glühenden Fluß, so vereinigt sich die Kalkerde mit der Phosphorsäure zu einer glasigen Substanz und die Schwefelsäure entweicht wegen ihrer Unbeständigkeit im Feuer. Noch ist die physische Masse der chemisch auf einander wirkenden Stoffe zu berücksichtigen. Denn wenn gleich die chemischen Anziehungen nur in geringen Entfernungen wirksam sind, so müssen wir doch zugeben, daß jedes Atom von einer Menge ihm hinlänglich nahe stehender so umgeben seyn könne, daß zwischen ihnen eine chemische Wechselwirkung eintritt.

Wirken nun einem mit stärkerer Anziehungskraft begabten Atom 4, 5 und mehrere schwächer anziehende Atome entgegen, so kann durch die Menge ersetzt werden, was der Stärke der Anziehung abgeht. So ist z. B. die Schwererde der Schwefelsäure näher verwandt, als das Kali, dem ungeachtet kann man durch das 3—4fache Gewicht von Potasche gegen einen Theil Schwerspath die Verbindung der Schwererde mit Schwefelsäure wenigstens theilweise aufheben und den Schwerspath in schwefelsaures Kali und Schwererde zerlegen. Jedoch wollen wir uns bemerken, daß in der Regel die Energie der Anziehungen den Einfluß der Massen bey den chemischen Wirkungen bey weitem überwieget.

Man lasse ein wenig Kochsalz von der Größe eines Hirsenkorns in einem Glas voll reinen Regen, oder besser destillirten, Wasser zergehen, bringe dazu einen Tropfen salpetersaure Silberauflösung, sogleich wird sich ein weißlicher Niederschlag (salzsaures Silber) bilden, dessen Farbe an der Luft nach und nach durch das röthliche in das dunkelviolette übergeht. Man hat gefunden, daß ein Tropfen

Salzsäure, mit dem Hunderttausendfachen feines Gewichtes Wasser verdünnet, auf diese Art noch entdeckt werden kann. Solche Stoffe, welche, zu andern Körpern gebracht, darin eine unsern Sinnen auffallende Veränderung hervorbringen, und dadurch die Gegenwart gewisser andern Stoffe in den zusammengesetzten Körpern verrathen, heißt der Chemiker gegenwirkende Mittel oder Reagentien.

### §. 128.

Fragen wir nach der Ursache des außerordentlichen Strebens mancher Stoffe nach Vereinigung mit Ausschluß aller übrigen, so läßt sich bis jetzt nichts befriedigenderes, als Folgendes darauf antworten. Die Entdeckungen Davy's und anderer Naturforscher über den Einfluß der electricischen Kraft der volta'schen Säule auf das Spiel der chemischen Verwandtschaften haben gezeigt, daß, wenn die electricischen Kräfte den Verwandtschaften homogen d. i. sie unterstützend, wirken, diese dadurch außerordentlich erhöht werden, dagegen im umgekehrten Falle vermindert, aufgehoben und in die entgegengesetzte verwandelt werden können. Schon frühere Beobachtungen hatten gelehret, daß die Säuren und der Sauerstoff ein besonderes Bestreben äußern, sich nach dem positiv electricischen Pole der volta'schen Säule zu begeben, dagegen die Alkalien und die ihre Stelle vertretenden Körper sich nach dem negativen Pole der Säule ziehen.

Es ist daher wohl erlaubt, mit Davy, Berzelius und andern Naturforschern die Hypothese aufzustellen, daß der Grund aller chemischen Verwandtschaft auf einem natürlichen electricischen Gegensatz der Körper beruhe. Die Säure zieht z. B. deswegen ein Alkali so stark an und verbindet sich mit ihm, weil die Säure negativ electricisch, das Alkali positiv elect-

trisch ist. Kommt zu einer solchen Verbindung ein dritter starker positiv oder negativ electrischer Körper, so zieht er den mit ungleichnamiger Electricität begabten Körper an, und stößt dagegen den ihm gleichartig electrischen zurück, daher die Trennung und neue Verbindung. Durch diese Hypothese gewinnt man wenigstens so viel, die sonst sehr verschiedenartigen electrischen Erscheinungen mit dem Spiel der chemischen Verwandtschaften auf einen gemeinsamen Grund zurückzuführen. Da indessen dieß alles unsern Lesern deutlicher werden wird, wenn wir zuerst die electrischen Erscheinungen näher beschrieben haben werden, so kehren wir nach dieser Abschweifung zu den chemischen Verwandtschaften zurück.

#### §. 129.

Die Naturforscher haben den chemischen Verwandtschaften nach ihrer Wirkungsweise verschiedene Rahmen beygelegt, die man wissen muß. Wenn zwei oder mehrere Stoffe sich zu einem gleichartigen Körper vereinigen, so heißt die Kraft welche dieß bewirkt, eine mischende Verwandtschaft. Eine anneigende oder vermittelnde Verwandtschaft schreibt man einem Körper zu, wenn derselbe zwei andere Körper, die sich allein nicht vereinigen würden, zur Verbindung geschickt macht. So besitzen die Alkalien eine vermittelnde Verwandtschaft zwischen Fett und Wasser, zwischen Schwefel und Wasser, indem sie mit erstem Seife, mit letztem Schwefelleber bilden, welche beide in dem Wasser löslich sind, obgleich Fett und Schwefel allein es nicht sind. Wenn ein dritter Körper die Verbindung zweier andern trennt und sich mit einem derselben vereinigt, so heißt dieß eine einfache Wahlanziehung. Wenn dagegen zwei Körper, wovon jeder eine Verbindung

aus zwei verschiednen Stoffen ist, so mit einander in chemische Wechselwirkung treten, daß die beiden ursprünglichen Verbindungen aufgehoben, und dafür zwei neue gebildet werden, so heißt dieß eine doppelte Wahlverwandtschaft. Eben so können durch die Wechselwirkung von drei oder noch mehr zusammengesetzten Körpern vielfache Wahlverwandtschaften entstehen. Man gieße z. B. zur Auflösung der salpetersauren Kalkerde die Auflösung des kohlsauren Kalis, so trennen sich beide Verbindungen, die Kohlensäure tritt an die Kalkerde und das Kali an die Salpetersäure, und es bilden sich durch doppelte Wahlverwandtschaft kohlsaure Kalkerde und Salpeter, wovon erstere als unauflöslich in dem Wasser niederfällt.

### §. 130.

Die Kenntniß der chemischen Wahlverwandtschaften, und insbesondere die trennende Kraft, welche die stärkere in Beziehung auf die schwächere ausüben, bieten dem Naturforscher die Mittel dar, die natürlich vorkommenden Körper, welche meistens zusammengesetzter Art sind, in ihre ungleichartigen Bestandtheile zu zerlegen. Bey den Bestandtheilen der Körper müssen wir die näheren von den entferntern, und diese wieder von den letzten oder einfachen Bestandtheilen, den sogenannten chemischen Elementen, unterscheiden. Die nähern Bestandtheile sind diejenigen, auf welche wir zuerst durch möglichst einfache Trennungsmittel kommen, die entfernteren solche, welche wir bey fortgesetzter Trennung erhalten. Letztere Bestandtheile oder chemische Elemente, heißen diejenige Stoffe, welche durch keine in unsrer Gewalt stehenden Mittel weiter getrennt werden können. Ob dieß wahrhaft einfache, sogenannte physische Elemente seyen, kann damit nicht behauptet werden.

## Beyspiele.

### Kreide

nähere Bestandtheile:

Kalkerde; Kohlensäure; Wasser;

entferntere Bestandtheile:

Calcium; Sauerstoff; Kohlen- und Sauerstoff; Wasser- und Sauerstoff.

### Mehl

der Getreidearten nähere Bestandtheile:

Saßmehl oder Stärke, Kleber, Schleimzucker;

entferntere Bestandtheile:

Stärke, aus Kohlen- Wasser- und Sauerstoff. Kleber, aus Kohlen, Wasser- Sauer- und Stickstoff. Zucker, aus Kohlen, Wasser- und Sauerstoff.

Die entferntern Bestandtheile sind in den gegebenen Beyspielen zugleich die letzten, oder die chemischen Elemente. Die Kenntniß der nähern Bestandtheile ist, besonders bey den Körpern des Pflanzen- und Thierreichs, von größerer Wichtigkeit, als die Kenntniß der entferntern Bestandtheile, weil durch jene in der Regel die Natur und Eigenschaften des Körpers bestimmt werden. Unsere Kenntniß eines Körpers ist nur dann vollständig, wenn wir den Körper nicht bloß trennen, sondern auch aus seinen Bestandtheilen wieder zusammensetzen können. Letzteres ist uns bisher nur bey unorganischen Körpern gelungen. Am allerwenigsten vermag die Kunst des Chemikers, die Gebilde der belebten Natur nachzuahmen. Ob mit dem fliehenden Leben Stoffe entweichen, die unsern Sinnen unbemerktlich sind, ob in demselben Augenblick andere Verwandtschaftsgesetze und so mit auch andere Verbindungen eintreten, sind Fragen welche die Zukunft enthüllen muß, wenn es anders dem Auge des Sterblichen je vergönnet seyn wird, den Schleier zu lüften, welchen die schaffende Natur um ihre geheimste Werkstätte gezogen hat.

### §. 131.

Nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft haben wir folgende Körper als chemisch einfache zu betrachten.

## T a f e l

über die chemisch einfachen Stoffe, nebst ihren  
chemischen Zeichen, und Atomengewichten  
nach Berzelius.

## I. Unmetallische Körper.

| Namen.               | Zeichen.         | Atomengewicht oder chem.<br>Verhältnißzahl. |
|----------------------|------------------|---------------------------------------------|
| Sauerstoff           | O. (Oxygenium)   | 1,0000                                      |
| Wasserstoff          | H. (Hydrogenium) | 0,062177                                    |
| Stickstoff           | N. (Nitricum)    | 1,7726                                      |
| Schwefel             | S. (Sulphur)     | 2,0116                                      |
| Phosphor             | P. (Phosphorus)  | 3,9230                                      |
| Chlor                | M. (Mariaticum)  | 1,4265                                      |
| Jod                  | J. (Jodicum)     | 12,667                                      |
| Fluor                | Fl. (Fluoricum)  | 0,7503                                      |
| Kohle                | C. (Carbonicum)  | 0,7533                                      |
| Bor                  | B. (Boracicum)   | 0,6965                                      |
| Kiesel               | Si. (Silicium)   | 2,9642                                      |
| Basis der Kieselerde |                  |                                             |

II. Metallische Körper nach ihrem elektrischen  
Verhalten geordnet, die negativen voran.

|                         |                   |         |
|-------------------------|-------------------|---------|
| Selen                   | Se. (Selenium)    | 4,9591  |
| Arsenik                 | As. (Arsenicum)   |         |
| Molybdän                | Mo. (Molybdaenum) | 5,968   |
| Chrom                   | Ch. (Chromium)    | 7,0364  |
| Wolfram                 | W. (Wolframium)   | 12,0769 |
| Antimon<br>(Spießglanz) | Sb. (Stibium)     | 16,1299 |
| Tellur                  | Te. (Tellurium)   | 8,0645  |
| Tantal                  | Ta. (Tantalum)    | 18,2315 |
| Titan                   | Ti. (Titanium)    |         |
| Osmium                  | Os. (Osmium)      |         |
| Iridium                 | Ir. (Iridium)     |         |
| Platin                  | Pt. (Platinum)    | 12,1523 |
| Gold                    | Au. (Aurum)       | 24,860  |
| Rhodium                 | R. (Rhodium)      | 15,001  |

| Namen.      | Zeichen.          | Atomengewicht oder chem. Verhältnißzahl. |
|-------------|-------------------|------------------------------------------|
| Palladium   | Pa. (Palladium)   | 14,075                                   |
| Quecksilber | Hg. (Hydrargyrum) | 25,316                                   |
| Silber      | Ag. (Argentum)    | 27,032                                   |
| Kupfer      | Cu. (Cuprum)      | 79,139                                   |
| Blei        | Pb. (Plumbum)     | 25,890                                   |
| Zinn        | Sn. (Stannum)     | 14,7058                                  |
| Wismuth     | Bi. (Bismuthum)   | 17,738                                   |
| Nickel      | Ni. (Niccolum)    | 7,3951                                   |
| Kobalt      | Co. (Cobaltum)    | 7,3800                                   |
| Uran        | U. (Uranium)      | 31,4686                                  |
| Eisen       | Fe. (Ferrum)      | 6,7843                                   |
| Cadmium     | Cd. (Cadmium)     | 13,9354                                  |
| Zink        | Zn. (Zincum)      | 80,645                                   |
| Braunstein  | Mn. (Manganium)   | 7,1157                                   |
| Cerium      | Ce. (Cerium)      | 11,4944                                  |

### III. Metallische Grundlagen der Erden und Alkalien.

|           |                 |         |
|-----------|-----------------|---------|
| Zirkonium | Zr. (Zirconium) |         |
| Yttrium   | Y. (Yttrium)    | 8,0513  |
| Beryllium | Be. (Beryllium) | 6,6256  |
| Aluminium | Al. (Aluminium) | 3,4234  |
| Magnesium | Mg. (Magnesium) | 3,1672  |
| Calcium   | Ca. (Calcium)   | 5,1206  |
| Strontium | Sr. (Strontium) | 10,946  |
| Barium    | Ba. (Barium)    | 17,1386 |
| Lithium   | L. (Lithium)    | 2,5563  |
| Natrium   | Na. (Natrium)   | 5,8184  |
| Kalium    | K. (Kalium)     | 9,7983  |

Die zuletzt genannten Stoffe machen in ihrem oxydirten Zustande nebst der Kieselerde bey weitem die häufigsten Bestandtheile der ganzen Erdrinde aus.

Die drei zuerst genannten Stoffe kennen wir blos im Gaszustande. Von den unwägbarren Stoffen, Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus wird in besondern Abschnitten gehandelt.

#### Anmerkung.

Die nähere Betrachtung dieser einfachen Stoffe, der Art sie dargestellt werden, ihrer Verbindung unter einander



und der daraus hervorgehenden zusammengesetzten Körper und ihrer Eigenschaften gehöret in das besondere Gebiet der Chemie, einer Wissenschaft, die täglich an Reichthum und Umfang gewinnt, auf welche wir aber hier, nach unserm Zwecke nicht eingehen können. (Dem mündlichen Vortrag bleibt es überlassen, nach Zeit und Umständen das Nöthige zuzusetzen.) Nur einige allgemeine Gesetze, welche bey der Verbindung der einfachen Körper zu zusammengesetzten Statt finden, sollen hier hervorgehoben werden, und darauf die nähere Betrachtung einiger Stoffe folgen, welche bey den Erscheinungen der Natur eine sehr wichtige und allgemeine Rolle spielen.

Von den bestimmten Verhältnissen nach welchen sich die einfachen Körper mit einander verbinden, und der darauf sich gründenden  
Stöchiometrie oder Meßkunst chemischer  
Elemente.

### §. 132.

Wenn sich zwei oder mehrere ungleichartige Stoffe zu einem gleichartigen Ganzen vereinigen, so entstehen daraus die zusammengesetzten Körper, von welchen wir mehrere Ordnungen unterscheiden können. Da die chemisch gleichartigen Körper sich durch keine noch so weit getriebene mechanische Theilung in ungleichartige Theile zerlegen lassen, so müssen wir uns die chemischen Verbindungen (wenn wir sie uns nach der Corpusculartheorie versinnlichen wollen) als zwischen den Atomen selbst erfolgend denken. Sonach können wir folgende Ordnungen von Verbindungen unterscheiden:

- 1) einfache Atome;
- 2) zusammengesetzte Atome;
  - a) erster Ordnung, bestehend aus der Verbindung einfacher Atome;

- b) zusammengesetzte Atome zweiter Ordnung, bestehend aus zusammengesetzten Atomen erster Ordnung;  
 c) zusammengesetzte Atome dritter Ordnung, bestehend aus zusammengesetzten Atomen zweiter Ordnung  
 u. s. w.

Man sollte vielleicht glauben, daß diese Ordnungen sowohl, als die unter ihnen begriffenen Species, vermöge der wechselnden Verhältnisse der zusammentretenden Körper von unendlicher Zahl und unendlicher Verschiedenheit seyn müßten. Dem ist aber nicht so, vielmehr hat sich die Natur in ihren Verbindungen auf die einfachsten Verhältnisse beschränkt, wie aus dem Folgenden näher erhellen wird.

Beispiele von den Zusammensetzungen verschiedener Ordnungen sind folgende.

Zusammensetzungen 1ter Ordnung

Schwefelsäure, aus Schwefel und Sauerstoff.

Kali, aus Kalium und Sauerstoff.

Thonerde, aus Aluminium und Sauerstoff.

Zusammensetzungen 2ter Ordnung

schwefelsaures Kali, bestehend aus Schwefelsäure und Kali;

schwefelsaure Thonerde, bestehend aus Schwefelsäure und Thonerde.

Zusammensetzung 3ter Ordnung

Alaun, bestehend aus schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali.

Man siehet von selbst, daß die verschiedenen Ordnungen bey der Zusammensetzung der Körper eben das vorstellen, was bey der Trennung derselben die nähern, entfernen und einfachen Bestandtheile bezeichnen.

### §. 133.

Bey den chemischen Verbindungen müssen wir wohl unterscheiden, ob die Körper sich nur in gewissen, oder in allen denkbaren Verhältnissen zu einem gleichartigen Ganzen vereinigen können. Das Letzte findet, wie die Erfahrung lehret, nur dann Statt, wenn die Körper durch

die Mischung weder ihre Form, noch ihre Eigenschaften wandeln. Wie z. B. bey Mischungen von Wasser und Weingeist, von Wasser und flüssigen Säuren, desgleichen bey Mischungen von solchen Gasarten, welche nicht bedeutend chemisch auf einander wirken, wie z. B. Stickstoff- und Sauerstoffgas, Wasserstoff- und Sauerstoffgas bey niedrigen Temperaturen. Die Lösung eines festen Salzes im Wasser kann man zwar in sehr verschiedenen Verhältnissen bewerkstelligen, doch findet schon in Hinsicht der Menge des aufzulösenden Salzes die Gränze Statt, welche man den Sättigungspunct nennet. Wenn so viel Salz in dem Wasser aufgelöst worden ist, daß die geschwächte Anziehungskraft des Auflösungsmittels mit der Cohäsionskraft des Salzes ins Gleichgewicht gekommen ist, so tritt alsdann der Sättigungspunct ein. Eben das gilt von der Auflösung eines jeden festen Körpers in einer Flüssigkeit, aus welcher er sich durch seine Cohäsionskraft wieder krystallisiren kann. Wird nicht bloß die Form, sondern auch die Eigenschaften der sich mischenden Körper verändert, so ist dann die Menge der sich vereinigenden Bestandtheile auf weit bestimmtere Verhältnisse eingeschränkt. Die auffallendsten Beyspiele der Art bietet uns die Bildung der Salze, d. i. die Verbindung einer Säure mit einer alkalischen, erdigen, oder metallischen Grundlage in ihrem Neutralisations-Verhältnisse dar. Man nehme z. B. eine abgemogene Menge Kali (Potasche), löse sie in Wasser auf, und tröpfle von einer ebenfalls abgemogenen Menge verdünnter Schwefelsäure nach und nach so viel zu, bis die gemischte Flüssigkeit weder sauer noch alkalisch schmeckt, und überhaupt gegen jedes andere Prüfungsmittel sich eben so neutral verhält. (Sehr empfindlich und bequem zur Untersuchung des Neutralisationspunctes sind kleine Papier-

streifen, die man mit Lackmuss blau gefärbt, getrocknet, und dann zur Hälfte wieder durch Eintauchen in Essig geröthet hat. Enthält die zu mischende Flüssigkeit noch freie Säure, so wird der blaue Papierstreifen darin roth, enthält sie freies Alkali, so wird der rothe Papierstreifen blau.) Stellet man einen solchen Versuch so oft man will mit der gehörigen Genauigkeit an, so wird man immer dasselbe Verhältniß zwischen der Säure und dem Alkali wahrnehmen, in dem Augenblick, wenn die Mischung neutral geworden ist. Wählt man statt der Potasche ein anderes Alkali, so wird man zwar ein anderes Neutralitätsverhältniß finden, aber immer für jede Grundlage ein bestimmtes Verhältniß. Wählt man statt der Schwefelsäure eine andere Säure und behält dieselben Grundlagen bey, so erhält man für die neue Säure eine andere Reihe von Neutralitätsverhältnissen in Beziehung auf die Grundlagen, deren einzelne Glieder unter einander den einzelnen Gliedern der ersten Reihe proportional sind.

Es bezeichne z. B.  $a$  eine bestimmte Menge einer Säure, und  $A$  eine bestimmte Menge einer andern Säure, sodann sollen  $b, c, d, e$  und  $B, C, D, E$  die Menge von vier Grundlagen bezeichnen, welche sich mit den Säuren  $a$  und  $A$  neutral verbinden, so lehret die Erfahrung, daß

$$b : c = B : C$$

$$b : d = B : D$$

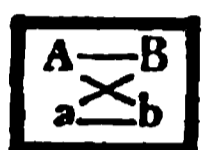
$$b : e = B : E \text{ sey.}$$

Umgekehret, wenn  $a, a', a'', a'''$  vier verschiedne Säuren bezeichnen, welche sich mit der Grundlage  $b$  neutral verbinden, und man sucht die Neutralitätsverhältnisse

$A, A', A'', A'''$  derselben Säuren zu einer andern Grundlage  $B$ , so hat man wiederum

$$\begin{aligned}
 a : a' &= A : A' \\
 a : a'' &= A : A'' \\
 a : a''' &= A : A'''
 \end{aligned}$$

Diesen für die Stöchiometrie höchst wichtigen Satz haben die Naturforscher zuerst aus der Erfahrung abgeleitet, daß neutrale Salze, welche sich durch doppelte Wahlverwandtschaft zerlegen, in der neuen Verbindung wieder neutral sind.



Es mögen in dem bestehenden Schema AB, ab die neutralen Verbindungen vor der chemischen Wechselwirkung, Ab, aB die nach derselben bezeichnen. Ferner seyen die Neutralitätsverhältnisse

- von 1)  $A : B = 1 : m$
- 2)  $A : b = 1 : n$
- 3)  $a : B = 1 : m'$
- 4)  $a : b = 1 : n'$

so fließet nach der Lehre von den Proportionen aus der Verbindung von 1) und 3)  $A : a = m' : m$   
 aus der Verbindung von 2) und 4)  $A : a = n' : n$   
 daher  $m' : m = n : n'$   
 oder  $m' : n' = m : n$

welches den Beweis für den oben angeführten Lehrsatz, in Beziehung auf die Grundlagen liefert. In Beziehung auf die Säuren läßt er sich so herleiten: Es mögen AB, A'b die neutralen Verbindungen einer Säure mit zwei Grundlagen; aB, a'b die neutralen Verbindungen einer andern Säure mit denselben Grundlagen vorstellen, so hat man nach der vorstehenden Bezeichnung die Proportionen

$$\begin{array}{lcl}
 A : B = 1 : m & \text{oder} & A = \frac{B}{m} \\
 A' : b = 1 : n & & A' = \frac{b}{n} \\
 a : B = 1 : m' & & a = \frac{B}{m'} \\
 a' : b = 1 : n' & & a' = \frac{b}{n'}
 \end{array}$$

Es ist aber  $m : n = m' : n'$   
 daher  $A : A' = a : a'$ .

## §. 134.

Aus den vorstehenden Sätzen können wir für die sogenannte Lehre von den chemischen Äquivalenten eine wichtige Folge ziehen. Wenn eine Verbindung  $ab$  durch einen dritten Körper  $A$  aufgehoben wird, welcher dagegen mit  $b$  eine chemische Verbindung eingeht, so heißt  $A$  überhaupt ein chemisches Äquivalent für  $a$ . Nun mögen  $ab$ ,  $ac$ ,  $ad$ ,  $ae$  u. s. w. neutrale Verbindungen einer Säure mit den verschiednen Basen, z. B. die Reihe der salpetersauren Salze bezeichnen,  $A$  diejenige Menge von Schwefelsäure, welche die salpetersaure Verbindung  $ab$  zerlegt und eine neutrale schwefelsaure  $Ab$  hervorbringt, so ist  $A$  ein Äquivalent für  $a$  in der Verbindung  $ab$ ; es ist aber auch dieselbe Menge  $A$  ein Äquivalent von  $a$  für alle andern Verbindungen  $ac$ ,  $ad$ ,  $ae$ , u. s. w. Denn da vermöge des Lehrsatzes §. 133  $b : c : d : e = B : C : D : E$  war, so müssen, wenn in den beiden Reihen die ersten Glieder  $b = A$  setzt, auch alle folgenden gleich seyn. Es muß sich also  $A$  wenn es sich mit  $b$  neutral verbinden kann, auch mit  $c$ ,  $d$ ,  $e$  neutral vereinigen. Eben so, wenn  $ab$ ,  $a'b$ ,  $a''b$  neutrale Verbindungen verschiedner Säuren mit derselben Grundlage bezeichnen, und die Menge  $B$  einer andern Grundlage ist ein Äquivalent für  $b$  in der Verbindung  $ab$ , so ist es auch ein solches in allen übrigen Verbindungen  $a'b$ ,  $a''b$  u. s. w. Denn da vermöge unsers Lehrsatzes

$a : a' : a'' = A : A' : A''$  war, so sind in beiden Reihen alle Glieder einander gleich, wenn man die ersten gleich setzt.

## §. 135.

Spätere Beobachtungen haben gelehret, daß die be-

stimmten Verhältnisse nicht bloß bey den neutralen Salzen, sondern bey allen chemischen Verbindungen wenigstens des unorganischen Naturreichs eintreten, die Fälle abgerechnet, welche S. 133 bereits angeführt worden sind. Bezeichnet also z. B.  $a$  die Menge von Sauerstoff, welche sich mit verschiedenen andern Grundstoffen  $b, c, d, e$  chemisch verbindet, und  $A$  etwa die Menge Wasserstoff, welche ein chemisches Äquivalent für die Sauerstoffverbindung  $ab$  ist, so ist  $A$  zugleich ein Äquivalent für alle übrige Verbindungen, welche der Sauerstoff eingehen kann. Was hier von dem Wasserstoff ausgesaget worden ist, gilt für die ganze Reihe der einfachen und zusammengesetzten Körper nach den bisherigen Erfahrungen.

Da es bey Verhältnissen nicht auf die absolute Größe der Glieder ankommt, so kann man jede beliebige Einheit zu Grunde legen, um die einzelnen Verhältniszahlen dadurch auszudrücken. Die meisten Naturforscher haben sich jetzt mit Berzelius dahin vereiniget, die Menge des Sauerstoffs, welche mit andern Körpern in chemische Verbindung tritt, zur Einheit zu wählen, um die Verhältnisse der chemischen Äquivalente dadurch auszudrücken. So bezeichnen in der S. 131 aufgeführten Tafel der einfachen Stoffe die neben dem Schwefel und Phosphor stehenden Zahlen, daß sich 2,0116 Gewichtstheile Schwefel und 3,923 Gewichtstheile Phosphor mit einem Gewichtstheil Sauerstoff chemisch verbinden, und daß zugleich 3,923 Theile Phosphor ein chemisches Äquivalent für 2,0116 Theile Schwefel nicht bloß in der Verbindung mit dem Sauerstoff, sondern auch in allen übrigen Verbindungen sind.

Da die Verhältnisse, unter welchen sich Stoffe chemisch verbinden, dieselben bleiben, man mag sich die Menge noch so klein denken, so kann man sich vorstellen, selbst die Atome vereinigt

den sich unter den bestimmten Verhältnissen. Dieß ist eine Thatsache, welche in den neueren Zeiten vorzüglich Dalton geltend zu machen sich. Daher hat man jene chemischen Atomgewichte und Zusammensetzungen genannt. Man muß Atomgewichte von specifischen Gewicht unterscheiden, jenes bezeichnet das Gewicht der in gewisse Substanztheile stehenden Theilchen, dieses das Gewicht der Substanztheile bey gleicher Größe des Raumes. So verhält sich zum Beispiel die Atomengewichte von Sauer und Eisen = 7,139 : 25,59 dagegen die specifischen Gewichte dieser Körper = 8,95 : 11,352. Ob wir uns diese Verhältnisse des letzteren Verhältnisses die Theilchen des Sauer nicht unter einander gleich denken müssen, als die Theilchen des Eisens, ist immer noch weniger Theilchen mit andern Körpern in denselben Verhältnissen, als Theile des Sauer. Dieß ist ein neuer Grund chemische Anziehung von der Schwere oder der allgemeinen Anziehung zu unterscheiden.

### §. 136.

Die Beobachtungen, welche man über die Verbindungen des Sauerstoffes mit den Metallen (die Metalloryde), sodann über die Verbindung der brennbaren Körper, wie z. B. des Schwefels, des Phosphors, der Kohle mit dem Sauerstoff zu Säuren angewandt hat, haben gelehret, daß nicht bloß ein Theil, sondern auch zwei, manchmal auch drei, seltner vier oder noch mehrere Theile Sauerstoff mit einem Theil eines andern Stoffes in chemische Verbindung treten können. Dieser, obwohl in enge Grenzen eingeschlossnen, Wechsel der Verhältnisse in den chemischen Verbindungen hat man später auch bey andern einfachen und zusammengesetzten Körpern entdeckt. Man muß daher, wenn man aus dem bekannten Mischungsverhältniß einer chemischen Verbindung auf das Atomengewicht der gemischten Theile schließen will, wohl unterscheiden, zu welcher Art von Verbindung die vorliegende gehöre, ob sich 2, oder 3 Theile mit einem Theile des andern



Stoffes verbunden haben. Hier herrschen nun allerdings noch einige Ungewissheiten, welche jedoch durch das fortgesetzte Studium der auszeichnenden Eigenschaften der verschiedenen Arten von Verbindungen immer mehr entfernt werden. Einige Beispiele mögen das eben Gesagte erläutern. Nach Berzelius besteht das rothe Quecksilberoxyd (rother Präcipitat) aus 100 Theilen Quecksilber und 7,9 Theilen Sauerstoff. Da das chemische Verhalten dieses Oxydes es als ein solches characterisirt, worin zwei Theile Sauerstoff enthalten sind, so findet man das Atomengewicht des Quecksilbers, das Gewicht von einem Theil des Sauerstoffes = 1 gesetzt, durch die Proportion:

$$\frac{7,9}{2} : 1 = 100 : x = \frac{200}{7,9} = 25,316..$$

Oder, wenn man weiß, daß 100 Theile Eisen mit 44,22 Theilen Sauerstoff zum rothen Eisenoxyd zusammentreten, dieses Oxyd aber zu denjenigen gehört, worin 3 Theile Sauerstoff mit 1 Theil Metall verbunden sind, so erhält man die Äquivalentzahl des Eisens, den Sauerstoff zur Einheit genommen, durch die Proportion

$$\frac{44,22}{3} : 1 = 100 : x = \frac{300}{44,22} = 6,7842...$$

Umgekehret erhält man aus dem Atomengewicht der einfachen Körper durch Addition das Atomengewicht oder die Verhältnißzahl der zusammengesetzten Körper. So würde die Verhältnißzahl des rothen Eisenoxyds = 3 + 6,7842 = 9,7842 seyn. Nach Berzelius enthält das schwarze Eisenoxydul (der erste Grad der Oxydation) auf 100 Theile Eisen 29,47 Sauerstoff. Da sich nun 29,47 : 44,22 = 2 : 3 verhält, so würde hiernach die Äquivalentenzahl des Eisenoxyduls = 3 + 6,78 = 8,78.. seyn. Wollte man dagegen die Menge des Sauerstoffes im Oxy-

bul für 1 gelten lassen, so würde aus dessen Zusammen-  
setzung für das Atomengewicht des Eisens folgen

$$29,47 : 1 = 100 : x = \frac{100}{29,47} = 3,39 \text{ halb so groß}$$

wie vorhin. Dieß erläutert, wie die Werthe der Äquiva-  
lentszahlen sich ändern, wenn man ein anderes Mischungs-  
verhältniß zum Grunde leget. Die erste Zahl wird von  
den Chemikern für die richtige anerkannt.

### §. 137.

Mehrere Körper können wir in ihrem einfachsten Zu-  
stande nur in Gasgestalt darstellen. Wenn sie in diesem  
Zustande chemisch auf einander wirken, und sich verbinden,  
so geschieht dieß nach Gay Lüssac zwar auch in einfachen  
Verhältnissen 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, aber dem Raum nach.  
Findet während der chemischen Wechselwirkung eine Ver-  
dichtung, oder Raumsverminderung statt, so kann diese  
ebenfalls durch die einfachen Brüche  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{3}$  dar-  
gestellt werden. Z. B. Zwei Raumtheile Wasserstoffgas  
verbinden sich unter Erwärmung mit einem Theil Sauer-  
stoffgas und bilden Wasser. Ein Volumen Sauerstoffgas  
verbindet sich mit einem Volumen Stickstoffgas zu Salpe-  
tergas; mit zwei Raumtheilen Stickstoff zum oxydirten  
Stickgas, und dessen Raum beträgt  $\frac{2}{3}$  der Räume der  
einzelnen Gase. Drei Räume Wasserstoffgas verbinden  
sich mit einem Volumen Stickstoffgas zu zwei Räumen  
Ammoniakgas, zwei Räume Sauerstoff treten mit ei-  
nem Volumen Kohlenstoff zusammen und bilden damit  
zwei Volumina kohlen-saures Gas u. dgl. m. Will man  
aus den Verbindungen nach Räumen auf die Atomenge-  
wichte der gemischten Körper schließen, so muß man die  
Räume mit den specifischen Gewichten multipliciren, um

die Mengen dem Gewichte nach zu erhalten. Findet eine  
Raumsveränderung während der Mischung statt, so muß  
auf diese gehörig Rücksicht genommen werden. Z. B. Nach  
Biot verhalten sich die specifischen Gewichte von Sauer-  
stoffgas und kohlenfauerem Gas bey gleichem Druck und  
Temperatur = 1,1036 : 1,5196  
= 1, : 1,377

Es heiße das noch unbekante Atomengewicht des Kohlen-  
stoffs =  $x$ , so hat man nach der oben angeführten Er-  
fahrung über die Verbindung des Sauerstoffs mit dem  
Kohlenstoff zur gasförmigen Kohlenäure

$$2 \cdot 1 + 1 \cdot x = 2 \cdot 1,337$$

daher  $x = 2 \cdot 1,337 - 2 = 0,754$  für das Atomenge-  
wicht des Kohlenstoffs.

Desgleichen nach Biot das specifische Gewicht des  
Sauerstoffgases zum Wasserstoffgas = 1,10359 : 0,07321.  
Es treten also dem Gewicht nach 1,10359 Sauerstoff mit  
 $2 \times 0,07321 = 0,14642$  Theile Wasserstoff zusammen.  
Nennt man die erste Zahl 1 und läßt die letztere für 2  
Atome gelten, so erhält man für das Atomengewicht des  
Wasserstoffs

$$1,10359 : 1 = \frac{0,14642}{2} : x = 0,066338$$

Berzelius und Dulong finden nach ihren Untersuchungen  
dafür 0,062175.

Man sehe: Berzelius Versuch über die Theorie der chemi-  
sche Proportionen, nebst Tabellen über die Atomengewichte über-  
setzt von Blöde. 1820. Lehrbuch der Stöchiometrie von Bi-  
schof. 1819. Auch dessen Lehrbuch der reinen Chemie. Bonn  
1824.

S. 138.

Es ist von großer Wichtigkeit für die Wissenschaft, die

aus der Verbindung der einfachen Stoffe hervorgehenden zusammengesetzten Körper so zu benennen und zu bezeichnen, daß daraus die Art ihrer Verbindung und zugleich das Verhältniß ihrer Bestandtheile klar zu ersehen sey. Was die zweckmäßige Benennung betrifft, so haben sich darin die französischen Chemiker seit Lavoisier viele Verdienste erworben. Die beste chemische Zeichensprache verdanken wir Berzelius. Hier kann beides nur kurz berührt werden.

Da die Entdeckung des Sauerstoffs und seiner mannigfachen Verbindungen, vorzüglich zur Umänderung der chemischen Nomenclatur Gelegenheit gegeben hat, so fangen wir die Betrachtung damit an.

Der Name **Sauerstoff** (Oxygène) ist von Lavoisier diesem einfachen Körper beygelegt worden, weil er ihn, der Analogie nach von der Zusammensetzung mehrerer Säuren, für das eigentlich säuernde Princip hielt. Ob nun gleich diese Hypothese durch neuere Erfahrungen widerlegt worden ist, indem man jetzt mehrere Säuren kennt, die keinen Sauerstoff enthalten; so hat man doch den Namen mit Recht beybehalten, weil der durch ihn bezeichnete Stoff wenigstens in den meisten Säuren einen wesentlichen Bestandtheil bildet.

Bey den Verbindungen des Sauerstoffs mit andern Körpern müssen wir unterscheiden solche Verbindungen, welche Säuren (acides, acida) sind, und solche, die es nicht sind. Die letztere heißen im Allgemeinen Dryden (oxydes, oxyda). Dahin gehören bey weitem die meisten Verbindungen des Sauerstoffes mit andern Körpern, namentlich der Metalle, woraus die verschiednen Erdbarten hervorgehen. Bey den Dryden kommen, wie schon erwähnt, die Verbindungen des Sauerstoffs nach 1, 2, 3 Theilen vor. Diejenige Verbindung, welche die geringste Menge Sauer-

stoff enthält, heißt Oxydul, die mit größerer Menge Oxyd, die noch höhere Peroxyd. Kommen noch Abstufungen von Verbindungen vor, so bezeichnet man sie durch die beygesetzten Hülfswörter unter, über z. B. Unteroxydul, Ueberoxydul, Unteroxyd, Ueberoxyd. Bey den Säuren kommen eben so die Verbindungen des Sauerstoffes mit den Grundlagen in verschiedenen Verhältnissen vor; man unterscheidet sie durch die Endsyllbe des die Grundlage bezeichnenden Eigenschafts, oder Hülfswort's, z. B. Schwefliche Säure (*acidum sulphurosum, acide sulfureux*), Schwefelsäure (*acidum sulphuricum, acide sulfurique*), Salpetrige Säure, Salpetersäure, Phosphorige Säure, Phosphorsäure. Die ersteren Benennungen bezeichnen die die unvollkommene oder besser die mindere Menge von Sauerstoff enthaltenden Säuren, die letztern die die größere Menge von Sauerstoff enthaltenden. Kommen noch mehrere Abstufungen vor, so hilft man sich durch Beywörter. So unterscheiden einige Naturforscher Schwefelsäure, Unter-Schwefelsäure, Schwefliche Säure, Unter-Schwefliche Säure und bezeichnen damit vier verschiedne Verbindungen des Sauerstoffes mit dem Schwefel in den Verhältnissen von 3,  $3\frac{1}{2}$ , 2 und 1 zu 1. So wie der Sauerstoff, verbinden sich auch der Wasserstoff, der Schwefel, die Kohle, der Phosphor u. s. w. mit andern einfachen Körpern, und bilden Zusammensetzungen der ersten Classe. Diese Verbindungen nennen die Franzosen Hydrures, Sulfures, Carbures, Phosphures etc. z. B. Schwefel-Wasserstoff Hydrure de Soufre (*Salphuretum Hydrogenii* nach Berzelius), Schwefel-Kohlenstoff Carbure de Soufre (*Salphuretum carbonici* nach Berzelius). Einige Verbindungen des Wasserstoff's mit andern einfachen Körpern verhalten sich in mehrfacher Hinsicht, besonders was ihre Verbindung mit andern Grundlagen zu Salzen betrifft,

wie die durch den Sauerstoff gebildeten Säuren. Daher hat man ihnen in neuern Zeiten auch den Namen Wasserstoffsäuren beygelegt. Dahin gehören der schon angeführte Schwefel - Wasserstoff als Schwefel - Wasserstoff - Säure, *acide hydro sulfurique*, die Jodine Wasserstoffsäure *acide hydriodique* (Jodas hydricus nach Berzelius), die Chlorin - Wasserstoffsäure (*Salzsäure Aurias hydricus* nach Berzelius).

### §. 139.

Die Zusammensetzungen höherer Ordnungen kommen in dem unorganischen Naturreich vorzüglich bey den Salzen vor. Unter Salz versteht man gegenwärtig eine jede chemische Verbindung einer Säure mit einem andern Körper, welchem man den Namen Grundlage, Basis, beylegt. Der Begriff und die ältere Definition der Salze war von dem gemeinen Kochsalze und einigen ihm nahe stehenden Körpern entnommen, worin die Säure den einen und das Alkali den andern Bestandtheil ausmacht. Man bezeichnete die Salze durch salzig schmeckende, leicht in dem Wasser auflöbliche, krystallisirbare, unverbrennliche Körper. Fürs gemeine Leben kann man die engere Beschränkung des Begriffs von Salz immer beybehalten, in der Wissenschaft nicht mehr. Schon Bergman unterschied alkalische, erdige und metallische Salze, je nachdem die Grundlage des Salzes ein Alkali, eine Erde oder ein Metall sey. Diese Eintheilung fällt nun weg, da wir durch Davy's Entdeckungen über die Zusammensetzung der Alkalien wissen, daß die alkalischen, erdigen und metallischen Grundlagen der Salze unter die gemeinschaftliche Classe von Dryden gehören. Ja es ist bemerkenswerth, daß derselbe Stoff in Verbindung mit einem Körper die Rolle einer Säure, in Verbindung mit einem

andere die Rolle eines Alkali übernehmet kann. Hierher gehört z. B. die Kieselerde nach Bergelius: Halten wir uns indessen an solche Körper, wo die entgegengesetzten Eigenschaften einer Säure und eines Alkalis recht hervortretend sind, so ist dann keine Verwechslung möglich. Nehmen wir z. B. Schwefelsäure, so äuffert solche, mit Wasser gehörig verdünnet, auf der Zunge den von Jedermann als sauer anerkannten Geschmack; sie färbt die blauen Pflanzensäfte roth, macht die rothen und gelben heller; äuffert eine starke auflösende Kraft gegen Alkalien, Erden, Steine und Metalle, und ein eben so starkes Bestreben sich mit diesen Körpern zu krystallisirbaren Salzen zu verbinden, worin die auszeichnenden Eigenschaften der Säure nicht mehr vorhanden sind. Nehmen wir dagegen das Kali, d. i. das Salz, welches man durchs Köchen der Pflanzenasche mit gebranntem Kalk, und durch Abdampfen der Lauge bis zur Trockne erhält, und bringen ein wenig davon in Wasser gelöst auf die Zunge, so wird man einen scharfen brennenden nicht sauren Geschmack empfinden, welchen wir durch den alkalischen bezeichnen. Eben dieser Körper äuffert gegen alle Säuren eine sehr starke Anziehungskraft und ein Bestreben sich mit ihnen zu neutralen Salzen zu verbinden, die weder sauer noch alkalisch schmecken. Auf die Pflanzensfarbe wirkt er so, daß die blauen grün, die gelben braun, die hellrothen dunkel, und die durch Säure veränderten in ihre vorige Farbe wieder hergestellt werden. So haben wir unter der Schwefelsäure den Repräsentanten der Säuren, unter dem Kali den der Alkalien oder Basen überhaupt kennen gelernt. Denken wir uns nun zwischen den beiden äußersten Gliedern eine große Reihe von ihnen liegenden Körpern, an welchen die eben erwähnten Eigenschaften immer schwächer werden und endlich in einander fließ-

sen, so darf es uns so sehr nicht befremden, daß es gewisse Körper geben könne, die gegen die ihnen in der Reihe vorliegenden sich als alkalisch, gegen die ihnen nachfolgenden als sauer verhalten.

#### §. 140.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung über den Gegensatz zwischen den Säuren und Alkalien oder salzfähigen Grundlagen wollen wir uns bemerken, daß die Verbindungen der Säuren mit den Grundlagen auf dreierlei Weise Statt finden können. 1) Die vollkommensten chemischen Vereinigungen worin kein Bestandtheil vorherrscht, die neutralen Salze; 2) die Verbindungen worin die Säure vorherrscht, die sauren Salze; 3) die Verbindungen worin die Basis vorherrscht, die basischen Salze.

Die Verbindungen der beiden letzten Classen sind ebenfalls auf bestimmte Verhältnisse eingeschränkt, in denen entweder das doppelte, drei- oder vierfache der Säure oder der Basis von dem neutralen Verhältniß vorhanden ist. Ferner müssen wir unterscheiden, ob die Säure, welche mit der Basis in Verbindung tritt, eine vollkommne (mehr Sauerstoff enthaltende) oder eine unvollkommne (weniger Sauerstoff enthaltende) sey. So giebt es z. B. schwefelsaure Salze (sulphates, sulphates) und schweflichsaure Salze (sulphites, sulphites). In Hinsicht der Basen müssen wir unterscheiden, ob es Dryde oder Drydüse sind. Z. B. schwefelsaures Eisenoxyd, (Salphas ferricus n. Berzelius) schwefelsaures Eisenorydul (Salphas ferrosus nach Berzelius).

Nach der Erfahrung nimmt jedes Salz bey seiner Krystallisation einen bestimmten Antheil Wasser als Bestandtheil in sich auf. Da nun jede chemische Verbindung



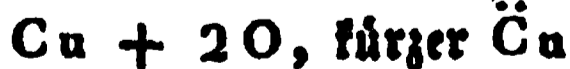
des Wassers mit einem andern Körper, ein Hydrat genannt wird, so sind alle krystallisirten Salze zugleich Hydrate.

Es scheinen zwar die Mengen des in die Salze eingehenden Krystallisationswassers ebenfalls bestimmten Verhältnissen unterworfen zu seyn, doch sind diese bisher noch nicht auf so einfache Zahlen zurückgeführt worden, als die Verbindungen des Sauerstoffs mit den einfachen Körpern, und der Säuren und der Basen untereinander.

#### S. 141.

Wir wenden uns zu der von Berzelius eingeführten Zeichensprache. Hiernach werden die einfachen Stoffe durch die großen Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen bezeichnet. Z. B. der Sauerstoff (Oxygenium) durch O. Schwefel (Salphur) durch S. Ist hierbey eine Verwechslung möglich, so nimmt man den nächstfolgenden Buchstaben, oder den nächsten Consonanten zu Hilfe: Z. B. Si. = Silicium, St. = Stibium, Sn. = Stannum.

Um die Verbindungen der einfachen Stoffe unter einander in verschiedenen Verhältnissen zu bezeichnen, wählet Berzelius Zahlen, die er vor die Grundstoffe schreibt. Für die sehr häufig vorkommenden Verbindungen des Sauerstoffs der Kürze wegen auch nur Punkte, welche über die Basis gesetzt werden. Z. B. Cu + O oder kürzer  $\overset{\cdot}{\text{Cu}}$  bezeichnet Kupferoxydul, bestehend aus einem Theil Kupfer und einem Theil Sauerstoff

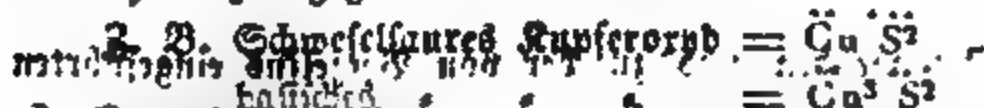


heißt Kupferoxyd, bestehend aus einem Theil Kupfer und zwei Theilen Sauerstoff.

Schwefel-Säure  $S + 3O = S_3$ , ein Theil Schwefel, zwei Sauerstoff

Schwefel-Säure  $S + 3O = S_3$ , ein Theil Schwefel, drei Theile Sauerstoff.

Ein aus zwei Atomen erster Ordnung zusammengesetztes Salz wird durch Nebeneinanderstellung der Zeichen, die die Bestandtheile angeben. Trifft jedoch der Fall ein, daß einer der Bestandtheile die Säure oder die Base, oder beide zugleich nach mehrfacher Atomenzahl in die Verbindung eingehen, so wird die Atomenzahl wie der Exponent einer Potenz angegeben.



Das erste Zeichen gibt an, daß 2 Atomen Schwefel-Säure mit einem Atom Kupferoxyd, das andere, daß zwei Atomen Schwefelsäure mit 3 Atomen Kupferoxyd verbunden sind. Auf ähnliche Weise bezeichnet Berzelius auch das Wasser  $Aq = H^2O$ , bestehend aus zwei Theilen Hydrogen und einem Sauerstoff.

Bei noch zusammengesetztern Verbindungen der höhern Ordnungen nimmt man der Deutlichkeit wegen die Additionsschreibens-Hülfe, z. B. krystallisirter Alaun =  $(K S_2 + 2Al S_3) + 48 H^2O$  bezeichnet, daß der Körper aus einem Atom schwefelsauren Kali, zwey Atomen schwefelsaurer Alaunerde und 48 Theilen Wasser bestehe. Zugleich geben die einzelnen Zeichen die entferntern Bestandtheile an, nämlich

- $K S_2 = 2$  Theile Schwefelsäure
- 1 Theil Kali
- $2Al S_3$  2 Atomen schwefelsaure Thonerde bestehend aus 3 Theilen Schwefelsäure und einem Thonerde.

**Achter Abschnitt**

Nähere Betrachtung einiger allgemein verbreiteten einfachen und zusammengesetzten Körper.

---

**Vom Wasser.**

S. 142.

Wir machen mit der Betrachtung des Wassers den Anfang, da dieser so allgemein verbreitete Körper nicht bloß in Beziehung auf den Menschen, sondern überhaupt in der Gesamtheit der Naturerscheinungen so wichtig ist.

Die Natur bietet uns das Wasser nicht rein dar, sondern es kann nur durch die Kunst so erhalten werden, durch die Destillation aus harten gläsernen, oder besser wohl verzinneten kupfernen Gefäßen, hierbey bleiben die salzigen und erdigen, in dem Wasser aufgelösten Körper zurück. Das reine Wasser ist ein klarer, durchsichtiger geruch- und geschmackloser Körper, und als Trinkwasser nicht ansprechend.

Das Wasser ist ein Auflösungsmittel für viele andere Körper, namentlich die Salze, die Säuren, den Schleim, den Zucker und viele andere Bestandtheile des Pflanzen-

und Thierreichs. Auch viele Gas- oder Luft-artige Körper löset das Wasser auf, besonders die sauren und alkalischen Gase in großer Menge. Die Gase nehmen bey ihrer Auflösung in dem Wasser die tropfbarflüssige Gestalt an, daher ist ihre Bymischung dem Auge nicht sichtbar, bis in dem Augenblick, wo sie sich von dem Wasser wieder trennen. Das Bestreben der Gase sich von dem Wasser zu trennen, und die Gasform wieder anzunehmen, ist oft so stark, daß eine geringe Erschütterung, verminderteter Luftdruck, Temperaturerhöhung, oder auch die Auflösung eines andern Körpers in dem Wasser, schon hinreichen, die Verbindung wieder aufzuheben. Dann entweichen die Gase in Bläschengestalt, und wenn dieß plötzlich und in Menge geschieht, so heißt dieß Aufbrausen, wie bey den starken Mineralwassern in welchen man Zucker auflöset.

Durch den Gehalt an Säuren wird das Wasser ein Auflösungsmittel für Erden und Metalle, die es unmittelbar nicht aufgelöset haben würde. Mit einem Wort, das Wasser ist fast das allgemeinste Auflösungsmittel, dessen sich die Natur bedienet, um festen Stoffen die flüssige Form zu geben und sie so mehr geeignet zu machen, von den einsaugenden und ernährenden Gefäßen der Pflanzen- und Thierkörper aufgenommen zu werden, daher auch die Säfte dieser Körper größtentheils aus Wasser bestehen.

Nach Saussüre's Beobachtungen nehmen 100 Maasß Wasser folgende Menge von Gasen in sich auf.

|                         |   |   |   |      |       |
|-------------------------|---|---|---|------|-------|
| Schweflichtsaures Gas   | • | • | • | 4578 | Maasß |
| Schwefelwasserstoff Gas | • | • | • | 253  |       |
| Kohlensaures Gas        | • | • | • | 106  |       |
| Oxydirtes Stickgas      | • | • | • | 76   |       |
| * Sauerstoffgas         | • | • | • | 6,5  |       |
| Kohlenwasserstoffgas    | • | • | • | 4,6  |       |
| Stickgas                | • | • | • | 4,2  |       |

Die nach **Saussure** angegebene Menge von **Sauerstoffgas**, welche sich mit dem **Wasser** vereinigt, ist diejenige, welche auf directem Weg durch die **Wechselanziehung** beider Körper erhalten werden kann. Uebrigens ist es **Lhenard** gelungen, eine viel größere Menge von **Sauerstoff** mit dem **Wasser** (das 600fache seines Volums) durch künstliche Mittel zu verbinden, welcher Verbindung man den Namen des **überoxydirten Wassers** beigelegt hat. Dieses **Wasser** läßt seinen Ueberschuß an **Sauerstoff** mit vielem Ungestümm oft unter **Feuererscheinung** fahren, wenn es mit den edlen Metallen oder auch mit andern stark **negativ elektrischen unmetallischen Körpern** in Berührung kommt. Die **Natur** hat, so weit bekannt ist, diese Verbindung nicht geliefert. Die künstliche Bereitung besteht im wesentlichen darin, daß man das **Superoxyd von Aegbarnt** in **Wasser** auflöst und den **Barnt** durch **Schwefelsäure** niederschlägt, da sich denn der **Sauerstoff** des **Superoxyds** mit dem **Wasser** vereinigt \*).

\*) Die Flüssigkeit wird darauf unter der Glocke der Luftpumpe durch **Abdünsten** concentrirt.

### §. 143.

Die natürlichen **Wasser** können eingetheilt werden: in **Hinsicht ihres Vorkommens**, in **atmosphärisches Wasser**, **Quell-, Fluß-, See-, und Meerwasser**; in **Hinsicht ihres Gehalts**, in **süße Wasser**, **Salzwasser**, **Mineralwasser**; in **Hinsicht ihrer Form**, in **festes, flüssiges und dunstförmiges Wasser**. Das **atmosphärische Wasser** in flüssiger Gestalt ist der **Regen**, wie er sich durch **Verdichtung** des bläschenförmigen **Dunstes** der **Wolken** in **Tropfen** niedersentt; und der **Thau** als der langsame **Niederschlag** des **Dunstes** aus den untern **Schichten** der **Luft**, wenn sie von **kältern Körpern** berührt werden. **Atmosphärisches Wasser** in fester Gestalt sind **Schnee**, **Hagel** und **Reif**. Den **Schnee** können wir für gefrorenen **krystallisirten Staubregen**, den **Hagel** für gefrorenen **Tropfregen**, und den **Reif** für gefrorenen **Thau** erklären. Uebrigens herrscht über die **Bildung**

dieser meteorischen Niederschläge noch manches Dunkel, das weitere Beobachtungen aufklären müssen.

#### §. 144.

Quellwasser nennen wir alles Wasser, welches durch innern Druck aus der Oberfläche der Erde dringt, und dann dem Gesetz der Schwere gehorchend nach den tiefern Stellen abfließet, wo es sich zu Bächen und Flüssen sammelt, endlich dem Meere wieder zufließt.

Den Ursprung der Quellen erklärt man am befriedigendsten aus dem Niederschlag des atmosphärischen Wassers, das, in so fern es nicht als Dunst wieder in die Luft zurückkehret, oder durch physische oder chemische Anziehungskräfte von andern Körpern festgehalten wird, die obern lockern Erdschichten durchdringt, bis es auf undurchdringliche Thon- oder Felschichten kommt, längst welchen es im Innern der Erde abfließet. Da nun die hohen im Innern der Festländer liegenden Bergketten, wegen der dort herrschenden kältern Temperatur diejenige Theile der Erdoberfläche sind, wo der meiste atmosphärische Niederschlag Statt findet: so wird begreiflich, wie viele Wasser im Innern der Erde einen bedeutenden Fall, und somit eine hydrostatische Pressung erlangen, welche sie nöthiget, theils an den Abhängen der Bergwände, theils weiter davon entfernt in den Ebenen als Quellen hervorzubrechen. Für diese Ansicht spricht das reichlichere Fließen der Quellen in der nassen Jahreszeit, das häufigere Vorkommen der Quellen in bergigten, als in ebenen Gegenden, besonders der Ursprung der großen Ströme in den mit ewigem Schnee bedeckten Gebirgsgegenden. Die Erfahrungen des Bergmanns, und das künstliche Erbohren der Quellen in lockern Sandschichten (Triebsand, Quellsand), denen Thonschichten zur Unterlage

birnen. Endlich die Temperatur der Quellen, welche in der Regel von der mittlern Temperatur der Gegend nicht sehr verschieden ist.

Indessen wollen wir nicht alle Quellen von dem atmosphärischen Wasser ableiten. Manche, besonders solche, die in vulkanischen Gegenden vorkommen, mögen ihren Ursprung Dünsten verdanken, die durch die innere Erdwärme hervorgerufen, wohl auch durch unterirdische Prozesse chemisch gebildet, und an der kältern Oberfläche der Erde wieder zu Wasser verdichtet werden. Manche Naturforscher sind geneigt auch diejenigen Mineralquellen für vulkanischen Ursprungs zu halten, welche, wie zum Beispiel der Sprudel des Carlsbades, sich durch ihre weit über die mittlere Temperatur des Ortes, wo sie hervorkommen, gehende Wärme, so wie durch ihren reichlichen Mineralgehalt auszeichnen.

#### S. 145.

Daß durch das Zusammenfließen der Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme und Seen gebildet werden, ist von selbst klar, so wie daß durch das Zufließen der Gewässer in das Weltmeer diesem der Verlust ersetzt werde, welchen es unaufhörlich durch die Verdunstung erleidet. Ob indessen hierbey eine völlige Ausgleichung Statt finde, oder wie einige Beobachtungen über das fortbauernde Zurücktretten der jetzigen Meeresfläche anzudeuten scheinen, eine allmähliche Verminderung des Meerwassers eintrete, ist eine Frage, die sich nach den bis jetzt vorhandenen Erfahrungen nicht mit Bestimmtheit beantworten läßt. Dafür aber sprechen viele Gründe, daß in den frühesten Zeiten, wo die jetzige Oberfläche der Erde noch nicht gebildet war, mehr Wasser vorhanden gewesen seyn müsse, als gegenwärtig. Man denke an die ungeheure Menge von Muschel- und Schalthieren, woraus die Gebirge der jüngern Kalkformation bestehen, die sich dem Naturforscher offenbar

als ehemaliger Meeresgrund darstellen, an die geschichteten Lager der meisten Gebirgsmassen, wie sie sich nur als Niederschläge aus einer Flüssigkeit gebildet haben können. Hierzu kommt, daß ein großer Theil der festen Körper, die wir jetzt an der Oberfläche der Erde antreffen, Wasser als Bestandtheil enthält, welches doch wohl vor der Bildung dieser Körper die flüssige Gestalt gehabt haben mag, besonders da viele dieser Körper Krystallgebilde sind, die sich nur auf dem nassen Weg erzeuget haben können.

Um nicht mißverstanden zu werden, wollen wir ausdrücklich erinnern, daß wir durch das Obige keineswegs die Behauptung aufstellen, daß der ehemalige Meerespiegel die Höhe von 12000 Fuß und darüber über dem jetzigen Meere gehabt haben müsse, als in welcher Höhe man noch Muschellager antrifft. Manche unserer Gebirge können ihre große Erhebung über dem jetzigen Weltmeere Kräften verdanken, die aus dem Innern des Erdkörpers herausgewirkt haben. Aber so viel ist doch gewiß, daß die Muschelbänke ehemals in einer Lage gewesen seyn müssen, wo sie von dem Wasser bedeckt waren, und da ihre Verbreitung über der Oberfläche der Erde so groß ist, so muß die Verbreitung des alten Meeres nicht minder groß gewesen seyn.

Beobachtungen und Angaben über die Verminderung des Wassers an der schwedischen Küste von N. Brunerona *Annal. der Phys. v. Poppendorf* 1824.

#### S. 146.

Der verschiedene Gehalt der auf der Oberfläche der Erde vorkommenden Wasser, erkläret sich aus der großen Auflöslichkeit so vieler Körper in dem Wasser. Das reinste natürliche Wasser bieten uns die atmosphärischen Niederschläge dar. Doch enthalten auch sie verschiedene Beymischungen, namentlich Kohlensäure und, obwohl in geringer Menge, kohlensaure und salzsaure Salze, deren Basis nach Zimmermann (siehe dessen Abhandlung über Meteorwasser in *Rajners Archiv* 1 B. 3 H.) aus Kalk, Talk, Kali, Eisen und



Mangan bestehen. Die nach einer anhaltenden Trodnuß plötzlich fallenden Gewitterregen enthalten zuweilen noch andere fremdartige Körper, welche dem Regenwasser einen eigenthümlichen Geruch, Farbe und Geschmack mittheilen. Ob diese, ihrem chemischen Verhalten nach, organischen Stoffe einen wesentlichen Bestandtheil jener Regenwasser und somit der Atmosphäre ausmachen, oder nur zufällige Beymischungen sind, möchte einer weitem Prüfung bedürfen.

Die Quellwasser enthalten wegen ihres längern Aufenthaltes in der Erde mehr fremdartige Bestandtheile als das Regenwasser. Die gewöhnlichen Bestandtheile der Quellwasser sind: Kohlensäure, und kohlensaure Kalkerde; zuweilen trifft man darin auch kohlensaure Talkerde, und kohlensaures Natron, Kali und Eisenoryd an, sodann schwefelsaure Kalt- und schwefelsaure Bittererde. Sind einige dieser Salze in so großer Menge vorhanden, daß sie dem Wasser auffallende, von jenen Stoffen abhängige Eigenschaften ertheilen, so heißen solche Quellwasser, Mineralwasser. Die Mineralquellen unterscheiden sich auch durch ihren reichlichen Gehalt an Gasen von dem gemeinen Quellwasser. Man kann sie, nachdem einer oder der andere ihrer Bestandtheile vorherrschend ist, abtheilen in

Säuerlinge, vorherrschend Kohlensäure

alkalische Wasser, — kohlensaures Kali, Natron.

Bitterwasser, — schwefelsaures Natron, Bittererde.

Salzwasser, — salzsaures Natron.

Stahlwasser, — kohlensaures Eisenoryd.

Schwefelwasser, — Schwefelwasserstoff.

Einige Mineralquellen enthalten Stickgas. Auch hat Berzelius zuerst Flußsäure und flußsaure Salze in dem Carlsbader Brunnen entdeckt. Seifenartige, weiche Wasser

nennt man solche Quellen, welche vermöge eines freien Alkalis die Erde und fettige Substanzen leichter auflösen, und im Gegensatz harte Wasser, die vermöge eines reichlichen Gehalts an Säuren oder Salzen, die Seifenauflösung niederschlagen.

Soleen nennt man diejenigen Salzwasser, welche so reich an Kochsalz sind, daß es sich der Mühe lohnt, dieses Salz daraus zu gewinnen. Hierher gehört in gewisser Hinsicht auch das Meerwasser, dessen vorzüglichster Bestandtheil wenigstens Kochsalz ist.

Nach Lavoisier enthält das Meerwasser Kochsalz, salzsauren Kalk und salzsaure Bittererde, Glaubers- und Bittersalz, kohlensaure Kalkerde und etwas Gips. Ähnliche Bestandtheile fand auch Marcey, nämlich in 1000 Theilen Meerwasser

|  |                                                         |
|--|---------------------------------------------------------|
|  | 26,6 Kochsalz                                           |
|  | 4,60 Glaubersalz                                        |
|  | 1,232 salzsaure Kalkerde                                |
|  | 5,154 salzsaure Bittererde, etwas kohlensaure Kalkerde. |

Wollaston hat überdem etwas salz- und schwefelsaures Kali darin entdeckt, aber nur  $\frac{1}{2000}$  des Ganzen. Die Dichte des Meerwassers wechselt von  $60^\circ$  nördlicher Breite bis zu  $40^\circ$  südlicher Breite von 1,0285 bis 1,0269. Dieß deutet auf einen Wechsel des Salzgehaltes von  $\frac{1}{24}$  bis zu  $\frac{1}{27}$  des Gewichts vom Wasser.

#### S. 147.

Das Wasser verlieret bey einer bestimmten Temperatur, die wir die Eiskälte nennen, seine Flüssigkeit, und geht in einen festen krystallisirten Körper, das Eis über. Dabey nimmt es einen um  $\frac{1}{10}$  größern Raum als vorher ein. Dieß Bestreben nach Raumvergrößerung tritt schon vor dem Gefrieren ein, und ist die Ursache, daß das Wasser, wie wir aus der Hydrostatik wissen, bey  $3\frac{1}{4}^\circ$  R die größte Dichte hat. Von da an nimmt der Raum des Wassers bis zur Siedhitze, anfänglich wenig, dann immer mehr zu. Die Zunahme von der größten Dichte bis zur

Siedhize beträgt  $\frac{467}{1000}$  und nur der vierte Theil dieser Größe kommt auf die erste Hälfte der Temperaturzunahme. Bey der Siedhize verwandelt sich das Wasser in eine elastische Flüssigkeit (Wasserdampf, Wassergas), welche einen 1668 mal größern Raum einnimmt, und eine dem Druck der Atmosphäre gleiche Spannkraft besitzt. Aber auch bey niederen Temperaturen bildet sich durch die Wirkung der strahlenden Wärme ein elastischer Wasserdunst, dessen Dichte und Spannkraft mit der Temperatur wechselt, wovon das Weiteres im nächsten Abschnitt von der Wärme folgt. Dieser Wasserdunst befindet sich stets in größerer und kleinerer Menge in der Atmosphäre, und indem er in die Poren der festen Körper einbringt, und durch die Anziehungskraft verdichtet wird, bildet er den verschiedenen Feuchtigkeitzustand der Körper, wovon wir dazu erst bestimmter reden wollen, wenn wir die Gesetze der Bildung, der Wasserdämpfe und ihre Abhängigkeit von der herrschenden Temperatur kennen gelernt haben.

Die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren ist der Grund, warum eisgefüllte mit Wasser angefüllte Gefäße bey einer starken Kälte zerpringen. Die Gewalt der Ausdehnung des frierenden Wassers kann eiserne Bomben zersprengen. Da das Eis um  $\frac{1}{10}$  specifisch leichter ist, als das es umgebende Wasser, so äußert es ein starkes Bestreben sich nach der Oberfläche des Wassers zu begeben, dadurch werden die großen Eismassen des Polarmeeres gehoben und den unmittelbaren Wirkungen der Sonnenstrahlen ausgesetzt, auch schwimmend durch die Meeresströme in südlichen Breiten getrieben, wo sie wieder die flüssige Form annehmen. Ohne jenes wohlthätige Naturgesetz würde wahrscheinlich das ganze Weltmeer in den höhern Breiten ein ewiger Eisklumpen seyn. Nicht minder wohlthätig erscheint uns die geringe Ausdehnung des Wassers in den niedern Temperaturen, welche der mittlern Wärme an der Oberfläche der Erde entsprechen. Denn würde bey dem Uebergang der Winterkälte zur Frühlingswärme eine sehr plötzliche und starke Ausdehnung des Wassers, und somit aller Säfte der

Pflanzen, in welchen das Wasser den größten Theil ausmacht, eintreten, so möchten die zarten Gefäße der feineren Pflanzengebilde schwerlich dieser Gewalt widerstehen.

## Zusammensetzung und Zerlegung des Wassers.

S. 148.

Lange hielt man das reine Wasser für eines der vier Haupt-Elemente, woraus alle andere Körper zusammengesetzt seyen, und es zweifelte fast Niemand an seiner Einfachheit, bis in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, nachdem man die verschiedenen Gasarten entdeckt hatte, Cavendish zuerst die Beobachtung machte, daß bey der Verbrennung der gemeinen entzündlichen Luft in verschlossenen trocknen Gefäßen, eine so große Menge von Wasserdunst sich erzeuge, welcher von dem in den Zwischenräumen der Luft enthaltenen Wasser nicht wohl abgeleitet werden könne. Dieß veranlassete Lavoisier und einige andere französische Chemiker, Versuche über die künstliche Erzeugung des Wassers durch das Verbrennen der Gasarten anzustellen. Man verbrannte bedeutende Mengen von entzündlicher Luft und Sauerstoffgas in gläsernen Gefäßen über Quecksilber, in welche man die beiden Gasarten aus zwei von einander gesonderten Behältern (Gasometern) durch einen gehörig moderirten Druck im Verhältnisse von 2 : 1 einströmen ließ. Durch stetes Abfühlen der Gefäße, worin das Verbrennen der Gasarten vor sich ging, erhielt man eine bedeutende Menge Wasser, dessen Gewicht dem Gewichte der verbrannten Gasarten entsprach. Man glaubte diese Erscheinung nicht befriedigender erklären zu können, als durch die Voraussetzung: das Wasser bestehe aus zwei

verschiednen Grundstoffen, wovon der eine die wägbare Grundlage des entzündlichen Gases, der andere des Sauerstoffgases ausmache. Den ersten Bestandtheil nannte man Wasserstoff (Hydrogène), der andere führte bereits den Namen des Sauerstoffs.

Die Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung des Wassers ist seit der Zeit durch eine Menge anderer Erfahrungen bestätigt worden, und bildet gegenwärtig eine der vorzüglichsten Grundlagen der Chemie. Seit der Entdeckung der voltaischen Säule und ihrer Kraft chemische Zersetzungen zu bewirken, stellt man den Versuch über die Zerlegung des Wassers am bequemsten so an, wie unten bey der Lehre von der Electricität gezeigt wird. Früher bewies Lavoisier die Zerlegung des Wassers durch folgenden Versuch. Er ließ Wasserdämpfe über Eisenfeile (Drath oder Nadel) streichen, die er in einem Flintenlauf, ober einer Porcellanröhre bis zum Glühen erhitzt hatte. Das Wasser zerlegte sich in der Glühhitze, gab entzündliches Gas (Wasserstoffgas) und führte zugleich das Eisen in den Zustand des Drydul's über. So wie man sich durch diese und ähnliche Versuche von der Zusammensetzung des Wassers überzeugt hatte, erkannte man auch bald, daß nicht bloß das Wasser als solches, sondern auch seine einzelnen Bestandtheile, vermöge ihrer chemischen Verwandtschaft zu andern Stoffen in die Verbindungen der Körper eingehen. Dieser Ansicht hat man vorzüglich die genauere Kenntniß der Zusammensetzungen der nähern Bestandtheile des Pflanzen- und Thierreichs zu danken. Hieraus erklärt es sich, warum das Wasser einen so wesentlichen Bestandtheil aller Nahrungsmittel, der Pflanzen und Thiere ausmacht. Sie zerlegen durch ihre Vegetations- und Assimilationskraft das Wasser, und eignen sich dessen Bestandtheile an.

Ich bediente mich bisher zur Anstellung des Versuch's über die Zusammensetzung des Wassers durchs Verbrennen der beiden Gase des einfachen Apparats, welchen Fig. 103 darstellt, A ist ein gläserner Ballon, mit abgeschliffenem Rand, der durch die Metallplatte. C D luftdicht verschlossen werden kann. An diese ist unten die Blaseröhre G H angeschraubt, oben der damit in Verbindung stehende Hahn F. Der Ballon A wird mit Sauerstoffgas, oder atmosphärischer Luft angefüllt. B ist eine mit Wasserstoffgas gefüllte Hindsblase, welche ebenfalls mit einem Hahn E versehen ist. Beide Hähnen verbindet man mit einer unter einem rechten Winkel gebogenen Glasröhre, durch etwas feucht gemachte dünne Blasen. Presset man durch Gewichte das entzündliche Gas, bey geöffnetem Hahnen zur Spitze H heraus, entzündet es, und taucht die Blaseröhre schnell in den Ballon A wie die Figur zeigt, so brennt der ausfahrende Gasstrom fort, und die kühl gehaltenen Wände des Ballons A beschlagen sich bald mit Wasserdunst, der zu Tropfen herabrinnt. Seit Döbereiners Entdeckung über die den Wasser- und Sauerstoff verdichtende Kraft der Platine, läßt sich dieser Versuch weit bequemer anstellen. Hiervon bey dem entzündlichen Gas.

## Kohle, Kohlenstoff.

S. 149.

Die Kohle ist zwar ein sehr verbreiteter Körper, wird uns aber von der Natur in seinem reinsten Zustande nur in dem härtesten aller Edelsteine, dem Diamanten, dargeboten, dessen brennbare Natur aus seiner starken das Licht brechenden Kraft schon von Newton geahndet, durch die Versuche zu Florenz im Jahre 1691 bestätigt, und durch die Versuche Lavoisiers im Jahre 1771 so wie durch die spätern neueren Naturforscher bestimmt als der reinste Kohlenstoff nachgewiesen worden ist. Der Diamant verbrennt in dem Sauerstoffgas unter dem Focus des Brennsiegels und giebt nichts als kohlensaures Gas. Die reinsten, dem

stärksten Glühfeuer ausgesetzte vegetabilische Kohle scheint immer etwas Wasserstoff, so wie das Reißbley (eine der reinsten Kohlen des Mineralreichs) Eisen zu enthalten. Die Natur bietet uns in den Flözgebirgslagen eine Menge Mineralkohlen, von der dichtesten Steinkohle, bis zur lockersten Braunkohle dar, die aber sämmtlich wohl aus dem organischen Naturreich ihren Ursprung entnommen haben, und nur mehr und weniger mit Mineralstoffen durchdrungen sind. Durch Austreibung aller flüchtigen Stoffe mittelst des Feuers erhält man aus allen organischen Körpern eine Kohle, aus den festern mehr, aus den weichern weniger. Die thierische Kohle wie z. B. die gebrannten Knochen (Beinschwarz) enthält phosphorsaure Kalkerde, die aus Blut und Faserstoff enthalten Kohlenstoff (Gayn), alle Holzkohlen mehr und weniger Wasserstoff, sie sind daher viel brennbarer d. i. leichter entzündbar als die thierischen und Mineralkohlen. Da die thierische sowohl als die vegetabilische Kohle nach dem Verbrennen beym Zutritt des Sauerstoffs Asche hinterläßt die aus Erde und Salzen besteht, welche vor dem Verbrennen in der nicht Kohle nachgewiesen werden können, so sind ihre brennbaren Grundlagen wahrscheinlich mit der Kohle vereinigt.

Die reine Kohle ist an sich höchst feuerbeständig, unerschmelzbar, (Hare's Beobachtungen, der die Kohle durch den starken elektrischen Funken seines Deflagrators geschmolzen haben will, verdienen weitere Prüfung) geruch- und geschmacklos, ob durchsichtig wie in dem Diamant, oder undurchsichtig wie in den übrigen Kohlenarten, scheint von dem Aggregatzustand herzurühren. Die Kohle ist nicht nur an sich unverweslich, sondern schützt auch die organischen Körper gegen die Verwesung, so wie

die Metalle gegen das Rosten. Sehr merkwürdig, und in Hinsicht der technischen Anwendungen wichtig, ist die starke Anziehungskraft, welche die Kohle gegen färbende und riechende flüchtige in dem Wasser und andern Flüssigkeiten aufgelösete Stoffe ausübt. Die thierische Kohle durchs Glühen von Blut mit kohlensaurem Kali erhalten, ist hierbey am wirksamsten, minder wirksam die in verschlossenen Gefäßen geglühten Mineralkohlen, am schwächsten die gemeinen Holzkohlen. Man bedienet sich dieser Eigenschaft der Kohle, um schlechtes Wasser trinkbar zu machen (in Schiffen bewahret man das Wasser in inwendig verkohlten Fässern auf), dem Weingeist, übelriechenden Oelen, Syrupen u. dergl. ihren Geruch und ihre Farbe zu benehmen. Wenn die Kohlen einmahl mit solchen flüchtigen Stoffen durchdrungen sind, so kann man ihre Wirkung durch wiederholtes Glühen nicht wieder erneuern.

Nicht weniger merkwürdig ist die anziehende und verdichtende Kraft, welche die Kohle auf mehrere Gase ausübt, wovon bey diesen noch weiter geredet werden soll.

Von der Einrichtung der Filtrirmaschinen zur Reinigung des Wassers und anderer Flüssigkeiten in den Vorlesungen.

## S c h w e f e l.

### §. 150.

Der Schwefel ist nicht minder als die Kohle sehr verbreitet. Vorzüglich häufig kommen die Verbindungen desselben mit den Metallen, besonders dem Eisen, Kupfer, Arsenik u. s. w. vor. Da diese Verbindungen besonders in den vulkanischen Gebirgen angetroffen werden, auch die Chemie uns gelehret hat, daß sowohl Verbindungen als Zerlegungen der Schwefelmetalle Feuererscheinungen, auch ohne



den Zutritt der Luft hervorbringen können, so haben mehrere Naturforscher den Grund des vulkanischen Feuers in dem häufigen Vorkommen des Schwefels im Innern der Erde gesucht. Sehr merkwürdig ist übrigens auch das beständige Vorhandenscyn des Schwefels in den aus der Luft herabfallenden Steinen (Aerolithen). Der Schwefel ist ein zu bekannter Körper, als daß er einer umständlichen Beschreibung bedürfte. Nur folgende Eigenschaften desselben wollen wir hier kurz erwähnen. Der Schwefel ist krystallisirbar in Octaedern, auch nach Mitscherlich in Prismen mit rhombischer Basis. Er schmilzt bey der Siedehitze des Wassers oder wenige Grade darüber, bey größerer Hitze wird er braun und entzündet sich dann leicht; in Wasser gegossen bildet der erhitzte Schwefel eine taigige Masse, die zu Abdrücken brauchbar ist. Bey einer Hitze von  $143^{\circ}$  C läßt er sich in verschlossenen Gefäßen überdestilliren, und schläget sich in Form eines gelben Pulvers nieder (Schwefelblumen). Der Schwefel tritt mit dem Sauerstoff in vier Verhältnisse 1 : 1, 2,  $2\frac{1}{2}$ , 3, zusammen, die sämtlich sauer sind, aber unmittelbar durch die Verbrennung erhält man nur eine Verbindung, die schweflichte Säure = 1 : 2. Der Schwefel kann mit fast allen einfachen Stoffen (den Stickstoff ausgenommen) in chemische Verbindung treten, darunter ist der Schwefelkohlenstoff die flüchtigste Flüssigkeit welche wir bis jetzt kennen. Der Schwefel ist löslich in den Alkalien den fetten Oehlen, dem Steindhl, dem Alkohol, Aether u. s. w.

### Phosphor.

S. 151.

Der Phosphor (Lichtträger) hat seinen Namen von

der Eigenschaft im Dunkeln zu leuchten erhalten. Er macht einen häufigen Bestandtheil des Thierreichs aus, kommt aber in allen drei Naturreichen vor. Brand und Kunckel stellten ihn zuerst aus dem Urin dar. Jetzt bereitet man ihn gewöhnlich aus der durch Schwefelsäure aus den Knochen abgeschiednen Phosphorsäure, die man mit Kohle vermischt bey einer hinlänglichen Hitze destilliret. Die Kohle entzieht der Säure ihren Sauerstoff, und der Phosphor verflüchtigt sich durch die Hitze und kann unter Wasser aufgefangen werden. Der Phosphor im reinen Zustande ist hellgelb, durchscheinend, nicht sauer, hat aber eine so starke Verwandtschaft zum Sauerstoff, daß er denselben bey der gewöhnlichen Temperatur leicht aus der Luft anzieht, und in phosphorigte Säure übergeht, dieß sind die im Dunkeln leuchtenden Dämpfe des Phosphors. Bringt man ein Stückchen Phosphor unter die Glocke der Luftpumpe und evacuirt schnell, so entzündet es sich zuweilen, welches befördert wird, wenn man den Phosphor mit etwas Harz oder Schwefel bestreuet. Man erkläret dieß aus der schnellen Verdunstung und Berührung der Dämpfe des Phosphors mit dem Sauerstoff im luftverdünnten Raum. In der Luft entzündet der Phosphor sich erst bey einer Temperatur von  $24 - 28^{\circ}$  R, verbrennt dann mit lebhaftem Glanz und verwandelt sich in Phosphorsäure. Von dieser Erscheinung wird unten bey dem Sauerstoff geredet. Der Phosphor tritt mit allen einfachen brennbaren Körpern in Verbindung, deren nähere Betrachtung für die Chemie gehöret.

## Von der atmosphärischen Luft in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung.

§. 152.

So wie die Entdeckung der künstlichen Gasarten auf die Zusammensetzung des Wassers führte, eben so lehrte sie uns die atmosphärische Luft in verschiedenartige Bestandtheile zerlegen. Auch diese wichtige Entdeckung verdanken wir Lavoisiers Scharfsinn. Man nehme einen 10 Zoll langen,  $\frac{1}{2}$  Zoll weiten, Glaszylinder, schmelze ihn an einem Ende zu, bringe in den untern Theil des Gefäßes ein wenig wohl abgetrockneten Phosphor (etwa  $\frac{1}{2}$  Gran), verschließe das obere Ende des Cylinders mit einem gut passenden Kork luftdicht, und erwärme das zugeschmolzene Ende des Cylinders bis sich der Phosphor entzündet. Es bilden sich während des Verbrennens des Phosphors weiße Dämpfe (Phosphorsäure), die sich an der Wand des Gefäßes niederschlagen. Oeffnet man, nachdem alles wieder zur Temperatur der umgebenden Luft gekommen ist, den Kork unter Wasser, so wird das Wasser des Gefäßes in den innern Raum des Cylinders treten. Man trage Sorge, die Oberfläche des Wassers im Cylinder durch Einsenkung des letztern mit der Oberfläche des Wassers im Gefäß in gleicher Höhe zu erhalten, und messe den Raum der zurückgebliebenen Luft; er wird  $\frac{4}{5}$  des ursprünglichen Raums betragen. Es muß also  $\frac{1}{5}$  der atmosphärischen Luft während des Verbrennens des Phosphors zur Bildung der Phosphorsäure verwendet worden seyn. Dieß ist der Antheil von Sauerstoff, welchen die atmosphärische Luft enthält. Bringt man den Rückstand der Luft, nachdem man ihn durch Auswaschen mit Wasser von den beygemengten phosphorsauren und unverbrannten phosphorigen Thei-



len gehörig gereinigt hat, in ein anderes Glasgefäß unter Wasser, um das Zutreten der atmosphärischen Luft zu verhüten; so wird dieser Rückstand so klar und durchsichtig, geruch- und geschmacklos wie die atmosphärische Luft erscheinen. Bringt man in denselben einen entzündeten Schwefelspahn, oder irgend einen andern brennenden Körper, so verlöscht er augenblicklich. Eben so würde ein warmblütiges Thier in diese Luft gebracht augenblicklich ersticken. Man hat daher diesem Antheil der atmosphärischen Luft den Namen Stickgas (azote) beygelegt. Bis jetzt müssen wir diesen Stoff für ein chemisches Element halten, obgleich von Zeit zu Zeit manche Naturforscher seine Einfachheit aus theoretischen Gründen bezweifelt haben.

### §. 153.

Der Stickstoff und Sauerstoff sind nicht die einzigen Bestandtheile der Atmosphäre, welche wir bestimmt nachzuweisen im Stande sind. Es gehören hierher auch das kohlensaure Gas und der Wasserdampf.

Man setze eine Auflösung von ägendem Kalk in Wasser (Kalkwasser) in einer flachen Schale der Einwirkung der Luft aus; es wird sich durch Anziehung der Kohlensäure aus der Luft an der Oberfläche der Flüssigkeit ein weißes erdiges Häutchen bilden (kohlensaurer Kalk), welches nach und nach immer dicker und endlich so schwer wird, daß es zu Boden sinkt, und der Bildung eines neuen Häutchens Gelegenheit bietet. So schläget sich nach und nach aller Kalk als ein kohlensaures Salz nieder.

Schüttelt man die genannte Auflösung in etwas geräumigen gläsernen Flaschen, die man luftdicht verschließen kann, mit atmosphärischer Luft, und wartet bis sich alle Kohlensäure aus der nicht erneuerten Luft niedergeschlagen

hat, so läßt sich aus der Menge des Niederschlags auf den Gehalt an Kohlensäure in der Atmosphäre schließen.

Saussure fand den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure nach den Jahreszeiten veränderlich, im Winter geringer

$= \frac{4,79}{10000}$  im Sommer größer  $= \frac{7,13}{10000}$ . Andere Na-

turforscher fanden die Menge der Kohlensäure in der Luft auch nach den Orten veränderlich, über dem Meere geringer als über dem Festlande.

Um sich von der Gegenwart der Wasserdämpfe in der atmosphärischen Luft zu überzeugen, bringe man die Luft in eingeschlossenen gläsernen Gefäßen mit austrocknenden Salzen in Berührung. Am besten dienet dazu frisch ausgeglühter salzsaurer Kalk, weil derselbe nur auf die Feuchtigkeit nicht auf die Kohlensäure anziehend wirkt. Die Gewichtszunahme des austrocknenden Salzes giebt die Menge der in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe an. Diese ist nach der Temperatur und nach dem Grade der Sättigung sehr veränderlich. Bey  $+ 20^{\circ}$  R würde ein pariser Cubikfuß Luft, wenn er ganz mit Feuchtigkeit gesättiget wäre, unter einem Druck von 28 Zoll Barometerstand, dem Raum nach nahe  $\frac{1}{33}$ , und dem Gewicht nach nahe  $\frac{1}{55}$  an Feuchtigkeit enthalten. Wäre dagegen die Temperatur die Eiskälte, so würde unter übrigens gleichen Umständen die Menge der Wasserdämpfe nur  $\frac{1}{5}$  der vorhergehenden betragen. Die Werkzeuge, deren man sich bedienet, um die Menge der Feuchtigkeit in der Atmosphäre zu bestimmen, heißen Hygrometer. Hiervon bey der Lehre von den Dünsten in dem Abschnitt von der Wärme.

Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdunst und Kohlensäure sind die ständigen chemisch nachgewiesenen Bestandtheile unserer Atmosphäre. Ob die einzigen? Letzteres ist kaum wahrscheinlich,



wenn man bedenkt, daß fast alle Körper, feste sowohl als flüssige, auf der Oberfläche der Erde ausdunstungsfähig sind, und daß die Atmosphäre der Sammelplatz aller dieser Ausdünstungen ist. Ferner, wenn man die mancherlei Meteore ins Auge faßt, die wenigstens größtentheils innerhalb unsrer Atmosphäre vorgehen, und welche bey weitem nicht genau erforschet sind. Wir erinnern hierbey nicht blos an die Aerolithen und die merkwürdigen Hagelfälle mit metallischem Kern, sondern auch, an die trocknen Nebel, Höhenrauch genannt, an den schon oben erwähnten Gehalt der Regenwasser, den fadenartigen Niederschlag des fliegenden Sommers, an die elektrisch magnetischen Nordlichter, deren dunstartige leuchtende Substanz, nach den Beobachtungen von Parry, Richardson und Hood oft noch unterhalb der gewöhnlichen Wolkenregion sich bildet.

#### S. 154.

Man kann fragen, sind die einzelnen Bestandtheile der Atmosphäre blos mechanisch, oder chemisch mit einander verbunden? Nach unsrer gegenwärtigen Kenntniß müssen wir uns für die erste Meinung entscheiden, und zwar aus folgenden Gründen. Erstens können wir durch eine mechanische Mengung der einzelnen Stoffe, woraus die atmosphärische Luft besteht, einen dieser in seinen Eigenschaften ähnlichen Körper hervorbringen. Zweytens sind die Eigenschaften der einzelnen Bestandtheile der atmosphärischen Luft in ihrer Verbindung deutlich zu erkennen, und verändern sich nicht wenn man den einen oder andern Bestandtheil ganz oder theilweise fortschaffet. Z. B. eine völlig trockne Luft unterscheidet sich von der feuchten Luft durch den Mangel an Wasserdunst; eine ihres Sauerstoffes zum Theil beraubte atmosphärische Luft zeigt zwar diesen Mangel an, aber ihre übrigen Bestandtheile werden in ihren Eigenschaften nicht verändert. Dieß stimmt aber nicht mit unsern Erfahrungen von chemischen Verbindungen überein, denn selbst bey den einfachen Lösungen

von einem Salz im Wasser geht wenigstens eine Raumsveränderung der gemischten Stoffe vor. Von der Art, wie nach Dalton's Vorstellung die verschiedenen gasartigen Flüssigkeiten in unsrer Atmosphäre gemengt seyen, ist S. 99 geredet worden. Auch haben wir bereits erwähnt, daß man sich die Gasarten nicht als stetige, sondern als durch den Wärmestoff strahlende Flüssigkeiten denken müsse, wodurch die leichte Vermischbarkeit verschiedner Gasarten von ungleichem specifischen Gewicht am besten begreiflich wird.

### Nähere Betrachtung einiger künstlichen Gasarten.

#### §. 155.

Die chemische Zusammensetzung der atmosphärischen Luft führt uns auf die Lehre von den sogenannten künstlichen Gasarten; deren die neuere Chemie bereits eine Menge entdeckt hat, und deren Zahl sich mit unserer fortschreitenden Kenntniß von den Körpern stets vermehret. Wir werden uns hier auf die nähere Betrachtung derjenigen Gasarten einschränken müssen, welche wegen ihrer allgemeinern Verbreitung bey den Erscheinungen der Natur vorzüglich berücksichtigt zu werden verdienen.

#### §. 156.

Man kann die Gase in Hinsicht ihrer verschiedenen Eigenschaften auf verschiedne Weise eintheilen: in entzündliche und nicht entzündliche Gase, in Gase welche mit dem Wasser mischbar sind, und solche die es nicht, oder nur in geringer Menge und unter einem starken Druck sind, in einathembare und nicht einathembare oder mephitische Gasarten.

Unter den entzündlichen Gasen versteht man solche, welche sich durch die Berührung eines brennenden oder bis zum Glühen erhitzten Körpers entzünden lassen, und unter dem Zutritt der Luft mit Flamme verbrennen. Das Wasserstoffgas, oder die gemeine entzündliche Luft, geböret vorzüglich hierher, auch ist der Wasserstoff ein Bestandtheil der meisten entzündlichen Gasarten. Unter die mit dem Wasser mischbaren Gase gehören die sauren und alkalischen Gasarten, unter die einathembaren die atmosphärische Luft und das Sauerstoffgas.

Wir machen mit der Betrachtung derjenigen Gasarten den Anfang, welche wir schon als Bestandtheile der Atmosphäre haben kennen gelernt.

### Das Sauerstoffgas.

#### §. 157.

Dieses als Bestandtheil unserer Atmosphäre vorkommende Gas reiner darzustellen, bringe man fein pulverisirtes graues Braunsteinerz (Mangan-Superoxyd) in eine Retorte von Eisen, oder Glas (letztere wohl mit Thon bekleidet), fütte an die Oeffnung der Retorte eine doppelt gekrümmte Röhre, deren Ende zu einer mit Wasser gefüllten, und in einem weitem Gefäß voll Wasser umgestülpten Flasche führt, siehe Fig. 104. Erhitzt man die Retorte in einem Windofen bis zum lebhaften Glühen, so geht eine große Menge von Gas über, welches nicht mit dem Wasser mischbar ist, und auf die beschriebene Weise in gläsernen Flaschen aufgefangen werden kann.

Eine andere über den Reductionsproceß der Metalle Belehrung gebende Art das Sauerstoffgas darzustellen, ist folgende:



Man nehme eine kleine Retorte von dünnem Glas (am besten vor der Lampe geblasen), an welcher außer der zur Auffangflasche führenden gekrümmten Röhre sich noch eine zweite mit einem Stöpsel zu verschliessende Oeffnung a Fig. 105 befindet. Durch diese Oeffnung bringt man rothes Quecksilberoxyd (rothen Präcipitat) in die kleine Retorte, und erhitzt dieselbe über einem Kohlenbecken nach und nach bis zum Rothglühen. Das rothe Quecksilberoxyd färbt sich dunkel, dann metallisch glänzend; es gehen Quecksilberdämpfe in die gekrümmte Röhre, verdichten sich und sammeln sich als laufendes Quecksilber unter dem Wasser der Wanne, indessen Sauerstoffgas in die Auffangflasche entweicht. Da bey diesem Versuch kein anderer Körper im Spiel ist, so geht daraus klar hervor, wie durch Austreibung des Sauerstoffes als Gas mit Hülfe der Wärme das Quecksilberoxyd in metallisches Quecksilber verwandelt wird. Daß bey dem zuerst beschriebenen Versuch kein metallisches Mangan zum Vorschein kommt, rühret von der starken Anziehung dieses Metalles gegen den Sauerstoff her, welche nur einem Theil desselben gestattet, durch die Hitze als Gas zu entweichen. Auf ähnliche Weise wie aus dem Braunstein und Quecksilberoxyd erhält man auch aus den Oxyden anderer Metalle, besonders wenn sie vorher mit Schwefel oder Salpetersäure befeuchtet worden sind, durchs Glühen Sauerstoffgas; desgleichen aus den salpetersauren Salzen, und dem oxydirt salzsauren Kali (chlorsauren Kali) und zwar aus dem letztern sehr rein, durch Erhitzung dieses Salzes in gläsernen Retorten. Bey den salpetersauren Salzen wird durch diese Proceße die Salpetersäure in ihre Bestandtheile zerlegt, und entweicht als Sauerstoff und Stickgas, daher man beide besonders gegen das Ende des Proceßes mit einander gemengt erhält.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des Sauerstoffgases, dessen spec. Gewicht

1,10359 nach Biot

1,10562 nach Saussüre ist, sind folgende:

1) Es ist zur Unterhaltung aller Verbrennungsprocesse weit tauglicher als die atmosphärische Luft. Man bringe einen glühenden Holzspahn, oder einen eben ausgeblasenen noch glühenden Docht einer Kerze in Sauerstoffgas; sie werden sich von selbst zur Flamme entzünden. Eine entzündete Wachskerze brennt in dem Sauerstoffgas mit einem prasselnden lebhaft glänzenden Licht, und verzehret sich viel schneller als in der atmosphärischen Luft. Schwefel brennt darin mit einer röthlichen, Phosphor mit einer blendend weißen Flamme, deren Glanz das Auge kaum ertragen kann. Befestiget man an einer stählernen Uhrfeder etwas Zunderschwamm, entzündet denselben und bringt die Vorrichtung in eine etwas hohe (nicht zu enge) Glasflasche, die man vorher mit Sauerstoffgas gefüllt hat, so wird sich der Zunder zur Flamme entzünden, und den untern Theil der Uhrfeder zum Glühen bringen, welche dann fortbrennt und sich unter Funkensprühen selbst verzehret, indem sie theils als geschmolzenes glühendes Metall herabfällt, theils durch Anziehung des Sauerstoffs in Eisenoxyd verwandelt wird, das nach dem Versuch als ein gelbrother Rauch die Flasche erfüllt und sich allmählig niederschläget.

2) Der Proceß des Athemholens eines warmblütigen Thieres dauert in einem eingeschlossenen Raume voll Sauerstoffgas ungefähr 4 bis 5 mahl so lange, als in einer gleichen Menge von atmosphärischer Luft. Untersucht man den Rückstand der atmosphärischen Luft, worin ein Thier

gestorben ist, so findet man einen Theil des Sauerstoffs verschwunden, und dagegen kohlenfaures Gas und Wasserdunst nebst einer überwiegenden Menge von Stickgas. Bringt man in einen solchen Rückstand von Luft ein anderes warmblütiges Thier, so giebt es fast augenblicklich seinen Geist auf. Setzt man aber jenem Rückstand den verlorenen Antheil von Sauerstoff wieder zu, so kann dann der Athmungsproceß aufs Neue Statt finden. Bringt man ein scheinotodes in einem mephitischen Gas ersticktes Thier schnell genug in Sauerstoffgas, oder bläset man ihm durch eine künstliche Vorrichtung Sauerstoffgas in die Lunge, so kann dadurch das Athemholen und mit ihm der Lebensproceß wieder angefaßt werden. Man hat daher nicht mit Unrecht dem Sauerstoffgas den Namen Lebensluft beygelegt, da es derjenige Bestandtheil der Atmosphäre ist, ohne welchen das thierische Leben nicht bestehen könnte. Indessen muß man doch mit Recht bezweifeln, ob wir uns besser befänden, wenn wir eine reine Sauerstoffgasatmosphäre einathmeten. Wahrscheinlich würde sich dann das Leben so viel schneller verzehren wie die brennende Kerze in dem reinen Sauerstoffgas.

Ueber die Functionen des Athemholens, und die damit verknüpften Prozesse des thierischen Lebens sind die Meinungen der Naturforscher noch getheilet. Nach der Meinung von Crawford, Lavoisier und Seguin wird der mit der atmosphärischen Luft eingeathmete Sauerstoff zum Theil von dem Blute aufgenommen, welches dagegen einen Theil seines Kohlen- und Wasserstoffs fahren läßt, der sich mit einem andern Antheil Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasserdunst umbilde, welche zugleich mit dem Stickgas wieder ausgehaucht werde. Die bey diesem Proceß zugleich frei werdende Wärme erhitze das Blut und werde durch die Circulation in dem ganzen Körper vertheilet. Nach Humphry Davy athmet der Mensch in einer Minute 161 Cubikzelle Luft ein und 152 Cubikzelle aus. Die abserbirten 9 Cubikzelle sind theils Sauerstoff, theils Stickgas, die

Menge der gebildeten Kohlensäure beträgt 15,8 Cubitzoll. Dagegen wird nach Allen und Pepys eben so viel Luft ein- als ausgeathmet, kein Stickgas absorbirt, und die Menge der gebildeten Kohlensäure beträgt 8 — 8½ Procent. Den Widerspruch, daß man bald eine Absorption von Stickgas, bald keine beobachtet hat, will Edwards aus der Fähigkeit des Bluts Stickgas zu verschlucken und auszuhauchen erklären, die sich nach den Umständen verändere. Nach den neuesten Versuchen von Dülong verschwindet bey dem Athmen mehr Sauerstoff als zur Bildung der ausgeathmeten Kohlensäure verwendet wird, und zwar beträgt dieser Verlust an Sauerstoff bey den grasfressenden Thieren  $\frac{1}{10}$  bey den fleischfressenden  $\frac{1}{5}$  —  $\frac{1}{2}$  von der ganzen Menge des eingeathmeten Sauerstoffes. Die Menge der durch den Athmungsproceß erzeugten Wärme schätzt Dülong auf 0,8 von der in gleicher Zeit aus dem thierischen Körper verloren gehenden Wärme. Es muß also noch eine andere Quelle der thierischen Wärme, ausser dem Athmungsproceße, vorhanden seyn.

---

### §. 159.

Man bringe in eine gläserne Flasche mit etwas langem Hals, welchen man luftdicht verschließen kann, Sauerstoffgas und zugleich ein Amalgama aus Zinn und Quecksilber, und verschliesse dann die Oeffnung der Flasche. Erwärmt man darauf das Amalgam über einem Kohlenfeuer unter Umschütteln, so verwandelt sich dasselbe bald in einen dunkelgrauen Staub (ein Gemenge aus Quecksilber, und Zinnoryd). Oeffnet man, nachdem die Temperatur wieder auf die der umgebenden Körper zurückgekommen ist, die Flasche unter Wasser, so tritt dasselbe in die Flasche, und nimmt den Raum des durch die Oxydation der Metalle verschwundenen Sauerstoffgases ein. Die Gewichtsvermehrung der oxydirten Metalle stimmt mit dem Gewicht des verschwundenen Sauerstoffgases überein. Durch solche Versuche hat man sich überzeuget, daß die sogenannte

Verfälschung oder Verbrennung der Metalle nichts anders als ein Drydationsproceß ist, wobey der Sauerstoff in der Regel aus der Atmosphäre genommen wird. Die Anziehung der Metalle gegen den Sauerstoff ist von sehr verschiedenem Grade. Manche Metalle, wie Platina, Gold und Silber haben eine so geringe Verwandtschaft gegen den Sauerstoff, daß sie auf trockenem Wege selbst in der Glühhitze nicht oxydirt werden, sondern nur auf dem nassen Wege durch die Auflösung in Säure. Mit den eben genannten edlen Metallen bilden die von Davy entdeckten Metalloiden der Alkalien den schärfsten Gegensatz. Sie besitzen eine so starke Anziehungskraft gegen den Sauerstoff, daß sie denselben der Atmosphäre und dem Wasser bey jeder Temperatur entziehen, und unter Verbrennung wieder in den Zustand der alkalischen Dryde zurückkehren. Zwischen diese äußersten Glieder der Reihe der Metalle ordnen sich alle übrigen nach ihrer verschiedenen Verwandtschaft zum Sauerstoff hinein. An die Reihe der edeln Metalle schliessen sich zunächst das Quecksilber und Kupfer an, an die verbrennlichen Metalloiden der Zink und das Eisen.

#### §. 160.

Ausser den Metallen zeichnen sich vorzüglich mehrere brennbare Körper durch ihre starke Anziehung zum Sauerstoff aus, so daß sie denselben schon bey der gewöhnlichen Temperatur der Luft zu entziehen vermögen. Hierher gehören namentlich der Phosphor, dessen im Dunkeln leuchtende Dämpfe sich durch Anziehung des Sauerstoffs der Atmosphäre in phosphorige Säure verwandeln, sodann der aus Alaun und Kohle bereitete Pyrophor, welcher sich von selbst an der feuchten Luft entzündet, die Schwefelalkalien, das Salpetergas und selbst der Wasserstoff mit Hülfe des Platinaschwammes

nach Löbbergers Entdeckung. Da, wie wir gesehen haben, es der Gehalt an Sauerstoff ist, welcher die atmosphärische Luft für Menschen und Thiere einathmungsfähig macht, so hat man alle Körper, welche die Menge des Sauerstoffs in der Atmosphäre oder einem andern Gas zu erkennen geben, eudiometrische Körper (Luftgüteprüfungsmittel) genannt. Man bedient sich gewöhnlich hierzu, außer dem Phosphor und den Schwefelalkalien, des Salpetergases und des Wasserstoffgases, und es soll bey diesen Gasen von den besondern Vorrichtungen hierzu, den Eudiometern, geredet werden. —

Nach Humboldt's und Schübler's Beobachtungen besitzen viele auf der Erde verbreitete Körper, besonders die mit Kohlenstoff und vegetabilischem und thierischem Dünger angeschwängerte Dammerde (der Humus) die Kraft den Sauerstoff aus der Atmosphäre an sich zu ziehen. Da nun nach Saussüre vorzüglich der Sauerstoff es ist, welcher das Keimen der Pflanzen befördert, und somit die Vegetation einleitet, so erklärt sich hieraus der Nutzen der Brache, so wie des Herumpflügens der Ackererde vor Winter.

Es ist äußerst merkwürdig, daß trotz der unzähligen Oxydationsproceße, welche täglich über der ganzen Oberfläche der Erde vor sich gehen, doch das Verhältniß des Sauerstoffs zum Stickstoff in der Atmosphäre nach den bis jetzt angestellten eudiometrischen Prüfungen überall und unveränderlich dasselbe gefunden wird. Man hatte nach der Entdeckung Priestley's, daß grünende Pflanzen dem Sonnenlicht ausgesetzt Sauerstoffgas aushauchen, die Erhaltung und Herstellung des Gleichgewichts in der Atmosphäre, dem über der Oberfläche der Erde verbreiteten Vegetationsproceß zugeschrieben. Da indessen spätere Beobachtungen gelehrt haben, daß viele Pflanzen bey Tage, und fast alle zur Nachtzeit Stickgas aushauchen und Sauerstoff verschlucken, so ist dadurch jene Behauptung wieder zweifelhaft geworden. Wollte man aber auch zugeben, daß die Ausscheidung des Sauerstoffes durch das Pflanzenleben die Einsaugung desselben überwiege, und dadurch das Gleichgewicht erhalten werde, so bleibt doch immer unerklärlich, warum unsere besten eudiometrischen Untersuchungen ein so unverän-

berliches Mischungsverhältniß der Luft zeigen, man mag diese Untersuchung mitten über grünen von der Sonne beschienenen Auen, oder in eingeschlossenen Wohnzimmern, mitten im Winter oder im Sommer, in den tiefsten Thälern oder den größten Höhen zu welchen man sich erhoben hat anstellen. Bestehen wir also, daß die Lösung dieser Aufgabe künftigen Zeiten vorbehalten bleibt.

## Stickgas (Gasförmiger Stickstoff).

### §. 161.

Wir wissen bereits, daß das Stickgas aus der atmosphärischen Luft durch Entziehung ihres Sauerstoffs ausgeschieden werden könne. Die Drydation der Metalle giebt nach Berzelius ein vorzüglich reines Stickgas, wenn man ein flüssiges Bleyamalgama in einer wohlverschlossenen mit Luft gefüllten Flasche ein paar Stunden lang schüttelt. Sonst kann man auch das Stickgas erhalten, wenn man Salpetersäure über thierischen Theilen, vorzüglich Muskeleis, mäßig erhitzt oder Chlorgas durch eine verdünnte Auflösung von äzendem Ammoniak streichen läßt, wobey sich Salmiak bildet und Stickstoff durch Zersetzung des Ammoniaks ausscheidet. Das Stickgas kann unter Wasser aufgefangen werden, weil es wie das Sauerstoffgas und die atmosphärische Luft, wenig mit dem Wasser mischbar ist.

Die Eigenschaften des Stickgases sind in Vergleichung gegen den Sauerstoff fast alle negativer Art. Es ist untauglich zur Unterhaltung der Verbrennungs-, Drydations- und Athmungsprocesse, geruch- und geschmacklos, weder sauer noch alkalisch. Der Stickstoff macht einen Hauptbestandtheil des Thierreichs, und derjenigen Pflanzenstoffe aus, die man scharfe nennt, wie Rettig, Zwiebeln u. dergl.

Der Stickstoff hat in den niedrigen Temperaturen keine bedeutende Verwandtschaft zu dem Sauerstoff. Mischt man aber 1 Theil atmosphärische Luft mit 4 Theilen Sauerstoffgas, und läßt durch das Gemenge vielmahl hintereinander elektrische Funken schlagen, so verbrennt bey jedem Funken ein Atom Stickstoff mit einigen Atomen Sauerstoff und bildet Salpetersäure. Auch entsteht diese Säure durch die Verbrennung des Wasserstoffgases mit atmosphärischer Luft, oder stickstoffhaltigem Sauerstoffgas. Mit dem Wasserstoff bildet der Stickstoff das Ammoniak, mit dem Kohlenstoff Cyan, mit Kohlen- und Wasserstoff die Blausäure, eine der heftigsten Gifte. Auch hat uns Liebig mit einer in den fulminirenden metallischen Salzen stekenden Säure bekannt gemacht, die nach ihm und Gay Lussac aus Cyan und Sauerstoff, also aus Stick-, Kohlen- und Sauerstoff besteht. Sodann kann auch der Stickstoff mit dem Sauerstoff in mehreren Verhältnissen zu einigen gasförmigen Dryden, von denen bald die Rede seyn wird, zusammentreten.

Bringt man in Stickgas etwas Phosphor, so leuchtet derselbe im Dunkeln, und verwandelt sich in phosphorige Säure. Daraus folgerte Götting, daß das Stickgas Sauerstoff als Bestandtheil enthalte. Später will man gefunden haben, daß dem auf die gewöhnliche Weise bereiteten Stickgase immer etwas Sauerstoff beygemengt sey, und daß das Leuchten des Phosphors im Stickgas aufhöret, wenn jener Antheil von Sauerstoff verzehret ist. Immer aber bleibt es merkwürdig, daß der Phosphor in reinem Sauerstoffgas bey der gewöhnlichen Temperatur nicht leuchtet, sondern nur bey einer höhern Temperatur, wobey er leicht verbrennt. Sollte der Stickstoff ein Dryd seyn, und was ist denn seine unbekante Grundlage?



## Salpetergas (Stickstoffoxyd).

§. 162.

Man gieße gemeines Scheidewasser oder mit 3 Theilen Wasser verdünnte Salpetersäure, über Kupferfeile in einer kleinen gläsernen Flasche, welche mit einer doppelt gekrümmten Röhre zu dem gewöhnliche Gas auffangsapparat führet, und gebe mäßige Wärme. Es entsteht ein lebhaftes Aufbrausen, und das übergehende Gas kann, weil es nicht sehr mit dem Wasser mischbar ist, unter Wasser aufgefangen werden. Dieß ist das von Priestley entdeckte Salpetergas. Es ist in dem reinen Zustande völlig durchsichtig, geruch- und geschmacklos, und besitzt die merkwürdige Eigenschaft, der atmosphärischen Luft auch in ganz niedrigen Temperaturen ihren Sauerstoff zu entziehen, und damit unter Erwärmung orangefarbige salpetrisaure Dämpfe zu bilden, die mit dem Wasser mischbar sind, und indem sie sich zu flüssiger Säure verdichten eine bedeutende Raumbverminderung in den gemischten Gasarten erzeugen. Eben diese Erscheinung findet Statt, wenn man das Salpetergas mit irgend einem andern Gas, das freien Sauerstoff enthält, zusammenbringt, und im stärksten Grade, wenn man es mit Sauerstoffgas selbst verbindet. Dagegen findet die Erscheinung nicht Statt, wenn man das Salpetergas, mit Stickgas, mit entzündlichem Gas, mit kohlensauren Gas und mehreren andern mephitischen Gasarten vermengt.

Hierauf gründete Priestley sein Salpetergas-Eudiometer. Die Bildung des Salpetergases bey dem vorbeschriebenen Prozesse erklärt sich aus der Zerlegung der Salpetersäure durch die Anziehung des Metalles gegen den Sauerstoff derselben, wodurch ein Theil der Säure des

oxydirt als Salpetergas entweicht, indessen das oxydirte Metall sich in dem übrigen Theil der Säure auflöst.

Die Salpetersäure ist eine von denjenigen Säuren, welche ihren Sauerstoff am wenigsten festhält, daher kann sie durch fast alle brennbare Körper leicht zerlegt werden.

Das Salpetergas wird durch den elektrischen Funken in Stickgas und Salpetersäure zerlegt. Auch giebt es in Verbindung mit brennbaren Körpern in den höhern Temperaturen Stickgas. Uebrigens gehöret es zu den mephitischen Gasarten, und ist, mit wenigen Ausnahmen, nicht geschickt, die Verbrennungsprocesse zu unterhalten. Von der Auflösung des grünen Eisenvitriols wird das Salpetergas, indem es die Flüssigkeit fast schwarz färbt, verschluckt; welche Eigenschaften dem Stickgas und Stickstoffoxydul nicht zukommen. Daher hat man die Eisenvitriolauflösung als ein Mittel die Reinheit des Salpetergases zu prüfen vorgeschlagen.

### Drydirtes Stickgas (Stickstoffoxydul).

#### §. 163.

Es giebt noch eine niedrigere Drydationsstufe des Stickstoffs als die in dem Salpetergas, welcher man den Namen oxydirtes Stickgas, besser (nach Berzelius) Stickstoffoxydul gegeben hat. Man erhält dieses Gas, wenn man Salpetergas über einer Mischung von Schwefel, Eisenfeile und Wasser, oder auch nur über angefeuchtete Eisenfeile eine Zeitlang stehen lässet. Indem das Eisen durch Anziehung von Sauerstoff rostet, verwandelt sich das Salpetergas mit Verminderung von  $\frac{1}{3}$  seines Raumes in gasförmiges Stickstoffoxydul. Man erhält dieses Gas unmittelbar, wenn man reines von Salzsäure freies salpeter-

saures Ammoniak in einer gläsernen Retorte erhitzt. Hierbei zerlegt sich das Salz auf doppelte Weise, der Wasserstoff des Ammoniaks tritt mit einem Antheil Sauerstoff der Salpetersäure zum Wasser, und das Salpetergas mit dem Stickstoff zu Stickstofforydul zusammen. Es ist merkwürdig, daß dieses Gas, ob es gleich weniger Sauerstoff als das Salpetergas enthält, doch seinen Sauerstoff leichter fahren läßt als dieses, und daher manche Verbrennungsproceße gleich dem Sauerstoff unterhält. So brennt ein entzündeter Schwefelspahn in dem Stickstofforydul mit röthlicher Flamme, Schwefel und Eisen brennen darinn wie in dem Sauerstoffgas. Eingeathmet erregt dieses Gas anfänglich angenehme wollüstige Empfindungen, zuletzt aber Schwindel und Betäubung.

Die verschiedenen Verhältnisse, nach welchen der Stickstoff mit dem Sauerstoff zusammentreten kann, giebt Berzelius wie folgt an.

|                            |       |            |     |            |
|----------------------------|-------|------------|-----|------------|
| Stickstofforydul           | = 100 | Stickstoff | 50  | Sauerstoff |
| Stickstofforyd Salpetergas | = 100 | —          | 100 | —          |
| Salpetrige Säure           | = 100 | —          | 150 | —          |
| Salpetersäure              | = 100 | —          | 250 | —          |

dem Raume nach.

### Salpetergas Eudiometer.

#### §. 167.

Man nehme eine cylindrische Glasröhre von  $\frac{1}{2}$  — 1 Zoll Weite, schmelze davon ein 10 — 12 Zoll langes, und ein 2 Zoll langes Stück oben zu. Das kürzere Stück heißet das Maasß, man versieht es der Bequemlichkeit wegen unten mit einer metallenen Fassung, die sich durch einen Schieber luftdicht abschließen läßt. In die längere



Röhre fülle man nach und nach so viel Maaße voll Wasser als sie fasset, und theile die Länge jedes einzelnen Maaßes entweder auf dem Glase selbst, oder einer aussen angebrachten messingnen Scale in 100 gleiche Theile. Ist das Instrument so zugerichtet, so füllet man beide Röhren mit Wasser, und läset mit Hülfe des Maaßes zuerst einen Theil = 100 atmosphärische Luft und darauf 1 Theil = 100 Salpetergas in die eingetheilte Röhre treten. Es entstehen rothe Dämpfe und Raumbverminderung, wenn diese vorüber ist, misset man die Menge des zurückgebliebenen Gases, und schliesset daraus auf die Größe der Raumbverminderung, und aus dieser auf die Menge des verschluckten Sauerstoffs. Hier kommt es darauf an, ob sich vollkommene oder unvollkommene Salpetersäure gebildet hat. Im ersten Fall beträgt nach Gay Lussac der Sauerstoff die Hälfte des verschwundenen Salpetergases oder  $\frac{1}{2}$  der ganzen Raumbverminderung, im andern  $\frac{1}{4}$  derselben. Bilden sich beide Säuren zugleich, so fället das Verhältniß veränderlich aus. Dieß bringt Unsicherheit in die Bestimmungen des Salpeter-Eudiometers. Nach meinen Erfahrungen gilt das erste Verhältniß, wenn man gleiche Theile Salpetergas und atmosphärische Luft in einer einen Zoll weiten Röhren vermischt und nur wenig schüttelt.

### Kohlensaures Gas. Kohlensäure (Luftsäure).

#### §. 165.

Wir haben die Kohlensäure als Bestandtheil der Atmosphäre kennen gelernt. Sie kann künstlicher Weise aus ihren Bestandtheilen zusammen gesetzt werden, durch Verbrennung des reinen Kohlenstoffs (Diamant's) in Sauer-

Stoffgas. Das Verhältniß der Mischung ist 72,89 Sauerstoff gegen 27,11 Kohlenstoff nach Sauerstoff, womit auch das aus dem specifischen Gewichte der beiden Gasen abgeleitete Verhältniß übereinstimmt. Die gut ausgeglühte Holzkohle enthält immer einen Rückstand von Wasserstoff, daher sie bey dem Verbrennen neben der Kohlensäure zugleich Wasserdämpfe bildet. Ausgeschieden wird die Kohlensäure als Gas, aus allen kohlensauren Mittelsalzen durch die stärkern Mineral- und Pflanzensäuren. Daher das Aufbrausen, wenn man jene Körper mit Säuren behandelt. Gewöhnlich bedient man sich zur Ausschcheidung und Darstellung des kohlensauren Gases der zerstoßenen Kreide, oder des fein pulverisirten Marmors und der mit 4 — 5 Theilen Wasser verdünnten Schwefelsäure.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des kohlensauren Gases sind folgende:

Es ist  $1\frac{1}{2}$  mahl so schwer als die atmosphärische Luft; es ist leicht mit dem Wasser mischbar, und theilet dem Wasser einen angenehmen erfrischenden sauren Geschmack, so wie überhaupt die Eigenschaft einer schwachen Säure mit. Bey einem mittlern Barometer- und Thermometerstand nimmt das Wasser ein gleiches Volumen kohlensaures Gas auf. Unter einem stärkern Druck und bey einer niedrigeren Temperatur dagegen eine der Verdichtung des Gases entsprechende größere Menge. Hierauf gründete man die künstliche Bereitung der Mineralwasser. Beym Sieden und überhaupt in den höhern Temperaturen so wie durch das Gefrieren, entweicht die Kohlensäure wieder als Gas aus dem Wasser.

Das kohlensaure Gas wird sehr schnell von den kaulischen Alkalien eingesogen und macht sie milde. Die Schwereerde, und Kalkerde werden zu kohlensauren schwer lös-

lichen Salzen aus ihren wässerigen Auflösungen als ein weißes Pulver niedergeschlagen, welches durch jede andere Säure unter Aufbrausen wieder aufgelöst wird. Das kohlen-saure Gas ist mephitischer Art, weder zur Unterhaltung der Verbrennung, noch Athmungsproceße tauglich.

Faraday hat das kohlen-saure Gas zur flüssigen Säure, ohne Zusatz von Wasser, in einer zugeschlossnen gläsernen Röhre bey einer Temperatur von  $-18^{\circ}$  F verdichtet. Die Flüssigkeit behält ihre tropfbare Form unter einem Druck von 1,36 Atmosphären-Druckung. Bey dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre verwandelt sie sich mit Explosion in Gas.

Versuche, welche zur Erläuterung der vorstehenden Eigenschaften dienen.

1) Man entbinde kohlen-saures Gas und fange es unter erwärmtem oder mit Kochsalz vermischem Wasser, in einem etwas hohen Glase mit abgeschliffenem Rande auf, das man leicht mit einer Marmorplatte, oder einem metallnen Deckel verschliessen kann. Nimmt man ein Glas von gleicher Größe, worin sich atmosphärische Luft befindet, setzt darein ein kleines Thier, (Maus, Vogel oder dergl.) oder eine brennende Wachskerze, und stülpt das mit dem kohlen-sauren Gas angefüllte Glas über dem andern um, so erstickt das Thier, oder die Kerze verlöscht, indem das schwere Gas in dem leichtern hinabsinkt. Eine Abänderung dieses Versuchs ist, wenn man eine an einem krummgebognen Drath befestigte brennende Kerze in eine mit kohlen-saurem Gas angefülltes ruhig stehendes Gefäß senkt, sobald die Flamme das Gas berührt, erlischt sie von unten herauf; zieht man sie schnell in die Höhe, oder senkt den noch glühenden Docht in ein Gefäß mit Sauerstoffgas, so entzündet er sich wieder. Dieser Versuch kann einigemahl, aber nicht lange, wiederholet werden, weil durch die Hitze der Flamme, und auch ohne dieselbe durch die Wirkung der bey jeder Temperatur strahlenden Wärme, das kohlen-saure Gas seiner größern Schwere ungeachtet sich mit der atmosphärischen Luft vermengt. Durch diesen Versuch erläutern sich die mephitischen Wirkungen unterirdischer Höhlen, welche in der Nähe von Vulkanen, oder starken Mineralquellen befindlich, und mit kohlen-saurem Gas

erfüllt sind, das nicht schnell genug in die Atmosphäre abfließen kann. Desgleichen solcher Keller, welche eine Menge gährenden Weines, Biers oder dergl. enthalten.

2) Man fülle einen etwas hohen, an einem Ende zugeschmolzenen Glaszylinder, den man bequem mit dem Daumen verschließen kann, zu  $\frac{2}{3}$  mit kohlensaurem Gas, und  $\frac{1}{3}$  seines Raumes mit kaltem Wasser, verschliesse schnell mit dem Daumen, und schüttele. Der Daumen wird, durch die Absorption des Gases vom Wasser, angesauget werden. Oeffnet man unter Wasser, so füllet der Druck der Atmosphäre den Glaszylinder fast ganz mit Wasser an. Noch auffallender wird dieser Versuch, wenn man statt des Wassers in den Cylinder etwas Aetkali, oder Kalk, oder Barytwasser bringt, und übrigens wie vorher verfähret.

3) Bereitung eines künstlichen kohlensauren Mineralwassers. Man bringe die Oeffnung einer doppelt gekrümmten Glasröhre, welche auf einer Entbindungsflasche steckt, aus welcher man eine hinlängliche Menge kohlensauren Gases entwickeln kann, in den Hals einer unter Wasser umgekehrten Flasche, welche man vorher mit reinem möglichst kaltem Quellwasser angefüllt hat. Sind ungefähr  $\frac{2}{3}$  der Flasche mit Gas angefüllt, so vertauschet man die Flasche mit einer andern, indessen man die erstere bey verschlossener Mündung stark schüttelt, und von Zeit zu Zeit unter Wasser öffnet. Während dieser Arbeit füllet sich die 2te Flasche mit Gas, und mit dieser verfähret man darauf eben so, indem man die erste Flasche wieder an ihre Stelle bringt u. s. w.

Der Parkersche Glasapparat erleichtert diese Arbeit und macht sie sehr reinlich. Es besteht dieser Apparat aus drei über einander gesetzten, und in einander eingeschliffenen Glasgefäßen, wovon das untere zur Entbindungsflasche dienet. Es hat zur Seite noch eine besondere mit einem Glasstöpsel zu verschließende Oeffnung, wodurch gestossene Kreide und verdünnte Schwefelsäure eingefüllet werden kann. Das zweite größere Gefäß dienet zur Aufnahme des mit Kohlenensäure anzuschwängernenden Wassers; es steht durch ein Ventil und eine Menge feiner Haarröhrchen mit dem untern Gefäß in Verbindung, durch welche das Gas in feinen zertheilten Strömen zu dem Wasser kommt. Das 3te höchste Gefäß ist zur Auffangung des über dem Wasser sich spannenden Gases bestimmt; es ist oben mit einem Ventil versehen, das sich durch den Druck des Gases öffnet, wenn die Spannung zu groß wird. Das

mit Kohlensäure geschwängerte Wasser kann seitwärts durch einen Krahn abgezapft werden. — Will man künstliches Sauerwasser in großer Menge bereiten, so bedient man sich am besten starker hölzerner Fässer die mit Eisen gebunden sind, welche, nachdem sie mit Wasser größtentheils angefüllt werden sind, wohl verschlossen werden. Der untere Theil dieser Gefäße steht durch Röhren mit einer Pumpe in Verbindung, welche das kohlensaure Gas aus einem Gasbehälter, der mit dem Entbindungsgefäße communiciret, schöpft, und in die Wassergefäße presset. Hierin wird die Verbindung des Gases mit dem Wasser durch Umdrehung eines mit Flügeln versehenen Quirils befördert.

Das stark mit Kohlensäure angeschwängerte Wasser schmeckt angenehm sauer, brauset mit Zucker, Wein oder Eßig und anderen stärkeren Säuren auf. Zugesehtes Kaltwasser trübt dasselbe, die Trübung löset sich aber in dem Uebermaß von Kohlensäure anfangs wieder auf.

Setzt man dem künstlichen Sauerwasser die übrigen festen Bestandtheile, welche ein natürliches Mineralwasser enthält, in dem gehörigen Verhältniß zu, so wird dadurch das natürliche Mineralwasser nachgebildet.

Daß die Natur, besonders bey warmen Mineralquellen, mehr Kohlensäure mit dem Wasser vereinigt liefert, als die Kunst dieß zu thun im Stande ist, mag wohl nur von dem großen und lang anhaltenden Druck herrühren, unter welchem, tief im Innern der Erde, sich diese Mineralwasser erzeugen.

## Brennbare Gasarten. Wasserstoffgas.

### §. 166.

Es ist uns schon bekannt, daß das Wasser sich in seine Bestandtheile zerlegen, und seinen entzündlichen Grundstoff fahren läßt, wenn man dessen Dämpfe über roth glühendes Eisen führet. Gewöhnlich erhält man man das Wasserstoffgas, oder die gemeine entzündliche Luft, indem man leicht oxydirbare Metalle, zerstoßenen Zink oder Eisenfeile in einer mit 5 — 6 Theilen Wasser verdünnten Schwefel-



säure auflöst, und das entwichene Gas unter Wasser auffängt. Hier bildet sich das entzündliche Gas, durch die Zerlegung des der Säure beygemischten Wassers, begünstiget durch die Anziehung des Metalles gegen den Sauerstoff, und der Säure gegen das entstehende Dryd. Das so erhaltne Wasserstoffgas ist unrein, und von unangenehmem Geruch. Man erhält es reiner, wenigstens von den sauren Gasarten befreiet, wenn man es über Kaltwasser auffängt, oder damit schüttelt. Der unangenehme Geruch kann ihm nach Döbereiner benommen werden, wenn man es 24 Stunden lang über wohlgebrannter angefeuchteter Holzkohle stehen läßt. Die ausgezeichneten Eigenschaften des reinen Wasserstoffgases sind kürzlich folgende.

Es ist (im reinsten Zustande) geruchlos, klar und durchsichtig, wie die atmosphärische Luft, besitzt ein  $6\frac{1}{2}$  mahl so starkes Brechungsvermögen als diese, und ein spezifisches Gewicht von 0,0732 wenn man das der atmosphärischen Luft = 1 setzt. Es ist also 13,6 mahl so leicht als die atmosphärische Luft, und überhaupt (etnige bey niederen Temperaturen sich bildende Dämpfen abgerechnet) der leichteste wägbare Körper, welchen wir kennen.

Das Wasserstoffgas ist durch glühende Körper, so wie durch den elektrischen Funken leicht entzündlich, und brennt, bey dem Zutritt der Luft mit einer schwachleuchtenden, am Tage kaum sichtbaren Flamme ohne Rauch und Ruß. Es selbst aber ist mephitischer Art und kann die Verbrennung anderer Körper nicht unterhalten. Mit atmosphärischer Luft in dem Verhältnisse von 2 : 1, oder mit Sauerstoffgas in dem umgekehrten Verhältnisse von 1 : 2, gemischt, läßt es sich mit einem heftigen Knall entzünden, daher ein solches Gemenge Knall-Luft genannt wird. Bey der Verbrennung der Knall-Luft entsteht durch das Zusammentreten



ihrer Bestandtheile Wasser, das durch die Hitze als Dampf expandiret wird, der sich darauf schnell wieder verdichtet.

Versuche zur Erläuterung der angeführten Eigenschaften des Wasserstoffgases.

Man fülle ein 8 — 10 Zoll hohes Glasgefäß mit diesem Gas an, halte es verkehrt, die Oeffnung nach unten, mit der Hand verschlossen, und bringe dann schnell von unten herauf eine brennende Kerze in das Gas. Dieß entzündet sich an der Oeffnung, im Innern aber verlöscht die Kerze. Kehret man die, wie vorher gefüllte, Flasche mit der Mündung nach oben, so entzündet sich das Gas mit einer kleinen Explosion, weil sich die atmosphärische Luft, wegen ihrer größern Schwere schnell mit dem Gas mischet. Man fülle eine mit einem Hahnen versehne Schweinsblase mit Wasserstoffgas, bringe an die Oeffnung des Hahn's einen Strohhalm, der vornen etwas gespalten ist, so lassen sich auf die bekannte Weise Seifenblasen mit diesem Gas füllen, die wegen ihrer größern Leichtigkeit in der Luft ansteigen (Luftballons im Kleinen). Führet man mit einem Licht den Seifenblasen nach, so lassen sie sich entzünden. Hat man die Schweinsblase mit Knall-Luft gefüllt, so entzünden sich die Seifenblasen mit Explosion. Einen sehr starken Knall kann man auf folgende Art hervorbringen. Man fülle eine Kinderblase mit Knallgas, in deren Oeffnung man einen hölzernen Propf gelolmt hat, durch welchen ausser der Füllröhre zwei Messingdräthe gehen, die mit Siegellack in den Propfen eingeküttet sind, und inwendig in der Blase 1 Linie weit von einander abstehen. An den äußeren Enden der Messingdräthe werden Silberfäden angeknüpft, von gehöriger Länge. Man hängt die Blase an den Decken des Zimmers, oder größerer Sicherheit halber ausser demselben auf, führet den einen Silberdrath zur äußern Belegung einer geladenen elektrischen Flasche, so wie man mit dem andern Silberdrath den Knopf der Flasche berührt, schläget der elektrische Funke im Innern der Blase von einem Messingdrath zum andern, und das entzündete Gas zerschmettert die Blase mit einem heftigen Knall, und im Dunkeln mit einem glänzenden Feuerweh.

Nimmt man statt der Blase eine unten verschlossene metallene Röhre oder Kugel, deren Oeffnung oben mit einem Kork verpropft werden kann, bringt man in der Gegend, wo sich bey den Feurgewehren das Zündloch befindet, eine Oeff-

nung an, in welche ein in eine Glasröhre eingeschlossener Messingdrath eingeführt werden kann, so daß dessen unteres Ende etwa eine Linie von der innern Wand der Röhre absteht; so erhält man die Knallgaspistole, auch elektrische Pistole genannt. Füllet man die Pistole mit trockenem feinem Sand, und stürzt ihre Oeffnung über einer mit Knallgas gefüllten Flasche um, so tritt das Gas statt des herabfallenden Sandes in die Pistole, welche darauf schnell zugestopft wird. Lasset man einen elektrischen Funken auf das obere Ende des Zünddrathes schlagen, so entzündet sich das Gas in der Pistole und treibt den Propfen mit einem heftigen Knall aus der Mündung heraus.

#### Die chemische Harmonika.

Man nehme eine kleine etwas starke Entbindungsflasche, fülle sie zum dritten oder vierten Theile mit Eisenfeile und verdünnter Schwefelsäure an, verstopfe die Oeffnung der Flasche schnell mit einem guten Propfen, durch welche man eine 6 — 8 Zoll lange Glasröhre gesteckt hat, deren innere Oeffnung nicht über  $\frac{1}{4}$  Linie weit ist. Nachdem die Gasentbindung die in der Flasche anfangs befindliche atmosphärische Luft ausgetrieben hat, zünde man den Gasstrom an der Spitze der Röhre an, und halte über die Flamme, welche nur schwach brennen darf, wenn der Versuch gelingen soll, einen schmahlen etwas hohen Glaszylinder, der oben verschlossen ist. Die Flamme des Wasserstoff's verzehret den Sauerstoff im obern Raume des Cylinders, wodurch eine Luftverdünnung und Schwingung erfolgen, die sich den Wänden des Glaszylinders mittheilen und einen Harmonica ähnlichen Ton erzeugen. Faraday leitet die Entstehung des Ton's von einer Reihe auf einander folgenden Verpuffungen ab.

#### Volta's Eudiometer.

##### §. 167.

Da sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff immer in dem beständigen Verhältniß von 2:1 zu Wasser verbindet, so nahm hiervon Volta Gelegenheit, die Explosion des Wasserstoffgases mit Sauerstoffhaltigen Gasen als ein eudiometrisches Mittel zu gebrauchen, um die Menge des Sauerstoffs zu bestimmen. Hierzu dienet folgende Einrichtung Fig. 106. Man wähle eine etwas starke Glasröhre *abcd* von wenigstens  $\frac{1}{2}$  Zoll

Weite, schlicke sie oben mit einer metallenen Haube *ed* fest und luftdicht; in diese metallene Haube werden zwei, innen  $\frac{1}{2}$  Linie von einander abstehende Dräthe *x*, *y* durch einen isolirenden Kitt befestiget. (Man kann auch die Glasröhre oben zuichmelzen, und gegen einander über zwei Oeffnungen einbohren, worin man die Dräthe einfüttet.) Unten bey *ab* erhält die Röhre ebenfalls eine metallene Fassung, an welche sich ein abgekürzter Keil *ab ef* schraubt, der unten bey *ef* mit einer Blase zugebunden ist.

Ueberdieß muß man noch eine kurze unten eben abgeschliffne Röhre *gh* haben, die als Maaß zum Einfüllen der Gasarten in die größere Röhre dienet. Der Gebrauch ist folgender. Man fülle beide Röhren und den abgekürzten Keil mit Wasser, bringe vermittelst des Maaßes eine bestimmte Menge von Wasserstoff und des zu prüfenden Gases in die Röhre *abcd*, schraube dann unter Wasser den abgekürzten Keil luftdicht an *ab*, lasse darauf durch *xy* einen elektrischen Funken schlagen. Nach erfolgter Explosion schraube man den abgekürzten Keil unter Wasser wieder ab, es tritt statt des verschwundenen Gases Wasser in die Röhre. Von der Größe der Absorption rechnet man  $\frac{1}{3}$  für den Sauerstoff. Es ist der Bequemlichkeit wegen gut, wenn an der Explosionsröhre selbst eine in Hunderttheile des Maaßes getheilte Scale angebracht ist, sonst muß man den Rückstand an Gas in eine graduirte Röhre übertreten lassen. Der mit der Blase verschlossene hohle Keil verhindert das Zerspringen des Glases, weil die Blase vermöge ihrer Elasticität der explodirenden Kraft nachgiebt.

Wenn sehr kleine Gasmenngen auszumessen sind, so kann dieß in einer getheilten Röhre schwer mit der gehörigen Schärfe geschehen. Man thut dann besser die Gasmenngen (falls sie sich nicht mit dem Wasser mischen) unter Wasser abzumägen, um daraus auf den Raum zu schliessen. Dieß kann mit großer

Schärfe und vieler Bequemlichkeit durch folgendes Werkzeug erhalten werden, dem ich deswegen den Namen eines Nitrogasometers beylege. Fig. 107.

Man wählt eine Glasröhre *ab*, welche einen ganzen halben oder viertels Cubitzoll Raum fasset, schmelzt sie oben zu, und füttet an das zugeeschmolzene Ende eine leichte hohle Kugel von Messingblech *o* an, welche den doppelten Raum der Röhre fasset.

Die Kugel trägt mittelst eines dünnen metallnen Stielchens eine leichte Schale zur Aufnahme von Gewichten bestimmt; in der Mitte des Stielchens befindet sich ein Zeichen *e*, bis zu welchem sich das Werkzeug unter Wasser eintauchen soll. Um den untern Theil des Glases legt man einen Bleyring *b*, dessen Gewicht man so abgleicht, daß sich das Instrument, wenn die Glasröhre mit Wasser gefüllt ist, in Wasser von bestimmter Temperatur bis an den Strich *e* einsenkt. Läßt man etwas Gas in den Cylinder *ab* treten, so wird der Gasmesser von dem Wasser mit einer Kraft gehoben, die dem Gewicht des aus der Stelle getriebenen Wassers, weniger dem Gewicht des Gases, gleich kommt, und da dieses Gewicht selten über  $\frac{1}{1000}$  von jenem beträgt, so wird man es in den meisten Fällen vernachlässigen dürfen. Legt man auf die Schale so viel Gewicht, um den Gasmesser bis *e* einzusenken, so giebt das (nöthigen Falls um das Gewicht des Gases vermehrte) Zulegegengewicht die Menge des in den Cylinder gebrachten Gases an. Um diese Menge sogleich in Raumtheilen, ohne Rechnung, zu erhalten, wähle man solche Gewichtseinheiten, welche für die angenommene Normaltemperatur (etwa  $+ 15^\circ$  Reaum oder Cent.) dem Gewichte von  $\frac{1}{1000}$  Cubitzoll Wasser entsprechen. Die Empfindlichkeit des Instruments hängt von der Dünne des Halschens gegen den Raum des Ganzen ab, und kann bis auf Zehntausendtheile eines Cubitzolles gebracht werden. Es ist aber bey den Messungen der Gase durch Abwiegen genau auf die Temperatur des Wassers zu achten, weil diese nicht nur das Gewicht des Wassers, sondern auch den Raum des eingeschlossenen Gases verändert.

### Döbereiners Cubiometer.

#### §. 168.

Döbereiners merkwürdige Entdeckung von der Kraft, welche die fein zertheilte Platina auf die Verdichtung des

Knallgas, auch bey niedrigen, selbst unter die Frierfalte gehenden Temperaturen, ausübt, leitete ihn auf die Idee, diesen Körper als Endiometer zu gebrauchen. Man schlage die Auflösung der Platina in Königswasser durch Salmiak nieder, glühe den Niederschlag in einem Platinatiegel, bis aller Salmiak wieder verflüchtigt ist. Den so erhaltenen lockern Körper (Platinaschwamm) knete man mit etwas feuchtem Thon zu einem Leich, und bilde daraus Kügelchen von der Größe einer Erbse, die man zuerst in einer mäßigen Hitze, dann über einer Weingeistlampe trocknet. Befestiget man ein solches Kügelchen an einen feinen biegsamen Platinadrath, und bringt es in ein Wasser, und Sauerstoffhaltiges Gasgemenge, das man über trockenem Quecksilber gesperrt hat, so sieht man die innere Wand des Sperrgefäßes, so wie den Spiegel des Quecksilbers bald mit Dunst beschlagen, und das Quecksilber steigt in die Höhe. Die Größe der Raumbverminderung, durch 3 getheilet, giebt die Menge des verschluckten Sauerstoffes an. Spätere Beobachtungen von Dulong und Thenard haben gezeigt, daß diese Gas verdichtende Kraft auch den feinen Platinablechen und Dräthen, ja selbst andern Metallen und mehreren unmetallischen Körpern von lockerer Gestalt, jedoch nur bey höhern Temperaturen zukommt.

Der Platinaschwamm bleibt der wirksamste Körper, doch verlieret auch er diese Eigenschaft, wenn er eine Zeitlang der Luft ausgesetzt gewesen ist. Man kann sie ihm wieder ertheilen durch Glühen in einer Weingeistlampe, oder noch besser, durch vorgängiges Eintauchen in Salpetersäure und Ausglühen.

Nach Ed. Turner's Beobachtungen (mitgetheilet in Döbereiners phys. Chemie 2. B.) besitzt ein aus 4 Theilen Platina und ein Theil Thon bestehendes Kügelchen einen so stark

wirkende verdichtende Kraft gegen die explosirenden Sauer- und Wasserstoffgemengen, daß dieselbe sich noch äußert, wenn dieses Gas mit 99 Theilen atmosphärischer Luft verdünnet ist. Dagegen der elektrische Funke schon keine Explosion mehr hervorbringt, wenn das Knallgas mit dem 12fachen atmosphärischer Luft vermengt ist. Da nun überdieß der Platinaschwamm nicht, wie der elektrische Funke, auf die Gemengen von Sauer- und Stickstoff verdichtend wirkt, so scheint er sich vorzüglich zu genauen eudiometrischen Versuchen zu eignen.

Woher rühret die merkwürdige Kraft, welche die fein zertheilte Platina auf die Verdichtung des Knallgases ausübt? Hierüber hat man vielerlei Hypothesen aufgestellt, aber bis jetzt die Richtigkeit von keiner bestimmt nachgewiesen. Uns scheint die folgende Erklärungsart am wahrscheinlichsten. Die Platina nimmt in der Reihe der negativ elektrischen Körper eine der ersten Stellen ein, desgleichen der Wasserstoff in der Reihe der positivelektrischen; durch dieses Verhalten ist schon eine starke Wechselanziehung beider Stoffe bedingt. Der negativ elektrische Zustand der Platina scheint durch das Behalten mit Säure und nachgängiges Glühen bis zu einem gewissen Grad erhöht zu werden (daß man keine Electricität an dem Elektrometer nachweisen kann, darf uns nicht befremden, da wir aus Becquerel's unten anzuführenden Versuchen ersehen werden, daß die bey chemischen Anziehungen wirksame Electricität von äußerst geringer Spannung ist). Wird nun die elektrische Anziehung zugleich mit der physischen Adhäsionskraft durch die lockere und poröse viele Oberfläche und Spitzen darbietende Form des Körpers, wie bey dem Platinaschwamm der Fall ist, erhöht; so wird dadurch begreiflich, wie durch die anfangende Verdichtung der Gase und die dadurch frei werdende Wärme die chemische Wechselwirkung der Gase so erhöht werden könne, daß sie sich zu Wasser vereinigen und ihre latente Wärme frei lassen. Ist es ja durch ältere Erfahrungen bekannt, daß das Knallgas durch eine starke Compression entzündet werden kann!

Der Platinaschwamm verlieret nach und nach seine Wirksamkeit an der Luft, weil er seine freie Electricität verlieret, die ihm durch das Glühen und ähnliche Behandlungen wieder gegeben werden muß.

## Das Wasserstoffgas • Feuerzeug und elektrische Zündlicht.

§. 169.

Die leichte Entzündlichkeit des Wasserstoffgases durch den elektrischen Funken brachte Ingenhaus und andere Naturforscher auf den Gedanken, eine Lampe zu construiren, welche sich durch den elektrischen Funken entzünden läßt.

Die wesentlichsten Theile stellt die Fig. 108 dar. AB sind zwei Gefäße von Glas, mit metallenen Fassungen versehen, wodurch sie sich luftdicht auf einander schrauben lassen. Von dem obern Gefäß geht eine Verbindungsrohre bis beynähe auf den Boden des untern Gefäßes. Bringet man in das untere Gefäß verdünnte Schwefelsäure mit Zink und etwas Kupferfeile gemischt (letztere um durch die elektrische Erregung den Auflösungsproceß zu befördern), so entbindet sich Wasserstoffgas, das den obern Raum des Gefäßes A füllet, und dagegen eben so viel Flüssigkeit in das obere Gefäß B hinaufreibt, die nun ihrer Seite auf das Gas zurückpresset, und es in einer gewissen Spannung erhält. Oeffnet man daher den Hahn h, so strömt das Gas zur feinen Oeffnung desselben hinaus. Der Hahn ist mit einem Rollenknopf versehen, welcher bey der Umbrehung vermittelst einer seidnen Schnur den Deckel a eines geladenen Elektrophors hebt und dadurch einen Funken durch den Metallbrath ik nach l schlagen macht, welcher den aus der Spitze des Hahns fahrenden Gasstrom entzündet, an welchem selbst wieder sich die Wachskerze m entflammt. Manche bedienen sich statt des geriebenen Elektrophors einer kleinen Elektrirmaschine, welche durch die Wendung des Hahns gedreht wird. Man mag sich der einen oder andern Vorrichtung bedienen, so lehrt die Erfahrung, daß



Die Maschine bey feuchter Witterung gerne versagt. Daher verdienet wohl Döbereiners Vorschlag, den Platinaschwamm statt der Electricität als Zünder zu brauchen, den Vorzug. Dann bleibt der Theil akl weg und man stellt etwas Platinaschwamm, den man auf einem Geflechte von feinem Platinadrath befestiget hat, dem aus dem Hahn fahrenden Gasstrom in einer Entfernung von 3 — 4 Linien gegen über. Indem sich der mit dem Sauerstoff der Atmosphäre vermischte Wasserstoff verdichtet, erhitzt er den Platinaschwamm bald bis zum Glühen, an welchem sich seinerseits der Gasstrom entzündet. Indessen ist schon oben bemerkt worden, daß die Eigenschaft des Platinaschwamms den Wasserstoff zu verdichten, durch Eintauchen in Salpetersäure und Ausglühen erneuert werden muß.

Ein höchst einfaches Platina-Gas-Feuerzeug findet sich in Döbereiners phys. Chem. 2. Heft beschrieben. Man nimmt eine einen Zoll weite Glasröhre, biegt sie heberförmig so um, daß der längere Schenkel ba (Fig. 109) 8 — 10 Zoll, der kürzere bc halb so viel betrage. Auf den kürzern Schenkel küttet man einen Hahn d auf, der sich von seiner Fassung e losschrauben läßt; er trägt ein feines Haarröhrchen o. Ein sich federnder Spannring g, welcher über das längere Ende der Röhre bey a gehoben wird, trägt den Platinaschwamm f. Schraubt man den Hahn-d los, bringt durch die Oeffnung ein Zinkstängelchen z in den kürzern Schenkel, gießt darüber Salzsäure und schraubt den Hahn wieder auf, so entbindet sich Wasserstoffgas, welches die Flüssigkeit in den längern Schenkel in die Höhe treibt, bis sie in dem kürzern Schenkel unter den Zink herabgesunken ist, wo denn die Gasentbindung nachläßt. Durch das Ansteigen der Flüssigkeit in dem längern Schenkel wird das Gas gespannt, und bey Oeffnung des Hahns erfolgt dann die schon beschriebene Wirkung auf dem Platinaschwamm. Man kann auch nach Döbereiner das obere Ende der Röhre bey a verschließen; da sich denn die atmosphärische Luft über der Flüssigkeit in dem längern Schenkel zusammenpresset, und eine um so stärkere Spannung in dem entzündlichen Gas des kürzern Schenkels erzeugt, welches so

nach bey geöffnetem Hahn mit desto größerer Geschwindigkeit ausströmt. Bey dieser Einrichtung ist jedoch die Vorsicht zu empfehlen, der eingeschlossnen Luft in dem längern Schenkel den gehörigen Raum zu geben, damit sie nicht durch eine allzu starke Verdichtung die Glasröhre zersprengt.

### Zusammengesetzte entzündliche Gasarten aus Kohlen, und Wasserstoff.

#### §. 170.

1) Das Kohlenwasserstoffgas (Sumpfluft) bildet sich von selbst in stehenden Gewässern durch die Fäulniß vegetabilischer Stoffe. Man erhält es künstlich durch die trockne Destillation der Steinkohlen, der Braunkohlen, des Holzes und anderer organischer Stoffe bey starker Glühhitze aus eisernen Retorten. Es kommt häufig mit schweflichtsaurem Gas, kohlen-saurem Gas, Kohlenoxydgas, und bey der Destillation des Holzes mit empirematischem Oehl und dem sogenannten Holzessig vermengt vor. Von den sauren Dämpfen und Gasen läßt es sich durch Abkühlung, Waschen mit Wasser und Kaltwasser trennen. Das Kohlenwasserstoffgas ist von unangenehmem Geruch, schwerer als das Wasserstoffgas und leichter als atmosphärische Luft von 0,57072 spec. Gewicht. Mit 2 Theilen Sauerstoffgas entzündet, liefert es eben so viel kohlen-saures Gas als man Sauerstoff zugesetzt hat. Es besteht aus 73,7 Gewichtstheilen Kohlenstoff und 26,3 Wasserstoff, oder aus 100 Theilen Wasserstoff gegen 280 Theile Kohlenstoff.

2) Kohlenwasserstoff mit Ueberschuß an Kohlenstoff, Oehlbildendes Gas. Dieses Gas erhält man am reinsten, wenn man 4 Theile Schwefelsäure mit 1 Theil

Weingeist in gläsernen Retorten mäßig erwärmt, desgleichen aus der Zersetzung der fetten Dehle in glühenden eisernen Röhren. Wenn man dieses Gas mit Chlorine (oxydirtem Salzsäure Gas) zusammen bringt, so verschwinden beide Gasarten und es bildet sich ein eigenthümliches Dehl, wovon das Gas den Namen erhalten hat. Mit dem dreifachen Volumen Sauerstoff verbrannt, liefert es das doppelte Volumen kohlensaures Gas. Es enthält gegen 84,85 Kohlenstoff, 15,15 Wasserstoff, oder auf 100 Theile Wasserstoff 560 Theile Kohlenstoff, also doppelt so viel als das vorhin beschriebene Gas. Das specifische Gewicht des Dehlbildenden Gases beträgt nach Saussüre 0,9852 und ist demnach beynahe so schwer als die atmosphärische Luft.

Beide Kohlenwasserstoffgase machen den vorzüglichsten Bestandtheil der Flamme derjenigen brennbaren Körper aus, welche Kohlen- und Wasserstoff zugleich enthalten, wohin außer der gemeinen Holzkohle die Stein- und Braunkohle, und alle vegetabilische und thierische Fette und Dehle gehören. Diese Körper lassen in der Glühhitze jene Gase entweichen, welche dann bey einem hinlänglichen Zutritt von Sauerstoff verbrennen und sich in Wasser und Kohlensäure verwandeln.

Da die schwerere Steinkohlenarten, wegen ihres allzureichlichen Gehaltes an brennbaren Grundstoffen, zu manchen metallurgischen Processen nicht tauglich befunden worden sind, sondern erst einer trocknen Destillation unterworfen werden müssen, wobey jene brennbare Gasarten größtentheils entweichen, in dessen die derben Steinkohlen sich in eine lockere Kohle (coaks) verwandeln: so hat dieses Gelegenheit zu der Gewinnung des sogenannten Kohlengases im Großen, und zur künstlichen Beleuchtung mittelst dieses Gases gegeben, wovon der folgende Paragraph die wesentlichste Einrichtung beschreibt.

## Technische Anwendung des Kohlendampfes zur künstlichen Beleuchtung.

S. 171.

Die ganze Vorrichtung hierzu besteht aus drei Haupttheilen, dem Entbindungsapparat, dem Reinigungsapparat, und dem Aufbewahrungs- und Fortleitungsapparat.

1) Der Gasentbindungsapparat. Fig. 110 I.

Ein aus feuerfesten Materialien erbauter stark ziehender Windofen A, der mit einem Rost, Aschenbeerd, und hinlänglich hohen Schornstein zur Beförderung des Luftzugs versehen ist. In diesen Ofen werden die eisernen Retorten B eingesetzt, welche die Kohlen oder das Material enthalten, aus welchen das Gas gewonnen werden soll. Die Retorten müssen eine mehr dünne und lange, als dicke Gestalt haben, damit ihr innerer Raum gleichförmig von der Glüh Hitze des Ofens durchdrungen werde. Der obere (oder bey horizontaler Lage der Retorten der vordere) Theil muß mit einem leicht abzunehmenden eisernen Deckel luftdicht verschlossen seyn. Von dem Deckel, oder besser vornen an der Seite der Retorte, erhebt sich die gekrümmte Gasleitungsröhre *aaa*, welche das sich entbindende Gas zu dem zweiten Haupttheil, dem Reinigungsapparat führt. Fig. 110 II.

Dieser besteht aus einem in drei Kammern abgetheilten luftdichten Kasten. (Bey größeren Anlagen werden diese drei Behälter besser von einander gesondert.) Das erste Behälter 1 ist mit kaltem Wasser gefüllt; zu demselben führt die Gasleitungsröhre *aaa*, das Gas steigt in dem Raum (1) in die Höhe, treibt dafür Wasser in die weitere Röhre D hinauf, wodurch das Gas in einer gewissen Spannung erhalten wird, die das Verdichten der mit übergegangen

Dampfen in dem kalten Wasser befördert. Was hier nicht verdichtet wird, geht durch die Röhre  $x x$  zum Behälter (2). Hier sammelt sich das Theerwasser, und das davon befreiete Gas steigt durch die Röhre  $y y z$  in den Behälter (3), der mit einer Mischung von ungelöschtem Kalk und Wasser (Kalkmilch) angefüllt ist. Von dieser Mischung wird das Kohlensäure, schwefelsaure und Schwefelwasserstoff-Gas absorbiert. Das gehörig gereinigte entzündliche Gas steigt nun durch die Röhre  $b b b$  und das Wasserventil  $F$  in die Röhre  $c c c c c$  und gelangt endlich in den Gasbehälter oder Condensator Fig. 110 III.

Dieser besteht erstens aus einem hinlänglich großen Wasserkasten von Holz, Stein oder Eisen. In diesem bewegt sich ein zweiter etwas engerer, oben geschlossener, unten offener Kasten von Blech  $E E$  auf und nieder. Dieser Kasten ist durch Ketten und Gegengewichte  $P P$  an Rollenbeweglich so aufgehängt, daß er mit einer gewissen Kraft in dem Wasser nieder zu sinken strebt, die dem Druck entsprechen muß, mit welchem das Gas aus dem Condensator durch die Leitrohre zu den Lampen getrieben werden soll. Damit diese Kraft stets gleich bleibe, so muß jeder Fuß der Ketten  $K K$  so viel Gewicht haben, als ein Fuß Röhrenwand rund um den Behälter  $E E$  dividirt durch das specifische Gewicht der Materie. Dadurch wird der Verlust der Röhrenwand im Wasser mittelst des Gewichts der Ketten compensirt.

Man denke sich den Condensator  $E E$  anfänglich ganz in dem Behälter  $G G$  eingesenkt. Strömt nun das Gas durch die Röhre  $c$  in den obern Raum des Condensators  $E E$ , so erhebt sich derselbe immer mehr aus dem Wasser des Behälters  $G G$ , demungeachtet behält das Gas in demselben eine gleiche Spannung, mit welcher es durch die Röhre

dadurch zu entweichen strebt. Oeffnet man so nach den Hahn *e*, so lassen sich die Gasströme der Lampe *f* entzünden. Die Röhre *d* kann nach Belieben soweit fortgeführt werden als man will, auch unter mehrere einzelne Lampen vertheilt werden. Jede Lampe erhält dann ihren besondern Hahn, wodurch sie für sich abgeschlossen werden kann.

Diejenige meiner Leser, welche sich genauer von den mancherlei Verbesserungen, die man nach und nach an den Gasbeleuchtungsanstalten angebracht hat, unterrichtet wollen, verweise ich auf folgende Schriften.

Praktische Abhandlung über die Gasbeleuchtung von Friedrich Accum, aus dem Engl. übersetzt von Lampadius. Vollständiges Handbuch der Gasbeleuchtungskunst von v. Labor. Fftb. 1822.

### Knallgasgebläse.

S. 172.

Die Anwendung des Knallgases zur Hervorbringung einer sehr intensiven Hitze vermitteltst des Knallgasgebläses verdankt man dem englischen Künstler Newmann. Wenn man stark verdichtetes Knallgas durch eine nicht zu kurze Röhre mit einer großen Geschwindigkeit ausströmen läßt, so kann man das Gas an der Oeffnung der Röhre anzünden, ohne zu besorgen, daß es durch die enge Röhre zurück in das Gefäß brenne, denn die enge Röhre wird durch den schnellen Gasstrom und die vielen Berührungspuncte, welche die Wand der Luft darbietet, verhindert, sich so stark zu erhitzen, daß sich das in ihr befindliche Gas entzünden könnte. Zu mehrerer Sicherheit setzt man hinter die Blaseröhre und vor den Raum, worin sich das verdichtete Gas befindet, ein feines Drahtsieb, welches nach Davy's Entdeckung die Flamme des Gases zurück hält. Die Figur 111

erläutert diese Einrichtung. A ist der Raum innerhalb eines starken kupfernen Gefäßes, worin das Knallgas vermittelst der Druck- und Saugpumpe C, die es seitwärts aus einer Blase oder andern Behältern schöpft, verdichtet wird. Von hier aus geht das Gas durch das Ventil d, welches der Sicherheit wegen noch mit Wasser bedeckt wird, in den kleinern besonders stark verwahrten Raum B. Von da gelangt es durch das Sieb f zu dem Hahn D, welcher geöffnet es durch die feine Röhre E ausströmen läßt. Wird der Gasstrom entzündet, und man hält die Körper, welche man der Wirkung des glühenden Gasstrom's aussetzen will, genau in den Brennpunct der wenige Linien langen Flamme: so ist die Hitze hier so groß, daß die schwerflüchtigsten Metalle und Erden derselben nicht widerstehen. Die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung versparen wir für den folgenden Abschnitt.

Um alle Gefahr einer furchtbaren Explosion zu vermeiden, hat man vorgeschlagen, zwei Condensationskasten zu gebrauchen, in deren einem das Sauerstoffgas, in dem andern das Wasserstoffgas allein verdichtet wird. Beide Gasarten treten zuerst in der gemeinschaftlichen Blaseröhre zusammen.

Ich bediene mich in meinen Vorlesungen seit mehreren Jahren einer ähnlichen Vorrichtung, worin aber die beiden Gasarten durch einen hydrostatischen Druck verdichtet werden. Gewähret dieser nicht die starke Pressung einer Druckpumpe, so bietet er dagegen den Vortheil einer gleichförmigen und leicht meßbaren Spannung in beiden Gasarten, während der ganzen Dauer des Versuchs dar. Die Einrichtung erläutert Fig. 112 I. und II. A, B, sind zwei Cylinder von starkem Blech mit gewölbten Böden, von gleicher Capacität, 1 Fuß weit und hoch. Der Cylinder B ist oben offen, und dienet zur Aufnahme des Wassers, welches das Gas in dem untern Cylinder durch die Röhre CC' zusammenpressen soll. Das Gefäß A ist verschlossen. Bey E befindet sich die mit einem Hahn versehne Blaseröhre, bey F eine mit einer Schraube verschlossene Oeffnung, die theils zur Füllung des untern Gefäßes mit Gas, theils zur

Ausleerung desselben dienet. Will man das Gefäß A mit Gas füllen, so füllet man zuerst das Gefäß B mit Wasser, und öffnet den Hahn E, damit das Wasser aus B nach A herabfließe, darauf schließt man den Hahn E und die obere Oeffnung der Röhre C durch einen Propfen und gießet zur Vorsicht noch etwas Wasser darüber. Setzt man nun den ganzen Apparat auf eine pneumatische Wanne, und öffnet die Schraube F unter Wasser, so läßt sich nun das Gefäß A auf die gewöhnliche Weise mit Gas füllen. Ist dieß geschehen, so schließt man F, gießt den Cylinder B voll Wasser und öffnet C. Das Wasser presset das Gas in dem untern Gefäß mit einer Kraft zusammen, die der Höhe des Wasserspiegels in dem obern Gefäße über der Höhe des Wasserspiegels in dem untern Gefäße entspricht. Ist nun die Höhe Hh einmahl für allemahl bekannt, so darf man nur die doppelte Senkung des Wasserspiegels in dem obern Gefäße von der Höhe Hh abziehen, um die Druckhöhe zu finden. Zur Messung jener Senkung des Wasserspiegels dienet die mit einem Maaßstaabe versehene Glasröhre mn, welche mit dem Cylinder B in Verbindung steht.

Fig. II. zeigt die Verbindung zweier solcher Gasbehälter zu einem Knallgasgebläse im Grundriß. Man denke sich A' mit Sauerstoffgas A'' mit Wasserstoffgas gefüllet. Von beiden Gefäßen führen die Röhre b', b'' zur etwas weitern Röhre c' von Metall, in deren vordern Mündung das gläserne Haarröhrchen e vermittelst eines Korkstöpsels befestiget ist. Erhält man nun die zwei Gasarten in den Gefäßen A' A'' in gleicher Spannung, so hängt es von den Querschnitten b', b'' ab, in welchem Verhältniß sie ausströmen sollen. Soll dieß Verhältniß von Wasserstoff zum Sauerstoffgas = 2 : 1 seyn, und man nennt die Dichte des Sauerstoffgases =  $\Delta$ ; den Durchmesser der zugehörigen Röhre =  $D'$ , den Durchmesser der Röhre und die Dichte des Wasserstoffgases  $D''$ ,  $\delta$ : so erhält man nach den Gesetzen über die Geschwindigkeit des Ausströmens elastischer Flüssigkeiten

$$D' : D'' = \sqrt[4]{\Delta} : \sqrt[4]{\delta}.$$

Das heißt der Durchmesser der Röhre für das Sauerstoffgas muß sich zum Durchmesser der Röhre für das Wasserstoffgas wie die Wurzel der 4ten Potenz aus der Dichte des



Sauerstoffgases zur Wurzel der 4ten Potenz aus der vierfachen Dichte des Wasserstoffgases verhalten. Schreibt man für  $\Delta$  und  $\delta$  die Zahlwerthe 15 und 1, so erhält man für das Verhältniß jener Durchmesser 1,392 : 1.

## Schwefelwasserstoffgas.

S. 173.

Unter die zusammengesetzten brennbaren Gasarten gehöret auch das Schwefelwasserstoffgas (Schwefelleber Luft, hepatische Luft), welches uns die Natur als einen Bestandtheil der schwefelhaltigen Mineralquellen darbietet. Auf künstliche Weise erhält man dieß Gas, wenn man eine auf trockenem Wege bereitete Schwefelleber (Schwefelalkali) oder Schwefelmetall, besonders das Schwefeleisen mit verdünnter Schwefel- oder Salzsäure in dem gewöhnlichen Gasentbindungsapparat übergießet, und das Gas unter warmem Wasser, in welchem man etwas Kochsalz aufgelöst hat, auffängt. Die Bildung des Schwefelwasserstoffgases bey diesem Proceß erkläret man auf folgende Weise: das Wasser der verdünnten Säure wird durch die doppelte Ausziehung 1) des Schwefels gegen den Wasserstoff, 2) des Alkalis oder Metalls gegen den Sauerstoff in seine Bestandtheile zerlegt, ein Antheil Wasserstoff verbindet sich mit dem Schwefel und entweicht als Gas, indessen das oxydirte Metall oder Alkali sich mit der Säure verbindet. Die Säure selbst trägt zur Bildung des Schwefelwasserstoffgases nichts, wohl aber zur vollständigen Ausscheidung desselben viel bey.

Die vorzüglichsten Eigenschaften dieses Gases sind: Es hat einen unangenehmen Geruch gleich faulen Eiern,

ist mercurieller Art, sehr entzündlich, brennt mit einer blauen Flamme und Geruch nach schweflicher Säure; mit atmosphärischer Luft, oder Sauerstoffgas in dem gehörigen Verhältniß gemischt, läßt es sich mit Explosion entzünden. Durch die concentrirte Salpetersäure wird das Schwefelwasserstoffgas zerlegt. Seine Bestandtheile sind 93,756 Schwefel- und 6,244 Wasserstoff. Dieses Gas ist mit dem Wasser sehr mischbar und theilt ihm seinen eigenthümlichen Geruch und einen edelhaften Geschmack mit. Enthält das Wasser wie gewöhnlich atmosphärische Luft, also Sauerstoff, so nimmt es dabey eine milchichte Farbe an. Das hepatische Wasser besitzt, so wie das Gas, die Eigenschaft, die Metalle aus ihren sauern Auflösungen mit einer dunkeln Farbe nieder zu schlagen, daher es dem Chemiker als ein Reagens gegen metallische Auflösungen dienet, so wie diese gegen den Schwefelwasserstoff. Das Schwefelwasserstoffgas vereinigt sich mit den Alkalien und Salzblasen und bildet damit eigenthümliche Salze, auch röthet es die Lackmustrinctur. Daher führen es die Chemiker als eine Säure unter dem Namen Hydrothionsäure, Schwefelwasserstoffsäure, auf.

Das Schwefelwasserstoffgas erzeugt sich in großer Menge bey der Zersetzung der thierischen Körper durch die Fäulniß; auch ist es zuweilen ein Produkt der vulkanischen Eruptionen. Das Schwefelwasserstoffgas gehört zu denselben Gasen, welche Faraday durch einen starken Druck verdichtet hat. Bey einer Temperatur von  $+ 10^{\circ}$  ist hierzu der 47fache Druck der Atmosphäre erforderlich. Der so verdichtete Schwefelwasserstoff bildet eine klare, höchst dünnflüssige, das Licht stark brechende Flüssigkeit von 0,9 specifischem Gewicht.

Man vermischt 8 Theile Salpeter, 2 Theile Weinstein-  
salz (kohlenfaures Kali) und ein Theil Schwefel zu einem fei-  
nen Pulver, und erhitzt etwa ein halbes Loth von dieser Mi-  
schung über Kohlen in einem eisernen Löffel, so wird, bey an-  
fangender Glühhitze, das Pulver schmelzen, sich stark aufblähen,  
und endlich sich mit einem heftigen Knall entzünden. Die  
Erscheinung erklärt sich aus der gleichzeitigen Entbindung der  
Schwefelleberluft und des Sauerstoffgases aus der Salpeter-  
säure, wodurch ein explodirendes Gasgemenge entsteht, das  
bey hinlänglich erhöhter Temperatur sich von selbst entzündet.

Auch die Wirkung des gemeinen Schießpulvers können wir  
auf eine ähnliche Weise erklären. Es besteht aus Salpeter,  
Kohlen und Schwefel, ungefähr in dem Verhältniß von 32,  
6, 1, welche Bestandtheile durch Stampfen fein vermengt,  
dann etwas feucht durch Siebe gerieben zu Körnern gebildet,  
die mit Vorsicht getrocknet, und durch eine rollende Bewegung  
in Fässern abgerundet werden.

Wir müssen uns vorstellen, daß bey dem Entzünden des  
Schießpulvers die Salpetersäure den zum Verbrennen der ent-  
zündlichen Bestandtheile nöthigen Sauerstoff liefert, indessen  
sie ihren Stickstoff zugleich als Gas fahren läßt. Der Schwefel  
verbunden mit dem Kali des Salpeters bildet Schwefelle-  
ber, die mit dem Sauerstoff ein explodirendes Gas bildet, in-  
dessen die Kohle mit einem andern Antheil Sauerstoff zu koh-  
lenfaurem Gas verbrennet. Die gasartigen Produkte des ver-  
brannten Schießpulvers sind also: Stickgas, kohlenfaures Gas,  
Wasser, und schweflichtsaure Dämpfe, und da alle diese Körper  
im gasartigen Zustande einen so viel größern Raum einnehmen als  
in ihrem verdichteten, so erklärt sich daraus die stark expandirende  
Kraft des entzündeten Schießpulvers. Woher aber die plötzliche  
Entwicklung der Wärme die zur schnellen Entzündung der ganzen  
Masse von nöthen ist? Diese schwierige Frage läßt sich nach  
meiner Ueberzeugung am befriedigendsten so beantworten: Durch  
die Entzündung des ersten Pulverkörnchens wird Wärme und  
Gas frei, hierdurch entsteht eine expandirende Kraft, welche in  
dem ersten Augenblick condensirend auf die in den Zwischen-  
räumen der Pulverladung eingeschlossene Luft wirkt, und über-  
all Temperaturerhöhung erzeugt, wodurch das Spiel der chemi-  
schen Verwandtschaften eingeleitet und befördert wird. Daß  
diese Erklärungsart die richtige sey, dafür sprechen folgende  
Thatsachen.

1) Die Kraft und Schnelligkeit der Entzündung des Schießpulvers nimmt ab, wenn man das Schießpulver zu einem mehrlartigen Staub zerreibt, und in einer Röhre fest zusammenstampft, wie die langsam brennenden Sätze der Feuerwerker beweisen.

2) Die Kraft des entzündeten Schießpulvers wird bis zu einem gewissen Grad durch Vermischung mit einer lockern Substanz Sägespähne u. dergl. vermehret.

3) Die Kraft des Schießpulvers und die Schnelligkeit der Entzündung nimmt sehr zu, wenn diese, wie bey den Percussions-Feuerzeugen, durch eine explodirende Substanz, oder nach Salzer in Carlruhe (Versuche über das Schießpulver 1823) durch ein Luftcompressionsfeuerzeug bewirkt wird. Eine kleine Kanone, auf deren Zündloch ein solches Compressionsfeuerzeug geschraubt war, dessen wohl passender Kolben durch ein Schlagwerk niedergetrieben wurde, trieb, mit 3 Gran Pulver geladen, eine löthige Kugel 400 Fuß weit, und gab eine so starke Explosion, als auf die gewöhnliche Art losgefeuert.

4) Die Entzündung des Schießpulvers im leeren Raume der Luftpumpe läßt sich schwer bewirken.

#### Anmerkung.

Einige andere zusammengesetzte brennbare Gasarten, welche bis her nur durch die Kunst des Chemikers dargestellt worden sind, woben auch das sich bey der Berührung der Atmosphäre von selbst zündende Phosphorwasserstoffgas zu rechnen seyn möchte, übergehen wir, und wollen nur noch einige, mit dem Wasser mischbare, saure und alkalische Gasarten kurz erwähnen, deren Kenntniß für die Erklärung mancher Naturerscheinungen von Wichtigkeit ist.

## Saure Gasarten.

### §. 174.

Mehrere Säuren lassen sich gleich der Kohlensäure in Gasform darstellen, wie die Salzsäure, die Schwefelsäure, Salpetrige Säure und andere. Alle saure Gasarten besitzen die Eigenschaft, begierig von dem Wasser eingesogen zu werden, und mit Hinterlassung eines leeren Raumes die tropfbar flüssige Gestalt anzunehmen. Sie müssen daher, wenn man sie darstellen will, über trockenem

Quecksilber aufgefangen werden. Als Beyspiele dienen Salzsäures Gas (Hydrochloresäures Gas).

Man bringe gut getrocknetes Kochsalz in eine kleine gläserne Retorte, darüber die Hälfte concentrirte Schwefelsäure, tauche den Schnabel der Retorte unter Quecksilber in den ebenfalls mit Quecksilber gefüllten Auffangapparat. Es geht durch die bey der Mischung entstandne Hitze, oder nöthigen Falls durch Erwärmung von aussen, eine Menge eines durchsichtigen Gases über, das unvermischt seine Gasgestalt beybehält. Kommt das salzsaure Gas mit der Atmosphäre in Berührung, so bilden sich graue Nebel, welche von einer theilweisen Zersetzung des Gases herrühren, indem es die Feuchtigkeit der Atmosphäre anzieht. Das salzsaure Gas ist, wie alle saure Gasarten, mephitischer Art, und weder zur Unterhaltung des Verbrennens, noch des Athmungsprocesses tauglich. Das specifische Gewicht des Gases ist 1,278.

Bringt man Wasser, oder ein Alkali in trockenem oder flüssigem Zustande mit dem salzsauren Gas in Verbindung, so wird es augenblicklich mit Zurücklassung eines leeren Raumes verschluckt und es bildet sich im ersten Fall flüssige Salzsäure, im andern salzsaure Neutralsalze. Lange betrachtete man das trockne salzsaure Gas als einen unzerlegbaren, aus Sauerstoff und einer unbekanntem Basis bestehenden Körper. Jetzt aber ist die Meinung Davy's die herrschende geworden, dieses Gas als eine Verbindung von Wasserstoff und einem einfachen Körper dem Chlor (den wir bald näher beschreiben wollen) zu betrachten. Daher der Name Hydrochloresäures Gas.

#### §. 175.

Ehlogas (Chlorine, oxydirt salzsaures Gas). Diesen

merkwürdigen Körper entdeckte Scheele, darauf beschäftigte sich vorzüglich Bertholet mit demselben, und in den neuesten Zeiten Humphry Davy, dem wir die jetzige Ansicht verdanken, das Chlor (von seiner gelben Farbe so genannt) als einen einfachen Körper zu betrachten, der, wie der Sauerstoff, ein großes Bestreben hat, sich mit den brennbaren Körpern zu verbinden. (Gay Lussac und Thénard hatten schon früher darauf hingewiesen, daß man das oxygenirt salzsaure Gas als einen einfachen Körper betrachten könne, indessen gaben sie doch der Bertholet'schen Ansicht, vor Davy's Untersuchungen, den Vorzug.) Scheele sah dieses Gas als eine ihres Phlogistons beraubte Salzsäure an, Bertholet dagegen nach der Lehre von Lavoisier als eine mit Sauerstoff übersättigte Salzsäure. Man stellet das Chlorgas dar, wenn man einen Theil pulverisirten schwarzen Braunstein mit 3 Theilen Kochsalz vermengt und dazu 2 Theile Schwefelsäure setzt, die man vorher mit 4 Theilen Wasser verdünnet hat. Die Mischung wird am besten in gläsernen Gefäßen mit doppelter Oeffnung (tubulirten Flaschen) vorgenommen. Giebt man darauf eine mäßige Wärme über Kohlen, so geht ein gelbliches Gas in reichlicher Menge über, das nicht sowohl sauer, als höchst erstickend und die Lungen angreifend ist. Es ist nicht so stark mischbar mit dem Wasser als das salzsaure Gas, und kann unter Wasser, jedoch nicht ohne Verlust, aufgefangen werden. Der Verlust ist geringer, wenn man dem Sperrwasser Kochsalz beymischt. Die Bildung dieses Gases erklärt man nach der ältern Meinung aus der Zusammentretung eines Theiles Sauerstoff von Braunstein mit dem durch die Schwefelsäure entbundenen Wasserstoffgas. Nach Davy verbindet sich dagegen der Sauerstoff mit dem Wasserstoff des salzsauren Gases zu

Wasser, und die einfache Grundlage des salzsauren Gases erscheint als Chlorgas.

Die vorzüglichsten Eigenschaften des Chlorgases sind:

1) Es besitzt eine so starke Verwandtschaft gegen die brennbaren Körper, daß es sich mit mehreren derselben bey einer Temperatur von  $+ 25^{\circ}$  R unter Feuererscheinung vereinigt. Beyspiele geben pulverisirter Zink, Schwefel, Antimon, Zinnober, Phosphor, welche man in das erwärmte Gas schüttet, und die sich darin von selbst entzünden, dabey wird gemeine Salzsäure frei, die entweder als Gas entweicht oder sich mit den oxydirten brennbaren Körpern und Metallen vereinigt. Es ist aber wohl zu merken, daß diese Erscheinung nur dann Statt finde, wenn man das Chlorgas über Wasser aufgefangen hat und also feucht anwendet. Wenn dagegen trockne, von Wasserstoff freie, brennbare Körper mit ausgetrocknetem Chlorgas zusammen gebracht werden, so verbinden sie sich zwar mit demselben, aber es wird weder Sauerstoff noch Salzsäure in der Verbindung erkannt. Diese Erscheinungen sind es vorzüglich, worauf man die Theorie von der Einfachheit des Chlors gegründet hat. Man nennt diese Verbindungen Chloriden.

Wenn man gleiche Theile Wasserstoffgas und Chlorgas in einer gläsernen Flasche vermischt, und eine Zeitlang an einem warmen nicht von der Sonne beschienenen Orte verschlossen aufbewahrt, so verdichten sich beide Gasarten nach und nach zu Salzsäure. Setzt man diese Mischung den Sonnenstrahlen aus, so erfolgt die Verbindung plötzlich und mit Explosion. Sehr merkwürdig ist es, daß hierbey bloß die violetten Lichtstrahlen die wirksamsten sind; denn läßt man das Licht durch ein dunkelroth gefärbtes Glas (wodurch die violetten Strahlen ausge-

geschlossen werden) auf das Gasgemenge wirken, so erfolgt keine Explosion.

Gießet man flüssiges Ammoniak in Chlorgas, so erfolgt eine heftige Zersetzung mit Bildung von Stickgas und salzsaurem Ammoniak.

Leitet man Chlorgas bey einer Temperatur von 25—28° R in eine nicht ganz gesättigte Auflösung von Salmiak, so bildet sich ein Dehlartiger Körper (Chlor, Stickstoff), der bey der Siedhize des Wassers mit der größten Heftigkeit verpuffet. Der Chlor, Stickstoff ist einer der gefährlichsten Körper, um damit zu experimentiren, indem er bey der bloßen Berührung mit vielen Körpern z. B. Phosphor, fetten Dehlen u. s. w. mit der größten Heftigkeit explodiret, wobey sich Stickgas und salzsaure Verbindungen bilden.

2) Die Chlorine besitzt eine ausserordentlich starke die Farben zerstörende Eigenschaft. Beyspiele geben die Entfärbung der gemeinen Tinte, der Indigoauflösung, der Lackmüstinctur, der Blumen und grünen Blätter der Pflanzen durch dieses Gas. Man erkläret dieß aus einer durch das Chlor bewirkten Zersetzung des Wassers und stärkern Oxydirung der Pflanzenfarben.

Kaltes Wasser nimmt über das doppelte seines Raumes Chlorgas auf und erhält dadurch eine gelbliche Farbe, den Geruch und die Farben zerstörende Eigenschaft des Gases. Hierauf beruht die Bereitung des künstlichen Bleichwassers.

3) Die gesättigte wässerigte Auflösung des Chlors besitzt, so wie das Chlorgas selbst, die Eigenschaft in einer Kälte, die etwas unter den Gefrierpunct geht, zu Krystallen anzuschießen. Faraday fand, daß diese Krystalle aus 27,7 Theilen Chlor und 72,3 Theilen Wasser bestehen. Das Chlor läßt sich aus diesen Krystallen bey einer



Wärme von  $+ 33^{\circ}$  in einer verschlossenen Glasröhre von dem Wasser abscheiden, und sinkt als eine grüngelbe Flüssigkeit darin nieder. Das Chlor ist flüchtiger als Wasser und läßt sich von demselben als Gas überdestilliren, vereinigt sich aber bey Temperaturen unter der Eiskälte wieder mit dem Wasser.

Diese Erscheinung gab Faraday Gelegenheit zur künstlichen Verdichtung mehrerer Gasarten durch Druck und Kälte in eingeschlossenen Räumen. Denn er fand bald, daß sich das Chlorgas, auch ohne Beyhülfe von Wasser, durch eine, dem fünffachen Druck der Atmosphäre gleichkommende Pressung zu einer gelben Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht = 1,33 ist, verdichten lassen.

4) Läßet man Chlorgas bey seiner Entbindung durch eine gesättigte Auflösung von Aetz- oder Kohlensaurem Kali streichen, so fället (im letztern Falle unter Entbindung von Kohlensäure) ein Salz nieder, welches von seinem Entdecker und seinen Eigenschaften den Namen des Bertholetschen Knallsalzes erhalten hat. Es explodiret dieses Salz mit den brennbaren Körpern, besonders dem Schwefel, dem Phosphor, der Kohle, bey einem geringen Druck von aussen, auf eine heftige Weise. Auch hat man den Gebrauch dieses Salzes, statt des Salpeters, zur Verstärkung des Schießpulvers vorgeschlagen, bisher aber dessen Anwendung im Großen zu gefährlich gefunden. In diesem Salz ist das Chlor in Verbindung mit Sauerstoff als eine eigenthümliche Säure enthalten. Daher heißt dieß bertholetsche Salz oxychlorsaures Kali; sonst nannte man es überoxydirt salzsaures Kali.

Man kennt jetzt noch mehrere Verbindungen des Chlor's mit dem Sauerstoff.

5) Noch wollen wir die merkwürdige Kraft erwähnen, welche das Chlor auf die Zerstörung der pestartigen Mias-



men und andere der Atmosphäre beygemischte schädliche Verunreinigungen ausübt. Hierauf gründet sich das Räuchern mit Chlorgas (oxydirter Salzsäure) in Krankenzimmern. Die Anwendung ist sehr leicht. Man bereitet sich die oben beschriebene Mischung aus 3 Theilen Kochsalz und 1 Theil Braunstein, erhitzt verdünnte Schwefelsäure gelinde in einer Porcellan-Schaale, und trägt von jenem Pulver in kleinen Portionen nach und nach so viel in die Flüssigkeit, damit sich nicht mehr Gas entbinde, als man ohne Nachtheil einathmen kann. Man bedienet sich auch des Chlornwassers (der flüssigen oxygenirten Salzsäure) zur Abwaschung solcher Körper, welche man für angesteckt hält.

Längst bekannt waren die Essigsauren Räucherungen. Dann bediente sich zur Zersthörung fauliger thierischer Miasmen Guyton Morveau zuerst des gemeinen salzsauren Gases, darauf des salpétrigsauren Gases. Jetzt ist man bey dem Chlorgas, als dem wirksamsten, stehen geblieben.

### Jode (Jodine) Hydridsaures Gas.

S. 176.

Wir erwähnen der Jode, eines von Courtois im Jahr 1811 in der Mutterlauge der Soda zufällig entdeckten Körpers, der darauf von Davy und Gay Lussac genauer untersucht wurde, um deswillen hier, weil er mit dem Chlor so viel ähnliches in seinem Verhalten gegen den Wasserstoff hat. Wenn man das Salz der Sodamutterlauge bis zur Trodne abraucht, mit Schwefelsäure vermischt erhitzt, wodurch die salzsauren Salze zerlegt werden, dann den Rückstand mit Braunstein versetzt und destilliret, so steigen in dem Hals der Retorte violblaue Dämpfe auf, die sich an den kühlern Theilen als ein metallisch glänzender dunkelgrauer Körper in kleinen Blättchen krystallisiren.

Dies ist die Jode. Bringt man etwas davon in eine weiße Glasröhre, die man dann oben zuschließt, so läßt sich die Jode durch Erwärmung der Glasröhre in einen violblauen Dampf verwandeln, der in Gasgestalt den inneren Raum der Röhre erfüllet, sich aber durch Erniedrigung der Temperatur wieder zu einem festen krystallinischen Körper niederschläget. Die Jode ist, gleich der Chlorine und dem Sauerstoff, ein einfacher Körper, welcher wie sie eine sehr starke Verwandtschaft zu den brennbaren Körpern besitzt, und insbesondere mit dem Wasserstoff zu gleichen Raumtheilen eine eigne Säure, die Hydiodsäure (Jod-Wasserstoff-Säure), bildet. Man erhält diese Säure, wenn man Jode mit Wasser befeuchtet, und Schwefelwasserstoffgas durchstreichen läßt, der Schwefel schlägt sich nieder, und der Wasserstoff verbindet sich mit der Jode zur Säure. Läßt man Wasserstoffgas mit den Dämpfen der Jode zugleich durch ein glühendes Porcellanrohr streichen, so geht ein farbloses Gas über, das schnell von dem Wasser eingesogen wird und dieses sehr sauer macht und dunkelroth färbt. Die Hydiodsäure verbindet sich mit den Alkalien und andern Basen zu eigenthümlichen Salzen. Nach Professor Liebig's Untersuchungen findet sich Hydiodsäures Natron in der Mutterlauge der hessischen Salinen zu Salzhausen und Kreuznach. Wahrscheinlich enthält auch das Meerwasser ähnliche Salze. Auch hat man jetzt die Jode als einen Bestandtheil der Mineralreichs entdeckt.

Die Verbindung der Jode mit dem Ammoniak liefert ein sehr heftig detonirendes Knallpulver, Jod-Stickstoff, eben so gefährlich zu behandeln als der Chlor-Stickstoff. Der Phosphor verbindet sich mit der Jodine im trocknen Zustande zu einem eigenthümlichen Körper, der eine große Hitze verträget, ohne sich zu zersetzen. Kommt aber Feuch-

igkeit hinzu, so geht eine heftige Zersetzung des Wassers vor sich, der Phosphor verwandelt sich durch Anziehung des Sauerstoffs in Phosphorsäure, die Jode durch den Wasserstoff in Jodsäure.

Die Stärkeauflösung ist nach Stromeyer's Entdeckung eine der besten Reagentien gegen das Jod, sie wird von demselben roth und mit Säure versetzt blau gefärbt.

Anderer Verbindungen der Jode, deren man jetzt schon mehrere kennt, müssen hier übergegangen werden.

Flussspathsaure Luft (Kieselerde haltiges flusssaurer Gas, Gasförmige flusssaurer Kieselerde).

#### S. 177.

Man vermische zwei Theile fein pulverisirten Flussspath mit einem Theil Schwefelsäure in einer kleinen gläsernen Retorte, und gebe eine hinlängliche Hitze, so steigt aus dem Gemenge ein saures Gas auf, welches bey der Berührung mit der Atmosphäre weiße Nebel bildet, die aus einer theilweisen Zersetzung des Gases durch die Feuchtigkeit der Luft entstehen. Ueber Quecksilber aufgefangen bleibt das Gas durchsichtig. Bringt man zu dem Gas etwas Wasser, so wird das Gas von dem Wasser schnell verdichtet, es bildet sich tropfbare Flusssäure und zugleich schläget sich Kieselerde nieder, welche in Gestalt einer weißen pulverartigen Rinde die Flüssigkeit umgiebt. Zugleich findet man das gläserne Entbindungsgesäß stark angegriffen. Dieß beweiset, daß das so erhaltene Gas eine Zusammensetzung aus der Säure des Flussspathes und der Kieselerde des Gefäßes ist. Da die Kieselerde durch keine andere Säure aufgelöst werden kann, so ist die Erscheinung um so merkwürdiger. Gay Lussac und Berthollet haben dargethan, daß die reine Flussspathsäure,

wie man sie durch die Destillation aus metallnen Gefäßen, die von der Säure nicht angegriffen werden, erhält, nicht in Gasgestalt dargestellt werden könnte. Das kieselige flussaure Gas enthält nach Berzelius 100 Theile Flussäure und 145,76 Kieselerde; bey der Berührung mit Wasser setzt es  $\frac{1}{3}$  von seiner Kieselerde ab, der übrige mit der Säure verbundene Antheil Kieselerde geht selbst in die Vereinigung mit den Salzbasen zu Doppelsalzen ein. Durch Erhitzung des Kaliums in kieseligem flussaurem Gas, scheidet sich aus diesem ein brauner Körper ab, den Gay Lussac und Thenard zuerst beobachteten, und für die Grundlage der Flussäure hielten. Berzelius hat durch neuere Untersuchungen nachgewiesen, daß dieser braune Körper, Silicium, die Grundlage der Kieselerde, ist.

Wir können die Eigenschaften dieses merkwürdigen Körpers, welcher zwischen den Metallen und unmetallischen brennbaren Körpern gleichsam mitten steht, hier nicht verfolgen, sondern verweisen unsre Leser auf Berzelius Abhandlung, die sich in Poggendorfs Annalen 1824 findet.

Auf der Eigenschaft der Flussäure, die Kieselerde in Gasgestalt aufzulösen, beruht die Kunst in Glas zu äßen, wobey man entweder die gasförmige Flussäure, oder auch die tropfbar flüssige anwendet, welche letztere erst, wenn sie durch die Wärme verdunstet, in das Glas einäset.

---

### Ammoniakgas (flüchtig alkalische Luft).

S. 178.

Unter den alkalischen Gasarten kennen wir das Ammoniakgas am besten. Es erzeuget sich von selbst bey der Fäulniß thierischer Körper. Nein, durch die Kunst stellt man es dar, wenn man gebrannten Kalk mit trock-

nem gepulverten Salmiak vermischt in einer kleinen Retorte, anfänglich gelinde, dann stufenweise stärker erhitzt, und das übergehende Gas über trockenem Quecksilber aufängt. Das Ammoniakgas hat einen eigenthümlichen flüchtig stechenden Geruch, ist mephitischer Art, zur Unterhaltung des Verbrennens untauglich. Auch kann man es, wie Bertholet entdeckte, in Wasserstoffgas und Stickgas zerlegen, wenn man das Ammoniakgas durch eine glühende Porcellanröhre treibt. Auf die Art erhielt Gay Lussac aus 100 Raumtheilen Ammoniakgas 50 Theile Stickgas und 150 Theile Wasserstoffgas. Die beiden zuletzt genannten Gasarten bilden also die Elemente des Ammoniakgases, und verdichten sich bey ihrer Vereinigung auf den halben Raum, welches mit den specifischen Gewichten gut übereinstimmt. Da  $\frac{1 \times 0,97 + 3 \times 0,079}{2} = 0,603$

gleich dem specifischen Gewicht des Ammoniakgases ist. Auf diese Weise scheint sich das Ammoniakgas aus seinen Bestandtheilen bey der Fäulniß und der trocknen Destillation der thierischen Stoffe zusammenzusetzen. Das Ammoniakgas wird so stark von dem Wasser angezogen, daß dieß fast ein Drittheil seines Gewichtes davon aufnehmen kann, und damit den ägenden Salmiakgeist bildet. Das specifische Gewicht der Auflösung ist desto geringer, je stärker sie ist (gegen die Analogie anderer Auflösungen). Dieß beweiset das große Streben des Ammoniak's nach der Gasform selbst in seiner Verbindung mit dem Wasser. Nach Davy ist das specifische Gewicht eines aus 32,5 Ammoniak und 67,5 Theilen Wasser bestehenden Salmiakgeistes = 0,875. Eine noch größere mit Erhitzung verbundene Verdichtung des Ammoniakgases findet Statt, wenn man die sauren Gasarten zu pulverförmigen Salzen wie-

der schläget. Mit der Chlorine und Iodine zersezet es sich unter Feuererscheinung, indem es diese einfache Körper in Wasserstoffsäuren verwandelt und seinen Stickstoff fahren läßt.

Versuche zur Erläuterung dieser Erscheinungen sind:

Man lasse salzsaures Gas, oder kohlen-saures Gas zu Ammoniakgas über Quecksilber gesperrt treten, so bildet sich Salmiak, oder kohlen-saures Ammoniak in fester Gestalt (pulverförmig), und es entsteht durch die Verdichtung der Gasarten ein leerer Raum, in welchen das Quecksilber durch den Druck der Atmosphäre ansteiget. Mischet man Ammoniakgas mit Chlorgas, so vereinigen sich beide mit Entwicklung einer hellen Flamme.

Hierbey wollen wir auch der besondern Kraft der Kohle erwähnen, das Ammoniakgas und mehrere andere Gasarten zu verdichten. Nach Saussüre zieht eine in verschlossenen Gefäßen gut durchgeglühete, und unter Quecksilber ausgelöschte Kohle, wenn sie mit nachstehenden Gasarten eingeschlossen wird, das so vielfache ihres Raumes von diesem Gasarten an, und erhält sie in einem verdichteten Zustande, als die nebenstehenden Zahlen angeben.

|                        |   |   |   |   |   |      |
|------------------------|---|---|---|---|---|------|
| Ammoniakgas            | • | • | • | • | • | 90   |
| salzsaures Gas         | • | • | • | • | • | 85   |
| schweflichtsaures Gas  | • | • | • | • | • | 65   |
| Schwefelwasserstoffgas | • | • | • | • | • | 55   |
| Stickstofforydul       | • | • | • | • | • | 40   |
| Kohlen-saures Gas      | • | • | • | • | • | 35   |
| Kohlenwasserstoffgas   | • | • | • | • | • | 35   |
| Kohlenstofforydgas     | • | • | • | • | • | 9,42 |
| Sauerstoffgas          | • | • | • | • | • | 9,25 |
| Stickgas               | • | • | • | • | • | 7,5  |
| Wasserstoffgas         | • | • | • | • | • | 1,75 |

In dem luftleeren Raum der Luftpumpe giebt die Kohle die Gasarten unverändert wieder von sich. Auf dieser merkwürdigen Gasverdichtenden Eigenschaft der Kohle (welche nicht bloß der Pflanzenkohle, sondern auch der thierischen, und Mineral-kohle, nach vorgängiger Ausglühung, zukommt) beruht ohne Zweifel auch die reinigende Eigenschaft der Kohle, welche dieselbe auf fauligte übel riechende und schmeckende Körper aufsert, wovon man in den Künsten häufigen Gebrauch macht, und oben bey der Kohle schon die Rede gewesen ist.

## S. 179.

Die Kenntniß von den verschiedenen Gasarten hat uns zugleich eine richtigere Ansicht von mehreren Naturerscheinungen gewähret. Hierher gehöret insbesondere auch die von selbst erfolgenden Entmischungen der organischen Körper, die wir mit dem Namen der Gährung bezeichnen. Man unterscheidet drei Arten oder Stufen der Gährung: die weinigte, die saure oder Essiggährung, und die Fäulniß.

Der weinigen Gährung sind vorzüglich die Zuckerhaltigen Pflanzenstoffe fähig, wenn sie mit Wasser verdünnt einer Wärme von  $15^{\circ}$  —  $20^{\circ}$  R ausgesetzt werden. Dabey scheidet sich kohlenfaures Gas in Menge aus, und die süße Flüssigkeit geht nach und nach in eine weinartige über, aus welcher durch Destillation der reine Weingeist, als das eigentliche Produkt dieser Gährung, von den übrigen wässrigen, süßen und sauren Bestandtheilen getrennt werden kann. Nach Lavoisier gaben 100 Theile Zucker 36 Kohlen-säure  $57\frac{1}{2}$  Alkohol,  $1\frac{1}{2}$  Hefe, 2 Essig, vier Theile Zucker und das zugesetzte Wasser blieben unzerlegt. Hiernach beruhet die Bildung des Weingeists bloß auf der Ausscheidung des kohlenfauren Gases; findet diese nicht vollständig Statt, so ist auch die weinige Gährung nicht als vollendet anzusehen, daher die sogenannten muffirenden Weine und Bierarten wie der Champagner unvollkommen ausgegohren, dagegen mit einer reichlichen Menge von kohlenfaurem Gas angeschwängerte weinartige Flüssigkeiten sind. Der Weingeist selbst ist höchst entzündlich, und liefert als Produkt des Verbrennens kohlenfaures Gas und Wasser. Treibt man seine Dämpfe durch ein glühendes Porcellanrohr, so zerfallen sie nach Caussüre in kohlenfaures Gas, und Sphärbildendes entzündliches Gas. Indessen kann man bis jetzt



den Weingeist nicht durch die Kunst aus seinen Bestandtheilen zusammen setzen.

Wird der Weingeist nicht von der weinigten Flüssigkeit, oder diese selbst nicht von der Hefe weggenommen, so tritt, besonders bey einer höhern Temperatur von 24 — 30° R eine neue Gährung ein, wobey abermals kohlensaures Gas ausgeschieden und zugleich Sauerstoff aus der Luft eingesogen wird. Ist diese Gährung auch vorübergegangen, so hat sich die weinigste Flüssigkeit in eine saure, den Essig, verwandelt, den man daher als einen gesäuerten Wein betrachten kann. Die Erfahrung lehret, daß manche Pflanzenstoffe, vorzüglich die vielen Schleim und Kleber enthaltenden, so wie die Pflanzensäure selbst, auch ohne weinige Gährung, sogleich in die Essiggährung übergehen. Beide Gährungen, sowohl die weinige, wie die saure, werden in den dazu fähigen Körpern schneller hervorgerufen, wenn man denselben ein ähnliches Gährungsprodukt, Hefe, Sauerteig oder nach neuern Beobachtungen auch nur kohlensaures Gas beymengt. Diese sogenannten Gährungsmittel (Fermente) scheinen theils durch das aus ihnen sich entbindende kohlensaure Gas und die damit verknüpfte innere Bewegung der Theile, theils durch die Anziehung der homogenen Stoffe auf die Bestandtheile der gährungsfähigen Körper auf ähnliche Weise zu wirken, wie ein bereits gebildeter Krystall auf eine krystallisirende Flüssigkeit.

Wird das Produkt der sauren Gährung, der Essig, nicht von seiner Hefe gesondert, und an kühlen Orten in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt, so tritt eine neue und zwar die letzte Stufe der Gährung, die Fäulniß, ein, wobey auffer kohlensaurem Gas, auch Stickgas, entzündliches Gas und zwar nach Beschaffenheit der faulenden Stoffe, bald gekohltes, bald Schwefel- und Phosphorhaltiges

Wasserstoffgas entbunden werden. Bey der Fäulniß thierischer Körper, welche nach dem Tode derselben in der Regel ohne eine bemerkbare weinige und saure Gährung sogleich eintritt, entwickelt sich auch viel Ammoniakgas. Ueberhaupt werden durch die Fäulniß, wenn den sich entwickelnden Gasarten freier Ausweg gestattet ist, alle feste und flüssige Bestandtheile zerlegt und größtentheils als gasartige Ausflüsse fortgeführt. Das sogenannte caput mortuum besteht aus wenigen kohlensauren, schwefel- und phosphorsauren, oder unter Umständen auch salpetersauren Erden.

Ausser den eben genannten drei Hauptgährungsarten giebt es noch mehrere von selbst erfolgende Entmischungsprocesse, wodurch die entferntern Bestandtheile der organischen und unorganischen Körper in andere Verhältnisse zusammentreten, die zum Theil noch nicht genau erforschet sind, und deren nähere Betrachtung mehr in das Specielle der Chemie gehöret.

---

---

## Neunter Abschnitt.

### Von der Wärme.

---

#### §. 180.

Unter der Wärme versteht man erstens das eigne Gefühl, welches ein heißer Körper in uns zu erregen vermag, zweitens die Ursache, welche einem Körper die Fähigkeit ertheilet, jenes Gefühl in uns zu erregen.

Aufrichtig zu gestehen, wissen wir von der wahren Beschaffenheit der Ursache, welche die Erscheinungen, die wir der Wärme zuschreiben, hervorbringt, wenig Gewisses. Man hat mehrere Hypothesen darüber aufgestellt, wovon eine der gangbarsten die folgende ist.

Die Wärme (der Wärmestoff, *caloricum*) ist eine eigne feine elastische Flüssigkeit ohne Schwere und bemerkbare Trägheit, welche von allen Körpern mehr oder weniger angezogen wird, und sich mit ihnen durch physische Adhäsion und chemische Verwandtschaft vereinigen und einen Bestandtheil derselben ausmachen kann, ohne ihr Gewicht zu vermehren. Im freien Zustande stossen sich die Theilchen



des Wärmestoffs zurück, und haben ein Bestreben sich strahlensförmig durch den Raum zu verbreiten, wie das Licht.

Nach einer andern Hypothese besteht die Wärme bloß in einer schwingenden Bewegung der Körpertheilchen, die selbst wieder durch eine schwingende Bewegung eines überall verbreiteten Aethers, in welcher man nach dieser Ansicht die Erregung und Verbreitung des Licht's sucht, hervorgerufen wird.

Der Hypothese von einem materiellen Wärmestoff scheint es nicht günstig zu seyn, daß man feste Körper, wie z. B. ein Stück Metall, durch schnelles Umdrehen unter einem aufdrückenden Reibzeug zu wiederholten mahlen bis zum Glühen erhitzen kann, ohne in dem Zustande des Körpers, oder den Erscheinungen des Versuchs eine bemerkbare Veränderung wahrzunehmen. Warum erschöpft sich der Vorrath an Wärmestoff unter diesen Umständen nicht? doch kann man hierauf antworten, die durch das Reiben frei werdende Wärme ist nur ein kleiner Theil des in dem Körper durch chemische Anziehung gebundenen Wärmestoffes, und kann denn bald von aussen her wieder ersetzt werden.

Dagegen gewähret die Oscillationstheorie wenig Befriedigendes über die wechselseitigen Beziehungen, welche zwischen dem Spiel der chemischen Wahlverwandtschaften und den Temperaturveränderungen der Körper wahrgenommen werden.

Die vorzüglichste Quelle aller Wärme auf der Oberfläche der Erde bleibt ohne Widerrede die Sonne, d. i. die von ihr ausgehenden, und die Erde treffenden Lichtstrahlen. Sind also Wärme und Licht identisch? Gibt es gleich phosphorische Erscheinungen ohne bemerkbare Wärme, und Wärmeentwickelungen ohne Licht: so ist doch so viel gewiß, daß jede zu einer gewissen Stärke gesteigerte Hitze leuchtend, so wie jedes in dunkeln Körpern sich verlierende Licht erwärmend wirkt. Daher müssen beide Kräfte einander nahe verwandt, die eine wohl nur eine Modification der andern seyn. Sollte das Licht die Ursache aller Expansion und die Wärme ein mit trägern, jedoch höchst fein und ausgedehntem Stoffe verbundnes, und dadurch fühlbar gewordnes Licht seyn? Oder enthält das Licht die Wärme als einen Bestandteil, von welchem es mehr oder weniger getrennt werden kann? Die letztere Meinung wird durch Her-

schels Versuche über wärmende, aber nicht leuchtende Strahlen, welche durch das Prisma aus dem Lichte gesondert werden können, unterstützt. Hiervon das Weitere in dem Abschnitt vom Lichte. Wenden wir uns nun von dem zweifelhaften hypothetischen zu dem gewissem, das ist den Gesetzen der Erscheinungen die uns die Wärme darbietet.

## Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

### §. 181.

Alle Körper werden durch die Wärme ausgedehnet, die festen am wenigsten, die flüssigen mehr, die elastischen am meisten. Wir können uns also die Wirkung der Wärme in den Körpern als einer ausdehnenden Kraft vorstellen. Besitzt diese Kraft in verschiednen Körpern gleiche Größe nach außen zu wirken, so schreiben wir den Körpern gleiche Temperaturen zu. Stellen wir uns die freie Wärme als eine strahlende Flüssigkeit vor, so dürfen wir das Gleichgewicht der Temperatur zwischen verschiednen Körpern, nur in einem sich wechselseitig compensirenden Austausch von Wärmestrahlen zwischen den Körpern suchen. Ist dieß Gleichgewicht zwischen zweien Körpern gestört, so gewinnt der kältere mehr als er an den heißen abgibt, und bey diesem verhält es sich gerade umgekehrt.

Man kann die Temperatur eines Körpers auch durch die Spannkraft der Wärme bezeichnen, sie drückt nicht die absolute Menge von Wärme in einem Körper aus, sondern nur deren Bestreben sich mit der Wärme des umgebenden Raumes ins Gleichgewicht zu setzen.

Von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme kann man sich durch sehr einfache Erfahrungen überzeugen, obgleich die genaue Messung derselben eigne Schwierigkeiten hat. Eine metallene Kugel, welche bey einer mittlern Temperatur genau in eine kreisrunde Oeffnung passt, wird erhitzt größer, und geht nicht mehr durch die Oeffnung. Hohl gläserne Kugeln

den, welche ein wenig specifisch leichter sind, als eine Flüssigkeit, worauf sie schwimmen, sinken in der Flüssigkeit unter, wenn man diese erwärmt, weil sich die Flüssigkeit stärker ausdehnt, als die in ihr eingetauchten festen Körper. Eine Platte, in deren Falten Luft steckt, fest zubunden, und gegen einen warmen Ofen, oder über ein mäßiges Kohlenfeuer gehalten, schwillt an, sinkt aber nach Vermittlung der Wärme wieder zusammen. Bey der genauen Messung der Ausdehnung der Körper durch die Wärme kommt es vorzüglich auf folgende Punkte an. Man muß erstens die Temperaturunterschiede genau angeben, zwischen welchen die Ausdehnung gemessen werden soll; ist diese Ausdehnung an sich klein, so müssen künstliche Vorrichtungen angebracht werden, um sie vergrößert messen zu können, welche Vorrichtungen selbst außerhalb des Einflusses der veränderlichen Temperatur gehalten werden. Hat man es endlich mit flüssigen Körpern zu thun, so kann man ihren Raum nur innerhalb Gefäßen beobachten, welche selbst durch die Wärme ausgedehnt werden, und man muß die Größe dieser Ausdehnung wissen, um sie zur beobachteten scheinbaren Ausdehnung der flüssigen Körper fügen zu können, damit man ihre wahre Ausdehnung erhalte.

### §. 182.

Die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme wird am besten an Stäben, von nicht zu kleiner Länge, auf folgende Weise beobachtet.

Es bezeichne  $AB$  Fig. 113 einen Stab, dessen Ausdehnung gemessen werden soll. Er stamme sich bei  $A$  gegen eine feste Unterlage, bey  $B$  wider den kurzen Arm eines beweglichen Winkelhebels  $BCD$ , dessen längerer Arm  $CD$  bey  $D$  an einem eingetheilten Gradbogen, oder noch besser, unter einem mit einem Mikrometer versehenen Mikroskop herspielet; so läßt sich die Bewegung des Zeigers  $CD$  mit großer Schärfe beobachten, und daraus und dem bekannten Verhältnisse der Hebelarme  $CB : CD$  auf die Verlängerung des Stabes  $AB$  schließen. Um diese Verlängerung für einen bestimmten Temperaturunterschied zu erhalten, ist es

am sichersten, den Stab der Länge nach zuerst in Wasser, das mit schmelzenden Schnee vermischt ist, zu legen, und nachdem man den Winkelhebel genau in Berührung mit B gebracht hat, das Wasser um den Stab bis zum Sieden bey einem Barometerstand von 28 Zoll zu erhitzen. Lavoisier und Laplace haben zu ihren Bestimmungen der Ausdehnungen der festen Körper einen ähnlichen Apparat gebraucht, wo der bewegliche Arm CD die Axe eines Fernrohrs drehete, das nach einem 100 Loisen entfernten Absehen gerichtet war. Hierdurch konnten die Veränderungen der 6 Fuß langen Stange AB bis auf  $\frac{1}{700}$  einer Linie gemessen werden.

Heißt die Länge eines festen Körpers bey der Eiskälte = 1 und die Zunahme der Länge für ein bekanntes Wachsthum der Temperatur =  $x$  (wo  $x$  vermöge der Erfahrung einen kleinen Bruch bezeichnet), so hat man Näherungsweise für den gleichen Temperaturunterschied

die Ausdehnung in der Fläche =  $2x$

die Ausdehnung im körperlichen Raume =  $3x$

weil, mit Vernachlässigung der höhern Potenzen von  $x$ ,

$(1 + x)^2 = 1 + 2x$

$(1 + x)^3 = 1 + 3x$  genommen werden kann.

### §. 183.

Die Ausdehnung einer Flüssigkeit durch die Wärme zu messen, wähle man eine gläserne Flasche von 1 — 2 Cubitzoll Inhalt (man bestimmt den Raum am sichersten durch Füllen und Abwägen mit Quecksilber).

Durch einen gut in die Oeffnung der Flasche passenden Pfropfen stecke man eine cylindrische Glasröhre von bekanntem Durchmesser, 1 — 2 Linien weit, und 10 — 20 Zoll hoch. Längst der Glasröhre befestiget man einen in Zollen und Linien getheilten Maßstab.

Füllet man die Flasche mit der Flüssigkeit, deren

Ausdehnung untersucht werden soll, an, und befestiget den Stopfen mit der Röhre in den Hals der Flasche, so wird die Flüssigkeit in der Röhre ansteigen. Man bestimme den Stand derselben in der Röhre an dem Maaßstabe, indem man die Flasche zuerst in eiskaltes Wasser setzt und darauf dieß nach und nach bis zur Siedhize erwärmt. Es ist zweckmäßig, neben der Glasröhre ein feines Thermometer durch den Stopfen in die Flasche gehen zu lassen, um sich von der Temperatur der Flüssigkeit in der Flasche genau zu versichern. Zu der so gemessenen Ausdehnung der Flüssigkeit muß die Ausdehnung des Glases gefüget werden, um die absolute Größe der Ausdehnung zu erhalten. Statt des beschriebenen Verfahrens kann man auch die Ausdehnungen der Flüssigkeiten finden, wenn man ihre Dichte bey verschiedenen Temperaturen durch das Aräometer bestimmt, und dabey auf die Ausdehnungen des Aräometers gehörige Rücksicht nimmt.

#### §. 184.

Um die Ausdehnungen gasartiger Flüssigkeiten durch die Wärme zu bestimmen, scheint mir folgendes Verfahren eins der zweckmäßigsten zu seyn.

An einen Glaszylinder ab Fig. 114 von bekanntem Durchmesser und Inhalt (etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll weit, 3 Zoll hoch) schmelze man eine Barometerrohre an, deren Durchmesser man ebenfalls gemessen hat, und biege sie nach bcdg heberförmig um. Es ist gut, die obere Oeffnung des Cylinders a vor der Schmelzlampe etwas zu verengern, damit man sie desto fester durch einen Propfen, durch den man vorher die Röhre eines feinen Thermometers tt gesteckt hat, luftdicht verschließen könne. Der Cylinder wird von unten her durch eine hinlänglich weite Oeffnung in den Boden des blechernen Gefäßes AAAA eingeschoben, und vermittelst



eines durchschnittenen Propfens festgehalten und verküttet. Ist dieß geschehen, so sperret man die Luft oben durch den Propfen, unten durch eine Säule von trockenem Quecksilber  $e d c b$  von der Atmosphäre  $a b$ , bringt Wasser von einer gegebenen Temperatur, z. B. der Eiskälte, in das Gefäß  $A A$ , und bemerkt die Stelle  $e$ , wo sich das Quecksilber in der Barometerrohre befindet; hierauf vertauschet man das kalte Wasser mit warmem, und bezeichnet den Punct  $f$ , wenn das Ansteigen der Quecksilbersäule beendigt und das in dem Gas eingeschlossene Thermometer  $t$  zum Stillstand gekommen ist. Heißt die gemessene Höhe  $e f = h$  und der zu gleicher Zeit beobachtete Barometerstand  $= b$ , so erhält man für die scheinbare Vermehrung der Spannkraft der Luft den Ausdruck  $\frac{b + h}{b} = 1 + \frac{h}{b}$ . Es be-

darf aber diese Größe einer doppelten Verbesserung. Es muß 1) die Höhe  $h$  wegen des Sinkens des Quecksilberspiegels  $b b'$  um die Größe  $\frac{h}{q}$  vermehret werden, wenn  $q : 1$  das Verhältniß des Querschnitts des Cylinders zur Rohre bezeichnet, die so vermehrte Höhe  $h + \frac{h}{q}$  sey  $= h'$ .

2) hat sich die Luft aus dem Raume  $a b$  in den  $a b'$  ausgebehnt; hätte diese Ausdehnung nicht statt gefunden, so würde die Spannkraft in dem Verhältnisse  $a b' : a b$  größer beobachtet worden seyn. Dieß giebt für die eigentliche Vermehrung der Spannkraft der Luft  $(1 + \frac{h'}{b})$

$\frac{a b'}{a b}$ , welche Größe endlich noch um die Ausdehnung des Glases vermehret werden muß, um die wahre Ausdehnung der Luft durch die Wärme zu finden.

Die von Gay Lüssac eingeschlagne Methode die Ausdehnungen der Gasarten zu messen, findet man umständlich beschrieben in Biots Physik 1. Thl. worauf wir unsre Leser verweisen.

**Ausdehnungen**  
einiger festen Körper nach der Länge von der Eiskälte bis zur Siedhize größtentheils nach Lavoisier und La Place, die Länge bey der Eiskälte = 1 gesetzt.

| Körper.                          | Ausdehnung.             | Beobachter.      |
|----------------------------------|-------------------------|------------------|
| Zinn . . . . .                   | 0,002960                | Smearon          |
| Blei . . . . .                   | 0,00284836              | Lavois. La Place |
| Eisen { geschmiedet . . . . .    | 0,00122045              | .                |
|                                  | Drath . . . . .         |                  |
| Flintglas { englisches . . . . . | 0,00081166              | .                |
|                                  | französisches . . . . . |                  |
| Glasröhren . . . . .             | 0,00087572              | .                |
| Spiegelglas . . . . .            | 0,00089089              |                  |
| Gold { geschmiedetes . . . . .   | 0,00146606              | .                |
|                                  | pariser Probe . . . . . |                  |
| Kupfer . . . . .                 | 0,00171733              | Borda            |
| Messing . . . . .                | 0,00187821              |                  |
| Platina . . . . .                | 0,00085655              |                  |
| Silber (Kapellen S.) . . . . .   | 0,00190974              |                  |
| Stahl (gehärtet) . . . . .       | 0,00123956              |                  |
|                                  | (ungehärtet) . . . . .  |                  |
| Binn (englisches) . . . . .      | 0,00127298              |                  |

Die Ausdehnungen der festen Körper innerhalb den angegebenen Temperaturgränzen sind nahe gleichförmig, aber in höhern Temperaturen wachsend. Wenigstens ist dieß für einige, namentlich Eisen, Kupfer, Platina, Glas, durch die Erfahrung bewiesen. Nimmt man die Ausdehnung der Luft durch die ganze Scale des Thermometers für gleichförmig, so entsprechen nach Dulong und Petit (Gilb. Annal. 1818 3. St.)

291,77° d. Lufttherm. = 300° der Quecksilbertherm.

300° d. Quecksilbertherm. = 310° eines Metallthermometers aus Kupfer und Platina.

### Ausdehnungen einiger Flüssigkeiten von der Eiskälte bis zur Siedhize

|             |         |                 |
|-------------|---------|-----------------|
| Wasser      | 0,0466  | Biot            |
|             | 0,0454  | Schmidt         |
| Quecksilber | 0,0180  | Dulong u. Berit |
|             | 0,0185  | Deluc           |
|             | 0,01745 | Schmidt         |
| Weingeist   | 0,12548 | Biot            |

Die Ausdehnungen der Flüssigkeiten sind im Allgemeinen sehr wachsend und bey manchen, wie bey dem Wasser, liegt der Punct der größten Dichte dießseits des Frierpunct's. Nach meinen ältern und neuern Versuchen, womit die S. 76 angeführten Beobachtungen Hallströms zu vergleichen sind, finde ich für Wasser folgende Ausdehnungen:

|          |   |         |       |   |         |
|----------|---|---------|-------|---|---------|
| 0° Reaum | — | 1,00000 | 60° R | — | 1,02633 |
| + 2,3    | — | 0,9992  | 70°   | — | 1,03481 |
| 10°      | — | 1,00039 | 80°   | — | 1,04546 |
| 20       | — | 1,00351 |       |   |         |
| 30       | — | 1,00967 |       |   |         |
| 40°      | — | 1,01243 |       |   |         |
| 50°      | — | 1,01849 |       |   |         |

Für die mittleren Temperaturen von 15° — 30° Reaum fand ich die Ausdehnungen von

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| Wasser        | 0,01328                    |
| Weingeist     | 0,03973 (0,827 spec. Gew.) |
| Eherpentinöl  | 0,03708                    |
| Baumöl        | 0,03017                    |
| Scheidewasser | 0,0246 (1,17 spec. Gew.)   |
| Nitriolöl     | 0,0234 (1,89 spec. Gew.)   |

Wie man aus der bekannten Ausdehnung zweier Flüssigkeiten (z. B. Wasser und Weingeist) die Ausdehnung ihrer Mischung finden könne, ist S. 79 gezeigt worden.

### Ausdehnung der Gase (und der Dämpfe so lange diese sich nicht zersetzen) von der Eiskälte bis zur Siedhize

0,375 nach Gay Lussac den Raum bey der Eiskälte = 1  
gesetzt.

Sucht man den Raum  $x$  eines Gases für eine beliebige Temperatur des hunderttheiligen Thermometers  $= t$ , so erhält man

$$x = (1 + 0,00375 t) a$$

wenn  $a$  den Raum bey der Eiskälte bezeichnet, umgekehrt

$$a = \frac{x}{1 + 0,00375 t}$$

Für eine andere Scale z. B. die reaumürsche erhält man

$$x' = \left( \frac{1 + 0,375 t'}{80} \right) a = (1 + 0,0047 t') a = \left( 1 + \frac{t'}{213} \right) a$$

$$a = \frac{x'}{1 + 0,0047 t'} = \frac{213 x}{213 + t'}$$

## Von den Thermometern.

### §. 185.

Unter einem Thermometer versteht man ein Werkzeug, welches durch die Ausdehnung einer in ihm enthaltenen Flüssigkeit die Spannkraft der Wärme in dem umgebenden Mittel, das ist die Temperatur, zu erkennen giebt. Von einem guten Thermometer fordert man, daß es nicht bloß empfindlich sey, sondern daß auch die Grade des Thermometers den Unterschieden der Temperaturen proportional bleiben, und endlich, daß die Angaben verschiedner Thermometerstände unter einander vergleichbar seyen.

Nach mehreren Untersuchungen, die wir vorzüglich De Lüc verdanken, sind die Naturforscher bey dem Quecksilber als der besten thermometrischen Flüssigkeit stehen geblieben. Zu festen Puncten der Thermometerscale, von welchen aus die Eintheilung bestimmt wird, hat man die Wärme des aufthauenden Eises, und den Siedepunct des Wassers gewählt; letzteren bey einem bestimmten Barometerstand von

28'' p. M. = 30'' engl. = 0,76 Meter = 30,4'' hess. Maas. Der Zwischenraum der festen Punkte kann auf verschiedne Weise eingetheilet werden. Die jetzt üblichsten Thermometerscalen sind folgende:

1) die 100theilige nach Celsius oder die Neufranzösische Scale, wo der Eispunkt mit 0, der Siedpunkt mit 100

2) die 80theilige oder Reaumurische, wo der Eispunkt mit 0°, der Siedpunkt mit 80° bezeichnet wird.

3) Die Fahrenheit'sche Scale. Bey letzterer wird der Zwischenraum der festen Punkte in 180 gleiche Theile getheilet, von diesen 32 unter den Eispunkt getragen, hier Null hingeschrieben, bey den Eispunkt 32, bey dem Siedpunkt 212.

Diejenigen Grade der Thermometerscale, welche unter den Nullpunkt fallen, heißen negative Grade. Man kann auch, wenn es der Raum erlaubt, Grade über den Siedpunkt des Wassers hinauf bis zum Siedpunkt des Quecksilbers tragen, wodurch die Thermometerscale die 3fache Ausdehnung der gewöhnlichen erhält. Es ist leicht eine Angabe einer der drei Thermometerscalen in die andere zu verwandeln, wenn man folgendes bemerkt, wobey wir die Grade der drei Scalen mit c, r, f bezeichnen.

$$\text{Da } 100 \text{ c} = 80 \text{ r}$$

$$10 \text{ c} = 8 \text{ r}$$

$$5 \text{ c} = 4 \text{ r}$$

so hat man  $\frac{4}{5} \text{ C} = \text{R}$ , wenn R die Menge der reaurmürischen Grade bezeichuet, welche = C sind, und umgekehret  $\frac{5}{4} \text{ R} = \text{C}$ .  $\text{z. B. } \text{C} = 25; \text{ R} = 20$ .

$$\text{Ferner, weil } 100 \text{ c} = 180 \text{ f}$$

$$10 \text{ c} = 18 \text{ f}$$

$$5 \text{ c} = 9 \text{ f}$$

das Null der Fahrenheit's aber  $32^{\circ}$  unter dem Null von C liegt, so erhält man  $C = (F - 32) \frac{5}{9}$   
oder  $\frac{9}{5} C + 32 = F$ .

$$\text{Desgleichen } 80 r = 180 f$$

$$8 r = 18 f$$

$$4 r = 9 f$$

$$\text{daher } (F - 32) \frac{5}{9} = R$$

$$\frac{9}{5} R + 32 = F$$

z. B.  $F = 86$  giebt  $C = 30$ ,  $R = 24$ .

Zur schnellen Vergleichung der drei Thermometerscalen dienet Fig. 115.

Für die Anfertigung guter Thermometer bemerke man folgende Vorschriften.

Man wähle dazu gut calibrirte Glasröhren, d. i. solche, worin ein Quecksilbertropfen eingebracht überall gleiche Länge zeigt. An das eine Ende einer solchen Glasröhre bläset man vor der Schmelzlampe eine Kugel von schicklicher Größe, damit die Scale des Thermometers die gehörige Länge erhalte. Um die Größe des Durchmessers der Kugel im voraus überschlagen zu können, dienet die Formel  $D = \sqrt[3]{\left(\frac{6ad^2}{4e}\right)}$  wo  $a$

den Abstand des Eispoints vom Siedpunkt,  $d$  den Durchmesser der Röhre,  $e$  die Ausdehnung des Quecksilbers bezeichnen. Wäre z. B.  $d = 0,01$  Zoll,  $a = 10$  Zoll,  $e = 0,018$ , so findet sich  $D = 0,44$  Zoll.

Ist das Gefäß zubereitet, so schreitet man zum Füllen mit Quecksilber. Vorgängig muß das Glas wohl ausgetrocknet werden, darauf bindet man an das offene Ende der Röhre, welches vor der Lampe zu einer Spitze ausgezogen worden ist, einen Trichter B Fig. 116 von Papier, der etwas mehr Quecksilber fasset als zur Füllung der Kugel und der Röhre des Thermometers nöthig ist. Den Trichter füllet man mit dem reinsten Quecksilber, am besten solchem, welches vorher überdestillirt worden ist, und erwärmt darauf die Kugel A (Fig. 116) über der Flamme einer Lampe oder einem Kohlenfeuer, so stark als das Glas ohne weich zu werden verträgt; zieht man darauf die Kugel von dem Feuer zurück, so tritt, statt der ausgetriebenen Luft Quecksilber in dieselbe. Dieses Quecksilber bring

man allmählich ins Kochen und erhält es eine Zeitlang darin, Durch die Dämpfe des siedenden Quecksilbers wird alle Luft und Feuchtigkeit aus dem Innern der Kugel und der Röhre hinausgetrieben. Zieht man darauf abermals die Kugel vom Feuer zurück, so füllet sich gewöhnlich der ganze Raum der Kugel und Röhre mit Quecksilber; gegentheils muß das Verfahren wiederholt werden. Ist dieß geschehen, so nimmt man den Trichter weg und treibt durch gelindes Erwärmen so viel Quecksilber zur Röhre hinauf, damit nach einer vorgängigen Prüfung der Eis- und Siedpunct an eine schickliche Stelle zu liegen komme; darauf treibt man die Quecksilbersäule abermals durch Erwärmung der Kugel bis zur Oeffnung an die Spitze und schmelzt diese in demselben Augenblicke zu. Jetzt ist das Thermometer im Innern des Quecksilbers und über demselben luftleer. Nun müssen die festen Puncte genau bestimmt und die Scale darnach eingetheilt werden. Die Bestimmung des Eis- und Siedpunct's hat keine Schwierigkeiten, man senkt das Thermometer bis an denselben in schmelzenden Schnee der mit etwas Wasser gemischt ist, und zeichnet den Punct, wenn die Quecksilbersäule nicht mehr sinkt. Den Siedpunct bestimmt man bey dem Normalbarometerstand in einem hohen Gefäß von Bleey, in welchem die Kugel A in kochendem Wasser eingetaucht, der übrige Theil der Röhre aber in dem vom Wasser aufsteigenden Dampf eingesenkt erhalten wird. Damit man von den aufsteigenden Dämpfen am Zeichnen des Siedpunct's nicht gehindert werde, leitet man die Dämpfe durch eine seitwärts angebrachte Oeffnung ab, indessen die obere Oeffnung des Gefäßes durch einen hölzernen Deckel geschlossen wird, durch welchen bloß die Röhre des Thermometers, so weit es nöthig ist den Siedpunct anzuzeichnen, hervorragt. Hätte man den Abstand  $a b$  vom Eis- zum Siedpunct bey einem andern Barometerstand als dem normalen bestimmt, so findet man den verbesserten Abstand  $a b'$  durch das Verhältniß  $100 \mp d : 100 = a b : a b'$  wo  $d$  den Unterschied zwischen dem normalen und beobachteten Barometerstand bezeichnet.

Sind die festen Puncte bestimmt, so wird die Scale darnach verzeichnet. Wer mit der Kunst durch Flußsäure in Glas zu äßen umzugehen weiß, zeichnet und äßt die Theilung am besten auf die Thermometer-Röhre ein. Sonst kann man auch die Scale auf ein starkes Papier zeichnen, solches cylindrisch umbiegen und in einen gläsernen Cylinder schieben, den man vorher unten zugeschmolzen hat, und nach eingeschobe-

ner Scale auch oben zuschmelzt. Das Thermometer wird dann so an der Scale befestiget, daß die fixen Punkte der Eintheilung und der Röhre mit einander treffen. Man sehe Fig. 117. Scales auf Holz oder Messing gezeichnet sind zu gewöhnlichen Beobachtungen auch brauchbar, jedoch muß die Thermometerkugel wenigstens einen Zoll von dem festen Körper der Scale entfernt bleiben.

Es ist nöthig, bey einem Thermometer, das zu sehr genauen Beobachtungen bestimmt ist, von Zeit zu Zeit den Eis-punct aufs neue zu prüfen, weil die Erfahrung gezeigt hat, daß dieser Punct bey alten Thermometern etwas höher zu liegen kommt. Diese sonderbare Erscheinung erkläret sich am befriedigendsten aus dem Druck der Luft auf die Kugel des inwendig luftleeren Thermometers, wodurch der Raum der Kugel mit der Zeit etwas verkleinert wird.

Zu manchen Beobachtungen sind Thermometer mit langen und dünnen cylindrischen Gefäßen, denen mit kugelförmigen vorzuziehen. Ein geschickter Glasblaser kann die eine Hälfte einer Kugel, wenn er sie in der Flamme der Lampe stärker erhitzt als die andere, und schnell die Luft einsaugt, durch den Druck der Atmosphäre in die andere Hälfte hineintreiben lassen. Hierdurch entstehen Thermometer mit Schalenförmigen Gefäßen (Fig. 118), welche zu chemischen Versuchen sehr bequem sind.

#### §. 186.

Da die Luft eine so große und gleichförmige Ausdehnung durch die Wärme hat, so war es natürlich, die Luft selbst als thermometrische Flüssigkeit zu gebrauchen. Da man indessen die Bewegung der Luft, wegen ihrer Durchsichtigkeit nicht wahrnehmen kann, so muß man dieselbe wieder auf eine andere Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, wirken lassen, welches durch die Ausdehnung der Luft entweder in einer horizontalen Röhre fortgeschoben, oder durch die vermehrte Spannkraft der Luft in einer verticalen Röhre angehoben wird. Hierdurch werden die Angaben des Luftthermometers zusammengesetzter Art, und sein Gebrauch



minder bequem. Dieß wird mich entschuldigen, wenn ich mich hier nicht umständlich darüber verbreite.

Ein empfindliches Thermoscop, nach Umständen, das empfindlichste was man bis jetzt kennt, kann auf folgende Art zugerichtet werden.

Man wähle eine 20 — 24 Zoll lange Glasröhre, die 1 — 1½ Linien Durchmesser der Oeffnung hat, blase an beide Enden derselben zwei ungefähr 1 Zoll weite Kugeln a, b, und in einiger Entfernung von denselben zwei kleinere c und d, gebe dann dem Ganzen die Biegung wie Fig. 119 zeigt. Die Kugel a denken wir uns vorerst mit einer offenen Spitze versehen. Bringt man durch die Oeffnung einen Quecksilbertropfen xy mitten in die Röhre cd, und verschliesst darauf die Oeffnung der Kugel a, so hat man ein zu vielen Zwecken sehr brauchbares und empfindliches Luftthermometer. Der Tropfen xy wird sich nach der Seite a, oder b hinbewegen, je nachdem die Spannkraft der Luft durch die Wirkung der Wärme in b oder a größer ist. Die kleinern Kugeln c und d verhindern, daß der Quecksilbertropfen bey großer Ueberwucht von Spannkraft auf der einen oder andern Seite nicht ganz in das Gefäß a oder b getrieben werde, sondern sich in c oder d verweile, bis durch Uebertritt der Luft von einer Kugel zur andern sich die Spannkraft wieder ins Gleichgewicht gesetzt hat.

Dieß ist indessen nicht das oben erwähnte höchst empfindliche Thermoscop. Vielmehr wird dieses auf folgende Art verfertigt. Nachdem das Gefäß, wie beschrieben, zugerichtet worden ist, so treibe man durch Erwärmung einen Theil der Luft heraus, und fülle es dagegen mit höchst gereinigtem Weingeist, oder Schwefelnaphtha, lasse die Flüssigkeit nach b treten, und bringe sie ins Kochen. Sobald

die Dämpfe derselben mit Hestigkeit zur Spitze a herauf-  
fahren, verschließe man diese hermetisch, und vertheile  
dann die zurückgebliebene Flüssigkeit in beide Gefäße a und  
b, und bringe eine kleine Säule derselben xy in die Röhre  
ed, welches durch Umdrehen des Apparats leicht geschehen  
kann. Auf diese Weise hat man aus dem innern Ranne  
des Thermosopes alle Luft hinweggeschafft, welcher dagegen  
mit Dämpfen von Weingeist oder Schwefel-Naptha erfüllt  
ist, die durch die geringste Temperaturänderung auf der  
einen oder andern Seite der Gefäße a, b den Tropfen xy  
in Bewegung setzen. Um an den Bewegungen von xy  
entsprechende Temperaturunterschiede zu finden, bringe man  
die bewegliche Säule xy durch eine geringe Neigung der  
Röhre ed, auf eine Seite, z. B. nach d. Nachdem alles  
zur Ruhe gekommen, und man sich überzeugt hat, daß in  
a und b gleiche Temperaturen herrschen, tauche man a in  
eine um wenige Grade kältere, oder b in eine wärmere  
Flüssigkeit, und bemerke die Größe der Bewegung welche  
xy annimmt. An einem Exemplar, welches ich vor mir  
habe, macht ein Grad R den Tropfen xy durch die  
ganze Länge der Röhre  $d_0 = 25$  Zoll laufen, daher giebt  
 $\frac{1}{100}$  Grad noch  $\frac{1}{4}$  Zoll Bewegung. Man hat diesem  
Werkzeug den Namen Differentialthermometer beygelegt.  
Ich habe es früher gekannt und beschrieben als Rumford  
von dem es den Namen trägt.

Die folgende Tafel enthält einige merkwürdige durch  
das Thermometer beobachtete Temperaturen.

---

**Verzeichniß einiger merkwürdigen Wärmegrade nach der Centesimal- und Reaumurischen Scale.**

|                                                                 | C.                 | R.                |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Nordhäuser Nitriolöl frieret bey                                | — 50               | — 40              |
| Schwefeläther frieret . . . . .                                 | — 44               | — 35              |
| Quecksilber frieret . . . . .                                   | — 40               | — 32              |
| rauchende Salpetersäure frieret . .                             | — 40               | — 32              |
| größte Winterkälte (in Gießen beob.)                            | — 27 $\frac{1}{2}$ | — 22              |
| Burgunderwein frieret . . . . .                                 | — 7                | — 5 $\frac{1}{2}$ |
| Wasser frieret oder Eis schmilzt. .                             | — 0                | 0                 |
| Baum- und Rübböl werden zähe .                                  | + 3                | + 2 $\frac{1}{2}$ |
| <b>Siedhitzen.</b>                                              |                    |                   |
| Schwefeläther siedet bey 28'' Bar.st.                           | + 39               | + 31              |
| Schwefelkohlenstoff siedet . . . . .                            | + 45               | + 36              |
| Alkohol . . . . .                                               | + 79               | 63                |
| Milch siedet . . . . .                                          | + 99               | 79                |
| Wasser siedet . . . . .                                         | + 100              | + 80              |
| Zherpentinöl siedet . . . . .                                   | + 100—150          | + 80—102          |
| Nitriolöl siedet . . . . .                                      | + 285              | + 228             |
| Quecksilber siedet (n. Heinrich) . .                            | 356                | 285               |
| — — — — (n. Erichton) . . . . .                                 | 346                | 277               |
| Blutwärme . . . . .                                             | + 36               | + 29              |
| größte Sommerwärme (zu Gießen im Schatten beobachtet) . . . . . | + 32 $\frac{1}{2}$ | + 26              |
| <b>Schmelzhitze.</b>                                            |                    |                   |
| Butter schmilzt bey . . . . .                                   | + 30               | + 24              |
| Wallrath . . . . .                                              | + 42 $\frac{1}{2}$ | 34                |
| Hammelstalg . . . . .                                           | + 51               | 41                |
| Wachs . . . . .                                                 | + 60               | 48                |
| schwarzes Pech . . . . .                                        | + 77               | 61 $\frac{1}{2}$  |
| Schwefel . . . . .                                              | — 106              | 91                |
| Zinn . . . . .                                                  | 143                | 114               |
| Bley . . . . .                                                  | 178                | 142               |
| Zink . . . . .                                                  | 234                | 187               |
| Kupfer . . . . .                                                | 1608               | 1286              |
| Silber . . . . .                                                | 1653               | 1322              |
| Gold . . . . .                                                  | 1835               | 1468              |
| Eisen . . . . .                                                 | 7577               | 6062              |
| Platina . . . . .                                               | 8124               | 6500              |

Nach Cloué (Transact. of th. Americ. Phil. Socety V. I. 1818) stehen die Schmelzhigen der Metallen im zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Cohäsionskraft und ihrer Dichten.

---

## Von den Gesetzen der Bewegung der freien Wärme und den davon abhängenden Temperaturänderungen.

### §. 187.

Nachdem wir die Werkzeuge die Spannkkräfte der Wärme zu messen, d. i. die Thermometer kennen, so ist es thunlich, die Gesetze der Bewegungen der freien Wärme näher zu bestimmen. Hier bieten sich Erfahrungen dar, welche uns dreierlei Arten der Fortpflanzung der Wärme zu erkennen geben:

- 1) durch freie Strahlung;
- 2) durch Mittheilung von einem Körpertheilchen (Molecul) zum andern;
- 3) durch Strömungen ungleich erwärmter flüssiger Mittel, welches man das Fortführen der Wärme nennen könnte.

Daß eine freie Strahlung der Wärme, wie des Lichts, Statt finde, dafür sprechen folgende Erfahrungen. Ein empfindliches Thermometer steigt in demselben Augenblick wie es von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Die Wirkung ist so schnell, daß hierbey an keine andere Fortpflanzung der Wärme, als Strahlung, zu denken ist. Eine ähnliche momentane Strahlung findet auch bey der nicht leuchtenden Wärme, obwohl im mindern Grade, Statt. Man nähere sich im Winter einem geheizten Ofen, so wird man schon in bedeutender Entfernung die Wirkung der strahlenden Wärme empfinden, welches auffallender wird, wenn man einen Schirm von Papier abwechselnd vor das Gesicht

hält und wieder wegzieht. Noch besser belehret uns folgender Versuch Pictet's über die Wirkungen der strahlenden Wärme.

A, B Fig. 120 seyen zwei Brennspiegel so gegen einander über gestellt, daß ihre Axen und ihre Brennpuncte  $f$ ,  $F$  in eine gerade Linie  $AB$  fallen. Bringt man in  $f$  ein Thermometer (ein empfindliches Luft-, oder das Differential-Thermometer eignet sich vorzüglich) und in  $F$  einen heißen Körper (eine mit heißem Wasser oder Sand gefüllte oder erhitzte Metallkugel), so wird das Thermometer in  $f$  alsbald steigen, und eben so schnell wieder sinken, wenn man zwischen  $B$  und  $F$  einen die Wärmestrahlen auffangenden Schirm  $CC$  hält, wozu ein Blatt Papier hinreicht. Die Strahlung geht nämlich von  $F$  aus divergent nach dem Spiegel  $B$ , von da parallel mit der Axe nach dem Spiegel  $A$  und von hier convergent nach dem Brennpunct  $f$ . Eigentlich findet auch eine Strahlung der Wärme von  $f$  nach  $F$  in verkehrter Ordnung Statt, da aber diese an Intensität sehr viel geringer ist, so setzen wir sie, der einfachern Darstellung wegen, bey Seite. Setzt man in  $F$  statt eines heißen Körpers einen sehr kalten, z. B. eine Mischung von Schnee und Salmiak, so fällt das Thermometer in  $f$ , und steigt wieder durch den vorgehaltenen Schirm  $CC$ . Es erklärt sich alles eben so leicht, wenn man nun die Thermometerkugel als den heißen Körper, von welchem die Strahlung von größerer Intensität ausgeht, betrachtet.

#### §. 188.

So wie die Beschaffenheit der Oberfläche der Körper einen großen Einfluß auf die Ein- und Durchlassung oder Zurückstrahlung des Lichtes hat, so äussert sie einen

nicht geringern Einfluß auf die strahlende Wärme. Man nehme zwei metallene Becher von völlig gleicher Beschaffenheit, überziehe aber die Oberfläche des einen mit Tusche, oder lasse sie mit Lampenruß anlaufen, fülle dann beide Becher mit warmem Wasser von gleicher Temperatur, bringe in jeden ein empfindliches Thermometer, hänge die Becher neben einander in einem geräumigen Zimmer auf, und beobachte die Erkältungszeiten, während welcher die Thermometer in beiden Bechern gleiche Verminderungen der Temperaturen anzeigen: so wird man die Erkältungszeiten für den außen geschwärzten Becher bedeutend kleiner finden. Zum Beweis daß die Wärme durch die schwarze und rauhe Oberfläche leichter ausstrahlet, als durch die metallisch glänzende, welche sie nach innen reflectiret. Dieser Versuch Rumfurd's läßt sich auf mancherlei Weise abändern, führet aber immer darauf hin, daß rauhe, matte und dunkle Oberflächen die Wärme leichter ein- und durchlassen, dagegen glatte und metallisch glänzende sie besser zurückstahlen.

Man belege eine Glastafel zur Hälfte mit Staniol, und halte sie mit der belegten Seite gegen einen heißen Körper, so wird nach einiger Zeit die unbelegte Hälfte von hinten mit dem Finger berührt sich wärmer anfühlen, als die belegte Hälfte. Kehret man aber die Glastafel um und hält die nicht bedeckte Seite nach dem Feuer, so ist die ungleiche Erwärmung gerade die entgegengesetzte von der vorher beobachteten.

Von dieser Eigenschaft der Oberflächen in Beziehung auf die Strahlung der Wärme kann man practischen Nutzen ziehen, je nachdem man in einem Orte die Wärme zurückhalten, oder von da aus verbreiten will. Im ersten Falle soll die Oberfläche glatt und glänzend, im andern rauh und dunkel seyn.

Aus der Wirkung der strahlenden Wärme erkläret sich die

große Erhitzung der Luft über ausgedehnten Sandwäldern und überhaupt die höhere Temperatur der Luft über dem festen Lande, gegen die über dem Meere zur heißen Jahreszeit. Es erklärt sich hieraus die größere Kälte zur Nachtzeit bey heiterem Himmel als bey bedecktem, und, was eine Folge davon ist, der stärkere Thaufall in heitern Nächten als bey trübem Himmel. Desgleichen, warum die leichteste Bedeckung nach Oben, einigen Schutz gegen Kälte gewähret.

### S. 189.

Die Menge von Wärme, welche ein Körper in einem gegebenen Zeitmoment ausstrahlet, wird von folgenden Größen abhängen: 1) von dem Temperaturunterschied des Körpers und des umgebenden Mittels; 2) von der Größe der Oberfläche des Körpers; 3) von der Wärme leitenden Kraft, und endlich 4) in so fern man die Strahlung nach einer bestimmten Richtung von einem Element der Oberfläche nach einem andern betrachtet, von dem Sinus des Ausstrahlwinkels.

Aus dem 1ten Satz, daß die in einem gegebenen Zeitelement ausstrahlenden Wärmemengen den Ueberschüssen der Temperatur des heißen Körpers proportional bleiben, folget, daß sich die Erklärungszeiten zweier ungleich heißen Körper, von sonst gleicher Beschaffenheit, in einem umgebenden Mittel von gleichbleibender Temperatur, wie die Unterschiede der Logarithmen, der Temperaturen, der heißen Körper und des umgebenden Mittels verhalten. Desgleichen, daß die in gleichen Zeiten ausstrahlenden Wärmemengen eines allmählig sich erkältenden Körpers, Glieder einer abnehmenden geometrischen Reihe sind. Daher erkaltet ein heißer Körper von bedeutendem Umfange immer langsamer, je näher seine Temperatur der des umgebenden Mittels kommt.

Aus dem 3ten Satz folgt, daß die Erkältungs- oder Erwärmungsgesetz ähnlicher Körper z. B. Kugeln von ungleicher Größe, sonst gleicher Beschaffenheit, sich wie die Durchmesser verhalten. Den 4ten Satz haben Fourrier und Poisson aus der Erfahrung abgeleitet, daß die Temperatur innerhalb eines gegebenen Raumes sich gleichförmig verbreitet, die Größe und Begrenzung des Raumes mag beschaffen seyn wie sie will. Aus ihm folgt wieder, daß ein Körper durch eine ihn umgebende Begrenzung, von welcher Gestalt sie sey, eben so viel strahlende Wärme empfängt oder verliert, als er erhalten oder verlieren würde von einer Kugelfläche, die man sich mit einem Halbmesser von beliebiger Größe =  $r$  um ihn beschrieben denkt.

Sehr gründliche und belehrende Versuche über die Erkältung der Körper durch Strahlung und Mittheilung der Wärme im leeren Raume und den Gasarten haben Dulong und Petit angestellt. Sie fanden einige Abweichungen von dem oben unter No. 1 angeführten Newtonschen Gesetz, das streng nur für geringe Temperaturunterschiede gelte. Im leeren Raume, wo bloß Strahlung ohne Mittheilung Statt findet, nehmen die Erkältungsgeschwindigkeiten ab, wie die Glieder einer geometrischen Progression, vermindert um eine beständige Größe, wenn die Temperaturüberschüsse eine arithmetische Reihe darstellen. Der Exponent der geometrischen Reihe ist für alle Körper derselbe und 1,0077 für jeden Grad C.

Fourrier und Poisson haben über die Gesetze der strahlenden Wärme, und die daraus folgende Vertheilung der Wärme scharfsinnige mathematische Betrachtungen angestellt, auf welche wir hier nicht eingehen können. Siehe *Annales de Chimie et de Phys.* 1824. 25. Auch Poggendorfs *Annalen* 1824. 12. St.

### §. 190.

Berührt man einen heißen Körper mit einem kalten, z. B. die erwärmte Kugel eines Thermometers mit dem



Flager, so verliert der heiße Körper schnell von seiner Wärme, und theilet sie dem kalten mit. Dieß heißt die Fortpflanzung der Wärme durch Mittheilung. Die Größe des Gewinnes und Verlust's zwischen zwei Körpern in einem bestimmten Zeitraum richtet sich nach der Menge der Berührungspuncte, also der Größe der Oberfläche und der Dichte der Körper, zugleich aber auch nach dem eigenen Verhalten der Körper gegen die Wärme, welches wir unter dem Namen der specifischen Wärme näher kennen lernen werden.

Zwei Körper von gleicher Temperatur nach dem Thermometer, aber von sehr ungleicher Dichte, fühlen sich ungleich warm an, der dichtere heißer, der lockere minder heiß.

Verschiedne Körper dem Sonnenlichte ausgesetzt erwärmen sich ungleichmäßig, desto mehr je geringer ihre zurückstrahlende und je größer ihre Wärme einlassende Kraft ist.

Nach Beobachtungen, die man am 5ten Junius 1822 zu Mittag in Plymouth angestellt hat, zeigte ein Quecksilberthermometer

|                   |   |   |   |      |            |
|-------------------|---|---|---|------|------------|
| frei im Schatten  | • | • | • | 84°  | Fahrenheit |
| in der Sonne      | • | • | • | 92½° | —          |
| an einer Gipswand | • | • | • | 93°  |            |
| an Kalkstein      | • | • | • | 118° |            |
| an Schiefer       | • | • | • | 120° |            |
| an Gartenerde     | • | • | • | 121° |            |

blos die zuerst genannte Temperatur kann für die Wärme der Luft angesehen werden.

## Verschiedne Leitkraft der Körper für die Wärme.

S. 191.

Die verschiedne Fähigkeit der Körper, die Wärme durch ihr Inneres fortzupflanzen, heißt die Leitkraft der Körper für die Wärme. In der Regel sind die dichteren Körper bessere Leiter der Wärme als die lockern; oben an stehen die Metalle, jedoch nicht gerade in der Ordnung ihrer Dichte. Nach Ingenhousß beobachten sie folgende Reihe, Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Eisen, Stahl, Bley. Ingenhousß maß die Leitkraft, indem er gleich lange und dicke Metalldräthe mit einer dünnen Wachs-schichte überzog, sie dann neben einander an einem Rahmen befestigt gleich tief in heißes Leinöhl tauchte, und untersuchte, wie weit in einer gegebenen Zeit die Wachs-schichten an den verschiedenen Metallen heraufgeschmolzen waren. Andere Naturforscher, wie Richmann, Mayer, Böckmann suchten die Leitkraft der Körper dadurch zu bestimmen, daß sie hohle Kugeln von verschiednen Materien verfertigten, in ihrem Mittelpunct ein Thermometer anbrachten, darauf die erhitzten Kugeln in der Luft erkalteten, oder die kalten Kugeln in einem heißen Mittel (Wasser, Quecksilber, Luft) sich erhitzen ließen, und aus dem umgekehrten Verhältniß der Zeiten, worin dieß geschah, auf die Leitkräfte der Körper schlossen. Hier sind die Phänomene zusammengesetzter Art, und hängen, auffer der eigentlichen Leitkraft der Körper, von der strahlenden Eigenschaft ihrer Oberflächen, von der Fortleitungsfähigkeit des umgebenden Mittels, so wie von der specifischen Wärme der Körper ab. Vor allen Dingen muß man hier die Erwärmungs- von der Erkältungsfähigkeit der Körper unterscheiden.

Nach Dörmann ist

|             | die Erwärmungsfähigkeit | Erkältungsfähigkeit |
|-------------|-------------------------|---------------------|
| für Wasser  | = 1000                  | = 1000 gesetzt      |
| für Kupfer  | 1239                    | 339                 |
| Eisen       | 923                     | 205                 |
| Goldstein   | 613                     | 79                  |
| Büchsenholz | 210                     | 1188                |
| Büchsenohle | 135                     | 1397                |

Unter den festen Körpern gehören die Kohle und die Asche zu den schlechtesten Wärmeleitern.

#### §. 191

Viel schlechtere Wärmeleiter, als alle festen Körper, sind die Flüssigkeiten und besonders die Gase, wenn man in ihnen die Strömungen, und das dadurch bewirkte Fortführen der Wärme verhindert. Hierüber hat besonders Rumford Lehrreiche, und für die Anwendung nützliche Untersuchungen geliefert.

Man nehme ein etwas hohes cylindrisches Gefäß von Blech AB Fig. 121, an welchem seitwärts in unterschiedener Höhe zwei Oeffnungen bey C und D, angebracht sind, die durch Korkstöpsel, durch welche zwei Thermometer gesteckt sind, verschlossen werden können, fülle die untere Hälfte des Gefäßes bis EF mit kaltem Wasser, an, darauf die obere Hälfte mit heißem, welches man sanft ohne Stoß über das kalte gießen muß. Die beiden Thermometer werden, ob sie gleich nur wenige Zolle von der gemeinschaftlichen Grenze des kalten und warmen Wassers entfernt sind, wegen der schlechten Leitkraft des Wassers, viele Stunden lang eine sehr verschiedene Temperatur

Gießet man hingegen das kalte Wasser auf das heiße, so ist in wenigen Minuten, wegen der nun entstehenden Strömungen in dem Wasser, die Temperatur durch das ganze Gefäß nahe gleichförmig verbreitet. Der leere Raum ist ein sehr schlechter Leiter der Wärme; es würde gar keiner seyn, wenn nicht durch ihn eine freie Strahlung der Wärme statt fände, und zwar nach Davy eine drei-mahl bessere als durch die Luft.

Noch verdienen hier folgende Versuche erwähnt zu werden, welche vorzüglich geeignet sind, das verschiedene Leitungsvermögen der Körper gegen die Wärme darzutun. Man erhitzt einen Platinalöffel über einer Weingeistlampe bis zum Weißglühen, bringe darauf einen Tropfen Wasser in denselben. Der Wassertropfen nimmt eine rotirende Bewegung an und verzehret sich sehr langsam, wenn man den Platinalöffel stets in lebhaftem Glühen erhält; zieht man diesen aber von der Flamme zurück, so wird der Wassertropfen, nachdem das Metall bis einige Grade über die Siedhize abgekühlt ist, plötzlich verdunstet. Von diesem längst bekannten Phänomen hat Döbereiner folgende sehr richtige Erklärung gegeben. Die strahlende Wärme des glühenden Metalls entwickelt Wasserdämpfe aus dem Tropfen, welche diesen als eine die Wärme schlecht leitende Atmosphäre umgeben, und ihn vor der Berührung des heißen Metalles schützen. Ist aber dieß so weit abgekühlt, daß jene Strahlung nicht mehr stark genug ist, um viel Wasserdampf zu entbinden, so tritt die Berührung des Tropfens mit dem heißen Metall, und die schnelle Verdunstung über der ganzen berührenden Oberfläche ein. Ein Versuch Kumpfords erläutert das verschiedene Vermögen der Körper die Wärme zu leiten auf andere Weise. Ein Wassertropfen, auf einen blanken silbernen Kaffeelöffel über die Flamme eines Lichts gehalten, verdunstet durch Mittheilung der Wärme von dem heißen Metall bald. Läßt man aber die innere Fläche des silbernen Löffels mit Ruß anläufen, und bringt vorsichtig den Wassertropfen auf die dünne Rußschichte, so ist man nicht im Stande den Löffel so lange über der Flamme zu halten, bis der Tropfen verdunstet ist. Der Löffel wird zu heiß, und der Tropfen ist durch die schlechte Leitung der Rußschichte geschützt.

Die Heizung unsrer Zimmer durch die gewöhnlichen Sta-

besten Vertheilung auf dem Ofenbrennen der heißen Luft, welche an der Oberfläche des Ofens in die Höhe steigt, und durch kalte von unten her wieder ersetzt wird. Bey den Kaminen, in welchen das Feuer offen brennt, ist es dagegen größtentheils nur die freie Strahlung der Wärme, wodurch sich die Luft erhitze. Je schneller und vollständiger die Strömungen der Luft vor sich gehen, desto besser und gleichförmiger fällt die Erwärmung aus, daher die von Meißner vorgeschlagene und mit Vortheil ausgeführte Heizung der Zimmer durch erwärmte Luft alle Berücksichtigung verdienet. Das Wesentliche dieser Einrichtung besteht darauf, daß Luft von außen in ein tief liegendes Gewölbe geführt und hier stark erhitzt und ausgedehnt wird, wodurch sie ein Bestreben erhält, in verschlossenen Kanälen, von schlechten Leitern der Wärme erbauet, in die Höhe zu steigen. Von hieraus verbreitet sie sich seitwärts in die obern Räume der Zimmer und verdrängt durch ihre Spannkraft, die darin befindliche kältere Luft, welche durch besondere unten angebrachte Oeffnungen entweder nach außen entweicht, oder besser durch einen nach unten gehenden Kanal dem Ofen als Zugluft zugeführt werden kann. Durch die letztere Einrichtung wird den Zimmern nicht bloß wärme, sondern auch frische Luft zugeführt, und die verdorbene entweicht, nachdem sie ihre Dienste als Zugluft in dem Ofen geleistet hat, durch den Rauchfang. (Meißners Heizung mit erwärmter Luft, 2te Ausgabe Wien 1824.)

Stützliche Anwendungen von dem verschönten Leitungsvermögen der Körper für die Wärme sind folgende:

Räume, in welchen man eine große Hitze erzeugen, oder eine gewisse Wärme lange aufbewahren will, muß man mit schlechten Leitern der Wärme umgeben.

Daher sind die Schmelzöfen, die Feuerherde mit einer doppelten Wand, die eine Luftschicht zwischen sich einschließt, oder eine Schicht von lockerer Asche oder Kohle, sehr zweckmäßig. Daher bedeckt man die Kochgefäße, nach Rumsfurths Vorschlag, mit Deckeln die doppelte Böden haben, und deren Zwischenraum mit heißen Wasser angefüllt ist.

Eben das gilt für Gefäße, in welchen man Getränke lange warm aufbewahren will. Doppelte Fenster, doppelte Stubenthüren, desgleichen die Bekleidung der Wände durch Papier erhalten die Wärme in den Zimmern. Unsere Kleider halten warm durch die zwischen ihnen und der Haut stagnirende Luftschicht; wollene Kleider wärmer als baumwollene, diese wär-

war als, leigene im umgekehrten Verhältnisse ihrer mangelnden Kraft. Weite Kleider sind wärmer, als anliegende.

Was die Wärme zurückhält verhindert auch ihr Eindringen, daher die Eiskeller nach ähnlichen Grundätzen gebauet werden müssen als Räume, worin man die Wärme einschließen will.

### Von der Wechselwirkung der Körper und der Wärme auf einander, und der specifischen Wärme des Körpers.

So wie die Wärme sich als eine ausdehnende Kraft in den Körpern äußert, so wirkt auch die Anziehung der körperlichen Theilchen jener Kraft entgegen, und wirkt sie auf mannigfache Weise. Man würde daher sehr irren, wenn man aus einer gleichen Temperatur zweier verschiedenartigen Körper auf eine gleiche Wärmemenge in ihnen schliessen wollte. Ueberhaupt steht uns bis jetzt kein Mittel zu Gebot, die absolute Menge der Wärme, welche in einem Körper enthalten ist, zu bestimmen. Wohl aber können wir die Verhältnisse der Wärmemengen gegen einander angeben, welche erforderlich sind, in verschiedenen Körpern gleiche Temperaturunterschiede zu bewirken. Diese Verhältniszahlen, wobey man einen gewissen Körper (das Wasser) zur Einheit angenommen hat, heißen die specifischen Wärmen der Körper, oder auch die Capacitäten der Körper für die Wärme. Black, Grawford, Wille sind die Naturforscher, welchen wir die erste Begründung dieser Lehre verdanken. Sie bedienten sich zur Bestimmung der specifischen Wärmen der Mischungen.

Mischt man zwei gleichartige Körper, Wasser und Wasser, Quecksilber und Quecksilber, von verschiedenen Temperaturen, mit einander, so läßt sich nach dem Grundsatz, daß in solchen Mischungen Gewinn und Verlust an Wärme einander gleich seyn müssen, die Temperatur der Mischung berechnen. Z. B. 1 Pfund Wasser von  $100^{\circ}$ , gemischt mit 1 Pfund Wasser von  $20^{\circ}$ , werden die Temperatur der Mischung,  $\frac{100 + 20}{2} = 60^{\circ}$  geben; und

1 Pfund Wasser von  $100^{\circ}$  mit 3 Pfund Wasser von  $10^{\circ}$  gemischt geben  $\frac{1 \cdot 100 + 3 \cdot 10}{4} = 32\frac{1}{2}^{\circ}$  als Temperatur der Mischung.

Dies stimmt auch mit der Erfahrung überein, in so fern man auf den Einfluß der Gefäße, und den Verlust nach außen gehörige Rücksicht nimmt. Den Einfluß der Gefäße kann man beseitigen, wenn man die Gefäße im Voraus die Temperatur giebt, welche die Mischung erhalten wird. Der Verlust nach außen läßt sich berechnen, aus der beobachteten Mischungszeit und dem Verlust an Wärme in der darauf folgenden gleichen Zeit.

Mischt man nun mit 1 Pfund Wasser von  $100^{\circ}$ , 1 Pfund Oehl von  $20^{\circ}$ , und es findet sich die beobachtete Temperatur der Mischung nach der nöthigen Verbesserung nicht  $60^{\circ}$ , sondern  $79\frac{1}{3}^{\circ}$ ; so muß man schließen, daß die  $26\frac{2}{3}^{\circ}$  Wärme, die das Wasser verloren hat, in dem Oehl  $2 \times 26\frac{2}{3}^{\circ} = 53\frac{1}{3}^{\circ}$  Temperaturerhöhung hervorgebracht haben. Es gilt also jedes Grad Wärme in dem Wasser für 2 Grad Wärme in dem Oehl; aber die spezifische Wärme des Weinsphs ist  $= \frac{1}{2}$ , wenn die des Wassers  $= 1$  gesetzt wird.

Da es schwer hält, bei der Mischung heterogener Körper solche auszuwählen, die gut nicht chemisch auf einander wirken,

und auch ihre Capacität durch die Mischung nicht verändern (man sehe [weiter unten] was von der Veränderung der Capacitäten mit den Temperaturen vorkommt), so beschränkt sich das Verfahren, die specifischen Wärmen der Körper durch Mischungen zu finden, auf flüssige, und solche feste Körper, die man in Pulvergestalt mit flüssigen mengen kann, ohne eine chemische Einwirkung herbeizuführen.

## §. 194.

„ Nachdem man durch die Erfahrung den Satz festgesetzt hatte, daß überall, wo Eis schmelzt und sich in Wasser verwandelt, ein bestimmter Aufwand von Wärme nöthig ist, um die Flüssigkeit zu bewirken, welche Wärme für das Gefühl und das Thermometer verloren geht: so kamen Lavoisier und Laplace auf den klaren Gedanken, die specifischen Wärmen der Körper durch die Eismengen zu messen, welche sie durch eine gewisse Temperaturerniedrigung zu schmelzen im Stande sind. Denn so wie nach Wille's Beobachtungen 1 Pfund Wasser von  $60^{\circ} R$  ( $= 75^{\circ} C$ ) 1 Pfund Eis schmilzt und damit die Temperatur  $0^{\circ}$  erzeugt, so kann man schließen, wenn ein gleiches Gewicht irgend eines andern Körpers durch eine Temperaturerniedrigung von  $60^{\circ} R$  2, 3, 4 Pfund Eis schmelzet, daß die specifische Wärme dieses Körpers auch 2, 3, 4 mahl größer seyn müsse, als die specifische Wärme des Wassers. Der Apparat, dessen sich die beiden Naturforscher bedienen, heißt Calorimeter.

Man denke sich unter C, C, C Fig. 122 einen Kessel mit zerstoßenem Eis umschlossenen Raum, der jedoch auch leicht geöffnet werden kann, um einen heißen Körper A innerhalb einer Art Käfig von Drath aufzunehmen. Das den Raum umgebende Eis befindet sich in einem trichterförmigen Behälter, der nach außen von Blech, nach innen aus ei-



nem Drathgeflechte besteht. Unten bey D hat der Behälter einen mit einem Hahnen versehenen Abfluß nach dem Gefäß B. Rund um den ersten Behälter geht eine zweite Eisschichte DDDD, die aber mit der ersten in keiner Verbindung steht, und nur dazu dienet, den Einfluß der äussern Wärme abzuhalten. Bringt man in den innern Raum einen heißen Körper A, von bekannter Temperatur und Masse, und läßt ihn bis zur Temperatur des umgebenden Raums d. i. auf 0° erkälten, so kann man aus der Menge des durch den Körper geschmolzenen Eises auf seine specifische Wärme schliessen. Denn, es heiße jene Menge in Pfunden Wasser = p, die Masse, Temperatur und specifische Wärme des heißen Körpers = m, t, s, so erhält man die Gleichung,

$$mts = 60p$$

$$\text{oder } s = \frac{60p}{mt}$$

Die folgende Tafel enthält die Resultate der Versuche von Lavoisier und Laplace.

| Namen der Körper                 | specifische Wärme. |
|----------------------------------|--------------------|
| Wasser                           | 1,00000            |
| Eisenblech                       | 0,11051            |
| Glas                             | 0,19290            |
| Quecksilber                      | 0,02900            |
| rothes Quecksilberoxyd           | 0,05011            |
| Zinn                             | 0,02819            |
| Bleioxyd                         | 0,06227            |
| Zinn                             | 0,04754            |
| Schwefel                         | 0,20850            |
| Baumöl                           | 0,30961            |
| gebrannter Kalk                  | 0,21689            |
| Mischung von Wasser              |                    |
| Kalk (9 : 16)                    | 0,43912            |
| Schwefelsäure (1,87 spec. Gew.)  | 0,3346             |
| Salpetersäure (1,298 spec. Gew.) | 0,66139            |

Die Bestimmung der specifischen Wärme der Gasarten hat ihre eignen Schwierigkeiten, wegen der geringen Masse die sie darbieten.

Lavoisier und Berard verfahren dabey auf folgende Weise. Sie führten einen gleichförmigen Strom des zu prüfenden Gases von  $100^{\circ}$  C Temperatur aus einem Gasometer durch ein kupfernes Schlangenrohr in eine bestimmte Menge Wasser von bekannter, aber niedriger, Temperatur, das in einem kupfernen Gefäße enthalten war. Die Temperatur des Wassers mußte so lange steigen, bis es eben so viel Wärme an die umgebende Luft verlor, als es in gleicher Zeit von dem heißen Gasstrom erhielt. Da nun die Wärmeverluste den Temperaturunterschieden des Wassers und der umgebenden Luft proportional sind, so mußten auch die Wärme-Zuflüsse, und somit die specifischen Wärmen der Gasströme von gleichen Temperaturen, jenen Temperaturunterschieden proportional seyn. Die folgenden Zahlen geben die specifischen Wärmen der untersuchten Gasarten in Beziehung auf die atmosphärische Luft, welche hierbey zur Einheit angenommen worden ist.

|                         | Specifische Wärme bey |                   |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|
|                         | gleichem Raum         | gleichem Gewicht. |
| atmosphärische Luft     | 1,0000                | 1,0000            |
| Wasserstoffgas          | 0,9033                | 12,3401           |
| Kohlensaures Gas        | 1,2583                | 0,8280            |
| Sauerstoffgas           | 0,9765                | 0,8848            |
| Stickgas                | 1,0000                | 1,0318            |
| oxydirtes Stickgas      | 1,3503                | 0,8878            |
| Dehlerzeugendes Gas     | 1,5530                | 1,5763            |
| Kohlenoxydgas           | 1,0340                | 1,0805            |
| Wasserdampf             | 1,060                 | 3,1360            |
| In Beziehung auf Wasser |                       | 1,0000            |
| atmosphärische Luft     |                       | 0,2669            |

Multipliziert man mit der letzten Zahl alle vorstehende derselben Reihe, so erhält man die specifischen Wärmen der Gasarten in Beziehung auf das Wasser.

Die nachstehenden Zahlen geben die specifischen Wärmen einiger Flüssigkeiten aus ihren Erkältungszeiten geschlossen nach Desprets (Annales de Chemie T. XXIV.).

|               |   |   |   |   |   |                    |
|---------------|---|---|---|---|---|--------------------|
| Wasser        | . | . | . | . | . | 1,0000 spec. Wärme |
| Alkohol       | . | . | . | . | . | 0,622              |
| Serpentinöl   | . | . | . | . | . | 0,463              |
| Schwefeläther | . | . | . | . | . | 0,4205             |

### §. 195.

Wenn die Capacität eines Körpers oder seine specifische Wärme vermindert wird, so muß sich seine Temperatur erhöhen, und zwar von dem absoluten Null an gerechnet (wenn dieß zu bestimmen möglich wäre), in dem umgekehrten Verhältnisse der Capacitätsänderung. Es heiße z. B. die unbekante Wärme des Wassers vom relativen Null bis zum absoluten Null =  $x$ , die specifische Wärme eines andern Körpers =  $s$ , also dessen Wärme =  $s x$  und es gieng Wasser in diese Körper über, so würde die frei werdende Wärme oder die Erhöhung der Temperatur =  $(1 - s) x$  seyn.

Hieraus erklärt sich die starke Erhitzung mancher chemischen Verbindungen. Wenn man zum Beyspiel wenig Wasser mit sehr concentrirter Bitriolsäure, oder frisch gebranntem Kalk vermischt, so muß das Wasser durch die starke Anziehung zu diesen Körpern, indem es sich chemisch mit ihnen verbindet, ihre Natur annehmen; daher geht die specifische Wärme des Wassers aus 1 in 0,3346 als der specifischen Wärme der Schwefelsäure oder in 0,21689 als der specifischen Wärme des gebrannten Kalks über, und es würde die im letztern Fall frei werdende Wärme für jedes Atom Wasser  $0,78311 x$  betragen. Setzt man nun mit

Wille und einigen Andern Naturforschern  $x = 750^{\circ} \text{C}$  (\*), so erhellet, daß hierdurch eine sehr große Temperaturerhöhung bewirkt werden könne.

(\*) Die Annahme, daß  $x = 750^{\circ} \text{C}$  sey, gründet sich auf die Erfahrung von Wille, daß beym Uebergang des Eises in Wasser  $60^{\circ} \text{R} = 75^{\circ} \text{C}$  verschwinden, und daß die specifische Wärme des Eises  $= 0,9$  des Wassers sey. Es ist aber gegen diese Angabe manches einzuwenden, besonders, daß es höchst unwahrscheinlich sey, anzunehmen, das Verhältniß der specifischen Wärme eines Körpers bleibe durch alle Temperaturgrade bis zum absoluten Null unveränderlich.

§. 196.

Nicht allein durch chemische Anziehungen, sondern auch durch mechanisch wirkende Kräfte kann eine so bedeutende Verminderung der Capacität der Körper für die Wärme herbeigeführt werden, daß dadurch eine große Temperaturerhöhung bewirkt werden kann. Hierher möchte die Entwicklung jeder Wärme durch's Reiben, oder Hammers fester Körper, vorzüglich aber die durch die Compression der Gasarten erregte Wärme zu zählen seyn. Dieß durch Versuche zu erläutern, dienet der folgende Apparat.

Es bezeichne A Fig. 123 einen starken Ballon von Glas, von ungefähr 200 Cubitzoll Raum, der mit einer messingnen Fassung und Hahnen versehen ist, und sich auf die Luftpumpe schrauben läßt; im Innern ist ein empfindliches Thermometer t befestiget. Unten bey b befindet sich ein zweiter Hahn, welcher mit einer Blaseöffnung versehen ist. B ist ein mit dem Raume des Ballons in Verbindung stehender, mit Quecksilber gefüllter Elasticitätsmesser, c ein dritter Hahn, welcher zum Innern der Luftpumpe führt, und nach Willkühr abgeschlossen werden kann. Oeffnet man die Hahnen c und a, schliesst b, und verdichtet die Luft in dem Ballon A, so steigt das Quecksilber im Elasticitätsmesser schnell zur Höhe ef, und das Thermometer t in dem Ballon um mehrere Grade. Schliesst man den Hahn c, so sinkt das Quecksilber im Elasticitätsmesser langsam von f bis g herab, indem das Thermometer t wieder zur Temperatur der umgebenden Luft kommt. B. B. bey einem Versuch stieg der Elasticitätsmesser während

der Verdichtung auf 20 Zoll 8 Linien (Barometerstand 27" . 9") und sank, nach geschlossenem Hahn um 10 Linien herab. Die Veränderung des Thermometers  $t$  betrug  $5^{\circ} C$ , welches der Vermehrung der Spannkraft der Luft entspricht. Hat man die Luft in A verdichtet, den Hahn  $a$  geschlossen und es ist alles ins Gleichgewicht gekommen und man öffnet dann den Hahn  $b$ , so sinken während des Ausströmens der Luft die Quecksilbersäule des Elasticitätsmessers und das Thermometer  $t$ . Schließt man den Hahn  $b$ , so steigt der Elasticitätsmesser schnell bis zu einer gewissen Höhe, und darauf langsam noch etwas weiter, während das Thermometer  $t$  sich mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht setzt. Z. B. bey einem Versuch zeigte der Elasticitätsmesser während des Ausblasens in dem Augenblick wo der Hahn  $b$  wieder geschlossen wurde 14" . 11" (Barometerstand 27" 7"). Das Thermometer  $t$  war um  $2\frac{1}{2}^{\circ} C$  herabgesunken. Nach geschlossenem Hahn stieg der Elasticitätsmesser schnell zu 16" . 1,1" und darauf langsam bis 16" 6,6". Man vergleiche hiermit was über die Gesetze des Ausströmens der Gase in der Aerostatik S. 110. vortragen worden ist.

Die Wärmeentbindung bey der Compression der Luft, so wie die Erzeugung von Kälte durch die Ausdehnung derselben müssen desto bedeutender ausfallen, je größer diese Zustandsänderungen sind, und je schneller sie erfolgen. Dieß beweist die große Erhitzung, welche in dem Kolben einer Windbüchse bey schnellem Laden entsteht, und die bis zur Entzündung des Feuerschwamms gehende Erhitzung der Luft in den Compressionsfeuerzeugen. Beispiele von erzeugter Kälte durch Ausdehnung geben die kühlenden Winde bey heißer Luft. Erwärmungen durch Verdichtungen tropfbarer Flüssigkeiten lassen sich nicht so leicht beobachten, wenn anders nicht die von Pouillet wahrgenommene Erwärmung fester Körper, wenn sie von flüssigen durch die Adhäsionskraft benetzt werden, hierher zu rechnen ist, so wie die bey der Krystallisirung der Salze frei werdende Wärme.

Ob man gleich aus der Veränderung der specifischen Wärmen der Körper viele Temperaturerhöhungen erklärt hat, so reichen sie keineswegs hin, alle bey chemischen Verbindungen sich entwickelnde Wärme davon herzuleiten. Ein auffallendes Beispiel der Art liefert uns die Verbrennung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff und die Erzeugung des Wassers, wobey, wie wir wissen, eine der intensivsten Hitze hervorgebracht wird. Nun verbin-

Den sich bey dem Gewicht nach 1 Theil Wasserstoff mit 7,6 Sauerstoff und die specifische Wärme des ersten ist 3,2048, des andern 0,2364 in Beziehung auf das Wasser. Es müssen also durch Umänderungen der specifischen Wärmen aus dem Wasserstoff (3,2048 — 1) Theile Wärme frei, dagegen durch den Sauerstoff 7,6 (1 — 0,23624) Theile Wärme verschluckt werden. Da nun die letzte Zahl größer als die erste ist, so müßte Kälte erzeugt werden, ganz gegen die Erfahrung. Dieß beweiset, daß bey so innigen chemischen Verbindungen, wie die der genannten Gasarten zu Wasser ist, Wärme erzeugt werden müsse, die vorher als solche nicht existirte, deren Verhältniß als specifische Wärme in den Gasarten, also auch nicht durch Versuche, wie die oben S. 194 angeführten, ausgemittelt werden kann? Will man sie chemisch gebundene Wärme der Gasarten nennen, so ist hiergegen nichts einzuwenden. Wodurch wird aber jene Wärme so plötzlich frei? Ist es die Formänderung und Verdichtung der Gasarten zu Wasser, oder die Vereinigung der entgegengesetzten Electricitäten, wodurch die chemischen Verbindungen selbst bestimmt werden? Gegen die erste Vorstellung hat man eingewendet, daß durch das Verbrennen der beiden Gasarten nicht sowohl Wasser als Wasserdampf gebildet werde, der in einem expandirtem Zustande, als die beiden Gasarten selbst, sey. Gegen diesen Einwurf möchte indessen zu erwidern seyn, daß der Bildung von Wasserdampf die Erzeugung von Wärme und Wasser vorausgehe, obgleich in so kleinen auf einander folgenden Zeitmomenten, welche von uns nicht wahrgenommen werden können. Auch müssen wir uns diejenige Wärme, welche das Wasser zu Dampf expandiret, in einem viel geringern Grade gebunden denken, als diejenigen, welche den Luftarten ihre Gasform giebt, da die Dämpfe sich bey jeder Dichte theilweise zersetzen, wenn sie unter die zu dieser Dichte gehörige Temperatur erkaltet werden, dagegen die Gasarten, auch nach Faradays Entdeckung, sehr niedrige Temperaturen und einen sehr großen Grad der Verdichtung erfordern, wenn sie ihre Gasform verlieren sollen.

### S. 197.

Wir haben bereits erwähnt, daß die Capacitäten der Körper für die Wärme sich selbst mit den Temperaturen verändern möchten. Dieß haben wenigstens für einige

Körper Dulong und Petit durch Versuche nachgewiesen.

Sie fanden

die Capacitäten der Wärme

| für         | von 0° — 100° C | von 0° — 300° C |
|-------------|-----------------|-----------------|
| Eisen       | 0,1098          | 0,1218          |
| Quecksilber | 0,0330          | 0,0350          |
| Zink        | 0,0927          | 0,1015          |
| Spiegelglas | 0,0507          | 0,0549          |
| Silber      | 0,0559          | 0,0611          |
| Kupfer      | 0,0949          | 0,1013          |
| Glas        | 0,1771          | 0,190           |

Dies bedeutet darauf hin, daß die Capacitäten der Körper für die Wärme mit ihrer Ausdehnung wachsen.

Noch wollen jene Naturforscher das Gesetz aufgefunden haben, daß die specifischen Wärmen der Körper, wenigstens nahe in dem umgekehrten Verhältnisse ihrer Atomengewichte stehen, oder die Produkte aus beiden Zahlen eine beständige Größe geben, wie die folgende Tafel übersehen läßt.

| Körper   | Atomengewicht<br>A | specif. Wärme<br>S | Produkt<br>A S |
|----------|--------------------|--------------------|----------------|
| Wismuth  | 13,30              | 0,0288             | 0,383          |
| Blei     | 12,95              | 0,0293             | 0,3794         |
| Gold     | 12,43              | 0,0298             | 0,3704         |
| Platina  | 11,16              | 0,0314             | 0,374          |
| Silber   | 6,75               | 0,0557             | 0,3759         |
| Kupfer   | 3,957              | 0,0943             | 0,3755         |
| Eisen    | 3,392              | 0,1100             | 0,3730         |
| Schwefel | 2,011              | 0,1880             | 0,3780         |

Die Uebereinstimmung der Zahlen der letzten Columne ist auffallend, da indessen die hier angeführten Atomengewichte von den Angaben anderer Naturforscher zum Theil abweichen, so möchte das aufgestellte Gesetz einer weitem Prüfung bedürfen.

Formänderungen der Körper und damit verknüpfte Wärme-Erscheinungen.

S. 498.

Wenn ein fester Körper flüssig, oder ein tropfbar flüssiger

elastisch flüssig wird, so ist dazu eine gewisse Menge Wärme erforderlich, die, so lange sie diese Wirkung hervorbringt, keine andere auf das Gefühl und das Thermometer äussert. Man hat sie ganz schieklich Flüssigkeitswärme, gebundene Wärme genannt. Ist die Formänderung der Körper die umgekehrte, d. h. wird ein elastischer Körper flüssig, oder ein flüssiger fest, so wird jene latente Wärme wieder frei, und äussert sich durch Temperaturerhöhung, wenn sie nicht durch andere Verbindungen aufs neue latent wird.

Versuche zur Erläuterung des latent Werbens der Wärme durch Formänderungen sind folgende.

Man mische in einem vorher auf die Temperatur der Eiskälte gebrachten Gefäße gleiche Theile Wasser von  $75^{\circ}$  C und zerstoffenes Eis schnell mit einander, in dem das Eis schmilzt sinkt die Temperatur auf  $0^{\circ}$ . Dieß ist der schon oben angeführte Versuch von Wilke. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich, wenn man bey starker Kälte gefrorenes Quecksilber in wärmerm flüssigen schmelzen läßt. Man will dabey die durch das Schmelzen des Quecksilbers latent werdende Wärme nahe eben so groß, als die bey dem Schmelzen des Eises gefunden haben.

Beispiele von starker Erkältung durch Bindung der Wärme geben die leicht löslichen Salze im Wasser. Hierauf beruhen die Kälte erzeugenden Mischungen, wovon das folgende Beispiele sind.

| Mischungen dem Gewicht nach             | das Thermometer fällt |                  |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                                         | von                   | auf              |
| 3 Calmiaß 5 Salpeter 16 Wasser          | + $10^{\circ}$ R      | — $10^{\circ}$ R |
| 6 Glaubersalz 2 verdünnte Salpetersäure | + $10^{\circ}$        | — $12^{\circ}$   |
| 5 Glaubersalz 5 verdünnte Schwefelsäure | + $10^{\circ}$        | — $13^{\circ}$   |
| 1 Schnee 1 Kochsalz                     | $0^{\circ}$           | — $14^{\circ}$   |
| 3 salzsaurer Kalk 2 Schnee              | $0^{\circ}$           | — $36^{\circ}$   |
| 4 Kali 3 Schnee                         | $0^{\circ}$           | — $37^{\circ}$   |

Vorzüglich belehrend sind folgende Versuche: 2 Theile zerfallenes trocknes Glaubersalz mit 1 Theil Wasser erzeugen Wärme, indem das Wasser als Krystallwasser fest wird. Krystallisiertes Glaubersalz in Wasser aufgelöst erzeugt Kälte.



Verdünnte Schwefelsäure mit Schnee giebt eine starke Kälte, concentrirte mit Wasser eine starke Erhitzung. Die größte Kälte bey der Auflösung eines Salzes findet dann statt, wenn man soviel Salz mit der Flüssigkeit mischet, als sich in dieser schnell auflösen kann. Je kälter die zu mischenden Ingredienzien vor der Mischung sind, desto besser ist es. Das bequemste Mittel, eine sehr starke Kälte hervorzubringen, ist: wenn man durch's Glühen wohlgetrockneten und pulverisirten salzsauren Kalk mit möglichst kaltem trockenem Schnee schichtenweise vermengt, und zu den Gefäßen, worin die Mischung vorgenommen wird, schlechte Leiter der Wärme wählet.

### §. 199.

Eine noch größere Bindung und Entbindung der Wärme tritt ein, wenn flüssige oder feste Körper in die Gasform übergehen, oder aus dieser in jene zurückkehren. Beyspiele liefern die künstliche Kälteerzeugungen durch schnell verdunstende Flüssigkeiten, so wie die Wärmeentwickelungen bey den plötzlichen Verdichtungen der Gasarten.

Man umwinde die Kugel eines empfindlichen Thermometers mit etwas Baumwolle, gieße Schwefelnaphtha darauf, und blase mit einem Blasebalg dagegen; das Thermometer sinkt, so lange die Verdunstung dauert, schnell, bey gehöriger Fortsetzung des Versuchs weit unter den Frierpunct. Man hat auf diese Weise selbst das Quecksilber zum Gefrieren gebracht. Der Versuch gelingt noch besser, wenn man die, wie vorhin beschrieben, zugerichtete Kugel des Thermometers in einen kleinen Recipienten der Luftpumpe befestiget, darunter eine Schale mit concentrirter Schwefelsäure stellet, und nun schnell die Luft wegpumpt. Der hinweggenommene Luftdruck, und die Anziehungskraft der Schwefelsäure gegen die sich bildenden Dämpfe befördern die Schnelligkeit des Verdunstens, und somit die erzeugte Kälte. Confiliachi zu Pavia hat auf die Weise eine Temperaturerniedrigung von  $+ 21\frac{1}{4}^{\circ}$  bis  $- 51\frac{1}{4}^{\circ}$  C hervorgebracht. Diese hohen Grade der Kälte können nur durch Weingeistthermometer gemessen werden.

Wollastons Chryophor beruht ebenfalls auf der schnellen Verdunstung des Wassers im luftleeren Raume, indessen die

aufsteigenden Dämpfe in einem abgesonderten Theile dieses Raumes durch Kälte von außen stets verdichtet werden.

Ein Beyispiel von Wärmeentbindung der gasartigen Flüssigkeiten giebt folgender Versuch. Man leite die Röhre einer Dampfblase-Maschine (Aelopile) A C D E Fig. 124 in ein mit kaltem Wasser oder zerstoßenem Eis angefülltes Gefäß; der untere Theil der Röhre bey E endige sich in Form eines Siebkannenkopfes mit vielen Oeffnungen. Bringt man das Wasser der Aelopile zum Kochen, so strömen die Dämpfe durch die Verbindungsröhre C D E in das kalte Wasser, zersetzen sich daselbst (werden Wasser) und lassen ihre latente Wärme frei. So lange Eis mit dem kalten Wasser gemischt ist, verschwinden die Dämpfe, indem sie das Eis schmelzen, ohne eine Temperaturerhöhung in dem Wasser hervorzubringen, weil die aus den Dämpfen frei werdende Wärme durch das schmelzende Eis gleich wieder gebunden wird. Ist alles Eis geschmolzen, so fängt die Temperaturerhöhung in dem Wasser des Gefäßes B an, und steigt bis zur Siedhize, so daß zuletzt alles Wasser des Gefäßes B eben so in das Kochen kommt, als wenn es unmittelbar von dem Feuer getroffen würde.

Der beschriebene Versuch dienet auch, unter der gehörigen Vorsicht angestellt, zur Messung der latenten Wärme des Dampfes. Man muß die Menge des durch eine bestimmte Quantität Dampf geschmolzenen Eises, oder die in dem Wasser hervorgebrachte Temperaturerhöhung genau beobachten, dabey das Ausstrahlen der Wärme durch Umgebung mit schlechten Wärmeleitern möglichst vermindern, und den nicht zu vermeidenden Verlust gehörig in Rechnung nehmen.

Die Versuche von Despretz (Annales de Chemie T. XXIV) über die latente Hize einiger Dämpfe gaben folgende Resultate.

| Dämpfe des     | Dichte, die<br>Luft = 1 | latente<br>Wärme | gesammte<br>Wärme | Siedpunct. |
|----------------|-------------------------|------------------|-------------------|------------|
| Wassers        | 0,6235                  | 531° C           | 631° C            | 100° C     |
| Alkohols       | 1,613                   | 331,9            | 410,7             | 78,8       |
| Echw-feläthers | 2,586                   | 174,9            | 210               | 35,1       |
| Zherpentinöhl  | 5,010                   | 166,2            | 333               | 156,8      |

Wie die Dichte eines Dampfes gefunden werden kann, soll unten erläutert werden. Die latente Wärme zeigt an, wie viel eine gleiche Menge Flüssigkeit, aus welcher der Dampf gebildet worden ist, durch Zersetzung desselben von 0° an gerechnet

erhitzt werden könnte. Die gesammte Wärme erhält man durch Addition der Siedhize zur latenten Wärme.

Hieraus wird klar, warum man durch die Befegung des Wasserdampfes, anderes Wasser bis zum Sieden erhizen, Speisen kochen, Zimmer heizen, überhaupt Wirkungen wie mit dem Feuer selbst, hervorbringen könne.

Wer indessen glaubt, daß die aus den Dämpfen frei werdende Wärme, die aus dem Feuer unmittelbar entwickelte noch übertreffen könne, täuscht sich.

Der große Vortheil, welchen die Kunst aus der Heizung mit Dämpfen ziehen kann, und gezogen hat, besteht darin: 1) daß man die Quelle des Feuers weit von dem Ort entfernt halten kann, wo eigentlich die Hize wirken soll, und 2) daß man die im Dampf verborgne Wärme überall hinleiten kann, ohne Feuersgefahr zu befürchten, und endlich 3) daß man in großen technischen Anlagen, Brauereien, Färbereien u. dergl. wo ohnehin eine Menge Wasser zum Sieden erhitzt werden muß, die sonst ungenutzt verloren gehende Wärme der Dämpfe vortheilhaft benutzen kann.

Siehe Dingler über die Heizung mit Dämpfen.

## Theorie des Verdunstens.

S. 200.

Jedermann weiß, daß Wasser, Weingeist, und ähnliche Flüssigkeiten in offenen Gefäßen der Luft ausgesetzt sich verflüchtigen, und als ein unsichtbarer Dunst entweichen. Ehedem glaubte man diese Erscheinung sey eine Auflösung der Flüssigkeiten in der Luft. Diese Meinung mußte man aufgeben, nachdem man sich überzeuget hatte, daß erstens der Proceß des Verdunstens im luftleeren Raume schneller und ungehinderter als in der Luft vor sich gehe; zweitens die Spannkraft bloß von der Temperatur und der Beschaffenheit der verdunstenden Flüssigkeit, keines-

wegs von der Gegenwart oder Abwesenheit der Luft abhängig sind. In dem luftleeren Raume des Barometers zeigen, bey gleicher Temperatur, die Dämpfe einer verdunstenden Flüssigkeit eben so viel Spannkraft als unter dem Druck der Atmosphäre.

Ich finde den nachbeschriebenen Apparat vorzüglich bequem, um sowohl die Spannkraft der Dämpfe im luftleeren als im luftvollen Raume zu beobachten.

A A B C D Fig. 125 ist ein Gefäßbarometer mit einer etwas großen Kugel A A, welche oben mit einer Oeffnung versehen ist, die durch einen Propfen, durch welchen die Röhre eines feinen Thermometers gesteckt ist, luftdicht verschlossen werden kann. Will man die Spannkraft der Dämpfe im leeren Raume messen, so gießet man von der zu verdampfenden Flüssigkeit über den Quecksilberspiegel A A, und bringt durch vorsichtiges Erwärmen der Kugel die Flüssigkeit über dem Quecksilber zum Kochen. Hat dieß lebhaft eine Zeitlang gedauert, so verschließet man die Kugel luftdicht. So wie die Temperatur in dem Raume A A abnimmt, sinkt die Quecksilbersäule von E an herunter, bis sie in einer Höhe A C stehen bleibt, die der herrschenden Temperatur entspricht. (Bey der Messung dieser Höhe muß man auf die Depression des Quecksilbers in der engern Röhre gehörig Rücksicht nehmen, sie wird am besten durch einen vorgängigen Versuch bestimmt.) Benützet man sich die Temperaturen in dem Raume A A durch ein außerhalb desselben beobachtetes Thermometer zu messen, so kann man die Kugel, sobald sie luftleer geworden ist, hermetisch verschließen. Dann erhält man einen Apparat, der andauernd zur Beobachtung der Spannkraft der Dämpfe gebraucht werden kann; wir wollen ihn einen Dampfmesser nennen. Solche Dampfmesser habe ich mir für Wasser, Weingeist, und Schwefeläther construirt. Die folgende Tafel enthält die Spannkraft der Wasserdämpfe nach Daltons Beobachtungen und den meinigen, sodann meine im Winter 1823 — 24 angestellte Beobachtungen über die Spannkraft der Dämpfe des Schwefeläthers.

Spannkraft der  
Wasserdämpfe | Aetherdämpfe  
nach

| Reaumur | Dalton | Schmidt<br>in pariser Zollen |                |
|---------|--------|------------------------------|----------------|
| — 20°   | —      | —                            | 1,95           |
| — 15°   | —      | —                            | 2,50           |
| — 10°   | —      | —                            | 3,33           |
| — 5°    | —      | —                            | 4,37           |
| 0°      | 0,1876 | 0,18                         | 5,80           |
| + 5°    | 0,279  | 0,236                        | 7,65           |
| 10°     | 0,408  | 0,400                        | 10,03          |
| 15°     | 0,592  | 0,680                        | 12,40          |
| 20°     | 0,884  | 0,997                        | 16,30          |
| 25°     | 1,21   | 1,40                         | 21,04          |
| 30°     | 1,708  | 1,962                        | 26,37          |
| 31°     | —      | —                            | 28,00 Siedhize |
| 35°     | 2,383  | 2,684                        |                |
| 40°     | 3,284  | 3,672                        |                |
| 45°     | 4,466  | 5,040                        |                |
| 50°     | 6,052  | 6,455                        |                |
| 55°     | 8,023  | 8,650                        |                |
| 60°     | 10,56  | 11,08                        |                |
| 65°     | 13,70  | 14,17                        |                |
| 70°     | 17,64  | 17,88                        |                |
| 75°     | 22,52  | 22,39                        |                |
| 80°     | 28,15  | 28,00                        | Siedhize       |
| 85°     | —      | 35,09                        |                |
| 90°     | —      | 43,77                        |                |
| 95°     | —      | 54,18                        |                |
| 100°    | —      | 67,00                        |                |
| 105°    | —      | 80,95                        |                |
| 110°    | —      | 100,72                       |                |

Aus den vorhandenen Beobachtungen lassen sich auf mancherlei Weise Interpolationsgesetze darstellen, wonach man die zwischen die Beobachtungen fallende Spannkräfte der Dämpfe berechnen, und selbst kleine Fehler der Beobachtung verbessern kann. Biot (in seiner Naturlehre) giebt nach Daltons Beobachtungen folgendes Gesetz für die Spannkräfte der Wasserdämpfe in Meter, und Centesimalgraden.



$$= AN + BN^2 + CN^3$$

$$PN = 0,76 \cdot 10$$

wo  $N$  die Temperatur von der Siedhize abwärts bezeichnet,  
die Coefficienten

$$\left. \begin{aligned} A &= - 0,01537278757 \\ B &= - 0,00006731995 \\ C &= + 0,00000003374 \end{aligned} \right\} \text{ sind.}$$

Wir werden unten eine nach dieser Formel berechnete  
Tafel über die Spannkraft der Dämpfe mittheilen, so weit sie  
für die Hygrometrie nöthig sind. L. Mayer in Göttingen  
leitete aus meinen Beobachtungen folgendes Gesetz ab.

$$\log. E = 4,2860 + \log (213 + t) - \frac{1551,09}{213 + t}$$

Ich hatte früher aus denselben das Gesetz

$e = t^{1,4113} + 0,005t$  abgeleitet, wo  $e$  die Spannkraft in  
Hunderttheilen von pariser Zollen,  $t$  den Wärmegrad nach  
Reaumur bezeichnen. Keins der bis jetzt bekannt gewordenen  
Gesetze über die Spannkraft des Wasserdampfes kann auf all-  
gemeine Gültigkeit Anspruch machen. Das unsrige scheint die  
Spannkraft des Dampfes in den hohen, über dem Sied-  
punkt liegenden Temperaturen, am besten darzustellen, ob es  
gleich für die um und unter  $0^\circ$  liegenden Temperaturen nicht  
passe. Die folgenden Zahlen geben nach ihm berechnete Spann-  
kräfte in Atmosphärenpressungen an.

|       |   |                   |
|-------|---|-------------------|
| 80° R | — | 1 Atmosph. Druck. |
| 90°   | — | 1,55 —            |
| 100°  | — | 2,35              |
| 110°  | — | 3,70              |
| 120°  | — | 5,40              |
| 130°  | — | 8,10              |
| 140°  | — | 12,8              |
| 150°  | — | 18,0              |
| 160°  | — | 26,7              |
| 170°  | — | 39,7              |

Perkin's giebt nach Beobachtungen an seinen Dampfma-  
schinen (siehe Gilb. Annal. 1823 10. St.) die Kraft der  
Dämpfe bey  $164^\circ R$  —  $186^\circ R$  zu 30 bis 35 Atmosphären-  
druck an. Um so hohe Grade von Spannkraften der Dämpfe  
zu messen, muß man sich sehr starker metallener Gefäße bedie-  
nen, die mit einem Ventile versehen sind, das durch einen  
Hebel mit Gewichte durch eine bestimmte Kraft nieder gehalten  
wird, die man nach Willkühr verstärken kann; zugleich muß

in den innern Raum der heißen Dämpfe ein Quecksilberthermometer gehen, dessen Scale bis zur Siedhize des Quecksilbers reicht. Zur größern Sicherheit des Beobachters ist es nöthig auffer dem Ventile, gewisse Theile des Apparats mit einem solchen Loth zusammenzufügen, welches bey einer bestimmten Temperatur schmelzt, und die Dämpfe frei entweichen läßt.

Wie weit die Kraft der Dämpfe in völlig eingeschlossenem Raum gesteigert werden könne, ist noch zur Zeit unbekannt. Cagnard de La Tour stellte hierüber folgende merkwürdige Versuche an. Er schloß mehrere flüchtige Flüssigkeiten, Aether, Alkohol, Naphta, Serpenthinöhl und Wasser in kleine enge Glasröhren ein, die von der Flüssigkeit zum Theil angefüllt waren, der übrige Theil der Röhre enthielt Luft, und die Glasröhren wurden hermetisch eingeschlossen.

Als die Röhren nachher mit Behutsamkeit erhitzt wurden, verwandelte sich die Flüssigkeit in Gas. Beym Aether geschah dieß bey  $160^{\circ}\text{C}$  und er nahm das zweifache Volumen seiner flüssigen Form ein, und übte einen Druck von 37 — 38 Atmosphären aus. Alkohol nahm die Gasform an bey  $+ 207^{\circ}$  und übte bey dem 3fachen seines vorigen Raumes eine Kraft von 119 Atmosphären aus. Wasser zersprengte die Glaswände, die es ausfüllte, bis man ihm etwas kohlensaures Natron zusetzte; dann verwandelte es sich bey der Schmelzhize des Zink's in Gas, das den vierfachen Raum als im flüssigen Zustand einnahm.

Berechnet man nach unsrer Formel über die Spannkraft der Wasserdämpfe und dem im folgenden §. angeführten Dalton'schen Gesetz die Spannkraft des Alkoholdampfes bey  $+ 207^{\circ}\text{C} = 165,6\text{R}$  so findet man den 65fachen Atmosphärendruck, viel kleiner als Cagnard de La Tours Beobachtungen. Dagegen giebt dieselbe Rechnung für die Aetherdämpfe bey  $160^{\circ}\text{C} = 128\text{R}$  den 51 bis 52 fachen Atmosphärendruck, also größer als die Beobachtung. Wir müssen es dahin gestellt seyn lassen, ob Cagnard de La Tours Zahlen als genau zu betrachten sind.

#### §. 201.

Dalton hat aus der Vergleichung der Spannkraft der Wasser, Weingeist, und Aetherdämpfe das Gesetz abgeleitet:

der Unterschied der Temperaturen, wobey Dämpfe verschiedner Körper eine gleiche Spannkraft besitzen, ist eine beständige Größe und dem Unterschiede der Siedhize der Flüssigkeiten gleich, woraus die Dämpfe gebildet sind.

Hat sich gleich dieß Gesetz nicht in seiner Allgemeinheit bewähret, so dienet es doch, als eine Annäherung, um schnell übersehen zu lassen, welche Spannkraft einem Dampf bey einer bestimmten Temperatur zukömmt, für welche die Spannkraft des Wasserdampfes bekannt ist. Z. B. nach der im vorigen Paragraphen mitgetheilten Tafel beträgt der Unterschied der Siedhize zwischen Schwefel - Aether und Wasser  $49^{\circ}$  R. Die Spannkraft der Wasserdämpfe bey  $-20^{\circ} + 49^{\circ} = +29^{\circ}$  müßte nach Daltons Gesetz eben so groß seyn als die der Aetherdämpfe bey  $-20$  R. Unsere Beobachtungen geben für diese 1,95 Zolle, für jene 1,85 Zolle.

Will man das Gesetz auf die Quecksilberdämpfe ausdehnen, und nimmt den Siedpunct des Quecksilbers zu  $285^{\circ}$  R, also 205 höher als den Siedpunct des Wassers an so würde die Spannkraft der Quecksilberdämpfe bey den Temperaturen der Siedhizen und Frierkälte des Wassers nicht größer seyn, als die Spannkraft des Wasserdampfes bey  $-125^{\circ}$  R und  $205^{\circ}$  R. Bey diesen äußerst niedrigen Temperaturen kennen wir die Spannkräfte der Wasserdämpfe eben so wenig. Indessen zeigt doch diese Betrachtung, daß zwischen dem Eis- und Siedpunct des Wassers die Spannkraft der Quecksilberdämpfe eine uns völlig unmeßbare Größe sey.



## S. 202.

Es ist für den Naturforscher eben so wichtig die Dichten der Dämpfe bey verschiedenen Temperaturen, wie ihre Spannkräfte, zu kennen. Um die Dichte der Dämpfe zu bestimmen, muß man ihr Gewicht und den Raum kennen den sie einnehmen, oder das Verhältniß ihres Gewichtes zu dem Gewichte einer gleichen Menge einer andern Flüssigkeit z. B. der Luft, deren Dichte bekannt ist. Ich bediente mich des letztern Verfahrens, um zur Kenntniß der Dichte der Wasserdämpfe bey der Siedhize zu gelangen, wie folget.

Eine Biöle von dünnem Glas, deren Hals in eine feine Spitze ausgezogen war, wurde bey einem bekannten Barometer- und Thermometerstand genau abgewogen. Dieß Gewicht gab das Gewicht des Glases nebst der eingeschlossenen Luft. Darauf wurde der innere Raum der Biöle mit Wasserdampf bey der Siedhize erfüllet, indem man etwas destillirtes Wasser darin bis zur Trockne verkochen ließ, und in dem Augenblick die Spitze der Biöle verschloß. So wie das Gefäß wieder zur Temperatur der umgebenden Luft sich erkältete, beschlugen sich die Dämpfe als ein Thau an den innern Wänden. Es wurde nun wieder gewogen, dieß Gewicht gab das Gewicht des Glases nebst den Dämpfen. Darauf wurde die Spitze geöffnet, und die Biöle, nach eingeströmter Luft, zum drittenmale gewogen. Nimmt man dieses Gewicht gleich dem Gewicht des Glases, des Dampfes und der Luft, so giebt der Unterschied der Abwiegungen 1 und 3 das Gewicht des Dampfes, der Unterschied der Abwiegungen 2 und 3 das Gewicht der Luft bey gleichen Räumen. Auf diese Weise fand ich schon im Jahr 1797. die Dichte des Wasserdampfes

bey der Siedhize in Vergleichung mit der Dichte der Luft bey  $15^{\circ}$  R und 28" B wie 1 : 1,75. Es bedarf diese Zahl eine kleine Verbesserung. Denn da die Spannkraft des Wasserdampfes bey  $15^{\circ}$  R 0,68 Zoll beträgt, so war vor der 3ten Abwägung nicht das volle Gewicht der Luft, sondern nur  $\frac{28 - 0,68}{28}$  Theile desselben in der Viole ent-

halten. Mit Rücksicht auf diese Verbesserung verwandelt sich das oben angegebene Verhältniß in 1 : 1,78, und wenn man die Dichte des siedendheißen Dampfes mit der Dichte der Luft bey gleicher Temperatur vergleichen will, so geht es in 1 : 1,4 über, genau dasselbe was auch Saussüre der ältere gefunden hatte. Gay Lüssac, welcher später über diesen Gegenstand Untersuchungen anstellte, brachte eine genau abgewogene Menge von Wasser in einem gläsernen Bläschen in den obern Raum eines mit Quecksilber gefüllten Recipienten, und ließ jenes Wasser, durch eine von aussen angebrachte Erhöhung der Temperatur bis zur Siedhize sich in Dämpfen auflösen, indem es die dünnen Wände des gläsernen Bläschens zersprengte. Jetzt maß er den Raum der Dämpfe, und die Höhe der unter denselben angestiegenen Quecksilbersäule, und berechnete daraus die Dichte der Wasserdämpfe die sie bey gleicher Temperatur unter einem Druck von 0,76 M. = 28,1 Zoll gehabt haben würden. So fand er die Dichte des Wasserdampfes bey der Siedhize in Beziehung auf die Luft = 1 : 1,6, oder wenn man die Dichte der Luft = 1 setzt, die Dichte des Wasserdampfes = 0,625.

Ich werde mich in der Folge der von Gay Lüssac angegebenen Zahl bedienen, weil sie von den Naturforschern allgemein angenommen worden ist.

Die oben §. 199 von Despret's mitgetheilten Beobach-

tungen beweisen, daß die Dichte der Dämpfe bey den flüchtigeren Körpern größer ist als bey dem Wasser, ob sie gleich nicht in dem umgekehrten Verhältniß der Siedhizen stehen. Die Siedhize einer Flüssigkeit ist diejenige Temperatur, wobey die Spannkraft ihrer Dämpfe dem Druck der Atmosphäre gleichkommen. Hieraus erhellet, warum die Siedhize mit dem Druck der Atmosphäre ab- und zunehmen. Da nun bey den Wasserdämpfen die Spannkraft um die Siedhize für einen Grad der Centesimalscale um 1 Zoll ab- und zunimmt, so fließet daraus die S. 185 mitgetheilte Verbesserung für den Siedpunct bey den Thermometern.

Eine Flüssigkeit, welche eine geringere Siedhize hat als das Wasser, können wir uns als eine solche vorstellen, deren Cohäsionskraft kleiner ist, und deren Dampftheilchen somit auch in kleineren Entfernungen von einander gestellet seyn können, ohne wirklich zusammen zu fließen.

Daraus wird die größere Dichte solcher Dämpfe begreiflich.

Uebrigens hängt die Verdampfungsfähigkeit einer Flüssigkeit nicht bloß von ihrer Cohäsionskraft, sondern auch von ihrer specifischen Wärme und dem specifischen Gewicht ab.

### S. 203.

Wenn sich Dämpfe bey irgend einer Temperatur gebildet haben, und man erhöhet ihre Temperatur, ohne daß sie in Berührung mit verdunstbarer Flüssigkeit stehen, so wächst ihre Spannkraft gleichförmig mit den Zunahmen der Wärme, wie bey den Luftarten. Erkältet man aber solche Dämpfe, so ist die Abnahme ihrer Spannkraft nur so lange gleichförmig, als sie ihre größte Dichte, wobey sie bestehen können, nicht überschreiten. Um die größte Dichte eines Dampfes bey einer andern Temperatur als der Siedhize zu finden, darf man folgende Betrachtung anstellen.

Die absolute Elasticität eines Gases ist eine zusammengesetzte Function aus seiner Dichte und seiner specifischen Elasticität. Letztere aber kann den Ausdehnungen des Gases durch die Wärme proportional gesetzt werden, und in so ferne diese für alle Gase, die Dämpfe einge-

geschlossen, dieselbe ist; so kann man sagen: das Verhältniß der Dichten zweier Gase, also auch der Dämpfe zur Luft sey bey gleicher Temperatur und Spannung eine beständige Größe, für Wasserdampf und Luft 10 : 16.

Dieser Ausdruck kann indessen zu Irrungen Anlaß geben, weil die Dämpfe bey gegebener Temperatur nicht unter jeder Spannung existiren können. Es giebt z. B. keinen Wasserdampf bey der Temperatur der Eiskälte und einer Spannung von 28 Zollen.

Der analytische Ausdruck für die Dichte der Wasserdämpfe bey gegebener Spannung =  $e$  und Temperatur =  $t$  ist

$$S = \frac{10/16 e}{0,76 M \cdot (1 + 0,00375 \cdot t)}$$

wenn man  $e$  in Meter und  $t$  in Centesimalgraden ausdrückt. Hiernach ist die folgende Tafel berechnet. Dabey habe ich für die niedrigeren Temperaturen die Beobachtungen Daltons zum Grunde gelegt. Bey den höhern aber meine gefundenen Spannkräfte, weil für diese Temperaturen die Dalton'schen Angaben zu klein sind.

Da das Gewicht eines Cubicdecimeters Luft unter der Temperatur der Eiskälte und bey 28'' B gleich 1,3 Gramme, oder eines pariser Cubikfußes = 838,6 Grain ist, so darf man die Zahlen für  $S$  in der Tafel, nur mit einer der vorstehenden multipliciren, um das Gewicht der nach neuem oder altem französischen Maaß zu erhalten.

---

## Tafel

über die zusammengehörige Temperaturen, Spannungen und Dichten der Wasserdämpfe, die Dichte der Luft. bey 0° und 0,67 (= 28,16 Z.) Barometerstand zur Einheit genommen.

| Temperatur |       | Spannung   |               | Dichte |  |
|------------|-------|------------|---------------|--------|--|
| °C.        | °R.   | Millimeter | Milliontheile |        |  |
| — 20°      | — 16° | 1,333      | 1184          |        |  |
| — 15°      | — 12° | 1,879      | 1637          |        |  |
| — 10°      | — 8°  | 2,613      | 2248          |        |  |
| — 5°       | — 4°  | 3,660      | 3067          |        |  |
| 0°         | 0°    | 5,059      | 4160          |        |  |
| + 5°       | + 4°  | 6,947      | 5607          |        |  |
| + 10°      | + 8°  | 9,475      | 7510          |        |  |
| + 15°      | + 12° | 12,837     | 1000          |        |  |
| + 20°      | + 16° | 17,314     | 1324          |        |  |
| + 25°      | + 20° | 23,090     | 1735          |        |  |
| + 100°     | 80°   | 760        | 0,454         |        |  |
| 105        | 84    | 904        | 0,533         |        |  |
| 110        | 88    | 1077       | 0,632         |        |  |
| 115        | 92    | 1282       | 0,742         |        |  |
| 120        | 96    | 1520       | 0,868         |        |  |
| 125        | 100   | 1799       | 1,014         |        |  |
| 130        | 104   | 1226       | 1,184         |        |  |
| 135        | 108   | 2507       | 1,378         |        |  |
| 140        | 112   | 2964       | 1,609         |        |  |

## Anmerkung.

Ob das Gesetz für die Dichte der Dämpfe bey viel höhern Temperaturen gelte bleibt zweifelhaft.

## Hygrometer, und Hygrometrie.

## §. 204.

Wir haben schon erwähnt, daß die Atmosphäre stets mit Wasserdämpfen erfüllt ist, bald mehr bald weniger.

Um die Menge derselben, oder den Grad der Feuchtigkeit der Luft kennen zu lernen, hat man eigne Werkzeuge erdacht, die man Feuchtigkeitsmesser, Hygrometer nennt. Einige der besten sind, das Saussürsche Haarhygrometer, das Delüschsche Fischbeinhygrometer, und das von Dalton zuerst vorgeschlagene, und von Daniel weiter ausgeführte Hygrometer. Saussüre wählte das menschliche Haar, nachdem er es vorher durch Auskochen in einer schwachen Lauge, bestehend aus 1 Maasß Wasser und 30 Gran Soda oder Potasche, seiner natürlichen Fettigkeit beraubt hatte, zum hygrometrischen Körper, weil er fand, daß ein gehörig gelaugtes Haar sehr empfindlich gegen die Wasserdämpfe ist (es nahm von der größten Trockenheit bis zur größten Feuchtigkeit, um 0,0245 seiner Länge zu), dagegen unempfindlich gegen andere Dünste, und gegen die ausdehnende Kraft der Wärme, indem es sich durch 22° R nur um  $\frac{1}{2424}$  seiner Länge ausdehnte. Ein gehörig ausgelaugtes Menschenhaar, als Hygrometer zu gebrauchen, dienet folgende Zurichtung. ABCD Fig. 127 ist ein metallener Rahmen. Bey E befindet sich eine Klemme, bey F ein Rollenausschnitt, der einen feinen Zeiger e g herum führt. Die Klemme k kann durch eine Mikrometerschraube auf und nieder gehoben werden, durch sie wird das obere Ende des Haares festgehalten, das andere ist an dem untern Theil des Ausschnitts der Rolle befestiget, von dem obern Ende des Rollenausschnitts geht ein Seidenfaden herab, welcher ein kleines Gewicht p trägt. Wird nun das Haar durch die Feuchtigkeit verlängert, so dreht das Gewicht den Zeiger e g nach oben, wird hingegen das Haar durch Austrocknen kürzer, so zieht es selbst den Zeiger nach unten. Die Punkte der größten Feuchtigkeit und Trockenheit bestimmt Saussüre auf folgende Weise. Man hängt

Das Hygrometer nebst einem Thermometer setz in einem hohen Glaszylinder auf, der oben mit einem metallenen Deckel geschlossen ist, zuvor wird die innere Oberfläche des Zylinders ganz durch einen feuchten Schwamm mit Wasser benetzt, und die untere Oeffnung in eine Schale voll Wasser gestellt. Die eingeschlossene rund um mit Wasser umgebene Luft kommt bald zum Punct der größten Feuchtigkeit, und theilt diese dem Haar mit. Bleibt der Zeiger des Hygrometers nach Verlauf einiger Stunden unwandelbar auf einem Puncte stehen, und kommt auch bey veränderter Temperatur immer auf denselben zurück, so ist dieß der Punct der größten Feuchtigkeit, und das Haar gut gelaugnet. Jetzt bringt man das Hygrometer aus dem feuchten Raum unter ein trocknes Glasgefäß in das man zu gleicher Zeit eine hinreichende Menge stark ausgeglüheter Potasche, oder salzsauren Kalk stellet. Die Luft geht nun langsam durch Anziehung der Feuchtigkeit durch das Salz zur Trockenheit über, und mit ihr der Zustand des Haars. Kommt der Zeiger nach Verlauf von 12—24 Stunden zu seinem tiefsten Stand herab, und bleibt stehen, wenn man gleich die Temperatur des innern Raumes verändert, so ist der Punct der Trockenheit genau bestimmt. Den Zwischenraum beider Puncte theilet Saussüre in 100 gleiche Theile, dieß sind die Grade seines Hygrometers, von dem Punct der Trockenheit an gezählet. Delüc machte Einwendungen gegen die gleichförmige Ausdehnung des Haars um den Punct der größten Feuchtigkeit, und wählte statt desselben einen dünnen Fischbeinstreifen. Uebrigens ist die Einrichtung dieses Hygrometers dem Saussürschen ähnlich.

## §. 205.

Saussüre blieb nicht dabey stehen ein gutes Hygrome-

ter gebaut zu haben, er stellte auch Versuche über den Gang seines Hygrometers und die Menge des in der Luft enthaltenen Wassers an. So fand er, daß wenn das Haar-

| Hygrome-<br>ter zeigt | der Cubiffuß Luft enthält an Wasser |             |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------|
|                       | bey 15° R                           | 6° R        |
| 10°                   | 0,4593 Gran                         | 0,2545 Gran |
| 30°                   | 1,794                               | 1,083       |
| 50°                   | 3,485                               | 2,095       |
| 70°                   | 6,365                               | 3,373       |
| 90°                   | 9,725                               | 4,920       |
| 100°                  | 11,669                              | 5,6519      |

Auch stellte Saussüre Versuche über die durch die Temperatur bewirkten Aenderungen des Hygrometers an, wenn die absolute Menge der Feuchtigkeit in der Luft unveränderlich ist. Denn da die Dämpfe in der Atmosphäre selten in dem Zustande ihrer größten Dichte sich befinden, so müssen sie sich diesem Zustande desto mehr nähern oder von ihm entfernen, je niedriger oder höher die Temperatur wird. Saussüre ist sonach als der Begründer der Hygrometrie anzusehen, indessen haben Deluc, Dalton und Gay Lussac nicht wenig zur Vervollkommnung derselben beygetragen. Wir wollen zuerst von Daltons Art die Menge der Feuchtigkeit in der Luft zu messen reden, welche selbst eine Verbesserung eines von Le Roy früher gebrauchten Verfahrens ist. Es ist bekannt, daß kalte Körper sich in einer feuchten Luft mit Dunst beschlagen, desto stärker je feuchter die Luft ist. Man nehme ein blankes Gefäß von Glas oder Metall, trockne es von aussen wohl ab, und setze es der Luft aus, deren Feuchtigkeit man messen will. In das Gefäß gieße man etwas kälteres Wasser als die Temperatur der Luft ist, und erkälte dieses Wasser durch Auflösung von etwas Kochsalz oder Salmiak, indem man zugleich dessen Temperatur mittelst eines darin gesenkten



Thermometers beobachtet, bis die äußere Fläche des Gefäßes sich mit Dunst aus der Luft zu beschlagen anfängt. Die wahrgenommene Temperatur ist diejenige, wobey die Dämpfe in der Luft die Dichte annehmen würden, welche der größten Feuchtigkeit entspricht. Man darf also mit dieser Temperatur nur in die oben S. 202 mitgetheilte Tafel eingehen, um die Spannkraft, Dichte und das Gewicht der Dämpfe zu finden, welche in einem Cubikmeter Luft zur Zeit der Beobachtung enthalten sind. Z. B. Man habe gefunden, daß die Luft von  $+ 15^{\circ} \text{C}$  auf  $+ 5^{\circ} \text{C}$  erkältet werden müßte, um einen sichtbaren Dunstbeslag abzusehen, so lehret die Tafel, daß die Dichte der Dämpfe in der Luft 0,005607 von der Dichte der Luft bey  $0^{\circ}$  und 28 Z. Bst. ist, und ihr Gewicht in einem Cubikmeter 7,289 Grammen beträgt.

Dieser sehr directen Methode die Menge der Feuchtigkeit in der Luft zu finden, steht nur das entgegen, daß man den ersten Hauch von Beslag selten wahrnehmen kann, und daher die Temperatur, wobey er erfolgt, gewöhnlich etwas zu niedrig angiebt. Man hat, um die Daltonische Beobachtungsart zu erleichtern, mancherlei Werkzeuge vorgeschlagen, die zum Theil unnöthiger Weise zusammengesetzt erscheinen. Ich bediene mich dazu des Fig. 118 abgebildeten Schaalenthermometers. In die Schale selbst kommt die erkältende Flüssigkeit, an der untern Seite derselben wird der Dunstbeslag beobachtet, und das Thermometer giebt die Temperatur. Immer bleibt es umständlicher eine Beobachtung der Art anzustellen, als den Stand eines gewöhnlichen Hygrometers nachzusehen. Es wäre daher zu wünschen, daß man den Gang der gewöhnlichen Hygrometer nach der Daltonischen Methode prüfte, und ihre Anzeige dadurch berichtigte. Dieß hat, wiewohl auf einem andern Weg, Gay Lüssac für das Saussürsche Hygrometer unternommen, und so des Erfinders Untersuchungen über sein Werkzeug vervollkommnet.

#### S. 206.

Je nachdem eine wässerige Flüssigkeit einen Stoff auf

gelöst enthält, welcher eine stärkere Anziehungskraft gegen das Wasser besitzt, eine um so geringere Spannkraft werden die über der Flüssigkeit in einem eingeschlossenen Raume bey bestimmter Temperatur sich bildenden Dämpfe besitzen. Von diesem Grundsatz ausgehend, brachte Gay Lussac in einen eingeschlossenen Raum ein Saussürsches Hygrometer und nach und nach verschiedene Flüssigkeiten, maß die Spannkraft der Dämpfe bey  $+ 10^{\circ} \text{C}$  und beobachtete die zugehörigen Stände des Hygrometers. So ergab sich eine Tafel, welche für jeden Grad des Saussürschen Hygrometers, die Spannkraft der Dämpfe in Hunderttheilen der absoluten Spannkraft, (d. i. derjenigen die bey der größten Feuchtigkeit unter gleicher Temperatur Statt fände) angiebt. Das Folgende ist ein für die gewöhnlich vorkommenden Beobachtungen hinreichender Auszug dieser Tafel.

| Hygrome-<br>tergrade | Spannkraft<br>der Dämpfe<br>in 100 Theilen | Unter-<br>schied<br>für $1^{\circ}$ | Hygrome-<br>tergrade | Spannkraft<br>der Dämpfe<br>in 100 Theilen | Unter-<br>schied<br>für $1^{\circ}$ |
|----------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| $0^{\circ}$          | 0,00                                       | 0,45                                | $55^{\circ}$         | 31,76                                      | 0,79                                |
| $5^{\circ}$          | 2,25                                       | 0,46                                | $60^{\circ}$         | 36,28                                      | 0,90                                |
| $10^{\circ}$         | 4,57                                       | 0,48                                | $65^{\circ}$         | 41,42                                      | 1,03                                |
| $15^{\circ}$         | 6,96                                       | 0,50                                | $70^{\circ}$         | 47,19                                      | 1,15                                |
| $20^{\circ}$         | 9,45                                       | 0,52                                | $75^{\circ}$         | 53,76                                      | 1,31                                |
| $25^{\circ}$         | 12,05                                      | 0,54                                | $80^{\circ}$         | 61,22                                      | 1,46                                |
| $30^{\circ}$         | 14,78                                      | 0,58                                | $85^{\circ}$         | 69,59                                      | 1,67                                |
| $35^{\circ}$         | 17,68                                      | 0,62                                | $90^{\circ}$         | 79,09                                      | 1,9                                 |
| $40^{\circ}$         | 20,70                                      | 0,68                                | $95^{\circ}$         | 89,06                                      | 2,00                                |
| $45^{\circ}$         | 24,13                                      | 0,73                                | $100^{\circ}$        | 100,00                                     | 2,2                                 |
| $50^{\circ}$         | 27,79                                      | 0,79                                |                      |                                            |                                     |

Um den Gebrauch dieser Tafel, und ihre nahe Uebereinstimmung mit der Daltonschen Methode zu zeigen, theile ich einige von mir darüber angestellte Beobachtungen mit.

| Hygro-<br>meter. | Temperatur |                        | Spannung        |           |
|------------------|------------|------------------------|-----------------|-----------|
|                  | d. Luft    | d. Dunst,<br>besclaa's | nach Gay Lüssac | n. Dalton |
| 84°              | 0° R       | — 4° R                 | 3,44 Mill.      | 3,66      |
| 79°              | + 5°       | — 1½ R                 | 4,16            | 4,35      |
| 64°              | + 17°      | + 4° R                 | 7,40            | 6,447     |
| 64°              | + 14°      | + 4° R                 | 6,06            | 6,947     |

Die Zahlen der 4ten Reihe sind so berechnet worden. Bey 84° F. beträgt nach G. L. die Spannung 0,68 der absoluten. Diese aber beträgt bey 0° R 5,059 beide Zahlen multipliciret geben 3,44. Nach Dalton beträgt die Spannkraft bey 4° R = 3,66 siehe die Tafel S. 202.

Ein neuer Vorschlag Leslie's die Feuchtigkeit der Luft durch den Grad der Erwärmung, welche eine concentrirte Schwefelsäure in feuchter Luft zeigt, zu messen, scheint uns keiner großen Genauigkeit fähig zu seyn.

### Ausdünstungsmaß.

#### S. 207.

Die Menge von Dünsten, welche von einer Wassersfläche von gegebener Größe aufsteigen, stehen im Verhältnisse der, den Temperaturen entsprechenden Spannkräften der Dünste. Dieß hat Dalton durch folgende Versuche dargethan. Er füllte ein cylindrisches Gefäß von Zinn 2,5 Zoll im Durchmesser, 3,25 Zoll tief mit Wasser an, und ließ es bey verschiedenen Temperaturen, in stiller Luft verdunsten, und maß die in einer Minute abgedünstete Mengen, sie waren den Spannkräften der Dämpfe proportional, wie das folgende Täfelchen zeigt.

| Temperatur nach<br>Fahrenheit | Spannung der<br>Dämpfe in Zollen | Ausdünstung in 1 Minute<br>in Grain engl. Gewicht |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 212°                          | 30"                              | 30                                                |
| 180°                          | 15,15                            | 15                                                |
| 164                           | 10,41                            | 10                                                |
| 152                           | 7,81                             | 8,5                                               |
| 144                           | 6,37                             | 6                                                 |
| 138                           | 5,44                             | 5                                                 |



Dieser Erfahrungssatz stimmt auch mit der Theorie überein. Denn die beschleunigende Kraft, welcher die Geschwindigkeit der Ausdünstung proportional seyn muß, ist hier gleich der Spannkraft, dividirt durch die Dichte der Dämpfe, und die Menge der Verdunstung steht im Verhältniß der Geschwindigkeit, multiplicirt mit der Dichte der Dämpfe, daher

$$m = A \frac{e}{d} \cdot d = A \cdot e$$

wenn  $m$  Menge,  $e$  Spannkraft,  $d$  Dichte der Dämpfe, und  $A$  einen durch die Erfahrung zu bestimmenden Zahlcoefficienten bezeichnen.

Die Menge der Verdunstung nimmt ab, wenn die Luft bereits ähnliche Dämpfe von bestimmter Spannung enthält. Es werde die Spannung der Dämpfe in der Luft durch  $e'$  bezeichnet, so geht nun der obige Ausdruck in folgenden über  $m = A (e - e')$ . Dalton fand, daß ein Gefäß voll Wasser von  $\frac{1}{4}$  □ Fuß Oberfläche bey der Siedhitze, und trockner ruhiger Luft in einer Minute 120 Grain Wasser durch Ausdünstung verlor. Da hier also  $m = 120$ ,  $e = 30''$ , so folgt  $A = \frac{120}{30} = 4$  und der allgemeine Ausdruck für  $m$  geht in folgenden über  $m = 4 (e - e')$ , oder wenn man  $m$  auf einen ganzen Quadratfuß beziehen will  $m = 16 (e - e')$  wo sich alles auf englisches Maas und Gewicht bezieht. Z. B. Es sey die Temperatur der verdunstenden Flüssigkeit =  $20^\circ R$ , die Feuchtigkeit der Luft so groß, daß sie bey  $+ 10^\circ$  in den Zustand der größten Feuchtigkeit übergehe, dann ist die Spannkraft ihrer Dämpfe nach Dalton 0,435 Zolle =  $e'$ , die Spannkraft der Dämpfe bey  $20^\circ$  oder  $e = 0,910$  Zolle. Daher die Menge des in einer Minute von einem

Quadratfuß Oberfläche verdunsteten Wassers = 16  
(0,910 — 0,435) Grain = 7,66 Grain.

Wollte man von Versuchen so im Kleinen auf Großes schließen, so würde dieß auf die geographische Quadratmeile 7913 Centner verdunstetes Wasser geben. Es zeigt dieß wenigstens, welche ungeheure Menge von Wasser sich durchs Verdunsten aus dem Weltmeer in die Atmosphäre begiebt. Ganz anders verhält sich die Ausdünstung bey feuchten festen Körpern. Hier kommt ausser der specifischen Wärme der Körper ihre Anziehung gegen das Wasser ins Spiel. So dünstet z. B. feuchter Thon weniger aus, als feuchter Sand. Ausser der Temperatur und dem Zustande der Feuchtigkeit der Atmosphäre haben auch die Winde einen großen Einfluß auf die Ausdünstung, sie vermehren dieselbe in der Regel, weil sie statt der feuchten Luft eine trockne an ihre Stelle bringen. Alles dieß zusammen genommen macht, daß die Ausdünstung zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten sehr veränderlich ausfällt. Die Werkzeuge, deren man sich zur Messung der Ausdünstung bedient, heißen *Atmometer*. Es sind flache mit Wasser gefüllte Kästen von bekannter Oberfläche, die man der Wirkung der freien Luft unter einer leichten Bedeckung aussetzt.

## Technische Anwendung der elastischen Kraft der Wasserdämpfe.

### §. 280.

Ob wir uns gleich über die technische Anwendung der elastischen Kraft der Dämpfe hier, als unserm Zwecke fremd, nicht verbreiten können; so mag es doch vergönnet seyn, die physischen Principien kurz zu erwähnen, worauf jene für die Gesellschaft so äußerst fruchtbringende Anwendungen der Dampfmaschinen beruhen. Zur Erläuterung des folgenden sehe man Fig. 128. Es bezeichne *K* einen Kessel, welcher durch eine schicklich angebrachte Feuerung hinlänglich erhitzt und mit einer gehörigen Menge heißen Wassers und Dämpfen von der nöthigen Spannung versehen ist. Von seinem obern mit Dampf erfüllten Raume geht ein Leitrohr *R R N*, welches unten und oben zu dem zweiten Haupttheil der Dampfmaschine, dem großen Cylinder

M'MN<sup>c</sup> führt, in welchem der Kolben M'M dampfdicht auf und nieder geht. Die Röhre BBN ist mit zwei Hähnen oder Ventilen 1, 2, versehen, welche sich abwechselnd öffnen, und schließen. Soll der Kolben M'M in die Höhe gehen, so ist der Hahn 1 offen und 2 zu. Der Dampf tritt aus dem Kessel unter den Kolben und treibt ihn vermöge seiner Spannkraft in die Höhe. Ist bereits Dampf über den Kolben gewesen, so tritt derselbe durch die Oeffnung N' den Hahn 3 und die Röhre OA zu dem Condensator. Dieß ist ein in kaltes Wasser versenkter verschlossener Raum, in welchem sich der Dampf durch die niedrige Temperatur größtentheils zu Wasser verdichtet, und nur eine geringe Spannkraft übrig behält. Die Verdichtung der Dämpfe kann noch dadurch befördert werden, daß dem in den Condensator dringenden Dampf von der einen Seite ein Strahl kaltes Wasser begegnet, und daß von der andern Seite eine Saugpumpe, die durch die Dampfmaschine selbst getrieben wird, die verdichteten Dämpfe an einen Ort bringt, von welchem sie dem Kessel wieder als Speisewasser zugeführt werden können. Soll nun der Kolben von seinem höchsten Stand N'N wieder zu dem niedrigsten M'M zurückkehren, so schließen sich der Hahn 1 und 3, dagegen öffnen sich der Hahn 2 und 4. Jetzt dringen die Dämpfe aus dem Kessel durch die Oeffnung N über den Kolben, dagegen fließen die unter demselben befindlichen durch die Oeffnung M' nach dem Condensator ab. Durch die hin und hergehende Bewegung der Kolbenstange A, wird ein Hebebaum ACB in schwingende Bewegung gesetzt, welcher selbst durch die Stange BD Pumpenwerke jeder Art treiben, oder wieder mit einer Kurbel DE in Verbindung stehen kann, wodurch die hin und hergehende Bewegung in eine freißdrehende verwandelt wird, die sich denn wieder jeder andern Maschine mittheilen läßt. So wird begreiflich, wie man durch Dampfmaschinen Mühlenwerke in Bewegung setzen, oder die gleich Rudern wirkenden Schaufelräder eines Dampfschiffes, oder die Wagenräder eines Fuhrwerks umtreiben könne. Die bewegende Kraft einer Dampfmaschine beruht erstens auf der Größe der Spannkraft der im Kessel erzeugten Dämpfe, und zweitens auf der Größe der Kolbenfläche, gegen welche sie wirken. Das mechanische Moment der Maschine hängt zugleich von der Höhe und Geschwindigkeit des Kolbenhubs MN ab. Betrüge z. B. die Spannkraft der Dämpfe im Kessel = 28 Z. Quecksilberdruck, die Spannkraft der Dämpfe im Condensator = 23, so würde die bewegende Kraft am

Kolben durch 26 Zoll Quecksilberdruck dargestellt werden, welches noch über 2000 Pf. auf 1 par. □ Fuß Kolbenfläche beträgt. Gesezt, der Kolben habe eine Grundfläche von  $2\frac{1}{2}$  □ Fuß, der Kolbenshub betrage 5 Fuß und wiederhole sich 20mahl in einer Minute, so betrüge die bewegende Kraft dieser Dampfmaschine 5000 Pf. und das mechanische Moment in einer Minute  $5 \cdot 20 \cdot 5000 = 500000$  Pfund. Rechnet man das Moment eines Pferdes zu 33000 Pfund, so wäre die Kraft der Maschine gleich 15 Pferdekraften.

### §. 209.

Die obige Beschreibung enthält die flüchtigen Umriffe der von Watt und Boulton so sehr verbesserten doppelt wirkenden Dampfmaschinen mit Condensator. Wer sich genauer über die äußerst sinnreichen Einrichtungen dieser Maschinen unterrichten will, den verweisen wir auf Bernoulli's Anfangsgründe der Dampfmaschinenlehre Basel 1824, sodann auf Pronys hydraulische Architectur 2. Band. Nach dieser Constructionart sind bisher die meisten Dampfmaschinen in England und dem Continent von Europa gebauet worden. Seit 20 — 30 Jahren hat man, vorzüglich in Amerika, und nun auch in England Dampfmaschinen gebauet, bey welchen der Condensator wegbleibt, dagegen die Dämpfe in dem Kessel durch Erhöhung der Temperatur zu einer viel höhern Spannkraft, dem 10, 20 bis 30fachen Atmosphärendruck gesteigert werden. Man denke sich die Röhre 000 mit dem Condensator weg, und die Dämpfe über und unter dem Kolben durch den Hahn 3 und 4 abwechselnd in die Atmosphäre entweichen, so hat man einen Begriff von einer Dampfmaschine mit hohem Druck ohne Condensator. Es erhellet von selbst, daß eine solche Dampfmaschine wegen der großen Vermehrung der bewegenden Kraft einen viel kleinern Kolben zu treiben braucht und doch denselben mechanischen Effect leisten kann. Dabei

eignen sie sich vorzüglich zur Bewegung von Dampfmaschinen, Dampfahruwerken und ähnlichen Maschinen. Nur hatte die Gefahr des Zerspringens, trotz aller angewandten Sicherungsmittel, gegen die allgemeinere Einführung solcher hochwirkenden Dampfmaschinen gerechtes Mißtrauen erregt. Perkin's scheint es gelungen zu seyn, auch dieses Hinderniß zu beseitigen, durch die Art, wie er den heißen Dampf erzeugt. Er nimmt statt des Dampfkeßels einen kleinen sehr massiven Cylinder von Metall, der mitten im Feuer liegt, und stets ganz mit heißem Wasser angefüllt ist. In denselben wird durch eine Druckpumpe bey jedem Kolbenshub nur wenig frisches Wasser getrieben, eben so viel als auf der andern Seite heißes Wasser durch ein Ventil entweicht, das sich sogleich in Dampf auflösend nach dem Kolbenraum begibt, wo es fortföhret sich auszudehnen, und den Kolben vor sich her schiebt. Perkin's giebt die Kraft des Dampf's in seinen Maschinen zu 35 Atmosphärendruck an.

Man hat die Frage aufgeworfen, welche Dampfmaschinen, hohe, oder niedrigpressende, leisten bey gleichem Aufwand an Feuerungsmaterial am meisten? Die Beantwortung dieser Frage föhret auf folgende physikalische Untersuchung. Wie verhält sich die Dichte, Spannkraft und specifische Wärme des Dampfes bey hohen und niedrigen Temperaturen. — Nach Versuchen, die ich in Gren's n. Journal der Physik 4. B. S. 314. bekannt gemacht habe, fand ich die specifische Wärme des Wasserdampfes

|            |                             |  |
|------------|-----------------------------|--|
| bey 82° R  | 5 $\frac{1}{3}$ mahl größer |  |
| bey 93° R  | 4 $\frac{5}{6}$ — —         |  |
| bey 100° R | 4,55 — —                    |  |

als Wasser von gleicher Temperatur. Die drei Versuche geben für die specifische Wärme des Wasserdampfes bey 80° die constante Größe

|                                              |                 |
|----------------------------------------------|-----------------|
| 437 $\frac{1}{3}$ ° — 2° = 435 $\frac{1}{3}$ | } 435,5° Mittel |
| 449 $\frac{1}{2}$ ° — 13° = 436              |                 |
| 455° — 20° = 435                             |                 |

und rückwärts für jede Temperatur des Wasserdampfes = e



über  $0^\circ$  den einfachen Ausdruck für die specifische Wärme  
 $= 355,5 + t R.$

Multiplirciren wir die Zahl mit der Dichte des Dampf's für dieselbe Temperatur, so erhalten wir das Verhältniß des Feuerungsaufwands für bestimmte Mengen von Dampf bey verschiedenen Temperaturen.

Die Rechnung giebt für Dämpfe von  $80^\circ = 197,7$   
 $96^\circ = 391,9$

welches Verhältniß dem 1 : 2 sehr nahe kommt. Das Verhältniß der Spannkkräfte ist genau  $= 1 : 2$ . Hiernach zu urtheilen, würde eine gleiche Menge von Wärme erfordert, um ein bestimmtes Gewicht von Wasser in Dampf zu verwandeln, die Temperatur und Spannkraft des Dampfes möchte hoch oder niedrig seyn. Man würde aber dem ungeachtet irren, wenn man daraus die Folge ziehen wollte: die mechanische Wirkung des Dampfes bleibe bey hoher und niedriger Spannkraft gleich, wenn der Feuerungsaufwand gleich ist. Dieß wird folgendes Beyspiel sehr deutlich zeigen.

Wir wollen uns 1 Cubikfuß Dampf von der doppelten Spannkraft der Atmosphäre, und einen Cubikfuß Dampf von der 10fachen Spannkraft denken, beide auf einen Kolben von 1 Quadratfuß Oberfläche wirkend, bis sie sich zum einfachen Atmosphärendruck entspannt haben. Da nun die mechanischen Effecte nicht von der momentanen Pressung, sondern von der Summe der Wirkungen abhängen, die Spannkkräfte der sich entspannenden Dämpfe aber stets im verkehrten Verhältnisse der Räume stehen, durch welche sie sich ausgedehnt haben, so steht die Summe aller Wirkungen im zusammengesetzten Verhältnisse der anfänglichen Spannungen, und der Logarithmen der Räume. Dieß giebt in unserm Beyspiel das Verhältniß der mechanischen Wirkungen  $= 2 \log 2 : 10 \log 10$   
 $= 0,6 : 10$   
 $6 : 100$

Das Verhältniß des Feuerungsaufwands würde vermöge obigen  $2 : 10 = 1 : 5$  seyn. Dividiren wir dieses in jenes, so bleibt bey gleichem Feuerungsaufwand das Verhältniß der mechanischen Effecte  $= 6 : 23$ .

Ueber Dampffiltrirmaschinen, Dampfpresen, sehe man die darüber erschienenen Schriften von Romershausen, auch Dingler's polytechnisches Journal 10. B.

## Entstehung von Wärme und Licht, Feuererscheinungen.

### §. 210.

Wenn die Wärmeentbindung schnell und in einem so hohen Grade erfolgt, daß sie zugleich mit Lichterscheinung verknüpft ist, so nennen wir dieß zusammengesetzte Phänomen Feuer. Es kann daher überall Feuer entstehen, wo durch irgend eine Ursache eine so große Menge von Wärme plötzlich frei wird, um sich zugleich als Licht zu äußern. Man kann sich dieß nach den oben angeführten beiden Vorstellungen über die Ursache der Wärme folgendermaßen erklären, betrachtet man itens die Wärme als etwas Materielles, als Licht, das eine träge Materie in strahlende Bewegung versetzt hat, die auf unser Gefühl als Wärme wirkt, so müssen wir auch umgekehrt annehmen, daß eine solche Verdichtung des Wärmestoffs entstehen könne, wobey ein Theil jenes trägen Stoffes wieder ausgeschieden, und das Licht seiner ursprünglichen Natur zurückgegeben wird. Denken wir uns dagegen unter der Ursache der Wärme eine schwingende Bewegung, die von den Schwingungen des feinen Aethers (den Lichtwellen) in die gröbere Materie übergegangen ist, so müssen wir auch zugeben, daß die Wärmeschwingungen der gröbern Materie so intensiv stark, und so schnell auf einander folgend werden können, um sich dem feineren Aether mitzutheilen, und so Lichtwellen zu werden.

Die Feuererscheinungen werden nun vermöge der Erfahrung auf unserer Erde vorzüglich da hervorgebracht, wo durch das Spiel der chemischen Verwandtschaft oder durch das Streben der entgegengesetzten Electricitäten nach Einigung eine neue und innigere Verbindung oder auch

nur durch mechanische Kräfte eine plötzliche Verdichtung der materiellen Stoffe erzeugt wird.

Eine Hauptquelle der Feuererscheinungen auf unserm Erdbörper sind die eigentlichen mit Drydation verknüpften Verbrennungsprocesse. Wir wissen bereits aus dem Vorhergehenden; daß hierbey der Sauerstoff der Atmosphäre von dem verbrennlichen Körper angezogen und verdichtet wird. Lavoisier suchte daher die Quelle alles Feuers in der Verdichtung des Sauerstoff's, welchen Satz aber viele neuere Erfahrungen widersprechen. Man denke z. B. an das Erglühen und Brennen der Metalle in Schwefel- und Chlor-Gas. Indessen ist nicht zu leugnen, daß bey weitem die meisten Feuererscheinungen auf der Oberfläche unsrer Erde wegfallen würden, wenn die Atmosphäre keinen Sauerstoff enthielte, oder auch nur in einen solchen Körper übergieng, welcher nicht so geneigt wäre, seinen Sauerstoff an die verbrennlichen Körper abzugeben, wie z. B. viele mephitische Gasarten, die in ihrer Grundmischung Sauerstoff enthalten.

Aus dem Vorstehenden lästet sich die Wirkungsart der Feuerlöschmittel erklären. Man kann sie auf drei Arten zurückbringen, 1) solche, die durch Temperaturerniedrigung den Verbrennungsproceß unterdrücken, 2) solche, welche durch Abhaltung des Sauerstoffs wirken, 3) solche, welche durch ihre eigne chemische Kraft den Verbrennungsproceß unterdrücken, wie z. B. die mephitischen Gasarten. Die erste Classe von Löschmittel ist in der Regel die am meisten zur Hand seyende, und eben daher die wirksamste. Dahin gehöret vor allen das Wasser; welches wir in die Gluth spritzen. In hinlänglicher Menge angebracht, erzeugt es durch schnelle Verdunstung eine solche Temperaturerniedrigung, daß der Verbrennungsproceß nicht fort dauern kann. Eben daraus fließet wieder die praktische Löschregel: man soll das Wasser in hinlänglicher Menge, und von unten herauf wirken lassen. Denn wollte man oben zuerst löschen, so würde der hier unterdrückte Verbrennungsproceß, durch die von unten aufsteigende Hitze bald wieder

erzeuget werden. Zu wenig Wasser bringt keine hinreichende Erkältung hervor, und kann selbst durch Zersetzung in seine Bestandtheile dem Feuer Nahrung geben.

Unter die zweite Classe von Löschmittel gehören Auflösungen von unverbrennlichen Salzen und Erden (Alaun, Eisenvitriol, Thonerde u. dergl. mit Wasser verdünnt), die man in die Glut spritzt, und welche nach Verdunstung des Wassers einen den Sauerstoff abhaltenden Ueberzug bilden. Wirksamer sind diese Stoffe, wenn man sie nicht als Lösch-, sondern als Feuerverwahrungsmittel anwendet, indem man Holz, Stroh, und andere leicht entzündliche Stoffe damit überzieht. Die dritte Art von Löschmittel läßt sich nur in seltenen Fällen, aber dann auch mit vielem Erfolg anwenden, wie z. B. bey brennenden Kaminen, oder überhaupt bey einem in eingeschlossenem Raume ausgebrochenen Feuer. Schwefeldämpfe sind hier zu empfehlen, oder auch nur ein sorgfältiges Verschließen des Raums, da alsdann das Feuer durch sich selbst erstickt, weil sich bald soviel kohlensaures Gas entwickelt, um den fernern Verbrennungsproceß zu hemmen.

### §. 211.

Obgleich bey einer hinlänglichen Temperaturerhöhung jede Wärme in den Zustand des Leuchtens übergehen kann, so würde man doch irren, wenn man den Wärme-Grad der leuchtenden Hitze in allen Körpern für einerlei halten wollte, vielmehr ist derselbe nach der Beschaffenheit der Körper sehr verschieden. Manche Körper fangen schon bey sehr niedrigen Temperaturen im Dunkeln an zu leuchten, die eigentliche Phosphoren, andere erfordern eine hohe Temperatur, bevor sie anhaltend leuchten, welches man Glühen nennt. Man hielt wohl sonst die Hitze des anfangenden Glühens für einen beständigen Wärmegrad (er ist oben für das glühende Eisen angegeben worden). Indessen scheint selbst bey den Metallen die Glüh Hitze verschieden zu seyn, z. B. bey der Platina niedriger als bey dem Silber, bey diesem niedriger als bey dem Eisen. Ganz auffallend wird aber der Unterschied, wenn man die Metalle und andere

dichten Körper, mit den lockern und durchsichtigen Gasen vergleicht. Hierüber hat besonders Davy lehrreiche Versuche angestellt und in einer im Jahr 1817 der R. Gesellschaft der Wissenschaft zu London vorgelegten Abhandlung über die Flamme bekannt gemacht. Jede Flamme ist ein vom brennenden Körper aufsteigendes und bis zum Glühen erhitztes Gas, dessen Leuchtkraft keineswegs mit der Hitze im Verhältniß steht. Der starke Glanz mancher Flammen rühret von verflüchtigten festen Körpern her, die an sich undurchsichtig sind, hier aber sich im Zustande des Glühens befinden, und einen desto größern Glanz geben, je besser Lichtreflectoren sie sind. So rühret z. B. der helle Theil der Flamme unsrer gewöhnlichen Talg-, Wachs-, oder Oehllichter, von verflüchtigtem unverbranntem Kohlenstoff her, welcher bis zum Glühen erhitzt ist. Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man einen kalten Körper, z. B. ein Stück Metall, in jenen Theil der Flamme hält, da er sich denn augenblicklich mit Ruß überzieht. Eben so besteht die glänzende Flamme des brennenden Phosphors aus verflüchtigter weißglühender Phosphorsäure; auf ähnliche Weise bestehen die Flammen der im Sauerstoffgas verbrennenden Metalle, aus glühenden Dämpfen der Dryden dieser Körper. Die Flamme der eigentlichen durchsichtigen Gasarten besitzen bey einer geringern Lichtstärke eine viel größere Hitze als glühende feste Körper oder deren Dämpfe. Daher ist in den gewöhnlichen Talch- und Oehllichtern die größte Hitze an der Spitze der innern durchsichtigen blauen Flamme, welche aus glühendem kohlenfauren Gas und Wasserdampf besteht. Heiße Luftarten können daher andere feste Körper zum Glühen bringen, wenn sie gleich selbst nicht glühen, und umgekehret können selbst glühende feste Körper noch abkühlend auf heiße Gasarten wirken. Man halte



z. B. einen feinen Platindrath dicht neben die Flamme einer kleinen Weingeistlampe, und bedecke den Augen das Licht der Flamme, so wird man den Drath an einer Stelle glühen sehen, wo bloß heiße Luft und keine Flamme ist. Davy ordnet nach seinen Beobachtungen die Hitze verschiedner Flammen, von der geringern angefangen, folgendermaßen.

Flamme des Phosphors, des Schwefels, der gewöhnlichen Kerzenlichter, des Weingeist's, des Wasserstoffgases, des Steinkohlengases, des Oehlbildenden Gases.

### §. 212.

Je heißer eine Flamme ist, desto leichter läßt sie sich unter die Temperatur ihrer Glühhitze abkühlen, d. i. als Flamme vernichten oder zurückhalten. Das Abkühlungsvermögen eines Körpers wird desto größer seyn, ein je vollkommener Leiter der Wärme er ist, je mehr Berührungspuncte er dem heißen Körper darbietet, und je länger die Berührung dauert. Auf diese durch die Theorie und Erfahrung bewährten Sätze hat Davy die Construction seiner Sicherheitslampe gegründet, wodurch man in den Stand gesetzt wird, sich mit einem angezündeten Licht, mitten in ein explodirendes Gasgemenge zu begeben, ohne Gefahr daß sich dasselbe entzünde. Ehe wir die nähere Einrichtung dieser Lampe beschreiben, wollen wir uns mit folgenden Versuchen bekannt machen. Man nehme ein Geflecht von Eisendrath von  $\frac{1}{60}$  Zoll Dike, welches 100 Oeffnungen oder Maschen auf einen Quadrat Zoll enthalte. Ein solches Gewebe läßt die Flamme des Phosphors, des Schwefels, und der gewöhnlichen Oehllichter durch, hält dagegen die Flamme einer Weingeistlampe zurück, stark erhitzt läßt es auch diese durch, aber bis zum Glühen erhitzt, hält es

noch die Flamme des Dehlbildenden, und des Steinkohlengases zurück. Ein feines Metallgewebe von 700 Oeffnungen auf den Quadratzoll hält selbst die Flamme des Phosphors zurück. Die abkühlende Kraft eines Drathgewebes vermehrt sich mit der Feinheit und Menge der Maschen, und der Ausdehnung welche man seiner Oberfläche giebt, weil der heiße Gasstrom desto mehr an seiner Geschwindigkeit verlieret, und in desto mehr Berührungspuncte mit der abkühlenden Oberfläche kommt, in je mehr einzelne Theile er sich zertheilen muß. Man kann dicht über ein feines Drathgeflecht, das selbst über der Flamme einer Weingeistlampe steht, ein Stückchen Zündschwamm oder ein Körnchen Schloßpulver halten, ohne daß sich diese Körper entzünden, wenn sie mit dem glühenden Geflecht nicht in unmittelbare Berührung kommen.

Davy's Sicherheitslampe, welche vorzüglich den Arbeitern in Steinkohlenwerken, wo sich oft entzündliches Gas in großer Menge entbindet, zu empfehlen ist, hat im Wesentlichen, folgende Einrichtung. D Fig. 129 bezeichnet eine Dehllampe, welche rund um mit einem cylinderförmigen Drathgewebe umgeben ist, das durch metallene mit Schrauben versehene Stangen unten an dem Deckel des Dehlgefäßes und oben durch eine Metallplatte festgehalten wird. Das Dehlgefäß ist überall verschlossen; das Nachfüllen des Dehls geschieht durch eine seitwärts angebrachte Röhre C, die sich nahe am Boden des Dehlgefäßes öffnet, und oben mit einem Deckel fest verschlossen werden kann. Der untere Theil des Drathgeflechtes besteht aus weitem Maschen, um den Luftzug zur Lampe zu befördern. Der obere Theil ist doppelt und eng geflochten, um zu verhüten, daß, wenn das unten eindringende Gas sich an der Flamme im innern entzünden sollte, es oben nicht herausbrennen, noch weniger das umgebende Gas anzünden könne. Ueber C ist noch ein spiralförmig gewundner dünner Platinadrath angebracht, welcher die Stelle des Lichts ersetzt, falls dieß durch einen zu häufigen Andrang des mephitischen Gases erlischt, indem der Platinadrath in dem erhitzten entzündlichen Gase erglüht, und darin zu glühen fortführet, ohne das Gas

selbst zu entzünden. Davy hat sich durch Versuche überzeugt, daß die Masse des erhitzten Körpers, wodurch ein verbrennliches Gas entzündet werden kann, in einem gewissen Verhältnisse mit dem Hitzegrade steht, wobey ein Gas brennet. Z. B. ein kirschrothglühender Eisendrath von  $\frac{1}{20}$  Zoll im Durchmesser entzündet das Wasserstoffgas, aber nicht das Oehlbildende Gas, ist er  $\frac{1}{8}$  Zoll dick, so läßt sich auch das Oehlbildende Gas damit entzünden.

---

### §. 21 .

Je geringer die Temperatur ist, bey welcher ein Körper brennen kann, desto entzündlicher ist er. Hierauf beruht die Verfertigung der sogenannten chemischen Feuerzeuge. Die meisten derselben enthalten Phosphor in ihrer Zusammensetzung, der durch eine anfangende und dann unterdrückte Drydirung in zugeschlossenen gläsernen engen Flaschen, oder durch Zusatz von etwas Schwefel noch entzündlicher gemacht werden kann. Taucht man ein gemeines Schwefelhölzchen in eine solche Mischung, so ist die Reibung bey dem Herausziehen des Hölzchens in dem engen Hals der Flasche schon hinreichend den Phosphor zu entzünden, der dann den Schwefel entzündet. Solche Flaschen müssen bey dem Nichtgebrauch wohl verschlossen bewahrt werden. Eine andere Art dieser Feuerzeuge beruht auf der leichten Entzündlichkeit der Chlorsauren Salze mit Schwefelphosphor und ähnlichen Körpern. Man klebe z. B. an einem Schwefelhölzchen eine Mischung von chlorsaurem Kali und Zinnober fest, taucht man ein so zubereitetes Schwefelhölzchen in concentrirte Schwefelsäure und zieht es schnell heraus, so entzündet es sich von selbst. Die Erklärung der Erscheinung ist: Die Schwefelsäure erhitzt sich durch Anziehung der Feuchtigkeit aus der Luft und entzündet dadurch das Chlorsalz mit dem Zinnober, der dann den



**Schwefel entzündet.** Bey dem Gebrauch aller solcher Feuerzeuge ist viele Vorsicht zu empfehlen, daher sie nicht für Ungeübte gehören.

Der entzündlichste unter allen Körpern, die wir bis jetzt kennen, ist das Kalium. Es geht in die Zusammensetzung des sogenannten Phosphors (Feuerträgers, Luftzünders) ein, der aus gebranntem Alaun und fein zertheilte Kohle durch mäßiges, aber doch hinlängliches, Glühen in Flaschen mit engen Oeffnungen bereitet wird. Durch die Einwirkung der Kohle in der Glühhitze desoxydirt sich die Schwefelsäure und das Kali in dem Alaun, und es bildet sich Kalium, Schwefel, vielleicht auch Aluminium mit fein zertheilte in Klümpchen zusammenhaltender Kohle gemischt. Schüttet man diesen Körper an einer feuchten Luft aus der Flasche, oder haucht ihn an, so entzündet er sich von selbst und verbrennt mit Schwefelgeruch. Im Sauerstoffgas verbrennt er mit glänzender Flamme.

### §. 214.

Beym Schlusse dieses Abschnitts wollen wir der merkwürdigen knallenden Metallsalzen erwähnen, die bey dem geringsten Stosse, oder Temperaturerhöhung mit furchtbarer Hestigkeit unter Feuererscheinung explodiren. Die am frühesten bekannte Mischung der Art ist das Knallgold, das erhalten wird, wenn man die Auflösung des Goldes in Königswasser durch Ammoniak fället. Bey der Explosion reducirt sich das Gold, und es entbindet sich (wahrscheinlich) Wasserdampf und Stickgas. Später entdeckte Bertholet ein Knallsilber, darauf Brugnatelli noch eine andere Bereitungsart des Knallsilbers, durch Auflösung dieses Metalles in Salpetersäure und Fällung mit Weingeist, und Howard eine ähnliche des Knallquecksilbers.

Diesem fügte Liebig die Entdeckung hinzu, daß in diesen Salzen das eigentliche knallende Princip die Natur einer Säure besitze, und sich von einer Basis auf die andere übertragen lasse. Die Zusammensetzung der sogenannten Knallsäure besteht nach Gay Lussac und Liebig aus Kohlen-, Stick- und Sauerstoff. Bey der Explosion bilden sich ohne Zweifel kohlensaures Gas und Stickgas.

Es bleibt immer räthselhaft, woher die furchtbare Kraft der Explosion bey diesen Salzen komme, und merkwürdig, daß in allen der Stickstoff ein wesentlicher Bestandtheil ist.

Darf man ältern Beobachtungen trauen, welche man über die Wirkungen des Knallgoldes angestellt hat, so findet die heftigste Wirkung dieser fulminirenden Substanzen dann Statt, wenn sie in Berührung mit festen Körpern im Freien detoniren, dagegen die Wirkung geringer ausfallen soll in verschlossenen aber geräumigen Gefäßen. (Daß sie sich nur nach einer Gegend hin, vorzüglich nach unten äussern solle, ist, nach mündlicher Mittheilung von Liebig, erwiesen falsch.) Man wird geneigt zu glauben, daß die Heftigkeit der Wirkung nicht sowohl von den bey der Explosion sich entwickelnden Gasarten, als vielmehr von einer imponderablen mit unmeßbarer Geschwindigkeit strahlenden Flüssigkeit (wie wir uns die electriche denken) herrühren, die nur gegen träge Massen wirkend eine bedeutende Spur ihrer zerstörenden Kraft zurück läßt. So wie der Blitz die Luft leicht zertheilet, feste Körper zerschmettert. Sollte der in dem Augenblick der Entzündung sich bildende dichte metallische Dunst, durch jene strahlende Flüssigkeit fortgeführt, die furchtbaren Wirkungen erzeugen?

---

---

## Zehnter Abschnitt.

### Vom Lichte.

---

#### Hypothesen über dasselbe

##### §. 215.

Die Ursache, wodurch wir ferne Körper durch den Sinn des Gesichts wahrnehmen, heißen wir Licht. Daß sich von den Körpern zu unserm Auge eine gewisse Wirkung fortpflanzen müsse, ist keinem Zweifel unterworfen, wie aber diese Wirkung eigentlich beschaffen sey, und worin die wahre Natur des Lichts bestehe, darüber sind die Meinungen getheilet, und schwerlich werden wir die Frage mit absoluter Gewißheit entscheiden, da sich das Licht an sich unsern Sinnen entziehet. Ziehen wir die Analogie von andern sinnlichen Wahrnehmungen zu Rathe, so bieten sich vorzüglich zweierlei Vorstellungsarten über die Natur des Lichts dar. Wir wissen, daß der Schall und die Töne auf Luftschwingungen beruhen, die sich unsern Ohren mittheilen, und so von uns gehört werden. Eben so wissen wir, daß die sinnlichen Wahrnehmungen des Geruchs, des Geschmacks durch Körper erregt werden, wel-

che entweder unmittelbar die für jene Eindrücke empfind-  
 lichen Nervenenden berühren, oder durch seine Ausläufer  
 ihnen zugeführt werden. Hiernach hat man zwei Hypo-  
 thesen über das Licht gebildet. Die erste nimmt an, das Licht  
 bestehe in Schwingungen eines feinen durch den Weltraum  
 verbreiteten elastischen Aethers, welche Schwingungen durch  
 die Sonne und andere leuchtende Körper erregt würden,  
 und so endlich zu dem Auge gelangen, und sich dem Sehe-  
 nerven mittheilten. Diese Hypothese heißt das Vibrations-,  
 oder Undulationsystem. Die andere Vorstellungsart nimmt  
 an, es strahle aus den leuchtenden Körpern eine höchst  
 feine Materie nach allen Richtungen durch den Raum, de-  
 ren Theilchen, wenn sie mit unserm Auge in Berührung  
 kommen, in uns die Empfindung des Sehens erregen.  
 Dieß ist das Emanationsystem. Jede dieser Hypothesen  
 an sich ist zulässig, und diejenige, welche die verschiedenen  
 Erscheinungen des Lichts am befriedigendsten erklärt, wird  
 den Vorzug verdienen. Aber die Entscheidung fällt schwer, da  
 wir jetzt mehrere Eigenschaften des Lichts kennen gelernt haben,  
 die sich bald nach der einen bald nach der andern Vorstellungs-  
 weise befriedigender erklären. Das Emanationsystem bleibt  
 dem sinnlichen Scheine, man möchte sagen dem Gefühle  
 näher, welches wir haben, wenn wir von den Strahlen  
 der Sonne getroffen werden. Es ist besonders für einen  
 gemeinfaßlichen Vortrag geeigneter, und erklärt unstreitig  
 manche Phänomene des Lichts, namentlich die Brechung  
 und die verschiedene Brechbarkeit und Farbenzerstreuung, so  
 wie die chemischen Wirkungen des Lichts befriedigender aus  
 den Verwandtschaftsgesetzen, als die Undulationstheorie aus  
 den Schwingungsgesetzen der elastischen Flüssigkeiten. Der  
 zweite Grund bestimmt mich hier dem Emanationsystem zu  
 folgen, und nur hier und da die Erklärungsart der andern

Hypothese anzuführen, wo sie befriedigender erscheint. Uebrigens muß man sich wohl bemerken, daß bey weitem die meisten Schlüsse, welche in der Folge aus den Gesetzen der geradlinigen Verbreitung, der Brechung und Zurückstrahlung des Lichts über die Bewegung des Lichts gezogen werden, ganz unabhängig von jeder Hypothese über den physischen Grund des Lichts sind. Es ist dieß der mathematische Theil der Optik, und derjenige, dem wir die Theorie und Vervollkommnung der optischen Werkzeuge verdanken.

### §. 216.

Es giebt gewisse Körper, wie die Sonne und die meisten Sterne (Fixsterne), die brennenden Körper auf unsrer Erde, welche ein Vermögen besitzen, Licht aus sich selbst zu entwickeln. Diese Körper heißen überhaupt Leuchtende, auch selbst Leuchtende, Körper. Dagegen giebt es andere dunkle Körper, die wir nur dann sehen können, wenn sie Licht von einem leuchtenden Körper empfangen, und dieß durch Zurückstrahlung unserm Auge zusenden; dahin gehören die meisten Körper auf der Oberfläche der Erde, unsre Erde selbst und die Planeten unsers Sonnensystems, wie die Erscheinungen von Tag und Nacht, die Finsternisse an Sonne und Mond, die Vorübergänge des Merkurs und der Venus vor der Sonnenscheibe als schwarze dunkle Körper, die Bedeckungen der Nebenplaneten u. s. w. beweisen.

Die Kometen sind nach der Meinung mancher Astronomen Weltkörper, welche zwischen den leuchtenden und dunkeln Körper inne stehen. Wenigstens hat man an den leuchtenden Schweifen mancher Kometen Erscheinungen beobachtet, die sich nicht wohl aus dem reflectirten Sonnenlicht erklären lassen.

Auch auf der Oberfläche der Erde finden sich viele Körper, welche gewissermaßen einen Uebergang von den dunkeln zu den leuchtenden Körpern bilden. Man nennt sie Phosphoreszenz oder Lichtträger. Man versteht darunter diejenigen Körper, welche, wenn sie dem Sonnen-, Tages oder Kerzenlicht ausgesetzt, dann in das Dunkel gebracht werden, eine Zeitlang zu leuchten fortfahren. Dahin gehören vorzüglich die Fluß-, Schwefel- und Kalkspath, die ächten Edelstein und viele andere Körper, die Metalle ausgenommen.

Wir wissen bereits aus dem vorhergehenden Abschnitt, daß alle Körper durch eine hinlängliche Temperaturerhöhung leuchtend werden. Eben so können durch plötzliche Zusammenpressung, durch Stoßen und Reiben der Körper aneinander, durch die Kraft, welche aus flüssigen Körpern Krystalle bildet, vorübergehende Lichterscheinungen hervorgerufen werden, welche wenigstens zum Theil elektrischer Art zu seyn scheinen. Ist das Licht als etwas materielles betrachtet, kann sich gebundenes Licht, wie gebundene Wärme, in den dunkeln Körpern denken, welches durch die erwähnten Prozesse frei werde.

Die hierher gehörigen Erscheinungen findet man sehr vollständig aufgeführt in folgendem Buch: Die Phosphoreszenz; von Placidus Heinrich. Nürnberg 1811 — 15.

### §. 217.

Die dunkeln Körper selbst können wir in Hinsicht ihres Verhaltens gegen das Licht in drei Klassen bringen. 1) Körper, welche das auf sie fallende Licht durchlassen, durchsichtige Körper. 2) Körper, welche das auffallende Licht zurückstrahlen, die weißen und spiegelnden Körper, 3) diejenigen Körper, welche das auf sie fallende Licht weder zurückwerfen noch durchlassen, sondern wie man sagt verschlucken, dieß sind die schwarzen Körper.

Strenge genommen giebt es weder vollkommen durchsichtige, noch vollkommen spiegelnde, noch vollkommen schwarze Körper, sondern es vereinigen sich die drei Eigenschaften in den

dunkeln Körpern mit einander, und nur nachdem die eine oder die andere vorherrschend ist, wird der Körper zu einer der drei genannten Klassen gerechnet. Einen absolut schwarzen Körper so wie einen vollkommen durchsichtigen würden wir gar nicht sehen, und einen vollkommenen Spiegel würden wir nur dann gewahr werden, wenn sich das Auge in der Richtung der reflectirten Strahlen befände, und auch hier würden wir nicht den Spiegel, sondern nur die von ihm reflectirten Bilder sehen. Alles dieß widerstreitet der Erfahrung. Der durchsichtigste Körper auf der Erde ist die Luft. Daß indessen auch sie nicht vollkommen durchsichtig ist, beweiset die blaue Farbe des Himmels, welche sich nach dem Grade der Durchsichtigkeit der Luft verändert, und der gemilderte Glanz der Sonne, wenn sie nahe am Horizont steht. Wäre die Luft absolut durchsichtig, so müßte der Himmel schwarz erscheinen. Je durchsichtiger sie ist, desto dunkelblauer erscheint er uns. Dies gab Saussüre Gelegenheit zur Erfindung seines Nyanometers. Eine kreisförmige Scheibe, auf welcher 52 Farbenabstufungen von blau, vom Weißen bis zum Schwarzen angebracht sind, die mit der Farbe des Himmels verglichen werden.

### §. 218.

Der folgende Versuch dienet das verschiedene Verhalten der Körper gegen das Licht, anschaulich zu machen.

Man verfinstere ein gegen die Sonne gelegnes Zimmer durch Verschließung der Läden, und bringe nur in einem derselben eine kleine Oeffnung an, durch welche ein von der Sonne kommender Lichtbündel schräge abwärts gegen den Boden fallen könne. Legt man an die Stelle, wo das Licht der Sonne den Boden trifft, ein Stückchen recht schwarzes Tuch, so wird dasselbe durch die Sonnenstrahlen nur wenig erleuchtet erscheinen. Vertauscht man das schwarze Tuch mit einem weißen Blatt Papier, so erscheint dieß hell erleuchtet, und zwar nach jeder Richtung, das Auge des Beobachters mag seine Stelle verändern wie man will. Fängt man die einfallenden Strahlen, bevor sie den Boden erreichen, mit einem unbelegten Spiegelglase

auf, so erreicht nur ein Theil derselben den Boden, ein anderer Theil wird von der Oberfläche des Spiegels nach der Decke des Zimmers zurückgeworfen, und noch ein dritter Theil wird nach allen Richtungen zerstreuet; der dritte Theil des Lichtes ist es, welcher aus die Oberfläche des Spiegels selbst sichtbar macht. Vertauschet man das dünne Spiegelglas, mit einem dicken Glaswürfel, und läßt das einfallende Licht schief durch zwei parallele Oberflächen des Würfels gehen, so werden zwar noch die durchgehenden Lichtstrahlen den Boden erreichen, sie werden aber aus der geraden Richtung, die sie vorher von der Öffnung nach dem Boden nahmen, etwas verrückt erscheinen. Dreht man endlich den Glas-Würfel so um seine wagrechte Achse, daß die durch ihn gehenden Lichtstrahlen zwei seiner Seitenflächen durchdringen müssen, die einen Winkel mit einander bilden, so wird dann das auf den Boden fallende Licht sehr verrückt und zugleich farbigt erscheinen, welches man die Brechung und Farbenzerstreuung des Lichtes nennt.

Dieser Versuch macht uns also mit mehreren Eigenschaften des Lichtes bekannt. Wir werden dabey dreierlei Arten der Bewegung des Lichtes gewahr. Erstens die geradlinige Fortpflanzung desselben, zweitens die Zurückstrahlung von spiegelnden Oberflächen, drittens die Ablenkung des Lichtes von der geraden Richtung durch die Brechung desselben in durchsichtigen Körpern. Hiernach zerfällt die Lehre von dem Lichte in drei-Hauptabtheilungen, die Optik, Katoptrik und Dioptrik, daran schließen sich noch die Lehren von der Beugung und die in neuern Zeiten entdeckte Polarisation des Lichtes an. Wir müssen nun der Reihe nach jeden dieser Theile näher betrachten.



## Von der geradlinigen Verbreitung des Lichtes.

### §. 219.

Es bezeichne I Fig. 130 einen leuchtenden Punkt, welcher nach allen Gegenden des Raumes Lichtstrahlen aussendet, die sich wie die Halbmesser einer Kugel von dem Mittelpunkt aus rund um verbreiten. Denkt man sich von I aus mit verschiedenen Halbmessern Ia, Ic, zwei Kugelflächen beschrieben, so wird dieselbe Menge von Licht, welche in dem kegelförmigen Raume Iab enthalten ist, in Beziehung auf die größere Kugel in dem Raume Icd vorhanden seyn. Hieraus folget, daß die Dichte der Lichtstrahlen in den Kreißflächen ab, cd, in dem verkehrten Verhältnisse der Größe dieser Flächen, d. i. im verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Halbmesser oder der Entfernungen von dem leuchtenden Punkte stehen. Man sagt daher, die von einem leuchtenden Körper herrührenden Erleuchtungen nehmen ab, wie die Quadrate der Entfernungen wachsen. Denn was von einem leuchtenden Punkte gilt, gilt auch von mehreren neben einander gestellten.

Auf das eben angeführte Gesetz gründen sich Lichtmesser, wodurch man die Stärken verschiedner Lichter unter einander vergleichen kann. Es bezeichne AB Fig. 131 eine Licht und Schatten auffangende weiße Fläche, I, L zwei vor sie gestellte Lichter, e ein dunkler Stift, welcher das von I, und L kommende Licht in den Richtungen ea, eb auffängt, und dadurch auf AB zwei neben einander parallel laufenden Schatten bildet. Nun wird ein Schatten desto schwärzer erscheinen, je heller das Licht ist, durch dessen Auffangung er gebildet wird. Entfernt man das hellere Licht L so lange, bis der von ihm durch den Stift e geworfene Schatten gleich schwarz mit dem Schatten b des Lichts I erscheint, misset dann die Entfernungen CL, cl, so drückt das Verhältniß ihrer Quadrate die Lichtstärke von L und I aus. Wir verdanken Rumfurd diesen Photometer.

Die folgende Tafel enthält die von der Sonne herrührende Erleuchtungen in unserm Sonnensystem, und die mittlern Entfernungen der Planeten von der Sonne, wenn beide für unsre Erde = 1 genommen werden.

|         | Entfernung |      | Erleuchtung |   |         |
|---------|------------|------|-------------|---|---------|
| Merkur  | —          | 0,4  | —           | — | 6,9     |
| Venus   | —          | 0,71 | —           | — | 1,9     |
| Erde    | —          | 1,00 | —           | — | 1,00    |
| Mars    | —          | 1,5  | —           | — | 0,43    |
| Vesta   | —          | 2,3  | —           | — | 0,184   |
| Juno    | —          | 2,6  | —           | — | 0,146   |
| Pallas  | —          | 2,8  | —           | — | 0,131   |
| Ceres   | —          | 2,8  | —           | — | 0,131   |
| Jupiter | —          | 5,1  | —           | — | 0,038   |
| Saturn  | —          | 9,5  | —           | — | 0,0111  |
| Uranus  | —          | 19,0 | —           | — | 0,00278 |

Da in der Regel bey dem nicht farbigen weißen Lichte die erwärmende Kraft mit der leuchtenden im Verhältnisse steht, so dienet jeder empfindliche Thermometer zugleich als Photometer.

Vorzüglich schickt sich das Fig. 119 abgebildete Differentialthermometer dazu, wenn man die eine Kugel a desselben schwärzet, die andere b durchsichtig läset. Werden nun beide Kugeln von einerlei Licht getroffen, so erwärmt sich die geschwärzte Kugel in dem Verhältnisse mehr, wie die Intensität des Lichtes stärker ist, und der bewegliche Tropfen  $xy$  bewegt sich nach der Seite von b.

Zu den Versuchen ist es bequem, dem Theil  $ed$  des Werkzeugs eine solche Biegung zu geben, damit die beiden Kugeln a und b nahe bei einander zu stehen kommen. Schon vor mehreren Jahren hatte der Verfasser die erwärmende Kraft der Mond'strahlen zu prüfen gesucht, konnte aber kein sicheres Resultat erhalten. Neuerlich will Howard mit einem ähnlichen Apparat wirklich eine erwärmende Kraft des Mondlichtes wahrgenommen haben.

## §. 220.

Wenn der leuchtende Punkt oder Körper von dem erleuchteten Gegenstand immer weiter in's unendliche hinaus-

rückt, so geht das divergirende Licht Fig. 130 in paralleles Licht wie Fig. 132 über. Da nun die Strahlen der Sonne, welche von einem Punct derselben ausgehen, und die entgegengesetzten Enden eines Durchmessers der Erde treffen, nur einen Winkel von 17 Secunden mit einander machen, so kann man annehmen, alles von einerlei Puncten der Sonne auf die ganze Oberfläche der Erde fallende Licht sey unter einander parallel. Bezeichnet  $a$ ,  $b$  Fig. 132 solche parallele Lichtstrahlen, welche die Flächen  $a$ ,  $b$  treffen, so erhellet, daß auf die schief gestellte Fläche  $a$ ,  $b$  nicht mehr Lichtstrahlen fallen, als auf die kürzere  $d$ ,  $b$ , welche das Licht senkrecht auffängt. Hieraus folget, daß die Menge des auffallenden Lichts, bei gleicher Größe der auffangenden Ebene, aber verschiedenen Einfallswinkeln sich wie der Sinus des Einfallswinkels verhalte. Denkt man sich die erwärmende Kraft des Sonnentlichts als eine Function aus der Menge der auffallenden Strahlen und der Größe ihres senkrechten Stosses  $f$ ,  $d$ , so würde jene Kraft dem Quadrate des Sinus des Auffallwinkels proportional seyn.

Man hat Versuche über die Größe des mechanischen Stosses des Lichts angestellt, indem man durch starke Brenngläser verdichtetes Sonnenlicht auf einen leicht beweglichen Hebel fallen ließ, die Versuche fielen aber, wegen der durch die Hitze erregten Luftströme, nicht entscheidend aus. Doch beweisen sie so viel, daß, wenn irgend ein Moment des Lichtstosses existirt, dies höchst gering seyn müsse.

Verbindet man hiermit die außerordentliche Geschwindigkeit des Lichts, vermöge welcher es in 8 Minuten  $7\frac{1}{2}$  Secunden den Halbmesser der Erdbahn von 20666800 geographischen Meilen, oder in einer Secunde über 42000 Meilen zurücklegt, so kann man daraus einen Schluß auf die unendliche Feinheit der Materie des Lichts machen. Nach Segners Versuchen über die Geschwindigkeit, mit welcher eine glühende Kohle in einem Kreise geschwungen werden muß, damit der ganze von ihr be-

schriebens Kreis dem Auge leuchtend erscheint, kann man schliessen, daß die Dauer des Eindrucks, welchen das Licht in unserm Auge macht, ungefähr eine halbe Secunde betrage, setzt man nur  $\frac{1}{10}$  Secunde, so würde ein Lufttheilchen binnen dieser Zeit einen Weg von 5 Erdhalbmessern zurücklegen. In eben so großen Entfernungen von einander brauchen also die Lichttheilchen sich zu folgen, und die Wirkung derselben in unserm Auge wird uns als eine stets fortdauernde erscheinen. Dieß entkräftet einen Einwand, welchen man gegen die Materialität des Lichts, von der Strömung der sich wechselseitig kreuzenden Lichtstrahlen entnommen hat.

#### Anmerkung.

Die große eben angeführte Geschwindigkeit des Lichts haben die Astronomen aus zwei Erscheinungen geschlossen. Erstens, aus der Verfinsterung der Jupiterstrabanten, welche zur Zeit der Opposition des Planeten etwa um 16 Minuten früher wahrgenommen werden, als zur Zeit der Conjunction, wo dieser Planet um den Durchmesser der Erdbahn weiter von uns entfernt ist. Diese Beobachtung verdankt man Claus Römer. Zweitens, aus der von Bradley entdeckten Aberration der Fixsterne, vermöge welcher dieselben jährlich eine Ellipse um den Pol der Ekliptik (Erdbahn) beschreiben, deren halbe große Ase 20 Secunden im Bogen beträgt, und parallel mit der Ekliptik, senkrecht auf dem Breitenkreise des Sterns steht. Es ist aber die Tangente eines Bogens von 20 Secunden  $= \frac{1}{10313}$  des Halbmessers, welcher Bruch das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichts zur Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn darstellt, daher sich jene scheinbare Bewegung der Fixsterne durch die Zusammensetzung der Bewegung des Lichts mit der unsrer Erde in ihrer Bahn erklärt.

---

#### §. 221.

Die Menge der Lichtstrahlen, welche von einem leuchtenden Körper auf eine Fläche von gegebener Größe, z. B. die Öffnung unsers Auges, fallen, hängt, ausser dem Sinus des Einfallswinkels, 1) von der scheinbaren Größe des leuchtenden Körpers, 2) von dem Sinus des Ausstrahlwinkels, welchen das Licht mit der leuchtenden Oberfläche macht, und endlich 3) von der Intensität des Lichts selbst ab. Der erste Satz ist an sich klar, desgleichen der letztere. Dem zweiten kann man aus der gleichförmigen

Helligkeit ableiten, welche die Sonne, der Mond und die Planeten, sowohl in ihrer Mitte als gegen den Rand hin zeigen.

Es bezeichne  $a c b$  Fig. 133 einen durch das Auge des Beobachters gehenden Schnitt der sichtbaren Hälfte der Sonnenugel,  $T$  die Gegend nach der Erde hin. Sind nun  $c c'$ ,  $n n'$  zwei Elemente der Sonnenoberfläche, welche dem Beobachter auf der Erde von gleicher Größe erscheinen, so wird die wahre Größe von  $n n'$  :  $c c'$  in dem Verhältnisse von  $\sin. tot$  :  $\sin. amn$  seyn. Erscheinen also, wie es die Erfahrung lehret  $c c'$  und  $n n'$  von gleicher Helligkeit, so muß die Dichte des von  $n n'$  aus strahlenden Lichts in dem umgekehrten Verhältnisse jener Sinusse, d. i. im directen Verhältnisse des Ausstrahlwinkels stehen.

Wollte man die lichtreflectirende Kraft aller Planeten gleich groß annehmen (daß aber schwerlich der Fall seyn dürfte, wie schon das verschiedene farbige Licht mit dem sie strahlen beweiset) so erhält man näherungsweise eine Vorstellung von den verschiedenen Lichtmengen, welche die Planeten der Erde zusenden, wenn man die Quadratzahlen ihrer scheinbaren Durchmessers in der mittlern Entfernung von der Erde, durch die Quadrate der mittlern Entfernungen von der Sonne dividiret. Auf die Weise finden sich folgende Zahlen, den Glanz des Mondes zur Einheit angenommen.

|         |   |            |
|---------|---|------------|
| Mond    | — | 1,00000000 |
| Venus   | — | 0,00077540 |
| Merkur  | — | 0,00012480 |
| Mars    | — | 0,00002920 |
| Jupiter | — | 0,00001680 |
| Saturn  | — | 0,00000008 |
| Uranus  | — | 0,00000001 |

Fügt man hierzu die Bestimmung von Lambert und Bouguer, daß das Mondenlicht 280 bis 300 tausend mahl schwächer als das Sonnenlicht ist, so folget daraus die Geringfügigkeit der von unserm Planetensystem herrührenden Beleuchtung gegen die Beleuchtung der Sonne auf der Erde.



## §. 222.

Es ist schon erwähnt worden, daß es keine vollkommen durchsichtige Körper gibt, und selbst die Luft einen bedeutenden Theil des Licht's zurückwirft und verschluckt. Daher erleidet das Sonnenlicht, und alles Licht der himmlischen Körper eine starke Schwächung bis es die Erde erreicht. Nach Bouguer erreichen nur  $\frac{81}{100}$  des auf die Atmosphäre senkrecht fallenden Sonnenlichts die Oberfläche der Erde, nach Lambert sogar nur  $\frac{59}{100}$ . Das Verhältniß muß nach der verschiedenen Durchsichtigkeit der Luft verschieden seyn. Nehmen wir dafür die Mittelzahl 0,65 und setzen mit Lambert den Logarithmen der Schwächung ( $\lg \frac{1}{v}$  wo  $v$  das übrigbleibende Licht bezeichnet), der Secante der Zenithdistanz proportional, so drücken die nachstehenden Zahlen die Schwächung des Lichts bey verschiedenen Sonnenhöhen aus.

| Sonnenhöhe | Schwächung d. Lichts | Sonnenhöhe | Schwächung d. Lichts |
|------------|----------------------|------------|----------------------|
| 90°        | 0,65                 | 40°        | 0,51                 |
| 80°        | 0,64                 | 30°        | 0,42                 |
| 70°        | 0,63                 | 20°        | 0,28                 |
| 60°        | 0,60                 | 10°        | 0,08                 |
| 50°        | 0,56                 |            |                      |

So wie die Luft durch ihre lichtverschluckende Kraft den Glanz der Sonne auf der Oberfläche der Erde bedeutend mindert, so trägt sie andertheils durch ihre lichtzerstreuende und reflectirende Kraft wieder zur Erleuchtung, und besonders zur gleichmäßigen Vertheilung des Sonnenlichts während der verschiednen Tag's, und Jahreszeiten auf der Oberfläche der Erde bey. Ohne die Luft würde keine Morgen, und Abenddämmerung existiren, wodurch der für unser Auge wohlthätige Uebergang von der Nacht zum Tag vermittelt wird. Ohne die Luft würden wir neben dem strahlenden Lichte der Sonne, und dem glänzenden Reflex der Erde



das dunkelschwarze Gewölbe des Himmels erblicken. Unser Auge müßte bald erblinden.

### §. 223.

Jeder leuchtende oder erleuchtete Körper sendet von jedem Punkte seiner Oberfläche Licht nach allen Gegenden. Diejenigen Lichtstrahlen eines leuchtenden Punct's, welche die kreisrunde Oeffnung unsers Auges, die Pupille, treffen, bilden einen Lichtkegel, dessen Basis die Oeffnung des Auges, und dessen Spitze der leuchtende Punct ist. Jeder Gegenstand sendet unzählig viele solcher Lichtkegel dem Auge zu, deren gemeinschaftliche Basis die Pupille ist. Denken wir uns die Aren dieser Lichtkegel, welche sich in dem Mittelpuncte des Auges kreuzen, und dann wieder auseinander gehen, so treffen dieselben auf verschiedene Stellen im Hintergrunde des Auges.

Die nähere Betrachtung dieses optischen Organ's bey der Brechung des Lichts wird uns lehren, daß, wenn die Spitzen der durch die Brechung im Innern des Auges entstehenden verkehrten Lichtkegel da liegen, wo die Aren die Netzhaut schneiden, wir dann eine deutliche Vorstellung von dem gesehenen Gegenstande haben. Hier sollte diese vorläufige Betrachtung nur dazu dienen, um zu zeigen, wie von dem Winkel, welchen die Aren der sich kreuzenden Lichtstrahlen an dem Auge mit einander machen, die Größe des Bildes in dem Auge, und somit die scheinbare Größe des gesehenen Gegenstandes abhängt. Man nennet diesen Winkel daher den *Sehwinkel*. Was daraus weiter folgt, wollen wir nun untersuchen.

### §. 224.

Es sey *a b* Fig. 134 ein Gegenstand, *o* der Ort des



Auges, so ist  $aob$  der Sehwinkel, und die Tangente dieses Winkels  $= \frac{ab}{ao}$ , desto größer, je kleiner die Entfernung  $oa$ , und je größer die wahre Größe  $ab$  ist. Für einen andern Gegenstand  $cd$  ist eben so  $\text{tang } cod = \frac{cd}{co}$ . Man sagt daher, die Tangenten der Sehwinkel, oder so lange diese klein sind, die Sehwinkel selbst verhalten sich direct wie die wahren Größen, und verkehret wie die Entfernungen. Sollte der Gegenstand  $cd$  dem Auge in  $o$  so groß wie  $ab$  erscheinen, so müßte er die Größe  $ce$  haben, d. i. doppelt so groß seyn, wenn  $oc = 2ao$  ist. Wir werden also nur dann ein richtiges Urtheil über die wahre Größe eines Gegenstands fällen, wenn uns dessen Entfernung bekannt ist. Umgekehret kann man aus der bekannten wahren und scheinbaren Größe eines Gegenstandes auf seine Entfernung schliessen, weil  $oa = \frac{ab}{\text{tang } aob}$  ist.

Wir erwerben uns von frühster Jugend an, ohne uns der Art, wie dieß geschieht, klar bewußt zu werden, eine ziemlich richtige Beurtheilung der Entfernungen, und eben dadurch der wahren Größen der Gegenstände nach ihrem Sehwinkel. Uebung kann diese Fertigkeit erhöhen, darauf beruhet das bessere Augenmaaß. Jedermann wird einen ausgewachsenen Menschen von einem Knaben unterscheiden, wenn gleich dieser ihm so nahe stehen sollte, daß er unter einem eben so großen oder noch größern Sehwinkel in das Auge fiel. Sehr große Entfernungen pflegen wir nicht mehr richtig zu beurtheilen, wir schätzen sie desto größer, je mehr Gegenstände zwischen unserm Auge und dem entferntesten sich befinden. Wo dieß wegfället, halten wir alle Gegenstände für gleich weit; da

ber die Erscheinung des gestirnten Himmels, als einer hohlen Halbkugel, in deren Mittelpunct sich das Auge befindet.

Die optischen Täuschungen sind nicht Fehler des Sehorgans, sondern unrichtige Urtheile, welche wir mit den durch das Organ erhaltenen Eindrücken verbinden. Dahin gehören die scheinbare Vergrößerung der auf- oder untergehenden Gestirne, besonders von Sonne und Mond; wir halten sie dann weiter von uns entfernt, und vergrößern sie so zwischen den Schenkeln ihres Sehewinkels. Gerade die entgegengesetzte Täuschung findet Statt, wenn wir irdische Gegenstände von hohen Bergen betrachten; sie erscheinen uns kleiner, weil wir sie näher zum Auge setzen, als sie wirklich sind. Aus demselben Grunde scheint sich eine weit ausgedehnte Ebene vor unserm Auge zu erheben, hohe Gebäude scheinen überzuhängen, eine lange Allee scheint an ihrem Ende zusammen zu laufen u. s. w.

#### §. 225.

Da wir die Entfernungen nicht sehen, so können wir auch das körperliche an den Gegenständen durch den Sinn des Gesichts nicht wahrnehmen. So vermögen wir in einer großen Entfernung die Kugel von ihrem auf die Gesichtsbare senkrecht stehenden größten Kreiße nicht zu unterscheiden. Daß wir dieß in kleinern Entfernungen vermögen, rühret, wie schon gesagt, daher, weil wir dann ein richtigeres Urtheil über die Entfernungen mit den durch das Gesicht erhaltenen Eindrücken verbinden.

Man nehme die Oeffnung des Auges für einen physischen Punct an, denke sich von allen Puncten eines sichtbaren Gegenstandes gerade Linien nach dem Auge gezogen und betrachte dieselben als die Wege, welche die Lichtstrahlen nach dem Auge nehmen, so wird dadurch ein Lichtkegel, oder eine Lichtpyramide begränzet. Denkt man sich dieselbe zwischen dem Auge und dem gesehenen Gegenstande durchschnitten, so wird das Auge das Licht von dem Durchschnitte eben so empfangen, wie es dasselbe von dem Gegen-

Stande selbst erhielt, und wird daher beide nicht von einander unterscheiden können. Hierauf beruht die Kunst perspectivische Zeichnungen zu entwerfen d. i. die Umrisse von Gegenständen auf einer ebenen oder krummen Fläche so zu zeichnen, daß sie das Licht dem Auge in eben der Ordnung zusenden, wie es die Gegenstände selbst gethan haben würden. Kommt hierzu die Kunst des Malers, welche durch Licht und Schatten und die gehörige Farbengebung die Täuschung vollendet, so kann das Bild von dem Gegenstand durch den Sinn des Gesichts nicht unterschieden werden.

Die Regeln perspectivische Zeichnungen zu entwerfen, beruhen auf rein geometrischen Gründen, sie entlehnen aus der Optik nichts als die geradlinige Verbreitung des Licht's.

Einen der gewöhnlichsten Fälle von perspectivischen Zeichnungen erläutert Fig. 135. Man denkt sich oder setzt zwischen dem zu zeichnenden Gegenstande  $abcd$  und dem Auge  $o$  eine durchsichtige lothrecht gestellte Tafel  $ABEF$ ; der Durchschnitt der Lichtpyramide  $oabcd$  mit der Tafel giebt die perspectivische Abbildung  $a'b'e'd'$ . In Beziehung auf die Entwerfung und richtige Beurtheilung perspectivischer Zeichnungen bemerke man folgende einfache Regeln. Alle Linien, welche parallel mit der Grundlinie der Tafel  $AB$  laufen, wie  $ab$ ,  $dc$  sind auch in der Abbildung parallel mit derselben, desto höher je entfernter sie sind. Alle Punkte, welche in die Gränze des Horizonts fallen, haben ihre Bilder in der Linie  $FC$ . Alle Linien, welche wie  $ad$ ,  $bc$  perpendicular auf der Tafel stehen, laufen in der Abbildung nach dem Augenpunct  $o'$  zusammen. Alle Linien, welche lothrecht hinter der Tafel stehen, sind in der Abbildung perpendicular auf  $AB$ , desto weiter darüber und kürzer je entfernter sie sind. Ueberhaupt verkleinern sich alle Gegenstände desto mehr, und fallen desto höher in der Abbildung je entfernter sie von dem Auge sind.

Nur wenn das Auge über den Augenpunct  $o'$  in der gehörigen Entfernung  $o'a$  gehalten wird, erscheint ihm die Perspective richtig. Alle Gegenstände, welche rechts und links nach der Seite  $A$  und  $B$  hinfallen, erscheinen kleiner und verzogener in der Abbildung, als die mitten hinter der Tafel und vor

dem Auge liegenden. Dies hat Gelegenheit zu derjenigen Perspective gegeben, die man bey den Mundgemälden (Panctomas) anwendet. Man denke sich die Tafel als eine durchsichtige Cylinderoberfläche, oder als die Oberfläche eines vielseitigen Prismas  $abcd$  Fig. 136, in dessen Are das Auge  $O$  gesetzt ist, und die Gegenstände rund herum betrachtet. Alles was in den Raum  $OAB$  fällt, wird auf der Tafel  $ab$ , alles was in  $OBC$  lieget auf der Tafel  $bc$  abgebildet u. s. w. Werden nun die einzelnen Abbildungen in der Runde verbunden, gehörig beleuchtet, und das Auge an seinen Ort gestellt, so ist die Täuschung sehr vollständig. Diejenigen perspectivischen Abbildungen, wobey man absichtlich die Stellung des Auges und der Tafel so gewählt hat, daß die Gegenstände, von jedem andern als dem Augenpuncte aus sehr verzerrt erscheinen, heißen Zerrbilder, anamorphotische Zeichnungen. Hiervon Beispiele in den Vorlesungen.

#### §. 226.

Die Erfahrung lehret, daß die Gegenstände dem Auge als Pünctchen verschwinden, wenn die Kleinheit ihres Sehwinkels eine gewisse Gränze überschreitet. Diese ist nach der individuellen Schärfe des Gesichts von 40 Secunden an bis zu einigen Minuten hin veränderlich.

Hierauf beruhet die Erscheinung, daß in einer gewissen Entfernung die Umrisse der Gegenstände früher verschwinden als die Gegenstände, daß alle eckigten Körper uns vor dem Verschwinden rund erscheinen. Es beruhet ferner hierauf das Verschwinden der Bewegungen, wenn sie zu langsam erfolgen.

Die tägliche Bewegung der Gestirne kann selbst in dem Aequator, wo sie am schnellsten ist, nicht mit bloßen Augen wahrgenommen werden. Wenden wir aber eine zehnfache Vergrößerung an, so wird ein gutes Auge diese Bewegung erkennen, und sie wird desto auffallender, je stärker die angewendete Vergrößerung ist. Die Erscheinung erklärt sich vollständig, wenn wir zugleich auf die Dauer

des Lichteindrucks im Auge Rücksicht nehmen. Diese beträgt  $\frac{1}{3}$  —  $\frac{1}{2}$  Secunde der Zeit. Innerhalb dieser Zeit rückt ein Stern vermöge der täglichen Bewegung nur um einen Winkel von 5 —  $7\frac{1}{2}$  Secunden fort, dieser Winkel liegt aufferhalb den Gränzen des deutlichen Sehens, daher wird das fortgerückte Bild des Sterns im Auge mit dem anfänglichen zusammen fallen; der Stern scheint stille zu stehen. Wendet man eine zehnfache Vergrößerung an, so geht der Winkel der Bewegung in 50 — 75 Secunden über, und fällt nun innerhalb der Gränze des Sehens. Wir werden beide Bilder aus einander gewahr und sehen die Bewegung.

Es giebt aber eine zweite Gränze der sichtbaren Bewegungen, wenn sie zu schnell werden. Hiervon suchen wir den Grund in folgendem. Zwischen dem Moment des Lichteindrucks im Auge, und dem Bewußtwerden desselben verstreicht eine gewisse Zeit. Obgleich diese Zeit sehr klein seyn mag, so ist sie doch nicht verschwindend, und scheint ebenfalls nach dem Individuum, und dessen Gesichtsschärfe verschieden zu seyn. Ist nun die Bewegung so schnell, daß das Bild des bewegten Körpers schon an eine andere Stelle gerückt ist, bevor es empfunden werden konnte, so verschwindet der bewegte Körper. Ausnahmen in gewisser Hinsicht machen die stark leuchtenden Körper. Eine schnell herum geschwungne glühende Kohle erscheint zwar als ein feuriger Kreis, aber die Gestalt der Kohle kann nicht wahrgenommen werden. Das leuchtende Zickzack des Blizes erscheint uns am Himmel, aber wir können selten mit Gewißheit den Weg bestimmen, welchen der Blitz genommen hat.

Ich suchte für mein Auge die Gränzen, innerhalb welcher die Bewegungen deutlich erscheinen, auf folgende Weise. An

meiner Taschenuhr erkenne ich so eben das Fortrücken des Minutenzeigers, welcher  $4\frac{1}{2}$  pariser Linien lang ist, wenn ich eine zehnfache Vergrößerung anwende. An dem Secundenzeiger, welcher  $10\frac{3}{4}$  Linien lang ist, kann ich die Theilungen von  $\frac{1}{2}$  zu  $\frac{1}{2}$  Secunden, in welche das Zifferblatt getheilet ist, mit bloßen Augen noch wahrnehmen, welches ich gewiß nicht vermögte, wenn der Zeiger sich nur noch einmal so geschwinde bewegte. Hieraus ziehe ich folgende Schlüsse. Der Eehewinkel, welchen eine Abtheilung des Minutenzeigers in der Zeit von 10 Zollen (meines deutlichen Sehens) am Auge macht, beträgt  $13\frac{1}{2}$  Minute, also die Bewegung dieses Zeigers in einer Secunde scheinbar  $13\frac{1}{2}$  Secunde, und bey 10mahliger Vergrößerung 135 Secunden = 2 R. 15 Secunden.

Das Fortrücken des Secundenzeigers in einer Secunde, beträgt nach der angegebenen Größe des Zeigers in der Zeit des deutlichen Sehens 32 Min. 14,4 Secunden im Eehewinkel. Hiernach fielen die Gränzen, innerhalb welcher mein Auge die Bewegungen vollkommen, deutlich wahrnimmt, zwischen die in einer Secunde beschriebenen Eehewinkel von  $2\frac{1}{2}$  Minute und  $32\frac{1}{4}$  Minute. Die letztere Zahl drückt die Geschwindigkeit aus, wobey der bewegte Körper noch deutlich gesehen werden kann. Um die Gränzen der Geschwindigkeit zu finden, wobey der bewegte Körper undeutlich wird, und endlich ganz verschwindet, befestigte ich einen Quadratzoll, den ich in vier schwarze und weiße Felder eingetheilet hatte, an einem Haspel von  $10\frac{1}{2}$  Zoll im Halbmesser, und betrachtete diesen Gegenstand aus einer Entfernung von  $28\frac{1}{2}$  Zoll, indem der Haspel gleichförmig umgedrehet wurde. Bey 15 Umdrehungen in 10 Secunden verschwanden die Umrisse des Gegenstandes, und bey 15 Umdrehungen in  $7\frac{1}{2}$  Secunde der Gegenstand selbst.

Die scheinbaren Bewegungen im Winkel geben  
für die erste Gränze  $198^{\circ} . 51'$   
für die zweite —  $265^{\circ} . 8'$   
in einer Secunde der Zeit.

### §. 227.

Wenn das Licht eines leuchtenden Punctes von einem undurchsichtigen Körper aufgefangen wird, so entsteht hinter dem Körper ein von Licht entblößter Raum, den wir

Schatten nennen. Der Schattenraum bildet einen abgekürzten Kegel oder eine abgekürzte Pyramide. Wird der Schattenkegel durch eine undurchsichtige Fläche geschnitten, so heißt man insbesondere diesen Durchschnitt den Schatten des Körpers (auch Schlagschatten.) Es erhellet von selbst, daß sich die Größe und Figur des Schattens mit der Größe und Gestalt des Körpers, der Stellung des leuchtenden Punct's und der den Schatten auffangenden Fläche verändern müsse.

Einige der einfachsten Fälle über zusammengehörige Größen des Körpers, des Schattens und Stellung des leuchtenden Punct's giebt das Folgende an.

1) Es bezeichne  $l$  einen leuchtenden Punct (etwa den Mittelpunkt der Sonne),  $ab$  einen lothrechten Stift auf der wagrechten Ebene  $AB$ , so ist  $ac$  die Länge des Schattens. Dieser Schatten heißt der gerade Schatten (*umbra recta*) des lothrechten Stifts. Bezeichnet dagegen  $bd$  einen wagrechten Stift an einer lothrechten Ebene  $DC$ , so heißt  $dc$  derkehr-Schatten (*umbra versa*) des wagrechten Stift's. Sind beide Stifte  $ab$ , und  $bd$  von gleicher Länge, so verhalten sich die Längen des geraden undkehr-Schattens wie die Cotangente und Tangente der Sonnenhöhe.

Hieraus erhellet zugleich, daß derkehr-Schatten mit der Sonnenhöhe ab- und zunimmt, der gerade Schatten dagegen abnimmt, wenn die Sonnenhöhe wächst bey  $90^\circ$  Sonnenhöhe  $= 0$ , und bey  $0^\circ$  Sonnenhöhe unendlich ist.

2) Wenn der leuchtende Körper (wie die Sonne) eine scheinbare Größe hat, so ist der Schatten nicht scharf begränzet, sondern mit einem allmählig in das Licht sich verlierenden Halbschatten umgeben.

Es bezeichne  $qs$  Fig. 138 einen verticalen Durchmesser der Sonne,  $qb$  dessen scheinbare Größe, so kann in den

Raum  $a e$  gar kein Licht fallen, nach  $h$  sendet die obere Hälfte der Sonne Licht, jenseits  $d$  ist volles Licht.  $ae$  heißt der Kernschatten  $ed$  der Halbschatten. Der letztere nimmt wie der Kernschatten an Größe zu, wenn die Sonnenhöhe  $h$  abnimmt, aber in einem viel stärkeren Verhältnisse, nämlich im Verhältnisse des Quadrats der Secante, der Sonnenhöhe. Daher bey niedrigem Sonnenstande die Schatten lang, aber äußerst unbegrenzet, sind.

Wenn der leuchtende, und der lichtauffangende Körper Kugeln sind, und jener größer als dieser, so bildet der Kernschatten einen convergirenden Kegel, und der Halbschatten einen den Kernschatten umgebenden divergirenden Kegel. Diesen Fall, welcher in unserm Planetensystem vorkommt, erläutert Fig. 139, wo  $AA$  den leuchtenden,  $BB$  den den Schatten werfenden Körper bezeichnet.  $BCB$  ist der kegelförmige Kernschatten,  $ECB$ ,  $CBD$  der ihn umgebende Halbschatten.

Wenn die Halbmesser der beiden Kugeln  $AA$ ,  $BB$ , und die Entfernung ihrer Mittelpuncte  $= a$  gegeben sind, so findet man die Länge des Kernschattens durch den Ausdruck

$$\frac{a r}{R - r}.$$

Setzt man für die Sonne und die Erde  $R = 113$ ,  $r = 1$ ,  $a = 24000$ , so findet sich die Länge des Schattenkegels 214 Erdehalbmesser. Da nun der Mond nur 60 Erdehalbmesser von uns entfernt ist, so durchschneidet er bey den Mondfinsternissen den Schattenkegel der Erde an einer Stelle, die  $2\frac{1}{2}$  Theile von der Spitze und 1 Theil von der Erde entfernt ist. Da beträgt der Durchmesser des Erdschattenkegels 0,72 Durchmesser der Erde. Der Durchmesser des Mondes nur 0,27 Durchmesser der Erde, hieraus werden die eine gewisse Zeit dauernden totalen Mondfinsternisse begreiflich. Denkt man sich unter  $BB$  die Mondskugel, und schreibt für  $R = 113$ ,  $r = 0,27$ ,  $a = 21912$  so erhält man für die Länge des Mondschattenkegels 58 Erdehalbmesser. Da nun der Abstand des Mondes von der Erde von 56 zu 63,8 Erd-



halbmesser wechselt, so wird bey den Sonnen- oder Erdfinsternissen die Erde bald diesseits, bald jenseits der Spitze des Mondschattenkegels durchgehen. Der erste Fall giebt uns die totalen Sonnenfinsternisse, der andere die ringförmigen. In jedem Fall wird nur ein kleiner Theil der Erde zu gleicher Zeit beschattet, daher die Sonnenfinsternisse an verschiedenen Stellen der Erde nicht zu gleichen Zeiten eintreffen.

### Von der Zurückstrahlung des Lichts.

#### §. 228.

Wenn ein Lichtstrahl auf einen undurchsichtigen Körper auffällt und von demselben zurückgeworfen wird, so geschieht dieß nach folgendem Gesetz. Es bezeichne  $AB$  Fig. 140 den reflectirenden Körper,  $Io$  den einfallenden Lichtstrahl,  $op$  ein Loth an die Einfallsstelle, das Einfallslotz genannt, so ist  $no$  der zurückgeworfene Strahl, wenn man den Rückprallwinkel  $nop$ , dem Einfallswinkel  $po$  gleich, und auf der entgegengesetzten Seite des Lothes in der verlängerten Ebene  $po$  macht. Der einfallende und zurückgeworfene Strahl machen mit dem Neigungslotz auf entgegengesetzten Seiten gleiche Winkel und liegen mit ihm in einer und derselben Ebene, der Einfallsebene. Dieß ist das Reflexionsgesetz.

Aus der Gleichheit der Winkel  $pol$ ,  $pon$ , folgt die Gleichheit der Winkel  $Bol$ ,  $Aon$ . Manche verstehen daher unter Einfallswinkel und Rückprallwinkel die zuletzt genannten Winkel. Wir werden bey der oben angenommenen Bezeichnungsart verbleiben.

Von der Wahrheit des ausgesagten Reflexionsgesetzes kann man sich durch folgenden Versuch überzeugen.

Es sey  $aghi$  Fig. 141 ein in Grade gehörig eingetheilter Kreis, der auf einem mit Schrauben versehenen Fußgestelle dermaßen ruhe, daß er in jeden Scheitelkreis, worin sich zur Zeit der Beobachtung die Sonne befindet, gestellt werden

kann. Senkrecht auf seiner Fläche an seinem Mittelpunct ist ein kleiner ebener Spiegel  $bd$  befestiget. An dem einseitigen Rande des Kreises lassen sich zwei Diotern  $e, f$  verschieben, wovon die eine bey  $e$  mit einer kreisförmigen Oeffnung versehen, die andere bey  $f$  aber eine weiße das Licht reflectirende Fläche bildet, auf welcher ein kleiner Kreis gezeget ist, welcher der scheinbaren Größe des durch die Oeffnung der andern Diotern fallenden Sonnenbildes entspricht. Lasset man nun bey gehöriger lothrechtlicher Stellung des Instrumentes einen Sonnenstrahl durch die Oeffnung  $e$  nach  $ec$  auf den Spiegel  $bd$  fallen, so wird das in ihm reflectirte Sonnenbild nur dann den kleinen Kreis auf der Diotter  $f$  treffen, wenn diese genau um einen Winkel  $\alpha f = \alpha$ , von dem Scheitelpunct  $a$  entfernt ist.

### §. 229.

Das Reflexionsgesetz gilt für jeden vollkommen elastischen Körper der von einem andern zurückgeworfen wird und fließet, wie §. 21 gezeigt worden ist, aus der Lehre von der Zusammensetzung der Bewegung. Man könnte sich also denken, daß die Lichttheilchen als elastische Körper wider die spiegelnde Fläche anstießen, und nach jenen Gesetzen zurückgeworfen würden. Indessen kann man sich noch eine andere Vorstellung von der Art wie das Licht reflectiret werde machen, aus welcher sich das Reflexionsgesetz ebenso leicht herleiten läßt. Die Erscheinungen der Brechung und Beugung des Licht's machen es wahrscheinlich, daß die Körper in gewissen Entfernungen abstossend, in andern anziehend auf das Licht wirken. Bezeichnen wir die Entfernung, auf welche die Körper zurückstossend auf das Licht wirken, kurz durch die Zurückstossungssphäre. Denken wir uns unter  $AB$  Fig. 142 die Oberfläche des reflectirenden Körpers, unter  $ab$  die Gränze seiner Zurückstossungssphäre;  $Im$  bezeichne den einfallenden Lichtstrahl, welcher bey  $m$  auf die Zurückstossungssphäre trifft, so wird von diesem Augenblick an dessen perpendi-

culare Geschwindigkeit  $1a$  immer mehr vermindert werden, je tiefer er in die Zurückstößungssphäre eindringt. Wird diese Geschwindigkeit in  $o$  ganz vernichtet, indessen die dem Körper parallele Geschwindigkeit des Licht's  $1c$  ungeschwächt fortbauert, so muß das Licht von  $o$  an sich wieder von dem Körper entfernen, und wird nun abwärts durch die zurückstößende Kraft eben so beschleunigt, wie es vorher retardiret wurde. Der Weg des Lichts innerhalb der Zurückstößungssphäre wird eine krumme Linie  $mon$  seyn, deren Scheitel in  $o$  eine mit  $AB$  parallele Tangente hat, und deren Schenkel  $mo$ ,  $on$  gleich und ähnlich sind. Nehmen wir ferner an, der Weg  $mon$  sey für unsre Sinnen verschwindend, so werden wir  $lmo$   $up$  mit dem Weg  $lop$  verwechseln.

Die hier gegebene Erklärungsart rühret von Newton. Aus ihr wird begreiflicher, wie spiegelnde Körper, deren Oberflächen durch die Kunst nie vollkommen eben gemacht werden können, doch als vollkommene Ebenen wirken; zweitens warum durchsichtige Körper, welche einen Theil des Lichtes zurückstrahlen, dessen weniger an ihrer vordern, als an ihrer hintern Fläche zurückwerfen.

An der hintern Fläche kömmt die anziehende Kraft des durchsichtigen Körpers der zurückstößenden seiner hintern Fläche zu Hülfe, an der vordern wirkt sie ihr entgegen. Indessen giebt uns die Hypothese keine Belehrung darüber, wie eine abstossende Kraft an der Oberfläche in eine anziehende im Innern übergehe. Sollte man sich die zurückstößende Kraft als eine Folge einer jeden Körper umgebenden Atmosphäre von Wärme oder unsichtbarem Lichte denken?

## Von den ebenen Spiegeln.

### §. 230.

Jeder andurchsichtige Körper, dessen Oberfläche hinläng-

lich poliret ist, erscheinet uns als Spiegel. Bildet die Oberfläche eine ebene Fläche, so heißet er ein ebener Spiegel. Der Unterschied zwischen einem Spiegel und einer rauhen das Licht reflectirenden Fläche, z. B. eines Blattes weißen Papiers, lieget darin, daß uns der Spiegel die in ihm sich spiegelnden Gegenstände erkennen, die weiße Fläche aber nur den Eindruck des Lichts empfinden läßt. Wodurch dieser Unterschied begründet werde, hängt mit der Frage zusammen, wie entstehen überhaupt Bilder von äussern Gegenständen in unserm Auge, und unter welchen Umständen hat es bloß den Eindruck des Licht's? Hieraus läßt sich folgendes antworten. In unserm Auge entstehen, wie in den finstern Zimmern (wovon unten weiter gehandelt wird), Bilder von äussern Gegenständen, wenn die von einzelnen Punkten derselben kommenden Lichtstrahlen wieder auf einzelne Punkte der Netzhaut vereinigt werden, und dort unvermischt mit anderm Licht bleiben. Empfängt aber unser Auge zu gleicher Zeit an derselben Stelle Licht von sehr verschiednen Gegenständen, so empfinden wir bloß den Eindruck der Helligkeit. Spiegel lassen uns Bilder von den Gegenständen erkennen, weil sie das Licht dem Auge in derselben Ordnung zusenden, wie es dasselbe von den Gegenständen unmittelbar erhalten haben würde.

Die folgende mathematische Betrachtung wird dieß vollständiger erläutern.

Es bezeichne  $pq$  Fig. 143 einen ebenen Spiegel,  $l$  einen leuchtenden Punkt vor demselben; die Stelle des Auges sey in  $o$ . Die einfallenden Strahlen  $lc$ , sendet der Spiegel durch Reflexion dem Auge nach  $o$ . Um die Lage der reflectirten Strahlen genau zu bestimmen, verfähre man also: von  $l$  falle man auf den Spiegel das Perpendikel

$Ip$ , und mache dessen Verlängerung  $pi$  hinter dem Spiegel  $= p1$ . Von  $i$  ziehe man nach dem Auge die geraden Linien  $ico$ , und wo diese den Spiegel schneiden die Linie  $lc$  von  $l$  aus, so bezeichnen  $lc$  die einfallenden,  $co$  die nach dem Auge zurückgeworfenen Strahlen. Denn vermöge der Zeichnung sind die Winkel  $lcp = pci = qco$ , daher auch  $qco = lcp$  wie es das Reflexionsgesetz fordert. Das Auge empfängt von  $i$  einen Lichtkegel in derselben Ordnung, wie es ihn in  $o'$ , ohne Spiegel von  $l$  unmittelbar empfangen haben würde. So wie daher ein Auge in  $o'$  den Gegenstand in  $l$  wahrnimmt, ebenso wird das Auge in  $o$  den Gegenstand durch die Reflexion des Spiegels in  $i$  zu sehen glauben. Wir sagen daher, die Bilder der Gegenstände in Spiegeln befinden sich an den Spitzen der reflectirten Strahlenkegel, die das Auge treffen. Diese liegen bey dem ebenen Spiegel so weit hinter dem Spiegel als die Gegenstände vor demselben.

Die vorgetragne Theorie von den Bildern in Spiegeln ist diejenige, wie sie die optischen Schriften gewöhnlich geben. Man könnte zu ihrer Ergänzung wohl noch folgendes beyfügen. Da die undurchsichtigen rauhen Flächen, welche Licht zurücksenden, uns ihre Farbe zeigen, die Spiegeln nicht, oder desto weniger, je vollkommner sie sind: so ist es wohl erlaubt anzunehmen, daß durch die hohe Politur, welche die Spiegel erfordern, ihre zurückstossende Kraft gegen das Licht, wegen der homogenen Richtung, die ihr durch die Politur gegeben wird, überhaupt verstärkt werde. Es ist daher wahrscheinlich, daß das Licht von den vollkommenen Spiegeln in einer größern Entfernung als von rauhen Flächen reflectiret werde, in welche es vor seiner Zurückstrahlung zum Theil eindringt, und eben dadurch modificiret dem Auge zugesendet wird.

Den Ort der Bilder in den ebenen Spiegeln, so wie in den Spiegeln überhaupt, pflegen wir nur dann an die Stelle zu setzen, wo die Spitzen der reflectirten Strahlenkegel liegen, in so ferne wir uns überhaupt nicht über die Entfernung der Gegenstände täuschen.

Die Spiegelbilder, welche wir in einem durchsichtigen Fenster erblicken, pflegen wir oft auf den hinter dem Spiegel liegenden fernen Himmel zu beziehen.

Aus der gegebenen Darstellung, wie das Licht überhaupt reflectirt wird, erhellt zugleich, warum durchsichtige Körper desto bessere Spiegel sind, unter einem je schiefem Winkel das Licht gegen ihre Oberfläche auffället.

### §. 231.

Aus der im §. 230 vorgetragenen Construction läßt sich leicht die Lage und Größe der Bilder hinter ebenen Spiegeln bestimmen, wenn die Lage und Größe der Gegenstände vor den Spiegeln bekannt sind.

#### 1ter Fall.

Wenn der Gegenstand  $AB$  Fig. 144 parallel vor dem Spiegel steht, so steht sein Bild in gleicher Größe und Entfernung hinter dem Spiegel. Bezeichnet  $AB$  die Höhe eines Menschen,  $A$  den Ort des Auges, so würde derselbe sein Bild  $ab$  ganz in dem Spiegel sehen, wenn der Spiegel  $pr$  die halbe Höhe des Menschen hätte. Neigt sich der Gegenstand wie  $A'B$  gegen den Spiegel, so neigt sich dessen Bild  $a'b$  um denselben Winkel gegen den Spiegel vorwärts.

#### 2ter Fall.

Wenn sich der Spiegel bewegt, indessen der Gegenstand seine Stelle beybehält, so rückt dessen durch die Reflexion entstandenes Bild nach derselben Gegend, wohin sich der Spiegel gedreht hat, aber um den doppelten Drehungswinkel des Spiegels fort. Es bezeichne z. B.  $pq$  Fig. 145 die anfängliche Lage des Spiegels, welcher sich durch  $p_r$  nach  $p_r$  dreht, so dreht sich das Bild aus der Lage  $ab$ , in die  $a'b'$ ,  $a''b''$ , welcher Drehungswinkel  $= 180^\circ$ , wenn die Drehung des Spiegels  $= 90^\circ$  ist.

## §. 232.

Verbindet man mehrere ebene Spiegel mit einander, so entstehen mehrere Bilder von einem Gegenstande, deren Lagen aus der Stellung der Spiegel und des Gegenstand's sich nach ähnlichen Gesetzen, wie bey einem Spiegel, finden lassen; wovon das folgende einige Beyspiele giebt.

## 1ter Fall.

Es bezeichne  $AB$ ,  $CD$  Fig. 146 zwei parallel stehende ebene Spiegel,  $O$  einen Gegenstand zwischen ihnen, welcher von dem Spiegel  $AB$  um die Entfernung  $= a$ , von dem Spiegel  $CD$  um die Entfernung  $= b$  abstehe; so entstehen erstens in jedem Spiegel das Bild  $a'$ , und  $b'$ , wovon jenes um die Weite  $a$ , dieses um die Weite  $b$  hinter jedem ihm angehörigen Spiegel ist. Da aber die Rückstrahlung des Licht's von einem Spiegel zum andern immer fortdauert, obgleich mit verminderter Stärke wegen des Lichtverlust's bey jeder Reflexion: so giebt es in jedem Spiegel eine unendliche Reihe von Bildern  $a'$ ,  $a''$  . . . ,  $b'$ ,  $b''$  . . . , wovon die Bilder  $a'$ ,  $a''$  um die Weite  $= 2b$ , die Bilder  $b'$ ,  $b''$  um die Weite  $= 2a$  von einander abstehen. Denn man kann  $a''$  als das Bild von  $b'$ , und  $b''$  als das Bild von  $a'$  betrachten, u. s. w.

## 2ter Fall.

Es mögen  $CA$ ,  $CB$  Fig. 147 zwei ebene Spiegel bezeichnen, welche unter dem Centriwinkel eines regulären Polygons, z. B. eines Sechsecks gegen einander gestellt sind. Mitten zwischen ihnen befinde sich der Gegenstand  $o$ , so wird von demselben in jedem Spiegel eine beschränkte Menge von Bildern, und zwar in unserm Falle drei entstehen,  $a'$ ,  $a''$ ,  $a'''$ ;  $b'$ ,  $b''$ ,  $b'''$ ; wovon aber  $a'''$



und  $b'''$  zusammenfallen und nur für eins gelten. Die Bilder liegen sämtlich mit dem Gegenstand  $o$  in dem Umfang eines Kreises, und ihre Entfernung unter einander ist der doppelten Weite  $AO$ ,  $= AB$  gleich, daher sämtliche Bilder mit dem Gegenstande  $o$  symmetrisch in ein reguläres Sechseck gestellt sind. Die Begrenzung der Anzahl der Bilder folgt daraus, weil  $a'''$  sowohl als  $b'''$  als Gegenstand betrachtet hinter der verlängerten Ebene eines jeden Spiegels liegen, und von ihnen kein Licht weiter auf die Spiegel gesendet, also auch keines zurückgestrahlet werden kann. Auf dieser Winkelstellung zweier Spiegel gegen einander beruht die wesentliche Einrichtung des Kaleidoscopes.

### 3ter Fall.

Es sollen  $C$ ,  $B$  Fig. 148 zwei ebene Spiegel seyn, welche parallel, etwas schief gegen einander über, und zugleich auf die durch das Auge  $A$  gehende Ebene  $ABC$  senkrecht stehen.  $o$  bezeichne einen Gegenstand in derselben Ebene, welcher Licht nach der Richtung  $oo$  auf den Spiegel  $C$  sendet, das von da nach  $CB$  reflectirt, und vom Spiegel  $B$  abermals reflectirt nach  $BA$  in das Auge kommt. Man sieht leicht ein, daß der einfallende Strahl  $oc$ , mit dem durch doppelte Reflexion in das Auge gelangenden  $BA$  parallel seyn müsse, wenn die beiden Spiegel  $C$  und  $B$  parallel sind. Wäre der Gegenstand  $o$  unendlich weit, z. B. ein Stern, so würde von ihm über dem Spiegel  $B$  weg ein Strahl  $OA$  das Auge treffen, welcher ebenfalls parallel mit  $oc$  wäre. Das ist, man würde über den Spiegel  $B$  weg und in demselben durch doppelte Reflexion den Stern nach derselben Richtung wahrnehmen. Dreht man den Spiegel  $C$  aus der Lage  $CL$  in die Lage  $CM$ , so würde der durch den Spiegel reflectirte Strahl



OC nach Cr' fallen, und der Winkel r'CB würde dem doppelten Drehungswinkel des Spiegels gleich seyn §. 231. Sollte bey der jetzigen Stellung des Spiegels C der doppelt reflectirte Strahl das Auge in der Richtung BA treffen, so müßte der auf den Spiegel C fallende Strahl in der Richtung O'C einfallen, und der Winkel O'CO müßte  $= r'CB = 2LCM$  seyn. In diesem Falle würde das Auge in A den Gegenstand O' durch doppelte Reflexion in dem Spiegel B in derselben Richtung als den Gegenstand O über den Spiegel B weg erblicken. Wäre nun LM der eingetheilte Rand eines Kreises, so könnte man aus dem doppelten Winkel MCL den gleichen Winkel OCO' finden. Auf diesem Grundsatz beruhen die Reflexions-, Winkelmesser (Spiegelfreise, Spiegelfertanten).

#### 4ter Fall.

Es sollen BE, ED Fig. 149 zwei spiegelnde Flächen bezeichnen, welche einen bestimmten Winkel BED mit einander machen; O sey ein leuchtender Gegenstand, A die Stelle des Auges, welches den von O kommenden Lichtstrahl OR durch Reflexion nach der Richtung RA empfängt. Sollte das Auge bey unveränderter Stellung den Gegenstand O durch die Reflexion des Lichts von der Fläche BE erblicken, so müßte BED um den Winkel QCR  $= 180^\circ - BED$  gedreht werden. Wäre der Drehungspunct C zugleich der Mittelpunct eines eingetheilten Winkelmessers LM, so könnte man aus dem gemessenen Drehungswinkel LCM leicht auf den Winkel BED schließen. Hierauf beruht Wollaston's Krystallmesser, auch Reflexionsgoniometer genannt.

## VON DEN gekrümmten Spiegeln

### § 133

Der krumme Spiegel läßt sich in, wenig mehr als  
 von. Dieser, welche zur Zeit im vorigen Buche  
 sind die scharfen Hefen mit Zenerregel, was in  
 nicht den ebenen Spiegel vorzüglich zu den optischen  
 Werkzeugen angesehen werden.

Wir wollen jetzt reden

VON DEN sphärischen Converspiegeln

Es bezeichne  $ADB$  Fig. 150 einen sphärischen Con-  
 verspiegel,  $C$  dessen Mittelpunkt. Zieht man von  $C$  zur  
 der Mitte des Spiegels  $D$  die gerade Linie  $CDE$ , so  
 heißt diese die Axe des Spiegels. Licht, welches in der  
 Richtung der Axe auf den Spiegel auffällt, geht in sich  
 selbst zurück.  $ML$  bezeichne einen parallel mit der Axe  
 auf den Spiegel fallenden Lichtstrahl. Um dessen reflectir-  
 teten Strahl zu finden, ziehe man von  $C$  den Halbmesser  
 $CM$ , dessen Verlängerung  $MN$  das Neigungsloth für den  
 einfallenden Strahl  $LM$  giebt. Macht man den  $\angle LMN$   
 $= \angle RMN$ , so ist  $MR$  der reflectirte Strahl, dessen  
 Verlängerung rückwärts die Axe in  $F$  trifft. Das Dreieck  
 $CFM$  ist wegen der Gleichheit der Winkel bey  $C$  und  $M$   
 ein gleichschenkeliges Dreieck, daher  $CF = FM$ , sehr  
 nahe  $= \frac{1}{2} CM = \frac{1}{2} CD$ , so lange der Winkel bey  $C$   
 klein ist. Hieraus folgt, daß alles zwischen  $ML$ , ml  
 parallel mit der Axe auf den Converspiegel fallende Licht  
 durch die Reflexion in einen von dem Punct  $F$  ausgehenden  
 divergirenden Strahlenkegel  $RFr$  verwandelt wird. Daher  
 heißt  $F$  der Zerstreuungspunct, oder geometrische Brenn-  
 punct des Converspiegels,  $DF$  heißt die Brennweite und  
 ist dem halben Halbmesser des Spiegels gleich.

Wenn Lichtstrahlen, wie  $AR$ ,  $Br$  weit von der Axe des Spiegels, obgleich in paralleler Richtung, eintreffen, so bleibt zwar das durch die reflectirten Strahlen mit der Axe gebildete Dreieck  $CF'A$  immer gleichschenkelig, aber die Summe der Linien  $CF' + AF'$  ist dann größer als der Halbmesser  $AC$ , folglich liegt nun der Zerstreungspunct  $F'$  näher als um den halben Halbmesser hinter dem Spiegel. Den Unterschied der Brennweiten  $FF'$  nennt man die von der sphärischen Gestalt herrührende Abweichung. Wenn der Winkel  $ACD$  nicht größer als  $8^\circ$  ist, so beträgt die Abweichung  $FF'$  nicht über  $\frac{1}{100}$  der Brennweite, und kann in den meisten Fällen der Anwendung sphärischer Convexspiegel übersehen werden.

### §. 234.

Es sey Fig. 151  $L$  ein leuchtender Punct in einer bestimmten Entfernung  $LD = a$  vor dem Spiegel, welcher einen Lichtkegel  $MLm$  auf den Convexspiegel sendet, man fraget wohin die Spitze  $J$  des reflectirten Lichtkegels  $OJQ$  fällt? Man ziehe an  $M$  das Neigungsloth  $CMN$ , und mache  $\angle OMN = \angle NML$ , und verlängere  $OM$  rückwärts bis zum Durchschneidungspuncte mit der Axe in  $J$ , so wird  $J$  die Spitze des reflectirten Strahlenkegels seyn. Sie liegt näher hinter dem Spiegel als der Brennpunct  $F$ , und zwar desto näher, je näher  $L$  zu dem Spiegel rückt. Dagegen fällt  $J$  auf  $F$ , wenn  $L$  unendlich weit ist. Da wir die Bilder von den Gegenständen in Spiegeln in der Regel dahin setzen, wo sich die Spitzen der reflectirten Strahlenkegel finden (§. 230), so liegt in  $J$  das Bild des Punct's  $L$ .

Der analytische Ausdruck für die Entfernung des Bildes  $J$  hinter dem Convexspiegel ist  $MJ = JD = \frac{ar}{2a + r}$ , wo  $a$  den Abstand  $LM = LD$  des Gegenstandes vor dem Spiegel, und  $r$  den Halbmesser des Spiegels bezeichnen. Die Ableitung desselben aus der Betrachtung der Figur ist leicht,

wenn man die Winkel so klein annimmt, daß man sie ihren Sinussen und somit den gegenüber stehenden Dreiecksseiten proportional setzen darf. Ist  $a$  nur einigermaßen groß gegen  $r$ , so wird  $JM$  nahe  $= \frac{1}{2}r$  oder  $J$  fällt in den Brennpunct  $F$ .

### §. 235.

Jetzt wird es leicht einzusehen, auf welche Art die Bilder in den converen Spiegeln entstehen. Es bezeichne  $PQ$  Fig. 152 einen Gegenstand vor dem converen Spiegel  $AB$ . Um das Bild desselben zu finden, ziehe man die Linien  $CP$ ,  $CM$ ,  $CQ$ , welche die Aren der von dem obern mittlern und untern Punkte des Gegenstandes auf den Spiegel fallenden Lichtkegel darstellen. Man suche das Bild  $i$  für einen Punkt z. B. den mittlern  $M$  des Gegenstandes nach der §. 234 Fig. 151 gewiesenen Constructionsart, und trage die gefundene Weite nach  $op$  und  $eq$ , so bestimmt sich dadurch die Lage und Größe des Bildes  $pq$ . Da dasselbe stets innerhalb des Winkels  $PCQ$  und näher bey dem Mittelpunct des Spiegels steht, so ist es kleiner als der Gegenstand, und hat einerlei Stellung mit demselben. Die Verkleinerung der Gegenstände in converen Spiegeln fällt desto stärker aus, je größer ihre Entfernung von dem Auge und je kleiner die Halbmesser der Spiegel sind. Da durch die Verkleinerung das von dem Spiegel dem Auge zugesendete Licht in einen engen Raum zusammengedrängt wird, so erscheinen die Bilder in den Converspiegeln klar und stark erleuchtet. Daher die Mahler sich solcher Spiegel zur Aufnahme von Landschaften zu bedienen pflegen.

## Von den Hohlspiegeln.

### §. 236.

Es sey  $AB$  Fig. 153 ein sphärischer Hohlspiegel,  $MC$  die Ase,  $C$  dessen Mittelpunkt. Ein Strahl, welcher parallel mit der Ase und nicht weit von ihr entfernt, wie  $LN$  auffällt, wird nach der Reflexion die Ase in einem Punct  $F$  schneiden, welcher um den halben Halbmesser vor dem Spiegel lieget, und alle zwischen  $ML$  und  $OP$  auf den Hohlspiegel parallel mit der Ase fallende Lichtstrahlen finden durch die Reflexion in  $F$  einen Vereinigungspunct, der also ein wahrer physischer Brennpunct ist. Die Entfernung desselben vor dem Spiegel  $MF = \frac{1}{2} r$  heißt die Brennweite des Spiegels. Weiter von der Ase entfernt, jedoch mit ihr parallel auffallende Strahlen, wie  $QA$ , haben ihren Vereinigungspunct in  $F'$  etwas weiter von  $C$  und näher bey  $M$  als der halbe Halbmesser vor dem Spiegel. Die Beweise dieser Sätze werden gerade so wie bey dem Convexspiegel §. 233 geführt.

Nennt man den Einfallswinkel  $CAQ = ACM = e$ , so findet sich für die Weite des reflectirten Strahles  $CF' = \frac{\sin e}{\sin 2e} \cdot r$ . So lange für  $\sin 2e = 2 \sin e$  zu

nehmen ist, wird  $CF' = \frac{1}{2} r$  seyn. Da aber für größere Winkel  $\sin 2e$  kleiner als  $2 \sin e$  ist, so wird  $CF'$  größer als  $\frac{1}{2} r$  seyn. Der Unterschied fällt aber, wenn  $e$  kleiner als  $8^\circ$  ist, unbedeutend aus, und bey Hohlspiegeln, welche nur als Brennspiegel wirken sollen, kann die Größe von  $e$  bis gegen  $15^\circ$  erweitert werden, weil die um  $F$  sich vereinigenden Lichtstrahlen auch das Ubrige zur Erwärmung beitragen.

Sollten alle mit der Ase parallel auf den Hohlspiegel fallende Strahlen genau in dessen Brennpunct  $F$  vereinigt werden, welches sehr wünschenswerth ist, wenn die durch die Reflexion in Hohlspiegeln entstehenden Bilder unter starken Vergrößerungen ins Auge fallen, so müßte der Durchschnitt

des Erleuchteten durch seine Axe eine Parabel seyn. **Inter-**  
 weicht die sphärische Gestalt von der parabolischen desto mehr  
 ab, je schmaler und flacher der Hohlspiegel ist. Ein  
 Hohlspiegel z. B., dessen Brennweite = 1 Fuß Breite  $AB$   
 = 1 Fuß, würde bey der parabolischen Krümmung die  
 höhere Höhe von der Sehne  $AB$  an bis  $M = 0,0625$  Fuß =  
 bey sphärischer Krümmung  $0,0635$  Fuß betragen, also der  
 Unterschied nur  $0,001$  Fuß seyn.

### §. 237.

Die Entstehung der Bilder in den sphärischen Hohl-  
 spiegeln beruhet auf folgenden Gründen. Es sey  $L$  ein  
 leuchtender Punct in der Axe des Hohlspiegels, welcher einen  
 Strahlenkegel  $MLN$  Fig. 154 auf den Spiegel sendet,  
 um die Spitze des reflectirten Strahlenkegels zu finden,  
 ziehe man an  $N$  das Neigungsloth  $CN$  und mache den  
 Winkel  $CNJ = CNL$ . Der Punct  $J$ , das Bild von  $L$ ,  
 liegt weiter als der Brennpunct  $F$  vor dem Spiegel, und  
 rückt desto weiter vor, je näher der Gegenstand  $L$  dem  
 Mittelpunct  $C$  kommt, bis endlich beide in  $C$  zusammen-  
 treffen, weil vom Mittelpunct aus alle Strahlen senkrecht  
 auf den Spiegel fallen und in sich selbst zurückkehren.

Es bezeichne nun  $PQ$  Fig. 155 einen leuchtenden Ge-  
 genstand von bestimmter Größe vor dem Spiegel; man  
 ziehe durch den Mittelpunct  $C$  die Linien  $PCO$ ,  $QCN$ ;  
 sie bilden die Aren der von den Puncten  $P$  und  $Q$  auf den  
 Spiegel fallenden Lichtkegel. Um die Spitzen  $p$ ,  $q$  der  
 reflectirten Lichtkegel oder den Ort des Bildes  $pq$  zu fin-  
 den, suche man den Punct  $J$  wie Fig. 154 und nehme  
 $Nq = op = MJ$ . Da sich die Aren der Lichtkegel in  
 dem Mittelpunct  $C$  kreuzen, so steht das Bild  $pq$  in Be-  
 zug auf den Gegenstand  $PQ$  verkehret, und ist desto kleiner  
 gegen denselben, je größer  $CL$  gegen  $CJ$  ist. Wenn der  
 Gegenstand unendlich fern ist, so liegt das Bild im Brenn-

punct F. Da man den Weg des Licht's eben so in umgekehrter Ordnung verfolgen kann, so wird P Q das Bild für einen Gegenstand p q seyn, woraus folget, daß Gegenstände, welche zwischen dem Mittelpuncte und dem Brennpuncte eines Hohlspiegels stehen, ein verkehrtes und vergrößertes Bild jenseits des Mittelpunct's und Spiegels geben.

Versuche zur Erläuterung der vorstehenden Sätze sind folgende:

Man stelle einen stark erleuchteten Gegenstand P Q Fig. 156 etwas innerhalb des Mittelpunct's C eines Hohlspiegels in verkehrter Lage, so wird sein Bild p q aufrecht jenseits des Mittelpuncts in der Luft zu schweben scheinen. Ein Auge in o, welches das Bild beschauet, empfängt die Lichtstrahlen von dem Gegenstande nach den Richtungen P D p O, Q E q O. Daher muß der Spiegel für jede Stellung des Auges eine bestimmte Breite DE haben, wenn das Auge das Bild ganz sehen soll. Diese Breite fällt desto größer aus, je näher das Auge zu dem Bilde rückt. Da aber dann die Lichtstrahlen, welche das Auge erreichen, weiter von ihren respectiven Axen auf den Spiegel fallen, so wird nun die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt größer und das Bild undeutlicher. Die Täuschung über den Ort des Bildes wird vollständiger, wenn das Auge den Gegenstand und den Spiegel nicht gewahr wird; man pfleget daher zwischen C und P Q einen Schirm zu setzen, welcher dem Auge den Gegenstand ganz, und den Spiegel größtentheils verdeckt.

Da das Bild p q von dem Spiegel abrückt, wenn der Gegenstand P Q nach dem Spiegel zurückt, so wird man, wenn man mit der Spitze des Fingers, eines Degens oder einem andern leuchtenden Gegenstande in der Richtung P D nach dem Spiegel stößet, diesen Gegenstand nach der Richtung p o gegen das Auge fahren sehen.

Aus der Betrachtung der Dreieck LNC, LNJ Fig. 154 folget ebenso wie S. 234, wenn man die Winkel MJN, MCN, MLN so klein setzt, daß sie ihren Sinussen proportional bleiben

$$NJ = \frac{a r}{2a - r}$$
 Dies dienet dazu, um die Entfernung des

Bildes vom Hohlspiegel durch Rechnung zu finden, wenn der Halbmesser des Spiegels = r und die Entfernung des Gegen-

stand's  $a$  vor dem Spiegel gegeben sind. Schreibt man für  $r = rf$  (wenn  $f$  die Brennweite), so erhält man auch den Ausdruck  $NJ = \frac{af}{a - f}$

## §. 238.

Die Brennkraft eines Hohlspiegels läßt sich, seine Lichtverschluckende und zerstreuende Eigenschaft bey Seite gesetzt, auf folgende Art beurtheilen. Der Brennraum  $pq$  eines Hohlspiegels Fig. 155 ist nichts anders als das kleine kreisrunde Sonnenbild der unendlich entfernten Sonnenscheibe  $PQ$ . Das Licht wird in dem Brennraum  $pq$  so viel Mal dichter seyn, als das Quadrat des Durchmessers  $pq$  in dem Quadrat der Breite des Spiegels  $AB$  enthalten ist. Da für die unendlich entfernte Sonne die Stelle des Bildes  $pq$  in dem Brennpuncte  $f$  liegt, und der Winkel  $p a q = PCQ$  der scheinbaren Größe der Sonne gleich ist, so findet man die wahre Größe von  $pq$ , wenn man die Brennweite mit der Tangente von 32 Minuten (dem scheinbaren Sonnendurchmesser) multipliciret. Dies Product quadriret, und in das Quadrat von  $AB$  dividiret, giebt die Verdichtung des Lichts.

Es sey z. B. die Breite des Brennspiegels  $AB = 1$  Fuß, und die Brennweite  $f = 1$  Fuß, so giebt die Zahl  $\frac{1^2}{0,0093^2} = 11562$  die Verdichtung des Licht's an. Die wirkliche Brennkraft eines Spiegels bleibt weit unter der Berechnung, weil die Lichtverschluckung und Zerstreung, wie auch die Abweichung wegen der sphärischen Gestalt nicht in Anschlag gebracht worden sind. Aus erstem Grunde sind nicht alle Materien gleich gut zu Spiegeln. Sieben Theile Kupfer, 3 Theile Zink und 4 Theile Zinn, oder nach Mudge 2 Pfund Kupfer und  $14\frac{1}{2}$  Unzen Zinn sollen ein gutes Spiegelmetall geben. Die reine Platina würde sich vorzüglich empfehlen, wenn sie nicht kostspielig und so schwer zu schmelzen wäre.



Die gläsernen Spiegel wirken nur vermöge ihrer hinten aufgelegten Folie, und da diese sehr dünne, auch wegen des bey der Belegung zugesetzten Quecksilbers sehr zerstörbar ist, so taugen sie nicht sonderlich zu Brennsiegeln, und noch weniger zu genauen optischen Instrumenten, wegen der doppelten Bilder die von den Glasflächen entstehen, und der Ablenkung des Licht's durch die Brechung im Glase. Die Brennsiegel wirken unter übrigens gleichen Umständen desto besser, je weniger sie sich selbst erwärmen, und die Wärme nach aussen zerstreuen.

### §. 239.

Noch ist es übrig die Bedingungen anzugeben, unter welchen ein Hohlspiegel die Gegenstände vergrößert. Es sey  $AB$  Fig. 157 der Hohlspiegel,  $pq$  ein Gegenstand, welcher sich zwischen dem Brennpunct  $F$  und dem Spiegel befindet. In diesem Falle werden, wie aus der Figur erhellet, die Spitzen der von  $p$  und  $q$  ausgehenden Strahlenkegeln nach der Reflexion hinter dem Spiegel in  $P$  und  $Q$  liegen, daher das Bild  $PQ$  aufrecht und vergrößert erscheint. Man sieht sogleich, daß die Vergrößerung desto stärker ausfallen müsse, je näher der Punct  $C$  zu dem Spiegel rückt, d. i. je kleiner der Halbmesser und die Brennweite des Hohlspiegels sind. Rückt der Gegenstand zum Spiegel, so rückt sein Bild von hinten her dem Spiegel näher und wird kleiner, bleibt aber stets aufrecht.

---

## Von der Brechung des Licht's.

### §. 240.

Unter der Brechbarkeit des Licht's versteht man die Eigenschaft desselben von seiner geradlinigen Richtung abgelenkt zu werden, wenn es aus einem durchsichtigen Mit-

tel in ein anderes von verschiedner Dichte und Beschaffenheit tritt. Die Gesetze dieser Ablenkung sind folgende.

Es bezeichne AB Fig. 158 die Grenze zwischen zwei durchsichtigen Körpern, es sey z. B. oberhalb AB Luft, unterhalb AB Glas, LC sey ein aus der Luft in das Glas tretender Lichtstrahl; verfolgte derselbe seine gerade Richtung; so würde er nach CF gehen; es wird aber nach dem Neigungslotz DCE, welches man an die Stelle des Eintritts ziehen kann, um einen bestimmten Winkel FCH zugelenkt, ohne dabey aus der Ebene des Neigungslotzes und des einfallenden Strahles (der Brechungsebene) zu kommen. Trätte hingegen ein Lichtstrahl HC bey C aus einem dichtern Mittel in ein dünneres, so würde er nun von dem Neigungslotz um den Winkel hCL abgelenkt werden. Der Winkel DCL = FCE heißt Einfallswinkel, der Winkel HCE gebrochener Winkel, und FCH Brechungswinkel. (Doch verstehen manche unter Brechungswinkel auch das was wir gebrochene Winkel genannt haben.) Zieht man für einerlei Halbmesser den Sinus des Einfallswinkels FG, und den Sinus des gebrochenen Winkels HJ, so findet ein beständiges Verhältniß zwischen diesen Sinussen statt, so lange die Beschaffenheit der brechenden Mittel dieselbe bleibt. Z. B. für Glas und Luft findet man das Brechungsverhältniß nahe wie 3 : 2, für Wasser und Luft wie 4 : 3. Beym Austretten des Lichts in das dünnere Mittel kehret sich das Brechungsverhältniß gerade um und wird für Glas und Luft = 2 : 3

für Wasser und Luft = 3 : 4.

Aus dem Brechungsgesetz folgt, daß ein senkrecht einfallender Strahl, wie DCE, gar keine Brechung erleidet.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Größe der Brechung nahe im Verhältniß der Dichte des brechenden Mittels stehe. Nur manche brennbare Körper (vorzüglich die Wasserstoffhaltigen) machen hiervon eine Ausnahme, sie zeigen eine auffallend starke Lichtbrechende Kraft. Hieraus muthmaßete Newton die brennbare Natur des Diamanten, welche sich durch die chemische Zerlegung desselben bewähret hat.

### §. 241.

Newton hat, ausgehend von der Emanationstheorie, eine Erklärung der physischen Ursache der Brechung des Licht's gegeben, welche sich den allgemeinen Anziehungs- und Bewegungsgesetzen der Körper anschließet.

Es bezeichne  $AB$  Fig. 159 die Gränze zwischen einem dünnern Mittel  $N$  und dichtern  $M$ .  $LJ$  bezeichne den einfallenden Lichtstrahl und seine Geschwindigkeit im dünnern Mittel. Man zerlege dieselbe in eine der Gränze des Mittels parallele Geschwindigkeit  $PJ$ , und in eine perpendiculare  $OJ$ . Es seyen ferner  $nn$ ,  $mm$  die Weiten, auf welche sich die chemische Anziehung der Oberfläche  $AB$  des dichtern Mittels gegen das Licht erstreckt (man muß sich darunter eine für unsre Sinnen verschwindend kleine Entfernung denken), so wird von dem Augenblick an, wo der Lichtstrahl in die Anziehungssphäre bey  $n$  tritt, bis zu demjenigen, wo er sie bey  $m$  verläßt, eine Beschleunigung der perpendicularen Geschwindigkeit statt finden (jenseits  $m$  im dichtern Mittel nicht mehr, weil nun aufwärts und unterwärts gerichtete gleiche Kräfte sich compensiren). Es sey die durch die Wirkung der Anziehung vermehrte perpendiculare Geschwindigkeit  $JS$ , welche sich mit der unveränderten parallelen Geschwindigkeit  $JQ$  zusammensetzt, und die Geschwindigkeit und Richtung des Lichts  $JT$  im dichtern Mittel bestimmt, woraus die Erscheinung der Bre-

chung folget. Es fließet aus dieser Darstellung zugleich die Beständigkeit des Verhältnisses vom Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels. Denn es bezeichne für den Halbmesser  $JU$ ,  $UR$  den Sinus des Einfallswinkels, und für denselben Halbmesser  $Ja$ ,  $ar$  den Sinus des gebrochenen Winkels, so erhält man

$$(RU = ST) : ra = JT : Ja.$$

Nun erhellet aber, daß die Vermehrung der Geschwindigkeit des Lichts im dichten Mittel keineswegs vom Einfallswinkel, sondern lediglich von der Größe und Intensität der Anziehungssphäre  $mn$  abhängen müsse, daher wird für einerlei Mittel das Verhältniß von  $JT : Ja$  also auch das Verhältniß  $ST : ra$  beständig bleiben.

Da die beschleunigenden oder lebendigen Kräfte durch die Quadrate der Geschwindigkeiten gemessen werden; so wird, wenn man den Sinus des kleinern der durch die Brechung veränderten Winkel  $= 1$  und den Sinus des größern  $= n$  oder das Brechungsverhältniß  $1 : n$  setzt,  $n^2 - 1^2$  das Maas der brechenden Kraft im newtonschen Sinne seyn, weil diese Größe den Unterschied der Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach der Brechung bezeichnet. Dividiret man diese Größe durch das specifische Gewicht des brechenden Mittels, so führet man die brechende Kraft der verschiedenen Körper auf das zurück, was sie bey der Dichte des Wassers gewesen seyn würde.

Nach der Vibrations-Theorie vflaget man die Brechung des Licht's auf folgende Weise zu erklären. Es bezeichne abermals  $AB$  Fig. 160 die Gränze zwischen dem dünnen und dichten Mittel,  $ab$  eine Lichtwelle, die auf die Gränze trifft, und  $cd$  ihre Richtung im dünnern Mittel. Da die Lichtwelle mit ihrem Ende  $a$  früher in das dichtere Mittel eintritt, als mit dem entgegengesetzten  $b$ , so muß die Geschwindigkeit  $aa'$  sich vermindern, indessen die  $bb'$  noch unverändert bleibt; dadurch muß eine Drehung der Welle um den Punct  $a$  und eine veränderte Richtung  $c'd'$  erfolgen. Obgleich hierdurch die Erscheinung der Brechung im Ganzen begreiflich wird, so trägt doch die Erklärung etwas künstliches an sich, welches noch ver-

wirklicher wird, wenn man daraus die verschiedene Brechbarkeit und die Farbenzerstreuung (wovon unten) erklären will.

### Brechung des Lichts in Körpern mit parallelen Oberflächen.

#### §. 242.

Es sey A Fig. 161 ein durchsichtiger Körper mit parallelen Oberflächen, der oben und unten bey C und D von einem dünnern Mittel von gleicher Beschaffenheit begrenzt ist. Ein leuchtender Gegenstand o sende Licht nach  $op$ , das durch die erste Brechung in A nach  $pr$ , und durch die zweite Brechung nach  $ra$  zum Auge in a gelange, so wird  $ra$  parallel mit  $po$  seyn, und das Auge wird den Gegenstand nach der Richtung  $arp'o'$  sehen. Denn da vermöge des Parallelismus der Einfallslothe  $pq$ ,  $rs$ , die Winkel  $rpq$ ,  $trs$  gleich sind; so sind nach dem Brechungsgesetz auch die Winkel  $qpq$  und  $sra$  einander gleich, folglich  $aro'$  parallel mit  $npo$ . Da dieß für alle von einem Gegenstand o nach der doppelten Brechung zum Auge gelangenden Lichtstrahlen gilt, so wird in der Ordnung dieser Lichtstrahlen nichts verändert werden, und das Auge wird den Gegenstand, wie ohne Brechung, nur um die Weite  $oo' = pp'$  auf die Seite geschoben erblicken. Diese Verschiebung wird desto kleiner, je geringer die Dicke des brechenden Körpers und je kleiner der Einfallswinkel ist. In dünnen Glasscheiben mit parallelen Oberflächen ist sie fast nicht zu bemerken, daher sagt man gemeinlich, solche Körper brechen das Licht nicht.

Ist die Dicke des brechenden Körpers bedeutend, so kann die durch die Brechung verursachte Verrückung sehr merklich

werden, ja selbst dazu dienen, die Größe der Brechung und ihr Gesetz zu bestimmen.

Es sey z. B. A ein geschliffener gläserner Würfel von einigen Zollen in der Höhe, der über einem weißen Blatt Papier stehe, jedoch so, daß sich zwischen der Grundfläche des Würfels und dem Papier eine dünne Luftschicht befinde (einige Kartenblättchen an den vier Ecken des Würfels untergelegt reichen hin), o sey ein schwarzer Strich auf dem weißen Papier, und längst  $oo'$  parallel mit der Brechungsebene sey auf dem Papier eine in gleiche Theile getheilte Scale gezeichnet. Wählet man die Stellung des Auges a so, daß man, ohne dasselbe zu verrücken, durch den Glaswürfel, und auch neben demselben vorbey nach dem Gegenstand o sehen kann, so wird das Auge dessen Verrückung durch die Brechung nach  $oo' = pp'$  sehr leicht auf der Scale messen können. Hieraus und aus den bekannten Größen  $pb$ ,  $ba$ ,  $pq$  lassen sich die Winkel  $qpq$ ,  $qpr$ , und aus ihren Sinussen die Größe der Brechung finden.

Es bezeichne A Fig. 162 die undurchsichtige Wand eines Bechers, in welchen man bey i eine Silbermünze gelegt hat, welche dem in o stehenden Auge durch den Rand des Bechers p verdeckt ist. Lasset man bey unveränderter Stellung des Auges den Becher voll Wasser gießen, so wird die Münze dem Auge durch die Brechung des Lichts in  $i'$  erscheinen, und man wird den Boden des Bechers um die Größe  $ii'$  gehoben glauben.

Obgleich die Brechung des Lichts aus dem leeren Raum in die Luft nur eine geringe Größe ist (das Brechungsverhältniß ist nach Biot für atmosphärische Luft bey 28 Z. Barometer und der Eiskälte  $1 : 1,00029$ ), so wird die Ablenkung des Lichts, wenn es wie von den himmlischen Gegenständen die ganze Atmosphäre durchdringt, wegen der bedeutenden Höhe der Atmosphäre doch bemerklich ausfallen. Dieß nennet man die astronomische Strahlenbrechung; sie beträgt am Horizont, wo die Lichtstrahlen den längsten Weg in der Luft zurücklegen, und ihre Schichten am schiefsten durchschneiden, 33 Minuten im Winkel.

Die astronomische Strahlenbrechung nimmt mit der Höhe der Gestirne ab, und zwar nahe im Verhältniß der Cotangenten der Höhen. Da die Luftschichten von oben nach unten an Dichte zunehmen, so sieht man leicht ein, daß die krumme Linie, welche das Licht vermöge der Strahlenbrechung in der

Luft beschreibt nach unten hin hohl seyn müsse. Dabei wird die Strahlenbrechung die Gegenstände erheben.

Es kann zuweilen durch eine sehr starke Verdünnung der untern Luftschichten durch Erwärmung, oder auch durch eine schnelle Erkältung erwärmter Luftschichten eine besonders starke und unregelmäßige Strahlenbrechung entstehen, welche mit einer sogenannten Luftspiegelung verknüpft ist, wodurch man die Gegenstände am Horizont doppelt und verkehrt über oder unter einander erblickt. Dieser Erscheinung hat man die Namen der Fata Morgana, des Seegeichts, Kimmung u. s. w. gegeben. Es sind zwei Fälle zu unterscheiden, welche die Figuren 163 I u. II erläutern.

Es bezeichne A in Fig. 163 I eine Luftschichte von nahe gleichförmiger Dichte, C eine darauf liegende an Dichte schnell abnehmende Luftschichte, O die Stellung des Auges, B einen fernen Gegenstand. Dieser sendet durch die Schichte von gleichförmiger Dichte Licht nach der geraden Richtung B A O ins Auge, sodann wird Licht, welches durch die obere Schichte von veränderlicher abnehmender Dichte geht, durch die stärker nach unten wirkende brechende Kraft in einer krummen Linie B C O ins Auge gelangen, wodurch dieses ein Bild des Gegenstandes B' in verkehrter Richtung über dem Gegenstande erblickt. Diese Erscheinung hat unter andern Scoresby der Jüngere auf seiner Reise in das nördliche Polarmeer wahrgenommen und beschrieben. Es deckte ein kalter Nebel die See über welchem die Sonne schien. Die über den Nebel hervorragenden Gegenstände wie Masten und Segel anderer Schiffe wurden doppelt in der erwärmten über dem Nebel liegenden Luftschichte gesehen. Der andere Fall II tritt ein, wenn unter einer gleichförmigen Luftschichte C eine stark erhitzte A und an Dichte von oben nach unten schnell abnehmende Luftschichte liegt. Dann wird das Auge den Gegenstand in gerader Richtung oben, und das Bild verkehrt unter demselben durch die Brechung B D O erblicken. Dieses Phänomen nimmt man häufig über stark erhitzten Sandwüsten wahr, wodurch die dürre Wüste die unangenehme Täuschung eines weit ausgedehnten Wasserspiegels erzeugt. Wollaston hat einen sinnreichen Versuch erdacht, wodurch er den ersten Fall der Luftspiegelung auf eine künstliche Weise nachahmte, indem er einen Gegenstand (Schrift) quer durch ein mit parallelen Glaswänden versehenes Gefäß betrachtete, in welchem er vorher Schichten von Schwefelsäure und Wasser über einander gelegt hatte. (Vollständige

Beschreibungen der erwähnten Erscheinungen mit Abbildungen finden sich in Gilb. Annalen 1800 3. 4. 5. Band.)

## §. 243.

Wenn drei oder mehrere durchsichtige Mittel mit parallelen Oberflächen in der Ordnung A, B, C, A aneinander gränzen, und es tritt ein Lichtstrahl aus A durch B und C wieder nach A, so ist der ausfallende Strahl mit dem einfallenden parallel. Hieraus folget, daß das Brechungsverhältniß aus A in C, aus den Brechungsverhältnissen aus A in B und B in C zusammengesetzt sey d. i., wenn das Brechungsverhältniß

$$\text{aus A in B} = 1 : m$$

$$\text{B in C} = 1 : n$$

$$\text{C in A} = x : 1$$

ist, so hat man  $x = mn$ .

Wenn ein Lichtstrahl unter einem so schiefen Winkel aus einem dichtern Mittel in ein dünneres auszutreten strebt, daß der Sinus seines Ausfallswinkels  $= 1$  oder größer nach dem Gesetz der Brechung würde, so findet kein Austritt Statt, die Brechung geht dann in Zurückstrahlung über. Dieß muß man sich nach der newtonschen Theorie der Brechung als den Fall denken, wo die anziehende Kraft des dichtern Mittels so groß ist, daß sie die perpendiculare Geschwindigkeit, mit welcher der Strahl austreten könnte, vernichtet und in die entgegesezte umwandelt.

Heißt das Brechungsverhältniß  $1 : n$ , so daß der Ausfallswinkel  $\text{Sin } A = n \text{ Sin } B$  seyn würde, so giebt  $1 = n \text{ Sin } B$  die Gränze zwischen der Brechung und Zurückstrahlung an; wäre der Winkel B durch Erfahrung gegeben, so hätte man das Brechungsverhältniß  $n = \frac{1}{\text{Sin } B}$  gefunden. Diesen Satz,



verbunden mit dem vorhergehenden, von der Zusammensetzung der Brechungsverhältnisse bey verschiedenen Mitteln, hat Wollaston auf eine sinnreiche Art benützt, um die Brechungsverhältnisse mehrerer selbst undurchsichtiger Körper zu bestimmen. Er setzte über diese Körper einen Glaswürfel  $D$ , Fig. 164 und suchte die Stelle  $O$  des Auges, wo das von  $A$  durch das Glas auf den Körper in  $C$  fallende Licht aufhörte nach dem Auge in  $O$  reflectirt zu werden. Aus dem gemessenen Ein- und Ausfallswinkel bey  $A$  und  $B$ , dem bekannten Brechungsverhältniß des Glases, lassen sich die Winkel bey  $C$  berechnen, und aus ihnen auf das Brechungsverhältniß des Körpers  $C$  schließen. Es ist gegen diese sinnreiche Methode nur zu bemerken, daß es schwer hält mit aller Schärfe die Stelle des Auges  $O$  zu finden, wo die Zurückstrahlung aufhört, weil dabey viel auf die Erleuchtung und Farbe des Gegenstands  $C$  ankommt.

**Von der Brechung des Licht's in Prismen, deren Oberflächen einen Winkel mit einander bilden.**

§. 244.

Es bezeichne  $ABC$  Fig. 165 den auf seine Axe senkrechten Durchschnitt eines Prismas,  $lm$  den einfallenden Strahl,  $mn$  den zum erstenmahl gebrochenen,  $no$  den zum zweitemahl gebrochenen ausfallenden Strahl,  $ma$  das Einfallslot,  $np$  das Ausfallslot: so sind  $am$  der Einfallswinkel,  $ann$ ,  $anm$  die Winkel des gebrochenen Strahles mit den Neigungsloten der Vorder- und Hinterfläche des Prismas,  $onp$  der Ausfallswinkel. Wir wollen unter  $m$  und  $n$  die Winkel des gebrochenen Strahles mit den beiden Neigungsloten, unter  $i$  aber den Einfallswinkel verstehen. Man übersieht sogleich, daß  $m$  durch den Einfallswinkel  $i$  und das Brechungsverhältniß,  $n$  durch  $m$ ,  $A$  und das Brechungsverhältniß; der Ausfallswinkel aber durch  $n$  und das Brechungsverhältniß gegeben sind. Nehmen wir ferner die Einfallswinkel und Ausfallswinkel des

Licht's so klein an, daß man die Sinne mit den Bögen verwechseln darf: so erhält man kurz weg

$\angle m = \frac{2}{3} i$  wenn  $3 : 2$  das Brechungsverhältniß bezeichnet,  $\angle n = 2R - (a + m)$ , aber  $a = 2R - A$  folglich  $n = A - m$ , und den Ausfallswinkel  $\angle np = w = \frac{3}{2} n = \frac{3}{2} (A - m) = \frac{3}{2} A - i$ .

Denkt man sich  $la$  bis zum Schneidungspunct mit  $ap$  nach  $p$  verlängert, so ist  $p = 2R - (a + i) = A - i$ , und  $a = w - p$ . Schreibt man nun für  $w$  und  $p$  die gefundenen Werthe, so ergibt sich für  $a = \frac{3}{2} A - i - A + i = \frac{1}{2} A$ .

Hieraus folgt, daß der Winkel, welchen der ausfahrende Strahl mit dem einfallenden macht, von dem Brechungsverhältniß und dem Winkel  $A$  abhängt. Daher heißt der Winkel  $A$  der brechende Winkel des Prismas.

Macht der einfallende Strahl und der ausfahrende, wie in der Figur 165, mit den Seiten des Prismas gleiche Winkel, so hat die durch die Brechung bewirkte Ablenkung  $= a$  ihren kleinsten Werth.

Diese Stellung des Prismas kann man leicht durch einen Versuch finden. Hat man den Winkel  $= a$  gemessen, und sind die Winkel des Prismas  $A$  und  $B$  bekannt, so erhält man den Einfallswinkel  $i = \frac{A + a}{2}$  und den gebrochenen

Winkel  $m = 90^\circ - B = \frac{1}{2} A$  und aus  $\frac{\sin m}{\sin i} = \frac{\sin \frac{1}{2} A}{\sin \frac{1}{2} (A + a)}$

das Brechungsverhältniß, ohne den Einfallswinkel  $i$  zu messen. Daher bedient man sich gerne dieser Stellung des Prismas, um daraus das Brechungsverhältniß der Materie, woraus das Prisma verfertigt worden ist, zur Luft herzuleiten. Man verfähret hierbey am besten so: man stellt ein gut geschliffenes Prisma  $C$  Fig. 166 senkrecht vor das Fernrohr eines Winkelmessers, sieht durch das Fernrohr und das Prisma nach einem fernen gut begränzten und erleuchteten Gegenstand  $o$ , und bemerkt bey welchem andern Punct  $p$  der Gegenstand  $o$  durch

die Brechung hin verrückt erscheint, indem man bald durch das Prisma, bald neben vorbeig nach  $p$  steht. Dabei dreht man das Prisma so lange um seine lothrechte Axe, bis der Winkel  $o C p$  seinen kleinsten Werth erhält; darauf misst man nach hinweggenommenem Prisma den Winkel  $o c p$ . Dieß ist der Winkel, den wir oben mit  $u$  bezeichnet haben. Den brechenden Winkel des Prismas  $A$  misst man am besten mit Hülfe eines Reflexionsgoniometers §. 232.

Wird das Prisma hohl aus drei recht parallel und eben geschliffenen Spiegelgläsern zusammengesetzt, so kann man dasselbe mit einer beliebigen Flüssigkeit füllen, und so das Brechungsverhältniß der Flüssigkeit finden.

Biot und Arago bedienten sich zur Bestimmung der brechenden Kraft der atmosphärischen Luft und verschiedner Gasarten eines hohlen Prismas von besonderer Bauart. *abdo* Fig. 167 war ein Cylinder von Blech, unten mit einem Hahnen und einer Oeffnung versehen, der sich auf die Luftpumpe schrauben ließ, oben mit einer Röhre zur Aufnahme eines Thermometers  $f$  bestimmt. Das cylindrische Gefäß war an seinen Enden durch zwei ebene Glastafeln,  $ab$ ,  $cd$ , schief und unter gleichen Winkeln gegen die Axe gestellt, geschlossen. Diese Glastafeln bildeten die Seitenflächen, des Prismas. Sollte die Brechungskraft eines Gases  $\mu$ . B. der atmosphärischen Luft gefunden werden; so evacuirte man das Prisma auf einer guten Luftpumpe, stellte es vor das Fernrohr eines Winkelmessers, und verfuhr übrigens wie schon beschrieben worden ist. Hieraus ergab sich das Brechungsverhältniß  $n : 1$ , und nach der newtonschen Theorie die absolute brechende Kraft  $= n^2 - 1$ , sowie die specifische  $= \frac{n^2 - 1}{d}$ .

Sollte das Brechungsverhältniß eines künstlichen Gases gefunden werden, so wurde der Apparat, nachdem er evacuiert worden war, mit dem Gas gefüllt, und der Versuch ebenso wie vorher angestellt. Dieß gab zunächst das Brechungsverhältniß des Gases in Beziehung auf die atmosphärische Luft, und durch Zusammensetzung mit dem Resultate des ersten Versuchs auch dasselbe in Beziehung auf den leeren Raum.

Die folgende Tafel enthält die Brechungskräfte einiger Körper nach Newton und der Gase nach Biot und Arago für einen Barometerstand von 28'' und die Temperatur  $= 0$ .

| Körper               | Brechungsverhältniß | Brechungsabfätze | Brechungskraft |
|----------------------|---------------------|------------------|----------------|
| Luft                 | 3201 : 3200         | 0,000025         | 5208           |
| Gips                 | 61 : 41             | 1,213            | 5356           |
| Glas                 | 31 : 20             | 1,4025           | 5136           |
| Bergkryftall         | 25 : 16             | 1,445            | 5150           |
| Regenwasser          | 529 : 396           | 0,7815           | 78 : 5         |
| Weingeist            | 100 : 73            | 0,8765           | 10121          |
| Olivenöl             | 22 : 15             | 1,1511           | 12017          |
| Bernstein            | 14 : 9              | 1,42             | 13071          |
| Diamant              | 100 : 41            | 4,991            | 11556          |
| atmosph. Luft        | • •                 | 0,000589171      | 1,00000        |
| Sauerstoffgas        | • •                 | 0,000560201      | 1,86101        |
| Stickgas             | • •                 | 0,000590436      | 1,03108        |
| Kohlensaures Gas     | • •                 | 0,000899573      | 1,00176        |
| Wasserstoffgas       | • •                 | 0,000285315      | 6,61436        |
| Kohlenwasserstoffgas | • •                 | 0,000703669      | 2,09270        |
| Ammoniakgas          | • •                 | 0,000762319      | 2,16851        |

Die Beständigkeit der specifischen Brechungskraft der nicht brennbaren Körper nach Newtons Versuchen bestätigt dessen Behauptung, daß die absoluten Brechungskräfte im Verhältniß der Dichten stehn, welches Biot und Arago auch bey den nicht brennbaren Gasarten fanden. Eben so findet sich die große lichtbrechende Kraft der brennbaren Körper in dem Wasserstoffgas wieder.

Woher rühret aber die große Brechungskraft des Diamanten, da dem Kohlenstoff diese nicht zukommt? Die Vermuthung, daß der Diamant Wasserstoff enthalte, hat sich nicht bestätigt.

Es scheint, daß der Aggregationszustand der Moleculen, wovon die Krystallisation abhängt, auf die Brechungskraft einen wesentlichen Einfluß habe. Wir werden dieß unten durch die doppelte Strahlenbrechung bestätigt finden.

## Von der Brechung des Lichts in Linsengläsern.

### §. 245.

Unter Linsengläsern versteht man im Allgemeinen Glä-

fer, welche von zwei Kugelabschnitten zusammengesetzt sind, deren Mittelpuncte in einer und derselben geraden Linie liegen, welche man perpendicular von der Mitte des Glases aufrichtet.

Das eigentliche Linsenglas ist das doppelt convere Glas Fig. 168 L. Seine beiden Halbmesser  $r$ ,  $r'$ , welche auf entgegengesetzten Seiten von der Mitte des Glases aus gerechnet in der Axc Co liegen, können gleich oder ungleich seyn. Das planconvere Glas Fig. 168 II ist gleichsam als ein doppelt converes zu betrachten, dessen einer Halbmesser, in unserm Beyspiel der Vorderfläche, unendlich groß wäre. Der Meniscus 168 III ist eine Linse, an welcher zwar die eine Fläche concav aber nicht so stark gekrümmt ist, als die convere Fläche, daher ist bey ihm der Halbmesser der concaven Seite größer als der Halbmesser der converen Seite. Diese drei Linsengläser wirken wie convere Gläser, d. i. sie brechen die Lichtstrahlen von dem Rande nach der Axc hin, weil der scharfe Rand dieser Gläser als der brechende Winkel einer Reihe von Prismen zu betrachten ist, welche mit ihren Rücken rund um die Axc Co gestellet wären. Fig. 168 IV, V, und VI sind die concaven Linsengläser; das doppelt concave, planconcave, und concav-convere. Bey letzterm ist der Halbmesser der Concavität kleiner, als der Halbmesser der Convexität. Diese drei Gläser brechen das Licht von der Axc nach dem Rande. Es sind Zerstreungsgläser, so wie die drei zuerst genannten Sammlungsgläser des Licht's. Auch sind die converen Gläser Vergrößerungsgläser, die hohlen Verkleinerungsgläser. Noch könnte man sich ein Linsenglas denken, dessen beide Kugelflächen concentrisch mit nahe gleichen Halbmessern beschrieben wären. Ein solches Glas ist weder ein Sammlungs-, noch Zerstreungsglas, sondern

wirkt wie ein Manglas. Von der Art sind die gewöhnlichen Uhrgläser. Wir wenden uns nun zur nähern Betrachtung von den Gesetzen der Brechung des Lichts in den Einsengläsern.

### §. 246.

Wir wollen die Bemerkung voranschicken, daß man den zu optischen Werkzeugen gebräuchlichen Einsengläsern in der Regel eine so kleine Breite giebt, daß man die Sinusse der Neigungswinkel selbst der gegen den Rand hin einfallenden Strahlen den Winkeln proportional nehmen dürfe. Dieß vorausgesetzt, wollen wir zuerst die Brechung bestimmen, welche parallel mit der Axe einfallendes Licht in einem doppelt convexen Glas im Fig. 169 von gleichen Halbmessern erleidet. Wir setzen dabey das mittlere Brechungsverhältniß im Glas  $\frac{3}{2} : 1$  ( $n : 1$ ). Ein Strahl, welcher in der Richtung der Axe  $eC$  auffällt, geht, weil er sowohl die Vorder-, als Hinterfläche des Glases senkrecht trifft, ungebrochen durch. Ein parallel mit der Axe gegen den Rand des Glases einfallender Strahl  $li$  macht bey seinem Eintritt ins Glas an der Vorderfläche mit dem Neigungsloth den Einfallswinkel  $Cib$ , welcher dem Winkel am Mittelpunct  $eCi$  gleich ist, er heiße  $= i$ , daher ist nach unsrer Voraussetzung der gebrochne Winkel  $Cid = \frac{2}{3} i$  und der Brechungswinkel oder die Zulenkung zur Axe  $bid = \frac{1}{3} i$ . Beym Ausfahren des Lichts ist der Winkel mit dem Ausfallloth an der Hinterfläche  $= a id = \frac{4}{3} i$  weil  $aib = icC = eCi = i$  ist, folglich der gebrochne Winkel  $aif = \frac{3}{2} a id = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} i = 2i$ . Folglich wird  $if$  mit  $iC$  zusammenfallen, weil auch  $a i C = 2i$  ist. Da nun, diese Betrachtung nicht durch die Größe des Winkels  $i$  verändert wird, so lange wir die

Sinüsse ihren Winkeln proportional nehmen, so erhellet, daß alle zwischen  $li$  und der Ase rund um auf das Linsenglas fallenden Strahlen durch die Brechung einen Vereinigungspunct in  $f$  haben werden, welchen man den Brennpunct des Linsenglases, und seine Weite von der Mitte des Glases gerechnet die Brennweite nennt; sie ist in dem hier betrachteten Falle  $= r$  gleich dem Halbmesser der Vorder- und Hinterfläche des Glases.

Fiel ein Lichtstrahl wie  $l'i$  in einer solchen Entfernung von der Ase auf das Glas, daß die Sinüsse der Einfallswinkel nicht mehr den Winkeln proportional genommen werden dürfen, so erleidet dann das Licht eine stärkere Brechung nach  $if'$ , so daß der Punct  $f'$ , wo ein solcher Strahl die Ase schneidet, näher als der Brennpunct hinter dem Glas liegt. Die zwischen  $i$  und  $i'$  rund um gegen den Rand des Glases fallenden Strahlen werden sich in Puncten wie  $f''$  schneiden, und es giebt also bey einem breiten Linsenglas nicht einen, sondern eine unzählige Menge von Brennpuncten, welche alle in einer krummen Oberfläche liegen, deren Durchschnitt mit einer durch die Ase gelegten Ebene eine krumme Linie bildet, die man die Brennlinie nennt. Es betrage z. B. der Einfallswinkel  $a'i'b' = 30^\circ$  so wird der Brechungswinkel  $b'i'd' = 10^\circ 30'$ , und der Winkel  $a'id' = 40^\circ 30'$ , aber  $a'if' = 76^\circ 57'$  betragen, also um  $16^\circ 57'$ , größer als der  $\sphericalangle a'i'C$  seyn.

Da die Lichtstrahlen, nachdem sie sich in einem Punct  $f$  geschnitten haben, hinter demselben wieder aus einander fahren, so kann man den Brennpunct und die Brennweite eines Linsenglases leicht durch einen Versuch finden, wenn man die Ase desselben nach der Sonne richtet, und ein weißes Blatt Papier so lange hinter dem Glas hin und her bewegt, bis man die Stelle gefunden hat, wo das kleine Sonnenbild, den kleinsten und hellsten Kreis giebt. Ist das Linsenglas etwas breit, und man bedeckt zuerst den Rand desselben, indem man die Mitte frei läßt, und dann die Mitte bey freigelassenem Rand, so wird man im ersten Fall die Brennweite etwas länger als in dem andern finden.

Da die meisten Strahlen sich in dem eigentlichen Brennpuncte vereinigen, auch bey optischen Werkzeugen diejenigen Strahlen, welche um die Ase der Linsengläser einfallen, die

schönen Bildes geben, so laßt man die zur Stelle einfallenden Strahlen, welche Nachrichten verschicken, durch Strahldeckungen (die man Elongationen nennt) in einer bestimmten bis sie nützlich werden.

### §. 27.

Betrachten wir nun ein planconvexes Glas Fig. 17 mit der ebenen Seite nach dem leuchtenden Gegenstand  $p$  leitet; es sey  $li$  ein Strahl mit der Axe parallel einfallend, bey seinem Eintritt in die Vorderfläche wird er gar nicht abgelenkt werden, und daher bey seinem Austritt den Winkel  $aib = i$  mit dem Einfallslot machen, dieser Winkel wird durch die Brechung bey dem Austritt in  $aif = \frac{1}{2} i$  verwandelt werden, daher  $bif = \frac{1}{2} i$  seye. Betrachten wir nun das Dreieck  $eif$ , so verhalten sich darin die Winkel bey  $e$  und  $f$  wie  $i : \frac{1}{2} i = 2 : 1$ , daher die gegenüber liegenden Seiten  $if : ei$  ebenso, und man erhält  $if = 2ei = 2r$ , also die Brennweite dem Durchmesser der krummen Oberfläche gleich.

Sonach hätten wir für das doppelt convexe Glas mit gleichen Halbmessern die Brennweite  $f = r$ , und für das planconvexe  $f = 2r$  gefunden. Eine ähnliche weiter fortgesetzte Betrachtung zeigt, daß für alle converen Linsen, die Halbmesser der Vorder- und Hinterfläche mögen beschaffen seyn wie sie wollen, die Brennweite durch den

$$\text{Ausdruck } f = \frac{2rR}{R+r}$$

$$\text{oder allgemeiner } f = \frac{rR}{(n-1)R+r}$$

wenn  $1 : n$  das Brechungsverhältniß ist, gegeben sey. Wirklich gehen die vorher betrachteten Fälle aus der allgemeinen Formel hervor, wenn wir darin erstens  $R = r$ , und zweitens  $R = \text{unendlich}$  setzen.



## §. 248.

Es sey in Fig. 171 ein doppelt concaves Glas von gleichen Halbmessern, li ein parallel mit der Axe auf dasselbe einfallender Strahl, welcher mit dem Neigungslloth  $ci$  den Winkel  $lic = aic = icC$  mache, den wir  $= i$  heißen wollen. Der zum ersten mahl gebrochne Strahl wird mit  $ai$  den Winkel  $aib = \frac{2}{3} i$  machen. Nimmt man an, der Ein- und Austrittspunct  $i$  und  $i'$  liege, wegen der nicht zu beachtenden Dicke des Glases in der Mitte beyammen, so wird der Neigungswinkel bey dem Austritt  $cib = \frac{4}{3} i$ , und der wirkliche Ausfallswinkel  $Cia = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} i = 2i$  seyn. Es ist aber auch  $Cia = C + c$ , und weil  $C = c = i$  sind, so sieht man, daß die Linien  $ci$  und  $i'a$  in eine und dieselbe gerade Linie fallen. Es werden also alle Lichtstrahlen, welche parallel mit der Axe auf ein doppelt concaves Glas fallen, durch die Brechung hinter demselben so zerstreuet, als ob sie von einem Punct  $c$  vor dem Glase herkämen, welches in unserm zunächst betrachteten Falle mit dem Mittelpunct der Vorderfläche einerlei ist. Die Weite des Zerstreungspunctes vor der Mitte des Glases, heißt die Zerstreungsweite, oder geometrische Brennweite.

Da wir für die Zerstreungsweite bey dem doppelt concaven Glas von gleichen Halbmessern, denselben Werth wie für die Brennweite des doppelt convexen Glases von gleichen Halbmessern gefunden haben, so wird man leicht die Folge ziehen, daß auch für andere Verhältnisse der Halbmesser für concave und convexe Gläser gleiche Regeln zur Findung der Brennweite gelten, welches denn auch der Fall ist.

$$\text{Die Formel } f = \frac{-2rR}{R+r}, \text{ oder allgemein } \frac{-Rr}{n-1(R+r)}$$

drückt die Brennweite für die concaven Linsen aus; mit dem Zeichen — deutet an, daß die Brennpuncte, Zerstreuungspuncte sind, oder die entgegengesetzte Lage in Beziehung zu den Brennpuncten der convexen Linsen haben.

Will man die Zerstreuungswerte eines concaven Glases durch einen Versuch finden, so bedecke man die Vorderfläche des concaven Glases mit einem schwarzen Papier, in welchem man mit einer Stecknadel drei kleine Löcher gestochen hat, das eine genau in der Mitte, die beiden andern in einer geraden Linie in gleicher Entfernung recht und links vom Mittelpunct. Man zeichne auf ein Kartenblatt 3 schwarze Punkte in einer geraden Linie, welche die doppelte Entfernung der drei Oeffnungen von einander haben. Jetzt richte man das Concavglas mit seiner Axe nach dem Mittelpunct der Sonne, so werden die drei durch die Oeffnungen A, C, B, Fig. 172 fallenden Sonnenbilder hinter dem Glase divergiren, als ob sie von dem Punct f erleuchtet würden. Verändert man hierauf die Entfernung der Karte hinter dem Glase so lange, bis die Sonnenbilder auf die drei Punkte a, c, b fallen, so wird die Entfernung Co der Karte vom Glase, der Zerstreuungswerte Cf gleich seyn. Liegen die drei Oeffnungen A, C, B, einander so nahe, daß ein in die verlängerte Axe Cf gestelltes Auge die durch die Oeffnung fahrenden Parallelstrahlen zugleich fassen kann, so ist Co die Zerstreuungswerte, wenn das Auge die drei Punkte a, c, b durch die drei Oeffnungen zugleich sieht. Diesen Versuch kann man bei bloßem Tageslicht anstellen.

## Entstehung der Bilder in Linsengläsern.

### §. 249.

Um zu begreifen, wie durch die Brechung der Lichtstrahlen Bilder von Gegenständen in Linsengläsern entstehen, erinnere man sich vor allen Dingen des Satzes, daß das Bild eines Punctes vom Auge an die Spitze des Lichtkegels gesetzt wird, von welcher es das Licht des Punctes erhält.

Nun bezeichne MN Fig. 173 ein convexes Glas, AB einen leuchtenden Gegenstand vor demselben. Man ziehe

von den äußersten Punkten A, und B des Gegenstandes die Linien A Ca, B C b durch die Mitte des Glases, sie bilden die Axen der von den Punkten A und B des Gegenstandes nach dem Glase fallenden Lichtkegel, und gehen ungebrochen durch, weil sie beinahe senkrecht und auf zwei untereinander parallele Elemente der Vorder- und Hinterfläche des Glases fallen. In ihnen werden die Spitzen der gebrochenen Strahlenkegel a und b liegen. Um deren Entfernung hinter dem Glase zu bestimmen, erinnere man sich, daß ein von dem Punct A parallel mit der Hauptaxe Cc auf das Glas fallender Lichtstrahl Ad die Hauptaxe in dem Brennpunct f schneidet, verlängert man df bis es der Axe Aa in a begegnet, so giebt Ca die Entfernung der Spitze des gebrochenen von dem Punct A ausgehenden Strahlenkegels, und a ist zugleich das Bild des Punctes A, ebenso ist b Bild des Punct's B, daher ab ein verkehrtes Bild des Gegenstandes AB. Wie sich die Größe beider gegen einander verhalte, hängt von den Entfernungen ca, CA ab. Man sieht sogleich, wenn der Gegenstand AB von dem Glase abwärts, ins Unendliche hinausrückt, so wird die Divergenz der Linien Ca, Cb immer kleiner und der Schneidungspunct a muß immer näher zu f rücken, daher liegt von einem unendlich entfernten Gegenstand, das kleine verkehrte Bild im Brennpunct des converen Glases. Rückt der Gegenstand näher zum Glase, so rückt sein Bild hinter dem Glase weiter hinaus und wird größer. Wenn der Gegenstand um die doppelte Brennweite vor dem Glase liegt, so liegt sein Bild eben so weit hinter dem Glase und ist ihm an Größe gleich. Rückt der Gegenstand noch näher, so fällt sein verkehrtes Bild weit hinter das Glas und wird größer als der Gegenstand. Für einen Gegenstand, welcher im Brenn-

punct des Glases, steht, fällt das Bild ins Unendliche hinaus. Den Fall, wenn der Gegenstand zwischen dem Brennpunct und dem Glas stünde, erläutert Fig. 174. Hier bezeichnen  $a$ , den Gegenstand,  $f$   $f'$  die Brennpuncte des convexen Glases  $MN$  diesseits und jenseits. Um die Stelle des Bildes  $AB$  zu finden, ziehe man die Axen  $OaA$ ,  $ObB$  dann von  $a$  aus den Parallelstrahl mit der Hauptaxe  $ad$  und von  $d$  nach dem Brennpunct  $f'$  die gerade Linie  $df'$  und verlängere dieselbe, bis sie der Axen  $OA$  in  $A$  begegnet. Man sieht daß nun das Bild  $AB$  aufrecht und vergrößert mit dem Gegenstand auf einer Seite des Glases lieget.

Was hier durch Zeichnung gefunden worden ist, läßt sich schärfer durch die Rechnung bestimmen.

Es heiße der Abstand des Gegenstandes vom Glas Fig. 173  $Ad = AC = a$ , der gesuchte Abstand des Bildes  $Ca = x$ , die Brennweite  $Cf = f$ ; so hat man aus der Ähnlichkeit der Dreiecke  $aCf$ ,  $aAd$

$$Ad : Aa = Cf : Ca$$

$$a : a + x = f : x$$

und hieraus

$$x = \frac{af}{a - f}. \quad \text{Den Fall Fig. 174 giebt die Formel } x = \frac{af}{f - a}$$

an.

Wenn man in dem ersten Ausdruck für  $x$ ,  $a$  nur einigermaßen groß gegen  $f$  nimmt, so wird  $x$  sehr nahe gleich  $f$ . Das will sagen, convexe Linsen machen von fernen Gegenständen kleine verkehrte Bilder in ihrem Brennpuncte. Da diese Bilder stark erleuchtet und scharf begränzt sind, so kann man sie selbst noch unter einer starken Vergrößerung hell und deutlich sehen. Hierauf gründet sich die Einrichtung der Fernröhre, wie wir unten bey der Beschreibung der optischen Werkzeuge sehen werden. Befindet sich das Auge  $o$  in der verlängerten Axen  $Co$  Fig. 173 hinter dem Bild, so sieht es dasselbe deutlich, wenn die Entfernung des Auges  $oa$  der Weite des deutlichen Sehens entspricht, und größer oder kleiner als es den Gegenstand  $AB$  unmittelbar sehen würde, je

nachdem der  $\sphericalangle aob$  größer oder kleiner als  $\sphericalangle Cb = ACB$  ist, das heißt je nachdem  $oa$  kleiner oder größer als  $Ca$  ist.

Die Fig. 174 dargestellte Entstehung der Bilder dienet dazu, um kleine Gegenstände durch ein zwischen sie und das Auge  $O$  gehaltne convexe Linse unter einem größern Sehewinkel, also vergrößert, zu sehen.

Es bezeichne  $OA$  die Weite des deutlichen Sehens,  $Oa$  eine viel kleinere Entfernung, so würde der Gegenstand  $ab$  dem Auge ohne Glas undeutlich erscheinen, durch das Glas sieht es dessen Bild in  $AB$  deutlich unter dem Winkel  $AOB$ ; dünkte man sich den Gegenstand in dieselbe Weite gerückt, so würde er unter einem so viel kleinern Sehewinkel erscheinen, als  $OA$  größer als  $Oa$  ist.

Man suche aus der zweiten Formel für  $x$ , umgekehrt

$$f = \frac{ax}{x-a} = \frac{x}{\frac{x}{a} - 1}.$$

Nun drückt  $\frac{x}{a}$  die Vergrößerungs-

zahl  $= m$  aus, also  $f = \frac{x}{m-1}$ , daher erhält man  $f$  oder die Brennweite der Linse, wenn man die Weite des deutlichen Sehens durch die um 1 verminderte Vergrößerungszahl dividirt, und umgekehrt die Vergrößerungszahl  $m = \frac{x}{f} + 1$ .

D. i. man findet die Vergrößerung einer Linse, wenn man die Weite des deutlichen Sehens durch die Brennweite dividirt und den Quotienten um 1 vermehret.

### §. 250.

Wie sich Bilder von Gegenständen durch die Brechung in Hohlgläsern entwerfen, erläutert Fig. 175.  $MN$  sey ein Hohlglas,  $AB$  ein Gegenstand hinter demselben, in dessen das Auge seinen Stand dicht vor dem Hohlglase in  $o$  habe. Man ziehe von den Gränzen des Gegenstandes die Aren  $Ao$ ,  $Bo$ , welche durch die Mitte des Glases und also ungebrochen gehen. Dann ziehe man von  $A$  aus einen Parallelstrahl mit der Hauptaxe  $Ad$ , er wird durch

die Brechung im Hohlglas von dem Punkt  $f$  aus kommen scheinen, und daher die Axe  $AO$  in  $a$  schneiden. Folglich wird das Auge alles von  $A$  ausgehende Licht durch die Brechung im Hohlglas so empfangen, als ob es von  $a$  käme;  $a$  ist folglich das Bild von  $A$ , ebenso  $b$  von  $B$ , und der Gegenstand erscheint dem Auge unter dem Bilde  $ab$ . Da dieß dem Glase stets näher liegt als der Gegenstand, so verkleinern die Hohlgläser die hinter ihnen liegenden Gegenstände, und zeigen sie übrigens sehr hell und scharf begränzt. Doch kommt hier die optische Täuschung hinzu, daß wir die Bilder der Gegenstände gewöhnlich weiter hinaussetzen, als sie wirklich von dem Auge liegen, daher uns die Gegenstände in der Regel nicht so stark verkleinert erscheinen, als sie müßten, wenn wir die Bilder wirklich an die Stelle setzten, wo sich die Spitzen der gebrochenen Strahlenkegel befinden.

Je näher der Gegenstand zu dem Glase rückt, desto näher rückt auch sein Bild zu demselben, und endlich fallen beide dicht hinter dem Glase zusammen.

Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke  $faO$ ,  $daA$  hat man

$$Ad : Aa = fO : ao$$

$$a : a - x = f : x$$

$$ax = fa - fx$$

$$x = \frac{fa}{a + f}$$

woraus sich die verschiedenen Werthe von  $x$  durch  $f$  und  $a$  berechnen lassen.

Von dem Gebrauch der Hohlgläser für Kurzsichtige, so wie der Convergläser für Weitsichtige, soll unten bey dem Bau und der Einrichtung des Auges geredet werden.

~~~~~

Von der durch die Brechung im Prisma hervorgebrachten Farbenzerstreuung.

§. 251.

Man verfinstere ein Zimmer und lasse durch eine kleine Kreisrunde Oeffnung *l* Fig. 176 einen Kege! von Sonnenlicht in das finstere Zimmer fallen, und fange denselben bey *i* senkrecht mit der Arc auf, so wird man ein kleines Kreisrundes Sonnenbild erblicken, dessen wahrer Durchmesser dem scheinbaren der Sonne und der Entfernung *li* von der Oeffnung entspricht. Daß *i* ein Sonnenbild nicht bloß ein erleuchteter Fleck sey, folgt nicht bloß aus dem was §. 230 über die Entstehung der Bilder gesagt worden ist, sondern man kann sich auch durch die Erfahrung davon überzeugen; wenn zufällig eine Wolke die Sonne theilweise bedeckt, so sieht man das Bild der vorüberziehenden Wolke in dem kleinen Sonnenbild.

Fängt man den Lichtkegel an seiner Spitze dicht hinter der Oeffnung durch ein Prisma auf, dessen brechender Winkel *A* nach unten gelehret ist, so wird man das kleine Sonnenbild *i* nicht bloß durch die Brechung nach *m* in die Höhe gerückt, sondern zugleich sehr in die Länge gezogen erblicken, so daß *vr* den Querdurchmesser fünf bis sieben mahl übertrifft, dabey wird das Bild gefärbt erscheinen. Die Farben folgen von unten nach oben in der Ordnung: roth, orange, hellgelb, grün, hellblau, dunkelblau, violet.

Da nun das Licht, welches in unserm Auge die rothe Farbe erregt, am wenigsten verrückt erscheint, das grüne mehr, das violette am meisten, so müssen wir daraus mit Newton schliessen, daß von der Sonne uns zukommende Licht bestehe aus ungleichartigen Theilen, welche eine verschiedene Brechbarkeit, und die Fähigkeit, die verschiednen

Farben in unserm Auge zu erregen, besitzen. Es gibt also nach Newton sieben verschiedne Haupt- oder Grund-Farben und eben so viele verschiedenartig brechbare Lichter. Wisset man die Winkel ilr , ilm , ilv mit der gehörigen Schärfe und zugleich den Winkel des Prismas A , so lassen sich daraus die Brechungsverhältnisse für die verschiednen Farbenstrahlen nach §. 244 ableiten.

Newton giebt sie wie folgt an, den Sinus des einfallenden Licht's = 1 gesetzt

rothes Licht	1,54	bis	1,5425
orange	1,5425	—	1,544
gelb	1,544	—	1,54667
grün	1,5466,7	—	1,55
hellblau	1,55	—	1,5533
indigblau	1,5533	—	1,5555
violet	1,5555	—	1,56

Also beträgt der größte Unterschied im Brechungsverhältniß vom rothen zum violetten Licht 1,54 : 1,56. Zieht man von den Zahlen den Sinus des Einfallswinkels ab, so erhält man 54 : 55 : 56 für die Verhältnisse der Ablenkungen der rothen, der grünen und der violetten Strahlen. Zieht man diese Zahlen wieder von einander ab, so geben die Unterschiede die Größen der Farbenzerstreuungen an. Man saget daher, die Farbenzerstreuung vom rothen zum grünen, und vom grünen zum violetten Licht betrage $\frac{1}{55}$ von der mittlern Brechbarkeit des Lichts im Glase. Newton hielt dieß Verhältniß für constant, aber Dollond hat durch die Erfahrung bewiesen, daß es Körper gebe, welche bey gleicher mittlern Brechbarkeit eine größere Farbenzerstreuung besitzen, und gründete darauf die wichtige Entdeckung von den achromatischen Fernröhren.

Da nach Newton die Brechbarkeit des Lichts überhaupt auf der chemischen Anziehungskraft des Mittels gegen das Licht beruht, so schliesst sich die von ihm entdeckte verschiedene Brechbarkeit der farbigen Strahlen an die Lehre von den chemischen Verwandtschaften an, und hat in neuern Zeiten durch die gleich anzuführenden Entdeckungen eine weitere Stütze erhalten. W. Herschel stellte ein empfindliches Thermometer in die verschiedenen farbigen Strahlen des prismatischen Sonnenbildes (Farbenspectrum's) und fand, daß die Wärme von dem violetten Licht an nach dem rothen immer zunimmt, ja die größte Wärme ausser dem rothen Farbenbild an eine Stelle falle, wo das Auge kein Licht mehr wahrnimmt. Daher stellte Herschel die Hypothese auf, das Sonnenlicht bestehe aus wärmenden und leuchtenden Strahlen, wovon jene die minder brechbaren, diese die meist brechbaren seyen. Seebeck, welcher Herschel's Versuche weiter führte, fand zwar die Thatsache, daß die Wärme von dem violetten Licht nach dem rothen zunehme, völlig begründet, aber die Stelle, wo die größte Hitze statt findet, mit der brechenden Materie des Prismas veränderlich, bald in dem rothen Licht, bald darunter, bald darüber, doch niemals über dem gelben Lichte.

Ferner fand man, daß unter den farbigen Lichtern das hellgelbe die größte Leuchtkraft besitze. In Hinsicht auf die chemische Wirksamkeit der verschiedenen Lichter wollte Ritter gefunden haben, daß das violette Licht eine desoxydirende, das rothe hingegen eine oxydirende Kraft besitze. Neuern Beobachtungen zufolge besitzt das Licht überhaupt eine desoxydirende Kraft, welche dem violetten Licht im stärksten Grade zukommt, und nach dem rothen hin immer mehr abnimmt. Selbst bey der Erregung der Electricität und des Magnetismus will man in Hinsicht der farbigen Lichter Unterschiede wahrgenommen haben, welches indessen einer weitem Bestätigung bedarf.

Alles zusammengenommen möchte der Satz feststehen: das Sonnenlicht, wie es sich durch seine Wirkungen an der Oberfläche der Erde zu erkennen giebt, ist aus heterogenen Theilen zusammengesetzt, die verschiedene wärmende, leuchtende und chemisch anziehende Kräfte besitzen, auf denen zugleich die verschiedene Brechbarkeit des Licht's beruht.

§. 252.

Newton hat zur fernern Begründung der Lehre von

der verschiedenen Beschaffenheit des Lichts nicht andere Versuche angestellt, wovon wir noch einige hier anführen wollen. Man setze mit dem Prisma den in das weiße Zimmer fallenden Lichtkegel so auf, daß die Axe des Prismas vertical zu stehen komme, so wird das Farbenbild nun von dem brechenden Winkel ab in horizontaler Richtung verrückt und in die Länge gezogen erscheinen. Setzt man zwei Prismen von gleicher Brechkraft dicht hinter einander, das erste horizontal, das andere vertical, so muß der einfallende Lichtkegel durch beide gehen muß, so wird das Farbenbild unter einem Winkel von 45° geneigt erscheinen, so daß das violette Licht nach jeder Richtung die stärkste Brechung erleidet. Fängt man das von einem Prisma erzeugte Farbenbild mit einem Schirm AB Fig. 177 so auf, daß man durch eine kleine Oeffnung des Schirms ein farbiges Licht gehen, und auf ein zweites hinter den Schirm gestelltes Prisma fallen lassen kann, so wird das Licht durch die wiederholte Brechung von i nach k gelenkt, aber nicht weiter in verschiedenartige Farben zertheilt erscheinen. Indessen erinnert schon Newton, daß, wenn dieser Versuch wohl gelingen solle, man das Farbenbild des ersten Prismas durch ein converes Glas verkleinern und schärfer begränzen, auch das Zimmer sehr finstern halten müsse, und daß endlich die Oeffnung im Schirm gegen den Durchmesser eines der sieben Farbenbilder klein seyn müsse, sonst erscheint das zum zweitemahl gebrochene Licht noch mit einem farbigen Saum, der jedoch gegen den durch die erste Brechung erzeugten unbedeutend ist.

Setzt man zwei Prismen von gleicher Brechkraft mit ihren brechenden Winkeln in entgegengesetzter Richtung neben einander, so verschwindet Brechung und Farben, weil die entgegengesetzten Brechungen und Farbenzerstreuungen

sich aufheben. Sammelt man das Farbenspectrum eines Prismas in dem Brennpunct einer converen Linse, so wird das Sonnenbild bis auf einen kleinen Farbenring am Rande wieder weiß erscheinen.

Newton's Farbenlehre.

§. 253.

Auf die vorerwähnten und viele andere Versuche gestützt, entwarf Newton folgende Theorie der Farben. Die Körper erscheinen uns so oder anders gefärbt, wenn ihre Oberflächen die Eigenschaft besitzen, das auf sie fallende gemischte Licht zu zerlegen, daß sie dem Auge nur ein farbiges Licht von dieser oder jener Farbe rein oder vorzugsweise zusenden. Da indessen unser Auge mehr als sieben Farben unterscheiden kann, so müssen wir annehmen, daß durch Vermischung der Hauptfarben in verschiedenen Verhältnissen, secundaire Farben hervorgehen. Dies kann man auch durch Versuche mit dem Prisma nachweisen. Man stelle drei Prismen parallel und horizontal unter einander, lasse auf jedes durch eine kleine Oeffnung im Laden des finstern Zimmers einen Lichtbündel fallen. Giebt man nun den einzelnen Prismen verschiedne Drehungen um ihre wagrechte Ase, so kann man es dahin bringen, daß das rothe Bild des obern Prismas nach der Reihe auf das gelbe, blaue, violette Bild der untern Prismen falle. Dann wird man wahrnehmen, daß durch Vermischung des blauen und violetten Lichtes mit dem rothen, die verschiednen Abstufungen des rothen, durch die Vermischungen des blauen Lichtes mit dem gelben, die verschiednen Abstufungen des grünen, u. s. w. entstehen.

••• Aber eben die Erzeugung der Farben durch Vermi-

schung anderer, hat mehrere Naturforscher zu der Behauptung geführt, es gebe nur 3 einfache Farben, blau, gelb, und roth. Wollte man dieß in Beziehung auf das prismatische Licht gelten lassen, so müßte man rothe, gelbe und blaue Strahlen von sehr verschiedner Brechbarkeit annehmen, sonst wäre ihre Vermischung im Farbenspectrum nicht denkbar, welches aber wieder nicht mit der nahe gleichförmigen Brechbarkeit der sieben prismatischen Grundfarben stimmt. Alles wohl erwogen scheint die newtonsche Farbentheorie eine der bestbegründeten, ob wir gleich zugeben müssen, daß manche Erscheinungen sich schwer aus dieser Theorie erklären lassen, wenn man nicht zugleich auf die eigne Thätigkeit des Auges und des subjectiven bey der Empfindung der Farben Rücksicht nimmt.

Richtet man das Auge eine Zeitlang auf einen hell erleuchteten Fleck, schließt und beschattet es alsdann, so empfindet man im Auge einen schwarzen Fleck. War der erleuchtete Gegenstand gelb, so ist das Bild im Auge blau; war er roth, so ist es grün. Das Auge besitzt also eine eigne Thätigkeit, gewisse Farben, wenn es von anderm Licht stark gereizt worden ist, in sich hervorzubringen. Man heißt sie subjective Farben.

Für die newtonsche Farbenlehre spricht, daß wir durch einfaches prismatisches Licht erleuchtete Körper mit der Farbe des Lichts erblicken, die Farbe des Körpers mag seyn, welche sie will. Ebenso verhält es sich, wenn wir die Körper durch hinlänglich dicke und stark gefärbte Gläser betrachten. Die gefärbten Gläser sind gleichsam Siebe des Lichts, welche nur eine gewisse Gattung von Strahlen durchlassen, die übrigen verschlucken oder reflectiren. Sind die Gläser zu dünne oder ihre Farbe nicht intensiv genug, so zeigen sie eine mittlere Farbe zwischen ihrer eignen und derjenigen der Körper.

Weitere Versuche zur Erläuterung und Bestätigung der

newton'schen Farbenlehre, und der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts sind folgende.

1) Man ziehe auf einem Blatt Papier einen feinen blauen und rothen Strich in eine gerade Linie nicht länger als $\frac{1}{2}$ Zoll, schwärze dann rund um alles auf dem Papier mit Tusche, und betrachte nun die doppelt gefärbte Linie durch ein Prisma, dessen Axe man parallel mit der Richtung der Linien, den brechenden Winkel, wie wir annehmen wollen, nach unten gekehret, dann wird man das Bild der ganzen Linie, aber den rothen Theil weniger, den blauen mehr nach dem Auge hin verschoben erblicken, so daß die Linie nun gebrochen wie Fig. 178 erscheint. Kehret man den brechenden Winkel des Prismas nun in die Höhe, so liegt der blaue Theil am weitesten nach oben.

2) Man ziehe eine feine weiße Linie auf einen schwarzen Grund, oder lege einen feinen Silberdrath auf ein Stück schwarzen Sammet, und betrachte die Linie durch ein Prisma, welches man, wie im vorigen Versuch parallel mit der Linie, den brechenden Winkel nach unten gekehret, halte. Die weiße Linie wird nun ganz verschwunden seyn, und statt derselben wird man auf dem schwarzen Grund ein prismatisches Farbenbild erblicken, in welchem die Ordnung der Farben von oben nach unten roth, orange und violet ist. Kehret man den brechenden Winkel des Prismas bey fortdauerndem Parallellismus mit der Linie nach oben, so ist die Verrückung des Farbenbilds, und die Ordnung der Farbe gerade umgekehret. Stellt man hingegen die weiße Linie senkrecht auf die Axe und Kanten des Prismas, so sieht man die Linie bloß oben und unten gefärbt, und zwar oben roth, unten violet, wenn der brechende Winkel nach unten gekehret ist. Die Ergebnisse dieses Versuchs erklären sich sehr vollständig aus der newton'schen Farbentheorie. Es bezeichne A Fig. 179 die Stellung des Prismas, o den Ort des Auges, i einen senkrechten Querschnitt oder Punct der feinen weißen Linie, das von ihm nach dem Prisma strahlende Licht wird durch dasselbe in die Farbenstrahlen v, r zerpalten zum Auge gelangen, und dieß wird die farbigen Bilder der Linie vorwärts nach r und v setzen. Ist die Linie nicht parallel, sondern perpendicular auf die Axe des Prismas, wie i i'', so wird nun das von allen Puncten zwischen i und i'' nach dem Prisma gehende Licht auf ähnliche Art in Farbenstrahlen gespalten, welche aber so auf einander fallen und sich decken, daß sie dem

Auge nur den Eindruck des weißen Lichts geben; blos an den Enden der Linie werden einzelne Farben und zwar bey r die rothe, bey v die violette zum Vorschein kommen. Hat man das Ebengesagte wohl verstanden, so wird man eben so leicht das schöne mannigfach wechselnde Farbenspiel begreifen, welches man erblickt, wenn man schwarze und weiße Linien, Lichter, Fensterrahmen und dergleichen, in verschiedenen Lagen und Stellungen durch das Prisma beschauet, welche Versuche man sehr vollständig und schön beschrieben findet in Goethes Farbenlehre.

3) Man ziehe auf eine weiße Pappscheibe einen Kreis und theile den Umfang desselben in 7 ungleiche Theile, die sich wie die nachstehenden Zahlen gegen einander verhalten.

$\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{9}$
R , Or , G , Gr , B , V. B , V

so geben sie die Verhältnisse der Farbenbilder in Beziehung auf ihre Wirkung im Auge nach Newton an. Man zerteile die zu den einzelnen Bögen gehörige Sektoren, lege jeden derselben mit der ihm entsprechenden Farbe, möglichst rein und von gleicher Stärke an, befestige die Scheibe in ihrem Mittelpunkte drehbar, und lasse sie schnell um ihre Are laufen, so werden die einzelnen Farben verschwinden und dagegen ein Weißgrau zum Vorschein kommen.

A n m e r k u n g .

Warum bey diesem Versuch nicht völliges Weiß, sondern nur ein Weißgrau zum Vorschein komme, erklärt man gewöhnlich daraus, weil die anzuwendenden Farbestoffe nicht reine Farbe seyen, sondern ein Gemische verschiedner Farben und weißen Licht's. Wir suchen den Grund davon noch in etwas anderm. Durch die Geschwindigkeit der Drehung, wodurch erst die Vermischung der einzelnen Eindrücke möglich wird, schwächen sich zugleich diese Eindrücke so, daß die Empfindung des hellen Lichts nicht entstehen kann. Diese Ansicht der Sache erklärt die sonst sehr räthselhafte Erscheinung. Wenn man die Scheibe schneller, als nöthig ist, dreht, so kommt statt des Weißgrauen gewöhnlich wieder eine Farbe zum Vorschein, nach unsrer Erfahrung das Rothgelbe. Wenn durch die allzuschnelle Drehung die Eindrücke der übrigen Farben erloschen sind, so bleibt nur der Eindruck der stärksten Farbe im Auge übrig.

Man kann von der newton'schen Farbenscheibe noch einen andern Gebrauch machen. Die Schwerpunkte der einzelnen Sektoren oder ihrer Bögen am Umfange der Scheibe Fig. 177 * sind die Repräsentanten ihrer Farben, der gemeinschaftliche Schwerpunkt fällt in den Mittelpunct der Scheibe und bezeichnet das weiße Licht. Läßet man einen oder mehrere einzelne Schwerpunkte weg, und sucht nun zwischen den übrigen den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, so fällt derselbe nun auffers

halb des Mittelpuncts, und seine Stelle bezeichnen die Farbe, welche aus der Mischung der übrigbleibenden hervorgeht. Je näher der neue Schwerpunct dem Mittelpunct liegt, desto mehr weiß enthält die ihm entsprechende Farbe, je näher dem Umfang, desto gesättigter ist sie. Man kann dieß durch einen Versuch mit dem Prisma auf folgende Weise bestätigen. Man sammle das prismatische Farbenbild in dem Brennpunct eines converen Glases, wo es, wie schon gesagt, weißes Licht darstellt. Fängt man nun mit einem schwarzen Schirm von gehöriger Breite vor dem converen Glas einzelne oder mehrere prismatische Farben auf, so geht das weiße Bild im Brennpunct alsbald in die complementaire Farbe über, welche die newtonsche Farbenscheibe angiebt. Zu bemerken ist hierbey, daß, wenn die complementaire Farbe zwischen Roth und Violet fällt, sie als Purpur erscheint, welches zwar keine einfache prismatische Farbe ist, aber durch Mischung von Violet und Roth erzeugt wird.

Farbenfreie Brechung durch Prismen hervorgebracht, achromatisches Prisma.

§. 254.

Wenn man zwey Prismen von gleicher Beschaffenheit und gleichen brechenden Winkeln, in entgegengesetzter Richtung aneinander legt, so ist zwar alle Farbenzerstreuung, aber auch alle Brechung weg; beide Prismen wirken als ein Planglas mit parallelen Oberflächen. Wäre in allen Körpern die farbenstreuende Kraft genau in dem Verhältniß der brechenden Kraft, so würde keine Brechung ohne Farbenstreuung möglich seyn. Wir verdanken Dollond, wie schon erwähnt, die für die optischen Werkzeuge so wichtige Entdeckung, daß dem nicht so sey. Er fand durch Versuche, veranlaßt durch eine Behauptung Eulers, welche auf die farbenfreie Brechung im Auge hinwies, daß ein Prisma von Flintglas (das Bleyoxyd in seiner Mischung enthält) mit einem brechenden Winkel von 20° , und ein Prisma von Crownglas mit einem brechenden Winkel von 30° in entgegengesetzter Richtung an einander gelegt

nach eine Brechung des Licht's hervorgehten wie ein einfaches Prisma von 10° , dabey aber alle Farbenstreuen verschwunden war. Daraus schloß Delfant die Farbenstreuung im Flintglas verhalte sich zu der im Crown-glas, bey nahe gleicher Brechkraft $= 3 : 2$, und es gelang ihm nun auch farbenfreie Linsengläser aus einem concaven Crown-glas, und einem flächern concaven Flintglas zusammen zu setzen, indem diese Gläser wie Prismen von entgegengesetzten brechenden Winkeln wirken. Die Winkel unter welchen die krummen Oberflächchen der Linsen zusammenstoßen oder stoßend gedacht werden können, entsprechen den brechenden Winkeln der Prismen. Da nun die zu optischen Werkzeugen bräuchlichen Linsen von kleiner Breite in Beziehung auf ihre Halbmesser sind, so kann man die Winkel ihrer Flächen, den Halbmessern, also auch den Brennweiten verkehret proportional setzen. Daher folgt aus dem Dollond'schen Versuch, daß man die Brennweiten der entgegengesetzt brechenden Linsengläser im verkehrten Verhältnisse ihrer farbenzerstreuenden Kraft wählen müsse.

Versuche mit zwey Prismen von Crown- und Flintglas, die man achromatisch zusammenlegen kann. Man betrachte durch ein Prisma von Crown-glas C Fig. 178 * den brechenden Winkel A nach unten gekehret, einen Gegenstand a, so wird man ihn um den Winkel $= \angle bCa = \frac{1}{2} A$ hinaufgerückt, und die Farbenzerstreuung von der Größe xy sehen.

Man betrachte denselben Gegenstand durch ein Prisma von Flintglas F dessen brechender Winkel A' nach oben gekehret sey, und man wird den Gegenstand um einen Winkel $a'Fb' = \frac{1}{2} A'$ herabgerückt sehen, und die Farbenzerstreuung wird x'y' seyn. Nun schiebe man die beiden Prismen so vor einander, wie es Fig. 179 * zeigt, so wird man den Gegenstand a um den Winkel $\angle acb = \frac{1}{2} A'' = \frac{1}{2} (A - A')$ nach oben verschoben sehen und die Farbenzerstreuung wird weg seyn, wenn die Winkel A und A' im verkehrten Verhältnisse der Farbenzerstreuungen stehen.

Jetzt wird es auch nicht schwer fallen die Wirkung der achromatischen Linsen zu begreifen. Es bezeichne C Fig. 180 eine concave Linse von Crownglas, deren Brennpunct f und Farbenzerstreuung $x y$ sey. F eine dicht dahinter stehende Hohllinse von Flintglas deren Zerstreungspunct f' und Farbenzerstreuung $x' y'$. Sind nun die Brennweiten im dem Verhältnisse der farbenstreuenden Kräfte beider Gläser ($3 : 2$) so wird die gemeinsame Brennweite ungefähr $= 3 f$ seyn, die Farbenstreuung $= 0$.

Wir ersehen hieraus, daß es eine nothwendige Bedingung sey, um achromatische Linsen zu construiren, die farbenzerstreuenden Kräfte der Glasarten, aus welchen die Linsen zusammengesetzt werden sollen, genau zu kennen.

Der von Dollond zuerst eingeschlagne Weg die brechenden Winkel der Prismen so lange zu verändern, bis die Farbenaufhebung vollständig, ist mühsam und Zeitraubend. Daher verdienet die Methode, deren sich Biot und Cauchois bedienen haben, practischen Optikern empfohlen zu werden. Nachdem man die brechenden Winkel der achromatisch wirkenden Prismen näherungsweise zugerichtet hat, setze man die beiden Prismen nicht dicht, sondern in einiger Entfernung mit ihren Axen parallel so zusammen, daß jedes Prisma für sich um seine Axe drehbar sey. Betrachtet man alsdann einen ferhen Gegenstand durch beide Prismen mittelst eines achromatischen Fernrohres, und er erscheinet nicht ganz farbenfrei, so drehe man ein oder das andere Prisma so lange um seine Axe, bis dieß der Fall ist. Aus der bekannten Stellung der beiden Prismen gegen einander, ihren brechenden Winkeln, und den Einfallswinkeln der Strahlen lästet sich das Verhältniß der Farbenzerstreuung beider Prismen scharf berechnen.

Nicht minder empfehlenswerth, und durch die trefflichen Fernröhren dieses Künstlers bewähret, ist die von Frauenhofer eingeschlagne Art die farbenzerstreuende Kraft eines Prismas zu messen. Er ließ durch eine lange schmable Oeffnung in einem Laden Sonnenlicht in ein finsternes Zimmer fallen, und betrachtete die Oeffnung mit dem achromatischen Fernrohr eines Theodolithen, vor dessen Objectiv er ein gleichseitiges Prisma, die Axe senkrecht, gestellet hatte. In einer Entfernung von 24 Fuß, betrug die scheinbare Größe der Oeffnung nur 15 Secunden in der Breite, 36 Minuten in der Höhe. Das Farbenbild der Oeffnung erschien durch das Fernrohr und das Prisma in horizontaler Richtung ausgedehnet, und voll einer

Menge dunkler Linien in verticaler Richtung, wovon einige viel stärker als die übrigen waren. Diese giebt die Figur 180 bey A B C D E F G H J nebst ihrem Ort in Beziehung auf die newtonsche Farbe an. Die Messung der Abstände diente zur genauen Bestimmung der Farbenzerstreuungsexponenten. Nun bestimmte Frauenhofer auch die Helligkeit der einzelnen Farben, indem er sie mit dem durch das Fernrohr des Theodolichen reflectirten Lampenlichte verglich. Die Verhältnisse der Helligkeiten sind in Fig. 181 durch die senkrechten Ordinaten dargestellt. Die Flächenräume zwischen den Ordinaten, den Abscissen und der krummen Linie drücken so die Intensitäten der einzelnen Farbenstrahlen aus. Nun nimmt F. an, die Wirkungen der einzelnen Farbenstrahlen auf das Auge stehen in dem zusammengesetzten Verhältnisse der farbenzerstreuenden Kraft und der Intensität des Lichts. Daher sucht er den wahren oder mittleren Farbenzerstreuungsexponenten für achromatische Fernrohre, indem er die einzelnen Farbenzerstreuungsexponenten mit den Lichtmengen multipliciret, und ihre Summe durch die gesammte Lichtmenge oder die Fläche der ganzen krummlinigen Figur dividiret. So fand er das mittlere Farbenzerstreuungsverhältniß für Crown- und Flint-Glas von gewisser Beschaffenheit = 1 : 2,012. Die Erfahrung an achromatischen Fernrohren gab 1 : 1,98. Uebrigens zeigten sich die farbenzerstreuenden Kräfte bey verschiedenen Mitteln, und selbst bey dem nämlichen mit der Temperatur veränderlich.

Von der Entstehung der dunkeln Linien in dem Farbenbilde, welche mit dem Lichte, von welchem das Farbenbild herrührt, veränderlich ausfallen, werden wir noch bey den Erscheinungen der Beugung des Lichts reden.

Von der doppelten Strahlenbrechung.

§. 255.

Sehr viele krySTALLisirte durchsichtige Körper, nur diejenigen ausgenommen, deren Grundgestalt der Würfel ist, besitzen die merkwürdige Eigenschaft, daß durch sie gebrochenes Licht auf zweierlei Art zu brechen, und dadurch Doppeltbilder zu erzeugen, wovon das eine der gewöhnlichen, das andere der ungewöhnlichen Brechung folgt. Diese

genschaft besitzt in vorzüglich hohem Grade der rhomboedrisch krystallisirte kohlensaure Kalk (Isländische Spath). Wir werden uns daher bey der allgemeinen Darstellung dieser Erscheinungen, auf welche wir uns hier einschränken müssen, vorzugsweise an diesen Körper halten.

Bemerken wir uns vorerst, der Isländische Spath besteht aus einem von sechs ähnlichen Rautenflächen begrenzten Rhomboeder, die ebenen Winkel der Rautenflächen betragen 102° , und 78° , die Neigung der Seitenflächen gegen einander an den stumpfen Ecken 105° , an den spitzen Ecken 75° . Der Körper besitzt zwei einander diagonal gegenüberstehende durch das Zusammenstoßen dreier stumpfen ebenen Winkel gebildeten Ecken A, A' Fig. 182, welche kurzweg die stumpfen Ecken heißen sollen. Zieht man von einer stumpfen Ecke A zur gegenüberliegenden A' eine gerade Linie, so erhält man die Axe des Krystalles, welche mit allen Seitenflächen einen Winkel von $45^\circ 23'$ macht, und eine Ebene durch die Axe so gelegt, daß sie die stumpfen Winkel der Grundflächen bey A und A' halbiret, giebt den Hauptschnitt des Krystalls. Ist der Krystall symmetrisch von lauter gleichen Flächen eingeschlossen, so bildet der Hauptschnitt zugleich den Diagonalschnitt des Körpers, und theilet ihn in gleiche und ähnliche Hälften.

I. Fig. 183 stellet den Hauptschnitt besonders vor, und li bezeichne einen auf die Grundfläche A'B' senkrecht einfallenden Strahl. Folgte derselbe bloß der gewöhnlichen Brechung, so würde er nach lim in gerader Richtung durchgehen; dieß thut auch ein Theil des Lichtstrahles, ein anderer Theil aber wird nach der Richtung in abgelenkt werden, und mit dem senkrecht durchgehenden Strahl einen Winkel min bilden, welcher nach Huyghens $6^\circ 40'$ beträgt. Um die Gegend zu finden, wohin der Strahl

durch die ungewöhnliche Brechung abgelenkt wird, sieht man an den Eintrittspunct i die mit der Axe parallele Linie ik , und denke sich von dieser Linie ausgehend eine zu einem Theil des Lichts abstossend wirkende Kraft, so wird in unserm Falle die Ablenkung nach der Seite n oder n' hingehen. (Es giebt nach Biot auch Körper, wie z. B. der Bergkrystall, welche in Beziehung auf die doppelte Strahlenbrechung eine Axe der Anziehung haben, in welchem Falle denn die Ablenkung des ungewöhnlichen Strahles nach der Seite von n' erfolgt. Auch giebt es nach Brewster Krystalle mit zwei Axen der doppelten Strahlenbrechung, da denn der ungewöhnlich gebrochne Strahl eine mittlere Richtung zwischen derjenigen hat, die er vermöge jeder Axe allein annehmen würde.)

II. Ist der einfallende Strahl nicht senkrecht auf die Fläche $A'B'$, aber doch innerhalb der Ebene des Hauptschnitts wie li'' , so trennt sich der Strahl bey seinem Eintritt in zwei Bündel, wovon der eine $i''m''$ der gewöhnlichen Brechung, der andere $i''n''$ der ungewöhnlichen Brechung folget, und letzterer lieget stets von der mit der Axe parallel an den Einfallspunct gezogenen Linie abwärts nach der Seite von B zu, in Krystallen mit abstossender Axe. Nach Malus ist das Verhältniß der gewöhnlichen Brechung zur ungewöhnlichen 1,654 und 1,483 zu 1 im Doppelspath.

III. Die abstossende oder anziehende Kraft der Axe auf den ungewöhnlich gebrochenen Strahl verschwindet, wenn das nach der gewöhnlichen Brechung eintretende Licht parallel mit der Axe des Krystalles geht, denn in diesem Falle gehen die Wirkungen der anziehenden oder abstossenden Kräfte von jedem Punct des Strahles aus nach allen Richtungen in gleicher Stärke und vernichten sich

selbst. Dieses Gesetz läßt sich am einfachsten durch folgenden Versuch darthun.

IV. Man schneide einen Krystall Fig. 184 senkrecht auf seine Ase mit den Ebenen $a'b'$, ab durch. Fällt nun ein Lichtstrahl wie lm senkrecht auf die eine oder die andere Ebene ein, so geht er ganz ungebrochen und ungetheilt hindurch. Dieß giebt ein Mittel, versuchsweise die Lage der Ase der doppelten Brechung zu finden, wenn man die Richtung der Ebenen ab , $a'b'$ so lange verändert, bis die auf sie senkrecht fallenden Strahlen unzerlegt durch den Krystall gehen.

V. Macht die Einfallsebene des eintretenden Strahles mit der Hauptaxe des Krystalles einen spitzen Winkel, so tritt der ungewöhnlich gebrochne Strahl aus der Einfallsebene, weil die Kraft, welche diese Brechung erzeuget, stets perpendicular von der Ase ausgeht.

Man kann mittelst eines natürlich krystallisirten Doppelspathes mehrere der vorhin betrachteten Gesetze durch Versuche erläutern. Zu dem Ende ziehe man auf einem weißen Blatt Papier zwei feine Zuehlinien ab , ac Fig. 185, die sich unter einem rechten Winkel schneiden, setze ein Kalkspathrhomboeder mit seiner Grundfläche mitten über a , und bringe das Auge in eine senkrechte Linie über a , drehe darauf den Krystall so, daß sein Hauptschnitt mit einer der Linien z. B. ac zusammen falle. Man wird dann die Linie ab doppelt, die Linie ac aber einfach sehen, und das ungewöhnliche Bild der Linie ab , wird nach der Seite B des spitzen Winkels liegen. Versückt man das Auge bey unveränderter Lage des Krystalles, innerhalb der über ac lothrechten Ebene nach B hin, so daß man schief gegen a sieht, so werden die beiden Bilder von ab nach A zu rücken, jedoch das ungewöhnliche Bild stets näher nach B liegen. Diese Erscheinungen erläutern sich aus der Betrachtung der Fig. 183, und dem was wir dabey über die Brechung im Hauptschnitt gesagt haben. Bringt man das Auge wieder lothrecht über a , und dreht den Krystall um seine Mittellinie wie um eine Ase, so daß sein Haupt-

schnitt in die Lage AD kommt, von welcher wir annehmen wollen, daß sie den Winkel cab halbire; so werden in beide Linien ab , ac doppelt erscheinen, und die Verrückung der ungewöhnlichen Bilder wird bey beiden Linien gleich seyn, aber weniger wie vorher von der Linie ab allein betragen. Es läßt sich die Größe der Ablenkung sehr leicht durch folgende Construction finden.

Es bezeichne aa' Fig. 185 * die Verrückung des Puncts a , wenn der Hauptschnitt die Lage ac hat, kommt er in die Lage ad , so wird die Verrückung des Punct's a nach a' noch eben so groß seyn, weil das Auge sowohl als der Punct a in Beziehung auf den Hauptschnitt dieselbe Stellung behalten. Zieht man daher mit aa' als Halbmesser den Kreis $a'a''$, und durch den Punct a'' die Parallellinien mit ab , ac , so ist damit die Lage der doppelten Bilder bestimmt. In Messung der Abstände der doppelten Bilder hat Malus folgendes Verfahren in Anwendung gebracht.

Man betrachte ein kleines rechtwinkliches Dreieck acb Fig. 186, dessen längere Seite ac in eine beliebige Anzahl gleicher Theile getheilet ist, und zur kürzeren Seite cb ein bestimmtes Verhältniß hat (z. B. $10 : 1$) durch einen Deyerspath. Zählet man die Zahl der Theile cd , wo das doppelte Bild der Linie ac die Linie cb schneidet, so läßt sich daraus und dem bekannten Verhältniß $ab : ac$, die Verschiebung dd' berechnen.

Huyghens hat, ausgehend von der Vibrationstheorie, indem er voraussetzte, es entstünde durch den Widerstand des Mittels in dem Krystall zweierlei Lichtschwingungen, sphärische und sphäroidische, deren kleine Axe mit der Brechungsaxe des Krystalles parallel liege, die Erscheinungen der doppelten Brechung erklärt. La Place hat gezeigt, wie man eben dieses nach der Hypothese von der Materialität des Lichts zu thun vermöge, wenn man den Molecülen des Krystalles anziehende oder abstossende Kräfte auf gewisse Theile des Lichts zuschreibt, die sich nur in verschwindend kleinen Entfernungen äußern, und unter dem Gesetz der kleinsten Wirkungen stehen. Beide Darstellungsarten lassen sich ohne Rechnung nicht vollständig geben.

~~~~~

## Roche's Mikrometer.

§. 256.

Wir wollen uns zwei Prismen von gleicher doppeltbrechender Kraft, und gleichen Dimensionen, mit ihren brechenden Winkeln  $A, A'$  Fig. 187 so aneinander gelegt denken, daß ihre beiden Flächen  $AB$ , und  $A'B'$  genau parallel seyen. Um das Aneinanderstoßen an der Grenzfläche  $A'A$  vollkommen zu machen, bringt man eine dünne Schicht Serpentin, oder geschmolzenen Mastix dazwischen. Beide Prismen gelten dann für die der gewöhnlichen Brechung folgenden Strahlen, als ein von parallelen Oberflächen begränkter Körper. Das eine Prisma ist so geschliffen, daß dessen Vorderfläche  $AB$  senkrecht auf der Axe der doppelten Brechung steht, das zweite Prisma aber dermaßen, daß seine scharfe Kante  $A'$  mit der Axe der doppelten Brechung parallel laufe. Nun falle von einem fernen Gegenstande auf die Vorderfläche  $AB$  der beiden Prismen ein Lichtstrahl  $LJ$  senkrecht ein; er wird durch das erste Prisma ganz ungebrochen durchgehen, und sein der gewöhnlichen Brechung folgender Theil wird auch ungebrochen durch das zweite Prisma in einer geraden Linie  $LJO$  zum Auge gelangen. Der der ungewöhnlichen Brechung folgende Strahl wird aber bey seinem Ein- und Austritt in das zweite Prisma gebrochen werden, und zwar, bey abstossender Wirkung der Axe (die man sich bey  $J$  parallel mit der Kante  $A'$  denken muß) von dem Einfallslot abwärts. Er wird daher nach  $CN$  ausfahren. Träfe dieser Strahl das Auge in  $O$  nicht, so kann man sich einen von demselben Gegenstand herkommenden Parallelstrahl  $Li$  denken, welcher eine ähnliche Brechung erleidend das Auge erreicht. Dieß wird daher zwei Bilder des Ges

genstandes sehen, welche um einen bestimmten **Sitz**:  $O = C$  aus einander liegen. Dreht man bey unveränderter Stellung des Auges, das Doppelprisma um die **Linie**:  $OL$  wie um eine Axe, so wird das zweite von der gewöhnlichen Brechung herrührende Bild, welches zugleich gefärbt erscheint, um das andere ungefärbte Bild eines Kreiß beschreiben.

Denken wir uns ein solches Doppelprisma mit parallelen Oberflächen längst der Axe  $AF$  eines Fernrohrs **Fig. 188**, dessen Objectiv  $A$  ist verschiebbar, so wird man dem Prisma immer eine solche Stellung zu geben vermögen, daß das von dem Objectiv in seinem Brennpunct durch die gewöhnlichen Strahlen entstehende Bild  $F$  mit dem durch die Brechung der ungewöhnlichen Strahlen im Prisma entstehenden zweiten Bilde  $F'$  in Berührung kommt. Man sieht, daß die Stellung des Prismas von der Größe des Winkels  $C$  abhängt. Rückt das Prisma näher zu  $F$ , so werden beide Bilder über einander greifen, und endlich einander decken, rückt hingegen das Prisma weiter nach  $A$  zu, so werden sie aus einander liegen.

Aus dem bekannten, oder leicht durch die Erfahrung zu bestimmenden, Werthe des Winkels  $C$ , der Entfernung des Prismas  $FC$ , und der Brennweite  $FA$ , läßt sich auf die Größe des Winkels  $A$  und somit auf die scheinbare Größe das durch des Fernrohr beobachteten Gegenstand's schließen.

### §. 257.

Ehe wir die Betrachtung über die doppelte Strahlenbrechung verlassen, müssen wir einige merkwürdige Beobachtungen erwähnen, die uns über die Natur der doppelbrechenden krystallisirten Körper einigen Aufschluß geben.



Fresnel fand, als er eine Reihe von Glasprismen, die keine doppelte Brechung zeigten, mit ihren Rücken so aneinander legte, daß die scharfen Kanten nach einer Seite gekehrt waren, und sie an ihren Rücken zusammen pressete, dann in die Zwischenräume der scharfen Kanten eben so viele unzusammengedrückte Glasprismen legte, dieß ganze System von Prismen mit doppelter Strahlenbrechung besaß war, welche mit der ungleich vertheilten Zusammendrückung ab- und zunahm. Auch hat derselbe Naturforscher durch einen sehr einfachen Versuch dargethan, daß ein Gipskrystall sich durch die Wärme nach der Richtung seiner Axe weniger ausdehnet, als in einer auf derselben perpendicularen Richtung. Man klettet zwei Gipsblättchen mit sich kreuzenden Axen auf einander, so lange der Kitt weich ist giebt jedes Blättchen der Ausdehnung des andern nach, sobald er aber erstarrt, fangen sie sich wegen der ungleichförmigen Ausdehnung an zu krümmen. Mitscherlich fügte hierzu die Beobachtung, daß der Isländische Spath die größere Ausdehnung in der Richtung seiner Axe besitzt, welches wegen der entgegengesetzten Wirkung seiner Axe in Beziehung auf den Gips zu vermuthen war. Auch reihen sich hieran die Beobachtungen Brewster's, daß Glas, welches keine Polarisation des Lichts duffert, sie erhält, wenn man dasselbe durch mechanische Gewalt oder durch Erwärmung an einer Seite stärker ausdehnet als an der andern.

Eben dieser Naturforscher bemerkte, daß diejenigen Krystalle, welche nur eine Axe der doppelten Strahlenbrechung besitzen, solche sind, in welchen sich nur eine Axe symmetrisch, oder eine gegen mehrere Axen symmetrisch liegende Linie ziehen läßt. Bey den Körpern mit zwei Axen der doppelten Brechung lassen sich zwei solcher Linien

angehen, und einfach bey demjenigen, welche keine doppelt-  
 Strahlenbrechung besitzen, sehen bey ihrer Fortdauer zu  
 einander. Die mit einer Axe gebildet nach Stokes zu den  
 rhomboedrischen, die mit zwei Axen zu dem pyramidalen,  
 und die einfach brechenden zu dem Würfel - Geöhlde der  
 krystallischen Kerngestalten.

Gibb. Annal. 1821. 9. St.

### Von den Farben dünner Körper.

§. 258.

Es ist eine bekannte Sache, daß man ein schönes Far-  
 benspiel erblickt, wenn das Auge von dünnen Schichten  
 durchsichtiger Körper Licht durch Reflexion erhält, z. B.  
 wenn man auf Seifenblasen sieht, oder auf eine Glas-  
 oder Marmorplatte, die man mit einer verdünneten Flüssig-  
 keit (z. B. Weingeist) bestrichen hat, in dem Augenblick  
 wenn der letzte Hauch abdünstet. Dieses schöne, aber  
 unter diesen Umständen sehr wandelbare Farbenspiel ist  
 unter Newtons Händen der Gegenstand einer scharfsinnigen  
 Betrachtung geworden, welche uns neue Eigenschaften des  
 Lichts kennen gelehret hat.

Vor allen Dingen ist es nöthig, jene wandelbare Er-  
 scheinung mehr zu fixiren, um sie einer genauern Beobach-  
 tung und Messung unterwerfen zu können. Dieß geschieht,  
 wenn man zwei ebene Glasplatten, Prismen oder derglei-  
 chen auf einander legt, und durch ihr eignes Gewicht oder  
 hinzukommenden Druck zusammenpresset; es bilden sich da-  
 bey in der Regel eine oder mehrere Stellen, in welchen  
 sich die Körper vollkommner als in den übrigen berühren.  
 Die Berührungspuncte oder Kreise erscheinen von oben  
 angesehen schwarz; darauf folgen weiße und farbige Ringe

in verschiedner Abwechslung, welche am Durchmesser zu an Breite und Glanz aber abnehmen, bis sie endlich nach einer sechs bis siebenfachen Wiederholung verschwinden. Die Farben verändern sich, wenn man durch stärkere Zusammenpressung der Gläser die zwischen ihnen befindliche Luftschichte dünner macht, dabey breitet sich der innerste schwarze Kreis aus und nimmt zugleich die Stelle des nächsten weißen Ringes ein, dieser tritt an die Stelle des farbigen, und so fort rücken die Stellen der einzelnen farbigen Ringe von innen nach aussen, indem sie sich ausbreiten. Die beschriebenen Farben erblickt das Auge durch reflectirtes Licht. Hält man die Gläser zwischen das Auge und den hellen Himmel, so erblickt man zwar auch Farbenringe, diese sind aber gerade die entgegengesetzten von den vorher beobachteten, d. i. die schwarzen Stellen erscheinen nun weiß, die weißen schwarz und die farbigen Ringe mit den Ergänzungsfarben. Schon hieraus kann man den Schluß ziehen, daß diese Farbenerscheinung durch abwechselnd durchgehendes und zurückgestrahltes Licht in der dünnen zwischen den Gläsern befindlichen Luftschichte hervorgebracht werden, da sich die Farben mit der Dicke dieser Luftschichte verändern.

Zur genauen Messung der Farbenringe und der Bestimmung ihrer Ordnungen bediente sich Newton eines sehr flachen Linsenglases von 51 Fuß Krümmungshalbmesser, das er auf eine ebene Glastafel legte. Man vergleiche Fig. 189, wo die an der geraden Linie stehenden Farben, die des reflectirten Licht's, die an der krummen Linie stehenden die des durchgelassenen Lichts bezeichnen.

Es war die Ordnung der reflectirten Farben vom Mittelpunct an



|                                 |          |
|---------------------------------|----------|
| Schwarz, Blau, Weiß, Gelb, Roth | I Ring   |
| Violet, Blau, Grün, Gelb, Roth  | II Ring  |
| Purpur, Blau, Grün, Gelb, Roth  | III Ring |
| Grün, Roth                      | IV Ring  |
| Grünlichweiß, Roth              | V Ring   |
| Grünlichblau, blaßroth          | VI Ring. |

Man maß Newton die Durchmesser der Ringe bis zu ihren glänzendsten und ihren dunkelsten Stellen, quadrirte diese Zahlen und fand die Quadrate der ersten Reihe nach den Zahlen 1, 3, 5, 7

der andern Reihe

nach 0, 2, 4, 6 fortschreitend.

Es entsprechen aber die Quadratzahlen der Durchmesser der Ringe den Abständen der Gläser oder den Dicken der Luftschichten an diesen Stellen. Daher kam es jetzt nur darauf an die Dicke einer einzigen Stelle genau zu bestimmen, um die aller übrigen zu finden. Dieß that Newton und fand nach gehöriger Messung und Rechnung für die glänzendsten Stellen des 1ten, 2ten, 3ten und 4ten Ringes

$$\frac{1}{178000}, \frac{3}{178000}, \frac{5}{178000}, \frac{7}{178000}$$

für die dunkelsten Stellen

$$\frac{2}{178000}, \frac{4}{178000}, \frac{6}{178000}, \frac{8}{178000}$$

eines englischen Zolles.

Diese Größen gelten für senkrecht einfallendes Licht, bey schief einfallendem erweitern sich die Durchmesser und Dicken der einzelnen Ringe.

Die Quadratwurzeln der Zahlen

$$1, 3, 5, 7, 9$$

sind 1,000 1,732 2,236 2,645 3,000, deren

Unterschiede 1,732 ; 0,504 ; 0,409 ; 0,355

Den Unterschieden sind aber die Breiten der Ringe

proportional, welche also von der Mitte aus abnehmend sind, wie es die Erfahrung bestätigt.

Jetzt untersuchte Newton in wie ferne sich die Erscheinung ändere, wenn man zwischen die Gläser statt der Luft Wasser oder eine andere dichtere Flüssigkeit bringt, oder wenn man ein dichteres brechendes Mittel durch zwei dünnere begränzet. Zu den letztern Beobachtungen dienten ihm die Seifenblasen, welche er unter Glasglocken vor dem Zug der Luft schützte und so weniger wandelbar machte. Er fand im Ganzen dieselbe Ordnung der Farben, dieselbe Gesetze für die ihnen entsprechenden Dicken der Schichte, nur fiel die absolute Größe der letzten in dem umgekehrten Verhältnisse des Brechungsverhältnisses der die Farben erzeugenden Schichte kleiner aus.

#### §. 259.

Da die beobachteten Farbenringe von gemischtem Lichte herrührten, welches eine ungleiche Brechbarkeit besitzt, so untersuchte Newton darauf, welche Erscheinung das einfache Licht darbietet, wenn es durch dünne Schichten reflectirt wird. Zu der Absicht leitete er einen Lichtkegel in ein finsternes Zimmer, zerstreute ihn durch ein Prisma in die einfachen Farben, und ließ nach und nach die violetten, die blauen u. s. w. Strahlen auf seinem oben beschriebenen Apparat zur Bildung der Farbenringe fallen. Die Ringe, welche jetzt entstanden, zeigten nur die Farbe des auffallenden Lichts und waren rein durch dunkle Zwischenräume gesondert; die farbigen Ringe waren nicht gleich hell, sondern hatten gegen ihre Mitte eine Stelle, wo sie am hellsten erschienen. Die von den einzelnen Farben gebildeten Ringe hatten nicht gleiche Breiten und Durchmesser, sondern ihre

Abweichungen waren für das violette Licht am größten, = das rothe am grössten.

Newton maß die Durchmesser der inneren und äusseren Ringe der Krüge, wenn sie von dem an der Spitze der prismatischen Farbenleiter liegenden Einstrahl her gebracht worden, und fand, daß die Durchmesser = Ringe bey den verschiedenen Farben sich wie die Enden setzen aus den Quadraten der Zahlen

$$\frac{1}{2}, \frac{2}{16}, \frac{3}{36}, \frac{4}{64}, \frac{5}{100}, \frac{6}{144}, \frac{7}{196}, 1,$$

welche die musikalische Tonleiter darstellen, verhalten. Jetzt hielt es Newton für erwiesen, daß die Farbenringe auch bey einfallendem gemischtem Lichte, dadurch entstehen, weil die einzelnen Farbenstrahlen, je nach der Dicke der Luftschichte bald zurückgeworfen, bald durchgelassen werden. Newton stellte daher, als den allgemeinen Ausdruck des Phänomen's die Hypothese auf: das Licht besitze, oder erhalte, wenn es von einem brechenden Mittel in ein anderes übergeht, die Fähigkeit, von diesem zweiten Mittel abwechselnd bald leichter durchgelassen, bald leichter zurückgestrahlet zu werden; er nennt dieß kurzweg die Anwandlungen des leichtern Durchlassens oder Zurückstrahlens. Die Dauer dieser Anwandlungen oder vielmehr die Weite, welche ein Lichttheilchen bis zur nächsten entgegengesetzten Anwandlung beschreibt, heißt bey Newton ein halbes Intervall; man sieht, daß sie den Unterschieden der Dicken der Luftschichten an den Grenzen der Farbenringe entsprechen, sie bleiben also gleich, da sie vermöge der Erfahrung die Unterschiede einer arithmetischen Reihe bilden, aber die Größen der vom Lichte während einer bestimmten Anwandlung beschriebenen Wege sind für die verschiedenen Farbenstrahlen verschieden; für die brechbarsten am kleinsten, für die rothen am grössten. Die Dauer der gleichartigen An-

wandlungen der verschiednen Farbenstrahlen greifen daher bey mehreren Wiederholungen über und in einander ein, weßhalb gemischtes Licht, wenn es von durchsichtigen Mitteln reflectiret wird, desto weniger in seine einfachen Farbenstrahlen zerlegt werden kann, je dicker die reflectirenden Schichten sind.

Dieß kann man sich nach Newton durch eine einfache Construction versinnlichen. Siehe Fig. 190.

Man trage auf eine gerade Linie von einem Punct C aus die Entfernungen CA, CV, CJ . . . bis CR, welche sich wie die Cubikwurzeln der Quadrate der Zahlen  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{9}{16}$ ,  $\frac{3}{5}$ ,  $\frac{2}{3}$  u. s. w. . . . 1 verhalten, ziehe darauf AA perpendicular auf CA, und mit ihr die Parallelen VV, JJ, . . . RR. Hierauf trage man längst AA eine beliebige Anzahl gleicher Theile, lege das Lineal an C und die einzelnen Theilungspuncte und ziehe die Linien 11', 22', 33', u. s. w., so schneiden sie auf den Parallelen AA, VV, u. s. w. für die einfachen Farben die Dicken der Luftschichten, oder die Weiten ab, welche abwechselnd dem leichtern Durchgang, oder der leichtern Zurückstrahlung entsprechen, solcher Gestalt, daß zwischen den Linien 00'11' Durchlassung, zwischen 11'33' Zurückstrahlung, welche in der Linie 22' ihren größten Werth erreicht, Statt findet und so fort durch die ganze Farbenscale. Denkt man sich nun eine Linie mit AR parallel durch die Scale nach UU, XX fortgerückt, so giebt dieselbe das gleichzeitig durchgelassene oder zurückgeworfene Licht der verschiednen Farbenstrahlen in den Schichten von bestimmter Dicke an. - 3. B. So lange die Linie zwischen AR und 11' liegt zeigt dieß an, daß alles Licht durchgelassen wird, und die Stelle der Schichte, welcher die Dicke von 0 bis 1 entspricht, erscheint schwarz, zwischen 1 und 2 fängt zuerst das violette und blaue Licht an zurückgestrahlet zu werden, bald darauf alle übrigen Farben, und das zurückgestrahlete Licht muß weiß erscheinen; dieß erreicht seinen größten Glanz, so lange die parallel mit AR fortrückende Linie 22' durchschneidet. Wenn die Linie den Punct 3 erreicht hat verschwindet zuerst das violette, indigblaue, blaue, zuletzt bey 3' auch das rothe Licht. Hieraus folgt, daß die Farben des ersten aus gemischtem Licht gebildeten Ringes seyn werden: schwarz, schwach blau, hell weiß, wenig gelb und roth, gerade so wie es die Erfahrung nachweist. Auf ähnliche Art lassen sich die Farben

der übrigen Ringe aus der Construction herleiten. Wir sehen auch allgemein, daß die parallel nach UU, XX fort-rückende Linie die trapezförmigen Flächen, welche den Anwand-lungen des leichtern Durchgangs oder Zurückgangs entsprechen, immer schief durchschneidet, folglich Licht bezeichnet, welches immer zusammengesetzter wird, je weiter sich die Linie von ihrer anfänglichen Lage AR bereits entfernt hat. Z. B. XX schneidet zugleich durch das zurückgestrahlte violette Licht des 7ten Ringes, durch das blaue und grüne des 6ten, und durch das orange und rothe des 5ten Ringes, somit kann das dieser Mischung entsprechende Licht nicht sehr von weiß unterschieden seyn. Hieraus erkläret es sich, warum man nicht leicht mehr als 6 — 7 Farbenringe beobachten kann.

Man wird nach dieser Darstellung der newtonschen Theorie von den Farben dünner Schichten von selbst erwarten, daß der Urheber derselben hiervon eine Anwendung auf die Erklärung der Farben natürlicher Körper gemacht haben werde. Newton setzt voraus, das zurückgestrahlte Licht gefärbter Körper durchdringe, bevor es zurückgestrahlet werde, die kleinsten an der Oberfläche liegenden Theilchen bis auf eine gewisse Tiefe, wodurch die hervorgehende Farbe nach der Dicke dieser Theilchen modificiret werde. Er berechnete selbst eine Tafel welche die den natürlichen Farben entsprechende Dicke der Theilchen für Wasser, Luft und Glas angiebt. Wir verweisen unsre Leser, welche sich näher darüber unterrichten wollen, auf Newton's Optik, und Biot's Lehrbuch der Physik.

Daß die natürliche Farbe eines Körpers oft gar nicht von seiner chemischen Zusammensetzung, sondern nur von der Anordnung seiner kleinsten Theilchen an der Oberfläche abhängt, dafür spricht folgender interessante Versuch von Brewster: Man drücke eine Scheibe von Perlmutter auf schwarzes Siegelwachs, oder ein weiches Metallamalgam ab, und man wird diese Körper mit denselben Farben, wie die Perlmutter-scheibe, spielen sehen.



~~~~~

Grundsatz von der Interferenz des Lichts und Anwendung desselben auf die Erklärung der newton'schen Farbenringe.

§. 260.

Es war der englische Physiker Young, welcher, ausgehend von dem Vibrationsystem, zuerst im Jahr 1802 uns mit der Lehre von der Interferenz des Lichts bekannt machte, welche Lehre in Frankreich vorzüglich durch Fresnel und Poisson, in Deutschland durch Fraunhofer erweitert wurde. Der Grundsatz von der Interferenz des Lichts läßt sich allgemein, ohne Rücksicht auf eine bestimmte Hypothese über das Licht, so ausdrücken. 1) Wenn zwei Antheile gleichartigen Lichts von einer Quelle ausgehend, nachdem sie verschiedene Wege durchlaufen haben, sich wieder nach einerlei Richtung unter einem spitzen Winkel schneiden, (interferiren) so unterstützen sich ihre Wirkungen, oder heben sich auf, in Beziehung auf die sinnliche Wahrnehmung im Auge, je nachdem die Wege, welche das Licht zurückgelegt hat, oder die Zeiten zu deren Vollbringung, um ein gerades oder ungerades Vielfache eines gewissen halben Intervalles verschieden sind, welche Intervalle für die verschiedenen Farben von verschiedener Größe sind. 2) Bey Anwendung des 1ten Gesetzes müssen die Geschwindigkeiten des Lichts in verschiedenen Mitteln den Brechungsverhältnissen der Mittel verkehret proportional gesetzt werden. 3) Bey der Zurückwerfung von der Oberfläche eines dünnern Mittels, oder von Metallen und unter andern Umständen geht ein halbes Intervall verloren. 4) Die Längen der Intervallen sind das Vierfache der Längen der verschiedenen Anwendungen, welche Newton den nämlichen Farben beylegt.



Der 1te Grundsatz von der Interferenz des Lichts erhält eine weitere physikalische Erklärung, wenn man von dem Undulationsystem ausgeht, und unter der Länge eines Intervalls die Länge einer Lichtschwingung, das ist die Zeit eines Hin- und Hergangs derselben versteht, da gegen unter einem Halbintervall die Länge eines Hin- oder Hergangs. Nach Verlauf eines jeden Halbintervalles befindet sich die Lichtwelle in zwei entgegengesetzten Zuständen der Verdichtung oder der Verdünnung. Treffen nun zwei Lichtwellen in Zeiten, die um 1, 3, 5 halbe Intervalle verschieden sind, zusammen, so befinden sie sich in entgegengesetzten Zuständen, deren Bewegungen sich wechselseitig vermindern oder ganz aufheben, je nachdem sie von ungleicher oder gleicher Stärke sind. Interferiren sich hingegen zwei Lichtwellen in Zeiten, welche um 2, 4, 6. . Halbintervalle verschieden sind, so befinden sie sich in ähnlichen Zuständen und müssen sich wechselseitig verstärken. Nun erklärt Young die durch Reflexion gebildeten Farbenringe aus der Interferenz des Lichts, welches von der ersten und zweiten Oberfläche des dünnen Mittels reflectirt werde. Hiernach müßte die mittlere Stelle, wo die Dicke der Schichte = 0 und der Weg des Lichts bis zum Auge gleich ist, auch eine gleichartige Interferenz hervorbringen, also hell und nicht dunkel erscheinen. Daher stellte Young für diesen Fall das weitere 3te Gesetz auf, durch die Reflexion im Innern der Schichte gehe ein halbes Intervall verloren, wodurch sich für die dunkeln Ringe die Reihenfolge $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$, $\frac{7}{2}$ giebt wie es die newtonischen Versuche fordern. Die Ringe durch Transmission werden durch die Interferenz des gerade durchgelassenen, und des zum ersten Mal an der hintern zum zweiten Mal an der vordern Fläche der dünnen Schichte reflectirten, und darauf durch-

gehenden Licht's erklärt. In diesem Fall giebt die mittlere Stelle, wo die Dicke = 0 ist, einen weißen Fleck übereinstimmend mit der Erfahrung.

§. 261.

Für das Daseyn einer Interferenz des Licht's spricht vorzüglich folgender von Fresnel angestellter Versuch. Man leite einen Lichtkegel in ein finsternes Zimmer, concentriré ihn in dem Brennpunct einer Linse l , und lasse ihn von da divergirend auf zwei ebene metallene Spiegel A , B Fig. 191 fallen, die unter einem kleinen Winkel gegen einander geneigt sind, so wird das Auge o zwei Bilder des leuchtenden Puncts l in den beiden Spiegeln erblicken, ausserdem aber, welches hier eigentlich in Betracht kommt, senkrecht auf der geraden Linie, welche die beiden Bilder verbindet, eine Reihe heller und dunkler Striche, die sich in abwechselnder Folge so befinden, daß mitten ein heller Strich ist. Die Bilder der dunkeln und hellen Striche werden begränzter, wenn auf die Spiegel einfarbiges Licht fällt, und man vor das Auge in o eine vergrößernde Lupe bringt. Berechnet man genau die Wege, welche das Licht von l zu beiden Spiegeln und von da zum Auge nehmen muß, für jeden Streifen, so findet man diese Wege für den mittelst hellen Streifen gleich oder ihren Unterschied = 0 für die übrigen hellen Streifen aber diese Unterschiede nach der Reihe $1, 2l, 3l, 4l$ wachsend, und für die dunkeln dazwischen fallenden Streifen, die Unterschiede $\frac{1}{2}l, \frac{3}{2}l, \frac{5}{2}l \dots$ die absolute Größe von l aber = der vierfachen Länge einer newton'schen Anwandlung für die gleiche Farbe des auf die Spiegel fallenden Licht's.

Eine von Arago angegebene Abänderung dieses Versuchs ist: Man bringe zwischen einen Theil des sich von

beiden Spiegeln interferirenden Lichts eine dünne Glasplatte, so werden durch die verminderte Geschwindigkeit des durch sie gehenden Licht's die nun sich interferirende Strahlen an andern Stellen fallen, und die Verschiebung wird genau dem Brechungsverhältniß und der Dicke der Glasplatte entsprechen.

Wenn gleich nicht zu leugnen ist, daß die Lehre von der Interferenz des Licht's durch die Vibrationstheorie eine bestimmte Erklärung erhält, als nach dem Emanation'ssystem, so wird doch dieß, wie Biot richtig bemerkt, noch keinen Grund zu diesem System verwerflich zu finden, da es so viele andere Erscheinungen des Lichts leichter und einfacher erklärt. Wenn der physische Grund der entgegengesetzten Eigenschaften des Licht's, die Newton durch Anwandlungen bezeichnete, bekannt ist, wissen wir zwar jetzt nicht; es kann aber eine Zeit kommen, wo man diesen Grund findet, und vielleicht in Uebereinstimmung mit den verschiedenen chemischen Qualitäten des Lichts, worüber die Vibrationstheorie uns ohne allen Aufsatz läßt.

Von der Beugung des Lichts.

§. 262.

Unter der Beugung des Lichts versteht man die Ablenkung von der geraden Richtung und die Veränderung seines Zustandes, welche das Licht erleidet, wenn es dicht bey einem undurchsichtigen Körper vorüber geht. Mehrere dieser Erscheinungen waren schon früher bekannt und sind zuerst von Grimaldi, dann vollständiger von Newton untersucht und beschrieben worden. In neuern Zeiten haben sich mit dieser Lehre vorzüglich Thomas Young, Fresnel, Arago, Mayer, Frauenhofer theoretisch und praktisch beschäftigt.

Man nimmt die Phänomene der Beugung des Lichts am besten wahr, wenn man nach Fresnel das Licht durch

eine kreisrunde Oeffnung in ein finsternes Zimmer treten läßt, den divergirenden Lichtkegel durch eine convexe Linse in einen leuchtenden Punct concentrirt, dann in den von diesem glänzenden Punct aus außs neue divergirenden Lichtkegel den die Beugung hervorbringenden dunkeln Körper hält.

a) Man fange den Lichtkegel mit einer dunkeln Scheibe auf, in welcher sich eine feine kreisrunde Oeffnung befinde (höchstens $\frac{1}{4}$ Linien im Durchmesser) und lasse den durch die Oeffnung gehenden Theil des Lichts in einer Entfernung von 6 oder mehreren Fußern auf einem weißen Schirm fallen. Man wird das helle Bild der Oeffnung auf dem Schirm größer finden, als es nach der geradlinigen Verbreitung des Lichts seyn würde, und rund um den hellen Kreis farbige Ringe von immer größern Durchmessern aber geringern Breiten, das Blaue nach innen, das Rothe nach aussen gelehret, wie bey den newtonschen durch Reflexion erzeugten Farbenringen.

b) Fängt man den Lichtkegel durch eine dunkle Scheibe auf, die in ihrer Mitte einen langen schmalen Schnitt mit glatten Rändern (es ist am besten wenn die Ränder des Schnittes durch eine Schraube einander genähert werden können) hat, so erblickt man auf dem weißen Schirm das erweiterte Bild des Schnitts, und parallel neben demselben zu beiden Seiten eine gleiche Anzahl farbiger Bilder in gleichen Abständen abermals nach der Ordnung der newtonschen Farbenringe. Nähert man die Ränder der Oeffnung, so treten die Farbenbilder weiter aus einander und werden glänzender.

Man fange einen Theil des Lichtkegels durch ein schmales dunkles Rechteck so auf, daß zu beiden Seiten desselben Licht vorbey fahren könne. Nun wird man auf

dem weißen Schirm den Schatten des Rechtecks breiter als nach dem geradlinigen Fortgang des Lichts zu erwarten ist, und zu beiden Seiten wie in dem innern desselben weiter einander parallele farbige Säume erblicken.

Steht einem fein finstere Zimmer nebst der Vorrichtung; einen Lichtkegel in horizontaler Richtung hereinzuleiten zu Gebot, so kann man sich mit vieler Bequemlichkeit zur Anstellung der vorerwähnten Versuche des Mayerschen Inflexioscopes bedienen. Eine wenigstens 2 — 3 Fuß lange inwendig geschwärzte Röhre auf einem Stativ so ruhend, daß man sie nach jedem leuchtenden Gegenstand richten kann. Vorne und hinten wird die Röhre mit Deckeln geschlossen, in welchen sich theils kreisrunde Oeffnungen, theils schmale lange Schlitze befinden. Durch die vordere Oeffnung läßt man das Licht eintreten, durch die hintere beobachtet man die durch die Bewegung des Lichts erzeugten Bilder, wobei man sich auch eines Vergrößerungsglases bedienen kann. Läßt man durch die vordere Oeffnung mit Hülfe eines Prismas nur einfaches Licht eintreten, so werden die Farbensäume auch nur die Farbe dieses Lichts zeigen und durch schief begrenzte dunkle Zwischenräume verschieden seyn.

Man hat bis jetzt die vorbeschriebenen Erscheinungen der Beugungen am vollständigsten aus der Vibrationstheorie mit Hülfe des Grundsatzes der Interferenz erklärt. Wie man dabei im Allgemeinen sich die Sache vorstellt, erläutert das Folgende.

a b Fig. 192 a bezeichne den Durchmesser einer kleinen Oeffnung kreisförmig, oder schmahl und lang, C die Spitze eines durchgelassenen Strahlenkegels. Man denkt sich, daß durch den Widerstand des festen Körpers in der Oeffnung eine Menge partieller sich nach allen Richtungen zerstreuer Lichtwellen entstehen, deren Mittelpunkt in der Linie a b liegen, und welche sich zwischen a c und c b in gleichartigen Zuständen befinden. Interferiren sich zwei solcher Lichtstrahlen in P nach 1, 3, 5 Halbintervalle, so wird P ein dunkler Punkt seyn, interferiren sie sich nach einer geraden Anzahl von Halbintervallen, so entspricht P einem hellen Punkte.

Die farbigen Säume außerhalb des Schattens eines dunkeln Körpers erklärt man aus der Interferenz des gerade ausgehenden Lichts C b p Fig. 192 b mit dem von dem Rande

A des festen Körpers zurückgestrahlten Lichte aP , wo es dann wieder auf den Unterschied pb , $P'a$ ankommt, ob P ein leuchtender oder dunkler Punct seyn soll.

Die farbigen Säume innerhalb des Schattens erklärt man aus den Interferenz der von den entgegengesetzten Rändern des festen Körpers AB Fig. 192 b, nach dem Punct p gestrahlten Licht's.

Die Schwierigkeit eben, diese Erscheinungen aus der Emanationshypothese herzuleiten, lieget darin, weil die hier wirksamen anziehenden und abstossenden Kräfte, weder auf das Gesetz der chemischen Verwandtschaften, noch auf das der allgemeinen Schwere zurückgeführt werden können, indem es hierbey gar nicht auf die Materie und Dichte des das Licht beugenden Körpers ankommt.

Youngs Versuche über die Interferenz des Lichts enthalten Gilbert's Annalen 1811. 39. B. Fresnel's analytische Untersuchungen darüber die Annales de Chymie et de Physique 1816. 17. 23.

§. 263.

Fraunhofer hat die Lehre von der Beugung des Lichts durch sehr interessante Versuche erweitert *).

*) (Denkschriften der K. Bayerisch. Acad. 1821 — 22.)

Er betrachtete die in einem finstern Zimmer durch eine schmale Oeffnung einfallenden Lichtstrahlen, nachdem sie durch eine zweite Oeffnung in einem Schirm gebeugt waren, mit Hülfe eines an einem Theodolithen angebrachten Fernrohrs, wodurch er die durch Beugung entstandenen Bilder deutlich und vergrößert sah und in ihren Abständen von einander genau messen konnte. Die Ordnung und Farben der Bilder, welche von einer einfachen Spalte hervorgebracht wurden, waren so wie wir sie bereits beschrieben haben.

Die Messung ergab:

1) Bey einzelnen Oeffnungen von verschiedner Breite

verhalten sich die Ablenkungswinkel des Lichts umgekehrt wie die Breiten der Oeffnungen.

2) In dem durch eine schmale Oeffnung gegebenen Licht folgen die Abstände der rothen Strahlen der verschiedenen Farbenbilder von der Mitte zu beiden Seiten einer arithmetischen Reihe, deren Unterschied dem ersten Glied gleich ist.

Fraunhofer nennt die durch Beugung in einer einfachen Oeffnung entstandenen Bilder spectra der ersten Klasse oder äussere. Hingegen spectra der zweiten Klasse oder mittlere, vollkommener Art diejenigen, welche durch Beugung in einer Reihe parallel neben einander liegenden Oeffnungen von gleicher Weite hervorgebracht werden. Unvollkommene Spectra der zweiten Klasse sind die durch wenige parallele neben einander liegende Oeffnungen erzeugte. Eine Reihe gleich weiter Oeffnungen verschaffte sich Fraunhofer durch Zeichnung eines Netzes von parallelen Strichen auf Plangläser, die er auf einer Seite mit Goldschaum belegt hatte, oder durch Spannung von Fäden in die feinen Gewinde zweier parallel gestellter Schrauben. Die feinsten Netze waren auf die Oberfläche des Glases selbst mit einem Diamant gezeichnet, enthielten 3601 Linien, deren Entfernung von einander nur 0,0001223 Zoll betrug. Wird ein solches Netz vor das Fernrohr eines Theodolithen gestellt, und Licht, welches durch eine enge Oeffnung fällt, darauf geleitet, so erblickt man durch das Fernrohr die das Licht durchlassende Oeffnung deutlich, und zu beiden Seiten derselben symmetrisch eine Menge mit den prismatischen Farben strahlende Bilder, die immer breiter, aber matter werden, je weiter sie sich von der Mitte entfernen. Die nächsten Bilder sind durch dunkle Zwischenräume getrennt, die entferntern fließen in

einander. Man bemerkt auch bey gehöriger Stellung des Oculars in diesen Farbenbildern die dunkeln Linien, welche Frauenhofer in dem prismatischen Farbenbilde durch das Fernrohr des Theodolithen entdeckten.

Die genauere Messung darüber ergab folgendes:

1) Bey gleich getheilten Gittern von verschiedner Weite verhalten sich die Sinusse der Ablenkungswinkel einzelner Farbenbilder umgekehret wie die Weiten der Theilstriche.

2) Die Sinusse der Ablenkungen gleichartiger Farbenstrahlen in den verschiednen Bildern geben eine arithmetische Reihe, deren Differenz dem ersten Gliede gleich ist.

3) Fällt das Licht durch zwei gleiche Gitter zugleich auf das Objectiv des Fernrohres, so erfolgen die Erscheinungen wie bey einem, sind die Gitter ungleich, so ist es so als wenn das Feinere allein da wäre.

4) Steht das Gitter in einer andern brechenden Flüssigkeit, als Luft, so verhalten sich die Sinusse der Ablenkungswinkel umgekehret wie die Exponenten der Brechungsverhältnisse.

5) Fällt das Licht nicht senkrecht, sondern schief auf das Gitter, so sind die Farbenbilder nicht mehr symmetrisch dießseits und jenseits der Axe geordnet, sondern die Bilder, welche auf der Seite des stumpfen Winkels hinter dem Gitter liegen, stehen der Axe näher. Diese heißt Frauenhofer unsymmetrische Bilder der zweiten Classe.

6) Ueberzieht man die Hinterseite eines auf Glas gezeichneten Gitters mit einem schwarzen Harzfirnis, der gleiche Brechbarkeit mit dem Glase besitzt, so daß kein Licht von der Hinterseite durchgelassen noch zurückgestrahlet werden kann, und man läßt alsdann Licht von vornen her schief auf das Gitter fallen, so sieht man durch das vom

Gitter reflectirte Licht, dieselben unsymmetrischen Farbenbilder der zweiten Art, welche man durch das nämliche Gitter mittelst durchgegangnen Licht's gesehen haben würde.

Sehr vielfältig modificirte Erscheinungen kommen herbei, wenn Licht durch Gitter von sehr ungleichen Intervallen geht, oder wenn es von verschieden gestalteten Oeffnungen her zugleich auf dasselbe Gitter fällt. Wer mit dem Frauenhofer'schen Apparat nicht vollständig versehen ist, kann sich auch des Wagnerschen Inflexioscopes zur Hervorbringung der Farbenbilder zweiter Art bedienen. Man setzet inwendig vor die Ocularöffnung ein feines Gitter, dessen Streiche parallel mit den Rändern der Oeffnung gehen, und läset auf dasselbe durch die vordern Spalten Licht fallen.

Aus den Gesetzen der Beugung des Lichts erklären sich mehrere Erscheinungen, die man an natürlichen Körpern wahrnimmt. Z. B. das irisirende Farbenspiel, welches Metalle und andere glänzende Körper zeigen, welche mit feinen Erbsen auf der Oberfläche bedeckt sind. Die Farben, welche man erblickt, wenn man durch die feinen Haaren einer Federspitze nach einem Licht hinsieht. Auch läset sich das schöne Farbenspiel des Gefieders mancher Vögel auf die durch Reflexion erzeugte Beugung und die dadurch bewirkte Interferenz des Licht's zurückführen.

Von der Polarisation des Lichts.

S. 264.

Der französische Naturforscher Malus entdeckte im Jahr 1811 die besondere Eigenschaft des Lichts, wenn es einmahl von einem durchsichtigen Mittel unter einem bestimmten Winkel zurückgeworfen oder gebrochen worden ist, von demselben Mittel immer wieder zurückgeworfen oder durchgelassen zu werden, je nach dem es diesem Mittel die nämliche oder eine andere Seite darbietet. Wegen der Beziehung dieser Eigenschaft auf die Seiten des Lichtstrah-

des, oder seiner einzelnen Theile; gab Malus ihr den Namen der Polarisation.

Es bezeichne A Fig. 193 ein unbelegtes oder hinten bloß geschwärztes Spiegelglas, auf dasselbe falle ein Lichtstrahl si , unter einem Winkel sia mit der Fläche des Spiegels von $35^{\circ} 25'$, er wird theilweise nach ii' zurückgeworfen, und treffe bey i' auf ein zweites ähnliches Spiegelglas B; steht dieses mit A parallel, so daß die Einfallsebene des Strahles mit dem Spiegel B, mit der Einfallsebene des Spiegels A parallel oder zusammenfallend ist, so wird der Strahl von dem zweiten Spiegel abermals nach $i's'$ unter dem gleichen Winkel $a'i's' = 35^{\circ} 25'$ zurückgeworfen werden. Dreht man nun den zweiten Spiegel B um die Linie $i'i'$ wie um eine Axe, so daß der Einfallswinkel des Strahles mit diesem Spiegel sich zwar gleich bleibt, die Einfallsebene aber mit der ursprünglichen sia anfängt einen spitzen Winkel zu machen, so nimmt das von dem zweiten Spiegel zurückgeworfene Licht an Stärke ab, wie der Winkel der beiden Einfallsebenen wächst, und verschwindet ganz oder größtentheils, wenn derselbe bey der Lage des Spiegels B' ein rechter geworden ist. Dreht man den Spiegel B fortbauend um ii' wie um eine Axe, so lehret dieselbe Erscheinung in jedem Quadranten wieder. Jedemahl wird der vom zweiten Spiegel reflectirte Strahl vollständig seyn, wenn die Einfallsebenen beider Spiegel entweder einen Winkel von 0° oder 180° mit einander machen, und Null oder beynähe ≈ 0 , wenn sie sich unter rechten Winkeln kreuzen. Ist der erste Einfallswinkel sia nicht $35^{\circ} 25'$, so ist die Polarisation nicht vollständig. Der Winkel der vollständigen Polarisation (Polarisationswinkel) ist mit dem Verhältniß der Brechung der beiden an einander gränzenden Mittel ver-

änderlich, und wird kleiner wie dieses Verhältniß groß wird. Brewster fand, daß der Polarisationwinkel so beschaffen seyn müsse, damit der polarisirte zurückgeworfene Strahl mit dem gebrochenen durchgehenden einen rechten Winkel mache. Diese Eigenschaft läßt sich näherungsweise wenn man Sinusse mit Winkeln verwechselt durch den Ausdruck $p = \frac{90^\circ}{n + 1}$ darstellen, wenn man unter n : n das Brechungsverhältniß und unter p den Polarisationwinkel versteht.

$$\begin{array}{ll} \text{Setzt man } n = \frac{3}{2} \text{ so ist } p = 36^\circ \text{ für Glas} \\ \quad \quad \quad \quad \quad = \frac{4}{3} \quad \quad \quad p = 38 \text{ für Wasser} \\ \quad \quad \quad \quad \quad = 1 \quad \quad \quad p = 45^\circ. \end{array}$$

Der Polarisationwinkel fällt in stärker brechenden Mitteln stets kleiner als 45° aus. Läßt man Glas von Therpentinöl begrenzen, welche sehr nahe ein gleiches Brechungsverhältniß haben, so ist der Polarisationwinkel wenig von 45° verschieden. Metalle, welche auf ihrer Vorderfläche das Licht spiegelnd reflectiren, polarisiren es nicht. Man kann daraus die Folge ziehen, daß die Kräfte, welche das Licht polarisiren, erst beym Eindringen desselben in die brechenden Mittel wirken. Denkt man sich die Lichtstrahlen als Cylinder von einem gewissen Durchmesser, so muß man bey polarisirtem Lichte, den um 180° aus einander liegenden Seiten einerlei, den um 90° entfernt liegenden aber entgegengesetzte Eigenschaften in Beziehung auf die Zurückstrahlung und Brechung zuschreiben.

Um die Eigenschaften des polarisirten Lichts mit Bequemlichkeit darstellen zu können, hat man besondere Polarisationsmaschinen erdacht. Die von Biot beschriebene scheint eine der vorzüglichsten zu seyn.

A A' Fig. 194 ist ein inwendig geschwärztes Rohr von einigen Zollen im Durchmesser und 10 bis 12 Zoll lang. An

Beiden Enden trägt es zwei Stänge C C durch Reibung, welche sich rund um das Rohr drehen lassen, und deren Stellungen gegen einander auf zwei an der äussern Seite des Rohres, mit einander übereinstimmenden Kreisheilungen gemessen werden können. Jeder Ring trägt parallel mit der Axe A A' zwei messingne Stäbe B, B, durch welche zwei Ringe oder Rahmen B B, B' B' festgehalten werden, die sich um zwei auf A A' senkrechte Axen drehen lassen. Auch diese Drehung kann durch zwei bey B und B' angebrachte Theilungen gemessen werden. Legt man in die Rahmen B B zwei geschwärzte oder unbelegte Glasplatten, oder jeden andern Körper, so sieht man leicht, daß man jede Platte unter einem beliebigen Winkel gegen die Axe A A neigen und zugleich ihre Ebenen unter jedem Winkel gegen einander stellen kann. Es ist gut, wenn innerhalb der Röhre A A' eine Blendung angebracht wird, theils um das zerstreute Licht aufzufangen, theils um doppelt brechende kristallisirte Körper darauf anbringen zu können. Auch diese Blendung muß sich um die Axe A A' drehen lassen.

S. 265.

Strahlen, welche in Einfallsebenen polarisirt worden sind, die einen rechten Winkel mit einander machen, haben entgegengesetzte Eigenschaften d. i. unter den Umständen, wo der eine zurückgeworfen wird, wird der andere durchgelassen, man nennet sie daher kurzhin entgegengesetzt polarisirte Strahlen.

Wenn das erste Spiegelglas A Fig. 193 ungeschwärzt ist, so geht ausser dem polarisirt zurückgestrahlten Lichte auch welches hindurch, und dieß hat, vorausgesetzt, daß die Dicke des Glases nicht allzu gering sey, die Eigenschaften des entgegengesetzt polarisirten Lichts. Es bezeichne i i' einen solchen vom ersten Glas durchgelassenen Strahl, so wird derselbe von dem zweiten Spiegel in der Lage B' zurückgeworfen werden, dagegen in der Lage B durchgelassen oder verschluckt werden.

Strahlen, welche auf entgegengesetzte Art polarisirt sind, heben sich durch Interferenz, nach Fresnel und Arago's Beobachtung nicht auf, wohl aber gleichartig polarisirte Strahlen.

§. 266.

Auch durch die Brechung kann das Licht polarisirt werden, und zwar durch die doppelte Brechung auf entgegengesetzte Weise. Man lasse einen Lichtstrahl durch ein Rhomboeder von Kalkspath parallel mit dem Hauptschnitt gehen, wodurch er wie wir wissen in zwei Bündel gespalten wird. Hiervon ist der der gewöhnlichen Brechung folgende so polarisirt, als ob er unter dem Polarisation'swinkel von einem Spiegel reflectirt worden wäre, dessen Reflexionsebene mit dem Hauptschnitt parallel läge, dagegen der ungewöhnlich gebrochne Strahl sich so verhält, als wenn er in einer auf dem Hauptschnitt senkrechten Ebene wäre polarisirt worden. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man die durch den Krystall gespaltenen Strahlen (man bedienet sich am besten hierzu eines Prismas mit kleinen brechenden Winkeln, dessen Vorderfläche eine der natürlichen Flächen eines Kalkspathrhomboiders ist) einzeln auf ein Spiegelglas unter dem Polarisation'swinkel fallen lässt; der gewöhnlich gebrochne Strahl wird theilweise zurückgeworfen werden, wenn die Einfallsebene parallel mit dem Hauptschnitt ist, der ungewöhnlich gebrochne, wenn sie darauf senkrecht steht.

Nicht bloß doppelt brechende, sondern auch einfach brechende Körper polarisiren das unter einem schiefen Winkel einfallende Licht. Die Kraft ist nach der Substanz der Körper verschieden. Behen parallel hinter einander stehende Glasplatten reichen hin, das Licht der untergehenden Sonne vollständig zu polarisiren. Eben das thuu zwei Blätter Blattgold. Bey dem Glas hat das durchgehende polarisirte Licht die größte Intensität und ist zu

gleich vollständig unter einem rechten Winkel auf die Einfallsebenen polarisirt, wenn der Einfallswinkel dem Polarisationwinkel des reflectirten Lichts gleich ist.

Auch mehrere Körper von natürlich blätterigem Gefüge, wie z. B. der Achat, besitzen, wie Brewster zuerst bemerkte, die Eigenschaft, das nach der Richtung ihrer Blätter durchgehende Licht ganz oder theilweise zu polarisiren. Wenn daher Licht auf solche Körper fällt, welches senkrecht auf die Richtung ihrer Blätter polarisirt ist, so kann es sie nicht nach der Richtung der Blätter durchdringen, wohl aber wenn die Polarisation der Richtung der Blätter gemäß war.

§. 267.

Wenn man zwei hinlänglich dicke und reine Doppelspathe mit ihren Hauptschnitten parallel über einander legt, so brechen sie das Licht doppelt gleich einem einzigen Krystall, nur stärker. Läßt man den untern ruhig liegen, dreht aber den obern um seine Axe, so erscheinen sogleich statt zwei, vier Bilder, die am deutlichsten werden, wenn der Drehungswinkel 45° beträgt, die Deutlichkeit nimmt wieder ab, wenn der Drehungswinkel über 45° beträgt, und bey 90° Drehung, wo die Hauptschnitte der beiden Krystalle auf einander senkrecht stehen, erblickt man wieder nur zwei Bilder. Eine nähere Untersuchung ergiebt, daß im letzten Falle der im ersten Krystalle auf die gewöhnliche Art gebrochne Strahl in dem zweiten die ungewöhnliche Brechung erleidet und umgekehrt. Dagegen wenn die Hauptschnitte parallel sind, erleidet jeder Strahl in beiden Krystallen dieselbe Brechung. In jeder andern Lage der beiden Krystalle gegen einander wird jeder Strahl in zwei Büschel getheilt, wodurch vier Bilder entstehen, die dann am lebhaftesten sind, wenn jedes gleich hell ist, welches eintritt, wenn die Hauptschnitte der beiden Krystalle unter einem Winkel von 45° gegen einander geneigt sind.

Nach in Krystallen mit zwei Brechungsarten erscheinen die beiden Böhnel, in welche der Strahl getheilet wird, unter rechten Winkeln polarisirt, und zwar ist es der ordentlich gebrochne in einer Ebene, welche den Winkel der beiden Hauptschnitte halbiret, der ungewöhnlich gebrochne hingegen in einer auf dieser senkrechten Ebene.

Was von Krystallen, mit doppelter Brechung gesagt worden ist, das gilt auch vom Glase, wenn es durch Druck oder ungleiche Erwärmung die Eigenschaft der doppelbrechenden Krystalle erhalten hat.

§. 268.

Diejenigen gefärbten Krystalle, welche nach verschiedenen Richtungen zwei Farben (den Dichroismus) zeigen, sind doppelbrechende, und das Licht unter rechten Winkeln polarisirende Körper. Schneidet man z. B. vom bläulich grünen Beryll ein Prisma, damit die durch doppelte Brechung getheilten Lichtstrahlen gehörig auseinander treten, so zeigt sich ein Bild im unpolarisirten Licht blau, das andere grün. Leitet man weißes polarisirtes Licht durch das Prisma, so gehen bloß blaue Strahlen durch, wenn die Axe des Krystalles auf der Polarisationsebene senkrecht steht, und grünlich weiße, wenn die Axe mit dieser Ebene parallel ist.

Leget man zwei Turmalinplatten, die parallel mit der Axe des Krystalles geschnitten sind, ins Kreuz auf einander und einen Körper, von welchem man untersuchen will, ob er doppelte Strahlenbrechung besitze oder nicht, dazwischen, so werden im ersten Fall die drei Körper durchscheinend seyn, im andern nicht. Dieß Verfahren gab Soret an.

Eben so hat Biot aus dem verschiedenen optischen Ver-

Halten mancher Gläserarten geschlossen, daß es Stimmer mit doppelter Axe der Brechung, und mit einfacher, mit anziehender und abstossender Kraft gebe, und die chemische Analyse hat darauf auch Verschiedenheiten in der materiellen Zusammensetzung dieser Körper nachgewiesen. So sehen wir also, wie das verschiedene Verhalten der Körper gegen das Licht theils durch ihre krystallinische Structur, theils durch ihre chemische Zusammensetzung bedingt ist.

Von der sogenannten beweglichen Polarisation des Lichts.

§. 269.

Die hierher gehörigen Erscheinungen sind von Arago zuerst entdeckt, von Biot und Fresnel weiter verfolgt worden. Ich bediene mich hierbey der Biotschen Darstellung. Man gebe den beiden Spiegeln einer Polarisationsmaschine die Stellung, daß die Reflexionsebene des einen senkrecht auf der des andern steht. Dann wird der zweite Spiegel das von dem ersten polarisirte Licht nicht zurückstrahlen. Bringt man darauf ein dünnes Blättchen krystallisirten Gyps (Frauenei), dessen Dicke zwischen 0,01 und 0,45 Millimeter fällt, auf das Diaphragma zwischen die beiden Spiegel, so wird man bey gehöriger Drehung des Blättchens dasselbe in dem zweiten Spiegel sehr schön gefärbt erblicken. Um die beste Lage des Gypsblättchens sogleich bestimmen zu können, bemerkt man, daß der Gyps zu den doppelaxigen Krystallen gehört, und daß die Zwischenlinie beider Axen, welche die Stelle einer Axe vertritt, wenigstens sehr nahe mit der längsten Diagonale der natürlichen Blätter zusammen fällt. Dreht man nun das Gypsblättchen

so, daß die lange Diagonale einen Winkel $= 45^\circ$ oder 135° , 225° mit der Polarisationsebene macht, so wird die Färbung am lebhaftesten erscheinen; ist hingegen jener Winkel 0° , 90° , 180° , 270° , so ist die Färbung am schwächsten. Ist das Gypsblättchen von recht gleichförmiger Dichte, so zeigt es nur eine Farbe, und diese wechselt mit seiner Dichte. Biot überzeugte sich, daß diese Dicken genau in dem Verhältnisse der newtonschen Farbenringe stehen. Er fand, daß in recht rein krystallisirten Gypsblättchen die Dichte von 82,44 Milliontheilen des Meters dem Blau der ersten Ordnung, welches in der newtonschen Scale 9 derselben Theile hat, entspricht. Der Bruch $\frac{9}{8244}$ nahe $= \frac{1}{916}$ wird also das Reductionsverhältniß abgeben, um aus der newtonschen Farbenscale die Dichte der gleichfarbigen Gypsblättchen im polarisirten Lichte herzuleiten. Für das erste Violet fällt aber diese Dichte so gering aus (0,01177 Millim.), daß sie wegen der Zerbrechlichkeit der Blättchen nicht mehr darstellbar ist. Uebertrifft die Dichte des Blättchens 0,45493 Millim., so ist das durchgelassene der Polarisation entzogene Licht ein Weiß aus der Mischung der verschiedenen Farbenringe.

§. 269.

Biot hat die Erscheinungen der festen und beweglichen Polarisation zusammenfassend eine Hypothese zur Erklärung derselben erfunden, welche im Allgemeinen darauf hinausgeht. Die doppelt brechenden Körper geben durch die anziehenden und abstossenden Kräfte ihrer Molecule den Aeren der Lichttheilchen bestimmte Richtungen, welche sich bey dem gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahl unter rechten Winkeln schneiden. Haben sie diese Richtung einmahl erhalten, so ändern sie solche nicht mehr, so lange nicht eine

entgegengesetzte Polarisation sie ihnen raubt. In diesen Zustand der beständigen oder festen Polarisation kommen aber die Lichtstrahlen bey ihrem Eindringen in die doppelt brechenden Krystalle nicht sogleich, sondern nach und nach in desto größeren Tiefen, je geringer die sie sollicitirenden Kräfte sind. Während der Zeit machen die Axen der Lichttheilchen Oscillationen um diejenige Ebene, in welche sie zuletzt gekommen seyn würden. Die Dauer einer jeden Oscillation entspricht einer gewissen Dicke $= 2e$, entsprechend den Zuständen des leichtern Durchgangs oder Zurückstrahlung. Der absolute Werth von e ist bey den verschiedenen Farbenstrahlen verschieden. Wenn ein Lichttheilchen während seines oscillirenden Zustands aus dem doppelt brechenden Mittel in Luft oder einen andern nicht doppelt brechenden Körper tritt, so behält seine Axe diejenige Richtung bey, welche es am Ende der Oscillation, bey welcher es ausgetreten ist, erlangt haben würde.

Es erhellet, daß diese hypothetischen Sätze ziemlich willkürlich gewählt und nur den Erscheinungen angepaßt sind. Fresnel läugnet die sogenannte bewegliche Polarisation und erklärt die Farbenercheinung der dünnen doppelt brechenden Blättchen aus der Interferenz der zwei durch die doppelte Brechung hervorgebrachten Lichtbündel. Wir können uns aber auf diese Hypothese, die ebenfalls manches Willkürliche enthält, hier nicht umständlich einlassen, sondern verweisen unsre Leser in Hinsicht beider auf Biots Naturlehre, und die dort angezeigten Quellen.

A n m e r k u n g.

Vielleicht möchte es überhaupt noch zu frühe seyn, eine vollständige Theorie der Polarisation des Lichts aufzustellen, da gewiß noch nicht alle hierher gehörige Erscheinungen vollständig untersucht sind. Als ein Beytrag zu letzteren, stehe hier folgendes.

Ich besitze mehrere Kalkspathrhomboeder, nicht ganz durchsichtig, auf der Oberfläche durch reflectirtes Licht irisirend; diese



zeigen folgende merkwürdige Eigenschaft einer mehrfachen Brechung und Polarisation des Licht's. Wenn man einen turkischen Krystall auf ein Kartenblatt befestiget, in welches man rechts ein Loch mit einer Stecknadel gestochen hat, darauf das Kartenblatt mit seiner Oeffnung in die Axe einer inwendig geschwärzten Persectivröhre ohne Gläser hält, und durch den Krystall und die Röhre nach einer angezündeten Kerze, oder einer weißen Stelle des Himmels sieht: so gewahret man folgende Erscheinungen:

a) Gegenstand eine Kerze.

1) Der einfallende Strahl in dem Hauptschnitt, senkrecht auf die Axe. Man erblickt ein Bild in der Mitte, und um dasselbe sechs andere in ein regelmäßiges Hexagon gestellt, wie Fig. 195 a zeigt. Das mittlere Bild erscheint weiß, und ist am glänzendsten, wir wollen es das Hauptbild nennen, die übrigen erscheinen gefärbt gelbroth; grünorange; gelbweiß; wie es die Figur angiebt, dabey wird vorausgesetzt, die Axen und der Hauptschnitt AA' liegen in einer verticalen Ebene. Dreht man den Krystall um die Mittellinie des Fernrohrs wie um eine Axe, so drehen sich die Nebenbilder um das Hauptbild, welches ruhig in der Mitte zu stehen scheint. Ist die Drehung so weit gegangen, daß der Hauptschnitt und die Axe horizontal liegen, so hat das Hexagon und die Farbenbilder die Stellung Fig. 195 b.

2) Neiget man die Einfallslinie immer mehr gegen die Axe, so ziehen sich die grünliche und gelbweißen Nebenbilder parallel nach der Linie, welche die gelbrothen Nebenbilder mit dem Hauptbild verbindet, hin, werden blässer und verschwinden zuerst; bey weiterer Neigung verschwinden auch die gelbrothen Bilder, und zuletzt, wenn der einfallende Strahl parallel mit der Axe wird, verschwinden alle Nebenbilder bis auf das Hauptbild, welches jetzt sehr blaß erscheint.

b) Gegenstand das weiße runde Feld des erleuchteten Himmels.

Stellung wie a. 1) Man sieht 7 erleuchtete Kreise wovon der mittlere oder das Hauptbild weiß ist. Die Farben der Nebenbilder sind in der Ordnung wie bey dem Kerzenlicht gezählet, blaßroth gelb, roth orange, grünlich gelb, sämtliche Farben sehr ins Weiße spielend, und sehr wechselnd mit dem Einfallswinkel.

c) Ein anderer Krystall von äußerlich ähnlicher Beschaffenheit giebt unter gleichen Umständen durch ein geschwärztes Sicht

nur zwei in einer geraden Linie mit dem Hauptbild stehende Nebenbilder, welche in Hinsicht ihrer Stellung den gelbrothen Bildern Fig. 195 entsprechen. Die Farben der Nebenbilder sind aber jetzt nicht mehr gelbroth, sondern zeigen die Ergänzungsfarben z. B. Grün und Purpur, welche mit dem Einfallswinkel wechseln.

Dieser Fall kommt am häufigsten vor, und läßt sich aus den bekannten Gesetzen der doppelten Strahlenbrechung erklären, wenn man annimmt, daß Auge fasse zugleich von dem mittlern Strahl den gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen, und von einem etwas schiefere auffallenden Strahl den ungewöhnlichen allein, so daß das Hauptbild dem gewöhnlichen Strahl, die beiden Nebenbilder aber ungewöhnlich gebrochenen Strahlen angehören.

§. 270.

Zu den der beweglichen Polarisation angehörigen Erscheinungen sind auch die von Seebeck entdeckten Farben zu zählen, welche dicke Glasmassen zeigen, die schnell, und eben daher ungleichförmig, abgekühlt worden sind. Man setze z. B. einen gläsernen Würfel der Art vor ein hinten geschwärztes horizontal liegendes Spiegelglas, so daß die Vorderfläche des Würfels eine der Kanten des Spiegels berühre, auf welchen, wie wir annehmen, weißes Licht vom Himmel fallen könne. Vor die Hinterfläche des Würfels lege man einen ähnlichen Spiegel. Man wird nun durch Neigung beider Spiegel es leicht dahin bringen können, daß weißes polarisirtes Licht senkrecht auf die Vorderfläche des Würfels falle, ihn durchdringe und von dem hintern Spiegel durch eine zweite Reflexion ins Auge falle. Liegen, wie wir annehmen, die Reflexionsebenen beider Spiegel parallel, so erblickt man in dem hintern Spiegel die erleuchtete Fläche des Würfels schön gefärbt, und zwar in der Mitte ein weißes Kreuz, darauf nach den Ecken hin in der Richtung der beiden Diagonalen farbige Kreise in

folgender Ordnung, braungelb, schwarzblau, grünlichweiß, gelb, Purpur. Läßt man den vordern Spiegel ruhig liegen, dreht aber den hintern Spiegel um eine verticale Ase so, daß dessen Reflexionsebene mit der Reflexionsebene des vordern Spiegels einen Winkel von 45° macht, so sieht man in der Mitte des Würfels ein schwarzes Kreuz, und nach den Ecken die Farbenringe in folgender Ordnung, bläulichweiß, gelb, roth, dunkelblau, hellblau; die complementairen Farben der vorigen. Man hat diesen Erscheinungen den Namen der Entoptischen Figuren gegeben.

Die polarisirende Kraft des Glases verlieret sich, wenn man es erhitzt und allmählig wieder erkalten läßt. Auch kann sie, wie Brewster gefunden hat, durch einen bloß mechanisch wirkenden Druck im Glase erzeugt werden.

Von dem Auge und den optischen Werkzeugen.

§. 271.

Ehe wir zu dem Bau des Auges übergehen, wollen wir die einfachere Einrichtung der finstern Kammer betrachten.

Man verfinstere ein Zimmer und lasse durch eine Oeffnung von einigen Linien im Durchmesser Licht von außen hereintreten, und fange die von der Oeffnung aus divergirenden Lichtkegel senkrecht auf ihre Ase mit einem weißen Schirm auf. Man wird auf dem Schirm die Bilder der äußern Gegenstände deutlich, aber matt erleuchtet erblicken. Macht man die Oeffnung größer, so werden die Bilder heller, aber undeutlicher, und verschwinden endlich

ganz bey einer großen Oeffnung, weil dann von jedem einzelnen Punct des reflectirenden Schirms Licht dem Auge zugestrahlet wird, welches von sehr verschiednen Gegenständen herrühret, und daher bloß den Eindruck von Helligkeit hervorbringt. Man vergleiche hiermit was S. 229 von der Entstehung der Bilder gesagt worden ist. Die beschriebene Einrichtung des finstern Zimmers hat das angenehme, daß mehrere Personen zugleich die Bilder auf dem reflectirenden Schirm beobachten können.

Um der Deutlichkeit unbeschadet die Bilder heller zu machen, setzet man ein convexes Glas von einer gewissen Breite und etwas langen Brennweite in die Oeffnung, und den Schirm genau an die Stelle, wo die Spitzen der von dem convexen Glas ausgehenden convergirenden Strahlen regel hinfallen (S. 248). Um endlich das finstere Zimmer tragbar, und so zur Abzeichnung oder bloßen Beschauung der Gegenstände bequemer zu machen, gebe man ihm eine der folgenden Einrichtungen.

1) A B C D Fig. 196 a ist ein pyramidenförmiger inwendig geschwärzter Kasten, bey F F steht eine convexe Linse in einer Röhre verschiebbar, um die Brennweite F J nach jeder Entfernung des Gegenstandes O einrichten zu können; aussen bey A E ist ein ebener Spiegel angebracht, welcher sich um eine verticale Axc drehen, und zugleich unter jeder Neigung gegen A B stellen läßet. Er empfängt das Licht von dem Gegenstand, sendet es durch Reflexion auf die Linse F F und diese entwirft davon in ihrem Brennpuncte J ein deutliches Bild, welches man mit einem weißen Papier auffängt. Will man das auf dem Papier entworfene Bild abzeichnen, so muß bey B C eine mit einem Vorhang zu verschließende Oeffnung seyn, wodurch der Zeich-

net Gesicht und Hand in den Raum des finstern Zimmers bringen kann.

2) Noch bequemer ist die Vorrichtung Fig. 196. ABCD ist der finstere Kasten, FF die verschiebbare Linse, DB der reflectirende Spiegel, welcher das durch die Linse hervorgebrachte Bild des Gegenstand's auf ein mattes geschliffenes Glas nach AB wirft, worauf man es deutlich sehen und nach Belieben abzeichnen kann; AE ist ein Schirm um fremdes Licht abzuhalten. Diese Einrichtung heißt camera clara.

3) Man kann die Wirkung des Spiegels und des Linsenglases in einem Prisma Fig. 197 vereinigen, dessen Vorderfläche FF' die Stelle des convexen Glases, die Hinterfläche FG aber die Stelle des Spiegels vertritt. Diese Fläche kann hinten geschwärzt werden. Je nachdem man das Prisma dreht, fallen die reflectirten Strahlen aufwärts oder unterwärts auf eine beliebige Fläche, die in die Brennweite der Linse FF' gestellet wird.

§. 272.

Der Aehnlichkeit des Zweckes wegen wollen wir hier eines von Wollaston erfundenen Instrumentes erwähnen, welches von dem Erfinder camera lucida genannt worden ist. ABCD Fig. 198 ist ein vierseitiges gläsernes Prisma von kleinen Dimensionen, die beiden Flächen CD, DB sind unter einem Winkel von 135° gegen einander geneigt, der Winkel A ist ein Rechter. Fället Licht von einem Gegenstand L senkrecht auf die Vorderfläche AC, so bringt es zum Theil auf die Hinterfläche CD, welche man schwärzen kann, wird hier in a und zum zweiten mahl in b unter einem Winkel von $22\frac{1}{2}^\circ$ reflectiret, und gelangt so zum Auge in O, welches sonach den Gegenstand nach J

verfest. Befindet sich daselbst ein weißes Blatt Papier, so kann man auch neben dem kleinen Instrument vorbeigehen, und den Gegenstand bequem abzeichnen.

§. 273.

Die Einrichtung der finstern Zimmer erläutert und den künstlich vortrefflichen Bau des Auges. Die nächst folgende Beschreibung bezieht sich zunächst auf das menschliche Auge.

Die Gestalt des Auges im Ganzen ist kugelförmig. Außen umgiebt es die harte Haut *a b d e* Fig. 199, welche sich nach vornen bey *b c d* erhebt, convexer wird und durchsichtig ist, und hier den Namen der Hornhaut erhält. Zunächst an die harte Haut schließt sich nach innen die Gefäßhaut, und an diese die Schleimhaut an, welche die ganze innere Wand des Auges von *b d* an nach hinten zu mit einem schwarzen undurchsichtigen Schleim bekleidet. Bey *N* tritt der Sehnerv in das Auge, und vertheilet sich von da an als ein feines netzförmiges Häutchen rund um über der Schleimhaut bis nach *g f* hin. Der innere Raum des Auges wird durch die Krystalllinse *m n* in drei Abschnitte getheilet, deren jeder mit einer höchst durchsichtigen farbenlosen Flüssigkeit erfüllt ist, und zwar der vordere zwischen der Hornhaut und der Linse liegende Raum mit der sogenannten wässerigten Feuchtigkeit, der zwischen den Häuten der Linsen befindliche Raum mit der krystallinen, und der ganze hintere Raum des Auges mit der gläsernen Feuchtigkeit. Vor der Linse, quer durch das Auge, und senkrecht auf seine Are ziehet sich die undurchsichtige Farbenhaut *r o*, mit einer kreisförmigen Oeffnung *p q* in ihrer Mitte, der Stern oder die Pupille genannt. Sie wirkt offenbar wie eine Blendung, welche das zu

weit von der Axc der Linse auffallende Licht, welches ein zu starke Brechung erleiden würde, abhält.

Aus dem, was über die Wirkung der Linsenglieder gesagt worden ist, erhellet, daß die durch die Hornhaut nahe bey der Axc cC dringenden Lichtkegel in der Hornhaut wie in einem Meniscus eine erste Brechung erleiden müssen, wodurch sie schon etwas convergent durch die Pupille pq zu der Kristalllinse mn gelangen, um dort nochmals gebrochen, und in stärker convergente Strahlenkegel verwandelt zu werden, die ein Bild der äußern Gegenstände auf der Netzhaut entwerfen. Dieß kann mit der gehörigen Deutlichkeit nur dann geschehn, wenn die Spitze der gebrochenen Strahlenkegel sich an der Stelle der Netzhaut befinden. Daher wir aufferhalb der Gränze des deutlichen Sehens, wo die von sehr nahen Gegenständen β divergent auf die Linse fallenden Lichtkegel nicht mehr auf der Netzhaut vereinigt werden können, auch nichts mehr deutlich durch das Auge wahrnehmen. Da indessen vermög der Erfahrung von dieser Gränze des deutlichen Sehens an (8 — 10 Zollen) bis zur unendlichen Ferne hin ein gesundes Auge die Gegenstände deutlich sieht, und doch nach optischen Gesetzen die Brennweiten der Linsen sich für nahe Gegenstände verlängern (§. 248), so muß die Natur eine Einrichtung getroffen haben, wodurch die Bilder von nahen wie von fernen Gegenständen auf die Netzhaut fallen, geschehe dieß nun durch eine Verlängerung des Augapfels in der Richtung der Axc, wenn wir nach nahen Gegenständen sehen, oder durch eine stärkere Convergenz der Hornhaut, oder durch eine veränderte Figur der Linse.

Die mit verschiedenen Brechungskräften begabten Flüssigkeiten im Auge, so wie die verschiedenen Krümmungen der Flächen der Hornhaut, der Linse und die sphärische

Krümmung der Netzhaut scheinen viel zum deutlichen Sehen beyzutragen; denn durch die Vertheilung der Brechungen an verschiedne Stellen und Mittel, wodurch sie an jeder einzelnen Stelle kleiner ausfällt, wird auch die Undeutlichkeit wegen der sphärischen Gestalt und der Farbenzerstreuung vermindert. Ein absoluter Achromatismus scheint indessen in dem Auge nach Frauenhofers Bemerkung nicht Statt zu finden.

Die Pupille besitzt die Fähigkeit sich bey starkem Lichte zusammen zu ziehen, bey schwachem zu erweitern, wodurch im ersten Fall der zu große Reiz des Auges vermindert, im andern der zu schwache erhöht wird. Daß der Sitz des Sehens im Auge das Nervengeflechte der Netzhaut ist, geht daraus hervor, weil mit der Lähmung des Sehnervens auch alle Sehkraft verschwindet, dagegen andere Theile des Auges leiden oder selbst fehlen können, ohne absolute Blindheit zu erzeugen, wie z. B. die Operation des grauen Staars beweiset, wobey die getrübe Linse weggeschafft wird, und von dem Patienten durch ein vor das Auge gehaltenes convexes Glas ersetzt werden kann.

Die Bilder im Auge haben zwar wegen der Kreuzung der Axen in der Pupille, die verkehrte Lage von den äussern Gegenständen, wir können aber diesen Gegensatz unmöglich wahrnehmen, weil nur von dem Bilde im Auge die Empfindung erregt wird, und wir diese Empfindung nur durch eine Art von Urtheil wieder nach den verlängerten Sehaxen rückwärts hinaustragen. Die Beantwortung der Frage, warum sehen wir die Gegenstände nicht doppelt, da doch in jedem Auge ein Bild, und von ihm eine Empfindung erregt wird, scheint schwieriger. Die beste Beantwortung ist wohl folgende: die völlige Uebereinstimmung der Eindrücke in beiden Augen, und die sehr frühe erworbene Erfahrung, daß sie nur einem Gegenstande angehören, läßt uns die Verschiedenheit beider Empfindungen nicht mehr wahrnehmen. Daß sie wirklich vorhanden sey, ist nicht zu bezweifeln. Man schliesse, indem man mit beiden Augen nach einem nicht allzufernen Gegenstande sieht, abwechselnd das eine und das andere Auge, so wird der Gegenstand herüber und hinüber rücken, wegen des Winkels den die beiden Augenaxen mit einander machen. Auch sieht man bey gewissen Krankheiten der Augen doppelt.

Ein Auge ist kurz- oder beyſichtig, wenn es ferne Gegenstände undeutlich ſieht, dagegen nahe Gegenstände in einer kleinern Weite, als die gewöhnliche Gränze des deutlichen Sehens ist, noch deutlich erkennen kann. Da nahe Gegenstände ihr Bild weiter hinter der Linse haben, als ferne; so besteht der Fehler eines kurzsichtigen Auges darin, daß die Bilder ferner Gegenstände vor die Netzhaut fallen, und durch das Wiederauseinandertreten der vor der Netzhaut vereinigten Strahlen auf dieser selbst nur ein undeutliches Bild entstehen kann. Der Fehler wird verbessert, wenn man vor das Auge ein Hohlglas bringt, dessen Brennweite der fernsten Gränze des deutlichen Sehens des kurzsichtigen Auges entspricht, weil dann alle von weit entlegnen Punkten herrührenden Lichtstrahlen so in das Auge fallen, als ob sie von dem Brennpuncte des Glases herkämen.

Der Fehler der Weitsichtigkeit ist der entgegengesetzte, hierbey fallen die Bilder von nahen Gegenständen hinter die Netzhaut, er wird durch ein vor das Auge gehaltenes convexes Glas von schicklicher Brennweite verbessert, weil dieß die zu schwache Brechkraft des Auges ersetzt.

Es ist eine praktische Regel, daß der Kurzsichtige nur solche Hohlgläser und der Weitsichtige nur solche Convergläser wähle, wodurch jener die fernern, dieser die nahen Gegenstände so eben deutlich erblickt, damit durch zu scharfe Gläser der Fehler der Augen nicht vermehret werde.

Zur Erläuterung dienet folgender Versuch mit dem sogenannten künstlichen Auge, einer kleinen finstern Kammer, in deren Hintergrund sich ein mattgeschliffenes Glas befindet, auf welches die Bilder der äussern Gegenstände fallen, welche von einer in der Oeffnung stehenden Linse hervorgebracht werden. Das mattgeschliffene Glas vertritt die Stelle der Netzhaut.

Schiebt man die Linse weiter hinaus, so fallen die Bilder vor das Glas und sind undeutlich; ein vor die Linse gehaltenes Hohlglas von gehöriger Brennweite bringt die Deutlichkeit der Bilder auf dem Glase wieder hervor. Schiebt man die Linse zu weit herein, so muß ein convexes Glas vor dieselbe gehalten werden, um die Deutlichkeit der Bilder wieder herzustellen.

Von den Mikroskopen.

§. 275.

Unter den Mikroskopen versteht man überhaupt solche Werkzeuge, welche nahe liegende sehr kleine Gegenstände vergrößert und deutlich zeigen. Von dem Gebrauch der einfachen Linsengläser (Lupen) zu dieser Absicht ist bereits §. 248 geredet worden. Hier sollen die zusammengesetzten Mikroskope erläutert werden. Die gewöhnlichste Einrichtung derselben stelle Figura 200 dar, A ist eine kleine convexe Linse, etwas ausserhalb deren Brennpunct das Object o gestellet wird, sonach entsteht von demselben ein vergrößertes Bild in J' (§. 249). Bevor dieses Bild zur Wirklichkeit kommt, werden die nach ihm convergirenden Strahlen durch das zweite sogenannte Feld, oder Sammelglas B stärker convergent zum Bilde J'' vereinigt, welches endlich durch das dritte oder Augenglas C wie durch eine Lupe betrachtet wird. Um die Vergrößerung eines solchen Mikroskops zu finden, dividire man

1) $o A$ in die Weite des deutlichen Sehens

2) $A J'$ durch BJ'

3) BJ'' durch CJ''

und multiplicire die drei Quotienten in einander.

Es lassen sich aber die genannten Größen aus den Brennweiten der drei Gläser und ihrer Stellung gegen einander

nach S. 249 durch Zeichnung oder durch Rechnung findet. Stellet man in J'' , wohin das Bild fällt und wo sich die Blende befindet, ein Mikrometer (das ist einen auf ein Planglas gezeichneten feinen Maasstab), so kann man durch Messung des vergrößerten Bildes von einem bekannten Gegenstande die vergrößernde Wirkung der beiden ersten Gläser finden, und wenn man diese mit dem um 1 vermehrten Quotienten aus der Weite des deutlichen Seheus durch CJ'' multipliciret, so erhält man ebenfalls die Vergrößerung des Mikroskops nach der linearen Dimension; deren Quadrat die Vergrößerung nach der Fläche, und deren Cubikzahl die Vergrößerung nach dem körperlichen Inhalte giebt. Ist der Durchmesser der Blende bekannt, so setze man das Mikrometer an die Stelle des Objectes, und zähle wie viel seiner Theile auf jenen Durchmesser gehen, die wahre Größe dieser Theile mit dem Durchmesser der Blende verglichen giebt die Vergrößerung der beiden ersten Gläser; übrigens verfähret man wie oben.

Zu einem zusammengesetzten Mikroskop gehören gewöhnlich mehrere Objectivlinsen A die nach und nach eingesetzt werden können und eine desto stärkere Vergrößerung geben, je kleiner ihre Brennweite ist. Mit der zunehmenden Vergrößerung steht die Erleuchtung im umgekehrten Verhältnisse. Es ist daher nöthig den Gegenstand o stark zu beleuchten. Dieß geschieht gewöhnlich durch Hohlspiegel, welche das vom Himmel auf sie fallende Licht durch Reflexion concentrirt auf den Gegenstand o leiten.

Es ist sehr zweckdienlich, wenn wenigstens die erste Objectivlinse A achromatisch zusammengesetzt ist, nur hat die Ausführung Schwierigkeiten, wegen den kleinen Dimensionen dieser Linsen. Daher verdienet des französischen Optiker's

Herrn Selligue's Einrichtung achromatischer Mikroskope empfohlen zu werden. Er nimmt zu den schwächern Vergrößerungen ein achromatisches Objectiv von etwas größern Abmessungen, und für die stärkern Vergrößerungen setzt er mehrere solcher Gläser hinter einander, die dann zusammen wie eins von kleinerer Brennweite wirken; zugleich giebt er dem Oculare eine weite Verschiebung, damit man durch Annäherung des Gegenstands zur Objectivlinse und gleichzeitige Ausziehung des Oculares eine stärkere Vergrößerung erhalten könne. Fresnel urtheilt über diese Mikroskope in einem darüber an die Akademie der Wissenschaften abgestatteten Bericht, daß sie vortrefflich seyen; besonders bey einer nicht über das 200fache gehenden Vergrößerung (Bulletin des Sciences technologiques 1825 No. 4). Dingler's volkt. Journ. 10 B. 6 S.

Auch Frauenhofer in München verfertigt vorzüglich gute achromatische Mikroskope.

Ist man mit feinem achromatischen Mikroskop versehen, so ist Brewster's Vorschlag, die Gegenstände durch einfarbiges hellgelbes Licht zu beleuchten, als Ersatzmittel anzuwenden. Brewster bedient sich zur Hervorbringung dieses Licht's einer von ihm erfundenen monochromatischen Lampe. Sie besteht aus der Flamme eines mit Wasser verdünnten Weingeists, die in eine Laterne eingeschlossen ist, welche ein blaßgrünes und blaßgelbes Glas enthält, indem das Licht der Flamme durch diese Gläser dringt wird es einfarbig hellgelb.

S. 276.

Amici hat die schon früher von Newton, Smith und andern vorgeschlagenen katadioptrischen Mikroskope sehr verbessert. Die wesentliche Einrichtung eines solchen Mikroskopes besteht in Folgendem.

Am Ende einer messingnen Röhre (12 Zoll lang 1,1 Zoll weit) steht ein elliptisch geschliffner metallener Hohlspiegel, so daß seine große Axe mit der Axe der Röhre zusammenfällt. Zwischen dem nähern Brennpunct und der Fläche des Hohlspiegels steht ein kleiner ebener Spiegel unter einem Winkel von 45° gegen den Hohlspiegel und die Axe des Rohres geneigt. Dem ebenen Spiegel

gegenüber ist in der Seitenwand der Röhre eine Oefnung, vor welche der gehörig beleuchtete Gegenstand so gestellt wird, daß das von ihm auf den ebenen Spiegel fallende, und durch Reflexion auf den elliptischen Hohlspiegel kommende Licht trifft, als ob es von dem nähern Brennpunct desselben käme. Daher wird durch eine zweite Reflexion des Hohlspiegels in dem fernern Brennpunct ein Bild erzeugt, welches hier durch ein in der Axe der Röhre stehendes Ocular beobachtet wird. Der Vorzug dieser Reflexionsmikroskope besteht darin, daß sie eine sehr starke bis zum 2000fachen gehende Vergrößerung zulassen. Der Gebrauch möchte minder bequem als der der dioptrischen Mikroskope seyn.

(Gilb. Annalen 1820. 11. St.)

§. 277.

Das Sonnenmikroskop dienet um das Bild eines durch concentrirtes Sonnenlicht stark beleuchteten Gegenstands vergrößert auf einen Schirm in einem dunkeln Zimmer fallen zu lassen, wo es dann mehrere Personen zugleich betrachten können.

abcd Fig. 201 ist eine Röhre, welche um ihre wagrechte Axe in der Fassung eines Ladens AB drehbar ist, bey ac befindet sich ein ebener Spiegel, der in jeder Neigung gegen die Axe der Röhre gestellt werden kann; er empfängt das Sonnenlicht SR, und reflectirt es auf das Sammelglas ab, welches es concentrirt auf den Gegenstand o sendet; dieser steht etwas aufferhalb der Brennweite der Objectivlinse I, welche von ihm das vergrößerte Bild J auf dem weißen Schirm entwirft. Ist der Gegenstand undurchsichtig, so wird das rund um denselben vorbeifahrende Licht, von einem in seiner Mitte durch-

brochenen kleinen Hohlspiegel aufgefangen, der zwischen l und o steht, wodurch der undurchsichtige Gegenstand von hinten her erleuchtet und das hier von ihm reflectirte Licht zur Linse l gesendet wird.

Die bekannte Zauberlaterne beruht auf denselben optischen Gründen, ist aber für Lampenlicht eingerichtet. Man denke sich unter AB Fig. 201 die Vorderseite eines ganz verschließbaren Kastens, an der ihr parallel gegenüber stehenden Hinterseite, in der verlängerten Richtung der Röhre $abcd$ steht ein Hohlspiegel, dessen Are mit der Are der Röhre zusammenfällt; in dem Brennpunct des Hohlspiegels eine Lampe, über derselben ein Rauchfang. Das von der Lampe auf den Spiegel fallende Licht wird von ihm in parallelen Strahlen nach dem Sammelglas ab reflectirt, und fällt so concentrirt auf den Gegenstand o . Statt einer Objectivlinse bedient man sich gerne zweier, denen man eine größere Breite und Brennweite geben kann. Durch Annäherung der Linse zum Object rückt dessen Bild weiter hinaus, wird größer, aber matter erleuchtet.

§. 278.

Das von dem ältern Adam's erfundene und von dem Sohn verbesserte Lampenmikroskop dienet zu ähnlichen Zwecken wie die beiden vorherbeschriebenen Instrumente, hat aber eine etwas veränderte Einrichtung. In einem pyramidenförmigen Kasten Fig. 202 befinden sich zwei Linsengläser, die Objectivlinse vornen bey l , die breitere größere, das Feldglas, hinten bey AA . Um diesem eine größere Apertur geben zu können, ohne die Abweichung wegen der Farben und der Gestalt zu sehr zu vergrößern, pflegt man es aus zwei Linsen zusammen zu setzen; die für eine von der halben Brennweite gelten. Der Gegenstand o ,

wird, wenn er undurchsichtig ist, wie die Figur zeigt, erleuchtet. Das von r aus dem Focus des Glases q strahlende Lampenlicht, wird als paralleles Licht auf den Hohlspiegel q gebracht, und von diesem convergirend nach dem Gegenstand o geworfen. Ist dieser selbst durchsichtig, steht die Lampe unmittelbar hinter demselben. Von dem Gegenstand, welcher etwas aufferhalb des Brennpunctes der Linse l steht, entwirft dieselbe hinter sich ein vergrößertes Bild, welches durch das Sammelglas, das die Strahlen stärker convergent bricht, früher in JJ zu Stand gebracht wird. Hier steht entweder ein mattgeschliffenes Glas, um das Bild auf dasselbe fallen zu lassen, oder man betrachtet das Bild von dem Punkte B aus, wo die in der Objectivlinse sich kreuzenden Hauptstrahlen die JK wieder schneiden. Damit dieß mit der gehörigen Deutlichkeit geschehen könne, muß BJ der Weite des deutlichen Sehens entsprechen, und die gemeinschaftliche Brennweite der Gläser $A A$ wenigstens eben so groß seyn.

Von den Fernrohren.

§. 279.

Unter den Fernrohren versteht man solche Werkzeuge, wodurch ferne Gegenstände dem Auge unter einem größern Sehwinkel und eben dadurch angenähert erscheinen. Ihre Construction ist entweder rein dioptrisch, oder katadioptrisch. Wir betrachten zuerst die dioptrischen Fernrohren. Das älteste Werkzeug der Art besteht aus einem convexen Objectiv, und concaven Ocularglas, welche mit ihren Axen genau in eine gerade Linie und so gestellet sind, daß ihre Entfernungen von einander dem Unterschiede ihrer Brennweiten gleich sind. Das Objectiv A Fig. 203 empfängt von dem fernem Gegenstande pq Strahlen, welche mit ihren

Axen parallel sind, und diese würden in dem Brennpunct
 des Glases zum Bilde il vereinigt werden, aber die nach
 ihm convergirenden Strahlenkegel werden von dem conca-
 ven Ocular B , dessen Brennweite $= oi$ ist, aufgefangen,
 und weil sie nach seinem Brennpunct convergiren, in pa-
 rallele Strahlen mit den Axen oi , ol verwandelt. Durch
 solche Strahlen sieht aber ein gutes Auge ferne Gegen-
 stände deutlich; es wird also auch hier den Gegenstand
 unter dem vergrößerten Sehwinkel $POQ = iol$ deutlich
 erblicken. Da wir bey fernen Gegenständen die Größe
 nur nach dem Sehwinkel beurtheilen, so erhält man die
 Vergrößerung eines solchen Fernrohrs, wenn man die
 Winkel O und A mit einander vergleicht, deren Verhält-
 niß durch den Quotienten der Brennweite des Objec-
 tivs dividirt durch die Brennweite des Oculars darges-
 stellet wird. Kurzsichtige sehen nach Beschaffenheit ihrer
 Gesichtsschärfe durch weniger oder mehr divergent zum
 Auge kommende Strahlen deutlich; dieß geschieht, wenn
 das Ocular von dem Bilde il ab-, oder zum Objectiv A
 zugerückt wird (§. 219), daher muß das Ocularglas in ei-
 ner besondern Röhre, in der Röhre des Objectiv's, ver-
 schiebbar seyn. Die Röhren halten zugleich durch innere
 Schwärzung und schickliche Blendungen, das fremdartige
 und zerstreute Licht ab.

Die Helligkeit oder die Erleuchtung des vergrößerten
 Bildes PQ steht im verkehrten quadratischen Verhältnisse der
 Vergrößerung, und dem directen der Oeffnung des Objec-
 tiv's; letztere muß also mit der Vergrößerung zunehmen,
 wenn der Gegenstand nicht zu dunkel erscheinen soll. Mit
 dem Durchmesser der Apertur des Objectivs nimmt aber
 die Undeutlichkeit wegen der sphärischen Gestalt und die
 noch größere wegen der Farbenzerstreuung zu. Daher der

Nutzen achromatischer Objective, welche eine stärkere Vergrößerung und eine größere Oeffnung zulassen.

Von dem eben beschriebenen Fernrohr hat Galiläi zuerst die Theorie gegeben, daher trägt es seinen Namen. Man bedient sich dieser Art Fernröhre jetzt nur zu den kleinen Taschenspectiven, wobey man keine starke Vergrößerung sucht. Bey starken Vergrößerungen würden bey dieser Art Fernröhren, die hinter dem Ocularglas auseinander fahrenden Lichtstrahlen so divergent werden, daß das Auge nur gar zu wenig zugleich fassen könnte; das Gesichtsfeld würde sich zu sehr verengen.

Da man nicht immer Gelegenheit hat, die Brennweite der Gläser eines Spectiv's genau zu untersuchen, so bemerke man sich folgende Art die Vergrößerung zu schätzen, welche besonders bey kleinen Taschenspectiven leicht angewendet werden kann. Man sehe mit dem Spectiv nach einem fernen Gegenstand, der sich gegen den Himmel hin projicirt z. B. den Schornstein eines Hauses und zugleich mit dem andern Auge neben vorbey nach demselben Gegenstand; dann wird man das vergrößerte und unvergrößerte Bild neben einander, wie es Fig. 203 angiebt, erblicken, und die Vergrößerung leicht schätzen können. Genauer wird diese Methode, wenn man als Ziel einen gleichtheiligen mit in der Ferne kenntlichen Strichen verfertigten Maßstab wählet.

§. 280.

Das astronomische Fernrohr, wie es von Keplern zuerst angegeben worden ist, besteht aus zwei converen Gläsern, dem Objectivglas A Fig. 204, und dem Ocular o. Beide stehen gehörig centrirt um die Summe ihrer Brennweiten auseinander. Das Objectiv A entwirft von dem fernen Gegenstand pq in seinem Brennpunct das verkehrte Bild il , und dieß wird durch das Augenglas c wie durch eine Lupe betrachtet. Dieß Fernrohr zeigt die Gegenstände verkehret, aber sehr hell und deutlich. Der Ort des Auges o befindet sich da, wo die durch die Mitte des Objectivs

ehenden Hauptstrahlen die Ase wieder schneiden. Die Vergrößerung wird, wie bey dem galiläischen Fernrohr gesungen, wenn man die Brennweite des Oculars in die Brennweite des Objectivglases dividiret. Dieß Fernrohr ist deswegen zu astronomischen Beobachtungen wie auch zu geometrischen Messungen, wobey das Verkehrte der Gegenstände nichts auf sich hat, so brauchbar, weil das Bild des Objectiv's in il wirklich zu Stande kommt und an die Stelle, wo es sich befindet, ein Fadenmikrometer gesetzt werden kann, das dann zugleich mit dem Bilde durch das Ocular vergrößert und deutlich erscheint; hierdurch allein wird es möglich, die Stellungen, so wie die scheinbaren Durchmesser der beobachteten Gegenstände in aller Schärfe zu bestimmen.

Soll das astronomische Fernrohr die größte Vollkommenheit erhalten, so muß nicht nur sein Objectiv völlig achromatisch seyn, sondern man muß auch die durch die Brechung im Augenglas entstehenden farbigen Ränder wegzuschaffen zu suchen. Dieß kann geschehen, wie die Rechnung zeigt, wenn man statt eines Augenglases zwei bräucht. Das erste Augenglas wird entweder, wie bey den zusammengesetzten Mikroscoopen, vor das Bild il gestellet, wodurch dieß etwas früher zu Stande kommt und dadurch zugleich schärfer begränzt wird, oder man stellet nach Ramsden's Vorschlag das vordere Augenglas etwas hinter das Bild il . Die letztere Einrichtung ist bey solchen Fernrohren, wo man Faden-Mikrometer anbringen will, vorzuziehen, weil dann die Stelle des Bildes il , wo das Mikrometer hinkommt, unveränderlich bleibt, wenn man auch die Oculargläser nach der verschiednen Weite des deutlichen Sehens verrückt. Da verschiedne Gegenstände, nach ihrer Beschaffenheit und Helligkeit, verschiedne Vergrößerun-

gen zulassen, wobey sie am deutlichsten erscheinen, so pfleget man bey astronomischen Fernrohren zu demselben Objectivglas mehrere Oculare zu verfertigen, die eine die stärkere Vergrößerung geben, eine je kleinere Brennweite haben.

Das vollkommenste dioptrisch astronomische Telescop ist ohne Zweifel das von Frauenhofer für die russische Kaiserliche Sternwarte zu Dorpat verfertigte. Das achromatische Objectiv desselben hat 108 pariser Linien Oeffnung und 160 $\frac{1}{2}$ Brennweite. Bey sehr stark vergrößernden Werkzeugen sind besonders die um den Aequator stehenden Sterne so klein durch das Gesichtsfeld des Fernrohres, daß kaum eine genaue Beobachtung möglich ist. Diesem Uebel zu begegnen, ist das große Fernrohr parallactisch aufgestellt, d. i. eine der beiden Hauptaxen, um welche es sich dreht, ist gegen den Meridian des Ort's so geneigt, daß ihre Lage der Weltaxe parallel ist, folglich die Axe verlängert den Pol trifft. Die zweite Axe die Declinationsaxe genannt, ist auf ersterer, der Stundenaxe, genau vertical, und zwar dermaßen, daß, wenn man sich das Fernrohr in der Mittagssebene denkt, die zweite Axe die Richtung von Osten nach Westen hat. Wird bey dieser Aufstellung das Fernrohr gegen einen Stern gerichtet, so darf blos die Stundenaxe mit einer solchen Geschwindigkeit bewegt werden, daß sie sich in 24 Stunden einmahl herumumdrehen würde, um den Stern unverrückt in dem Gesichtsfelde des Fernrohres zu erhalten. Diese Bewegung wird der Stundenaxe durch ein Uhrwerk mitgetheilet, welches durch ein im Kreise schwingendes Pendel (Centrifugalpendel) regulirt wird. Das mehrere Centner schwere Fernrohr ist in Bezug auf seine beiden Axen durch Gegengewichte so vollkommen aequilibrirt, daß es sich durch die kleinste Kraft bewegen läßt. An jeder Axe ist ein eingetheilter Kreis befestiget. Die Theilung des Stundenkreises geht bis auf 4 Secunden der Zeit, die des Abweichungskreises bis auf 10 Secunden im Bogen herunter.

Eine vorläufige Prüfung des Fernrohr's zeigte, daß die Güte desselben dem 25 füssigen Reflector von Schröter, und selbst dem 40 füssigen von Herschel nicht nachsteht.

Wehr über dieses vortreffliche Werkzeug zu sagen, würde

hier, bey dem Mangel einer Abbildung unverständlich seyn. (Man sehe astron., Nachrichten von Schumacher No. 74. 75. 76.)

§. 281.

Obgleich bey der Betrachtung der himmlischen Gegenstände das Verkehrterscheinen derselben im Sternrohr nichts auf sich hat, so würde dieß doch störend bey der Beobachtung irdischer Objecte seyn. Man giebt daher den Fernröhren zu diesem Zweck eine solche Einrichtung, daß das verkehrte Bild des Objectiv's wieder die gerade Stellung erhält. Sonst bediente man sich hierzu dreier Augengläser, jetzt lieber vier.

Fig. 205 und 206 zeigen die beiden Einrichtungen. Bey der erstern stehen die drei Augengläser, welche von gleicher Brennweite sind, und wovon je zwei um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind, so, daß das Bild vom Objectivglas il in dem Brennpunct des ersten Oculars steht. Dieß bricht die von dem Bilde auf es fallenden Strahlenkegel zu parallelen Strahlenbündeln auf das zweite Glas, die sich aber zwischen den beiden Gläsern kreuzen.

Das zweite Ocular bricht die parallelen Strahlenbündel zu convergirenden, die sich in seinem Brennpuncte zu einem zweiten, nun wieder aufrecht stehenden, Bilde $i'l'$ vereinigen, das durch das dritte Ocular wie durch ein Vergrößerungsglas betrachtet wird. Hier bleibt die Vergrößerung wie bey dem astronomischen Fernrohr, aber es geht, wegen der mehreren Oculare, an Helligkeit verloren.

Bey der Einrichtung Fig. 206 steht das Bild des Objectiv's il innerhalb der Brennweite des ersten Oculars, welches daher divergirendes Licht zum zweiten Ocular sendet, das sich innerhalb der Gläser kreuzet, von dem zwei-

ten Ocular convergirend, und von dem dritten noch stärker convergirend zum aufrechten Bilde $i'l'$ vereinigt wird, das man endlich durch das vierte Ocular wie durch eine Lupe betrachtet. Die letztere Einrichtung hebt die farbigen Ränder besser als die erstere.

Wenn man die Vergrößerung eines astronomischen Erdfernrohres nicht aus den Brennweiten und der Stärke seiner Gläser berechnen will, welches oft umständlich und weder vielerlei Messungen minder genau ist, so kann man in folgender, von Adams vorgeschlagener Methode bedienen. Man stelle das Fernrohr so, daß man einen fernen Gegenstand deutlich sieht, und richte darauf seine Axe nach einer hellen Stelle des Himmels; befestige hinter dem letzten Ocular einen farbigen durchsichtigen Horn oder ölgetränktes Papier gezeichneten Maßstab, am besten ein Glasmikrometer. Das helle Ende der Ocularöffnung des Objectivs, wird sich auf dem Maßstab als ein lichter Kreis darstellen. Man messe dessen Durchmesser auf dem Maßstab genau mit Hilfe einer Lupe, und dividire ihn in den Durchmesser der Objectivöffnung, so erhält man die Vergrößerung. Der Grund des Verfahrens erhellet daraus, weil die parallel mit der Axe durch das Objectiv fallenden Strahlen in seinem Brennpunct convergiren, und von da wieder gegen das Ocular auseinander fahren. Die Durchmesser der Grundflächen der entgegengesetzten Strahlenkegel verhalten sich daher wie ihre Längen, d. i. wie die Brennweiten des Objectivs und Oculars verhalten. Die Methode ist auch anwendbar bey Fernröhren mit mehreren Augengläsern, wie auch bey Spiegeltelescopem; nicht aber bey dem galiläischen Fernrohr, weil hier kein Bild vor dem Ocular zu Stande kommt. Arago hat noch eine andere Art die Vergrößerung der Fernröhren zu messen angegeben, mit Hilfe eines doppelt brechenden Prismas. Man sehe Biots Phys. 3. B.

Von den reflectirenden Fernröhren oder Spiegeltelescopem.

§. 282.

Die reflectirenden Teleskope sind eine Erfindung Newtons, welcher an der Möglichkeit dioptrische Fernröhren

achromatisch zu construiren zweifelte. A Fig. 207 ist ein sphärischer oder parabolischer Hohlspiegel, in den Hintergrund einer Röhre gestellt, deren Axe AC nach der Mitte des fernen Gegenstandes DB gerichtet ist. Der Spiegel entwirft von dem Gegenstand in seinem Brennpunct ein verkehrtes Bild $i1$, welches durch einen ebenen Spiegel aufgefangen und nach $i'1'$ reflectirt wird. Dieses letztere Bild betrachtet man durch das Augenglas o von der Seite. Die Vergrößerung dieses Spiegeltelescopes, welches die größte Ähnlichkeit mit dem keplerischen Sternrohr hat, wird gefunden, wenn man die Brennweite des Ocularglases o in die Brennweite des Objectivspiegels A dividirt. Herschel und Schröter haben diese Art Telescope in großer Vollkommenheit, und in einer früher nicht erhörten Größe von 40 und 20 Fuß Länge ausgeführt. Doch sollen nach den neuesten Erfahrungen (S. 280) die besten achromatischen dioptrischen Fernrohren von 5 bis 10 Fuß Brennweite, und einer gleichen Anzahl Zolle in der Oeffnung des Objectivs jene großen Spiegeltelescope an Güte noch übertreffen. Der Grund davon liegt darin, daß durch die Reflexion des Lichts in den Spiegeln mehr Licht verschluckt wird, als durch die Brechung in guten farbenfreien Gläsern.

Um die verkehrte Stellung des Bildes des newtonschen Spiegeltelescops zu vermeiden, hat man nach Gregory's und Cassegrain's Vorschlag andere Reflectoren construirt, welche, wie die Erdfernrohren, die Gegenstände aufrecht darstellen, und zugleich dem Auge die Stellung in der Axe des Telescops geben. Fig. 208 erläutert Gregory's Einrichtung.

AB ist der Objectivspiegel, in der Mitte bey C durchbohret, um die Röhre mit den Augengläsern CO auf-

zunehmen. Der Spiegel entwirft von einem fernen Gegenstand pq in seinem Brennpunct ein verkehrtes Bild ii . Dieß dienet als Gegenstand für einen kleinen in der Axe verschiebbaren Hohlspiegel D . Stellet man denselben so, daß das Bild etwas aufferhalb seinem Brennpunct f leget, so entwirft der kleine Spiegel von dem Bilde ein zweites weiter entfernt liegendes wieder aufrechtes Bild $i''i''$, welches aber nicht zur Wirklichkeit kommt, sondern durch das erste Augenglas C früher in $i'i'$ hervorgebracht wird. Dieses Bild betrachtet das Auge durch das zweite Ocular unter dem vergrößerten Sehwinkel $i'Oi'$.

Erklärung einiger optischen Meteore.

§. 283.

Die Erklärung des Regenbogens bietet eine der schönsten Anwendungen der newtonschen Theorie von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes dar, daher wir bey dem Schlusse dieses Abschnittes einige Worte darüber sagen wollen.

Es bezeichne C Fig. 209 einen Wassertropfen, CS die nach dem Mittelpunct der Sonne gerichtete Axe derselben. Ferner sey Sa ein unter einem Winkel von $59^\circ 24'$ mit der Axe einfallender Strahl, dieser erleidet bey a die erste Brechung, bey b eine Zurückstrahlung und bey d die zweite Brechung, wodurch er in farbige Strahlen gespalten nach da , du' ausfähret. Die Rechnung zeigt, daß alle nahe um a einfallende Strahlen, bey dem Ausfahren, in so ferne sie von einerlei Farbe sind, unter einander parallel bleiben, daher ein in a gestelltes Auge ein farbiges

Sonnenbild nach der Richtung ad erblickte. Der Winkel a beträgt für die rothen Strahlen $42^{\circ} 2'$ für die violetten $10^{\circ} 15'$. Es giebt noch eine zweite Art wie das Auge Licht von dem Regentropfen durch eine doppelte Brechung und zweifache Zurückstrahlung erhalten kann. Den Weg, welchen hierhey das Licht nimmt, geben die punctirten Linien an. Das Licht tritt bey a'' unter einem Winkel von $71^{\circ} 50'$ in den Tropfen, wird bey b'' und c'' nach d'' reflectiret, wo es durch eine zweite Brechung in Farben gespalten austritt. Der Winkel, unter welchem es bey a'' die Are SM schneidet, beträgt für die rothen Strahlen $50^{\circ} 58'$, für die violetten $54^{\circ} 10'$.

Nun bezeichne O Fig. 210 die Stelle des Auges, welches hinter sich nach S die Sonne hat, vor sich eine beleuchtete Regenwand D , so wird es von den Tropfen a und b durch einfache Zurückstrahlung und doppelte Brechung, von den Tropfen c und d durch doppelte Brechung und doppelte Zurückstrahlung Licht von der Sonne erhalten. Denkt man sich die Figur um die Linie CM wie um eine Are gedreht, so haben alle Tropfen, die in den dadurch beschriebenen Kreißbögen liegen, eine gleiche Stellung gegen die Sonne und das Auge. Letzteres wird also zwei mit farbigem Licht strahlende Regenbögen sehen; in dem innern das rothe nach oben, das violette Licht nach unten, in dem äuffern Regenbogen das violette Licht oben, das rothe unten; und zwischen beiden Regenbögen einen dunkeln Abstand von nahe 8 Graden. Die Breite des innern Regenbogens beträgt mit Hinzurechnung der scheinbaren Größe der Sonne $2^{\circ} 43'$, des äuffern $3^{\circ} 42'$, welches alles mit der Erfahrung übereinstimmt.

Der äuffere Regenbogen ist nicht immer sichtbar, weil er oft zu blaß ausfällt um erkannt zu werden.

Andere optische Meteore, wie die kleinern und größten Höfe um Sonne und Mond, wovon letztere zuweilen mit Neben-Sonnen und Neben-Monden begleitet sind, können zwar ebenfalls aus der Brechung und Zurückstrahlung theils in wässerigten, theils in gefrorenen Dünsten, welche zwischen dem Auge des Beobachters und jenen Gestirnen in der Atmosphäre schweben, erklärt werden. Die Voraussetzungen aber, welche dabey in Beziehung auf die Beschaffenheit jener Dünste gemacht werden müssen, sind mehr hypothetischer Art. Wir verweisen desfalls auf unser Handbuch der Naturlehre, Bier's Physik, Gehler's physikalisches Wörterbuch Artikel Höfe &c.

Die kleinern Höfe, wobey jederzeit das rothe Licht nach aussen gekehret ist, können künstlich nachgebildet werden, wenn man durch den Dunststrom einer Aeolopile oder ein dünne abgelaufenes Glas nach einem Licht sieht. Die Erscheinungen der größern Höfe will Wollaston durch die Kunst erzeuget haben, indem er durch eine dünne auf einem Glas ausgebreitete Schichte krystallisirten Alauns nach einem Licht sah. Wir wollte dieser Versuch nur sehr unvollkommen gelingen.

E l f t e r A b s c h n i t t .

V o n d e r E l e k t r i c i t ä t .

§. 284.

Die elektrischen Erscheinungen sind jetzt von so viel höherm Interesse für den Naturforscher, nachdem man ihren Zusammenhang mit den Wirkungen der Wärme, der chemischen Verwandtschaften, des Magnetismus und selbst den Functionen der Nerven in den thierischen Organismen erkannt hat. Wir reden zuerst von den durch die Reibung an den Oberflächen der Körper erregten elektrischen Erscheinungen, deren Gesetze am frühesten erkannt und fest gestellt worden sind.

E l e k t r i c i t ä t d u r c h R e i b u n g h e r v o r g e b r a c h t .

§. 285.

Man reibe Bernstein, Siegellack oder irgend ein festes Harz, Schwefel, Glas an einem etwas erwärmten wollenen Tuch, so ertheilet man diesen Körpern dadurch das Vermögen andere leichte Körper anzuziehen und wieder abzustossen. Hält man z. B. eine durch Reibung elektrisirte

Siegellackstange nahe über einen Tisch, auf welchem zu etwas Sand, Kleie, Hirsenkörner oder dergleichen gestreut hat, so wird man diese Körperchen schnell zwischen der geriebenen Siegellack und dem Tische hin und herfahren sehn. Die Wirkung wird bedeutend stärker und auf größere Entfernungen sich erstreckend, wenn man statt der Siegellackstange eine 2 — 3 Fuß lange, innen mit getrocknete und verschlossene, Glasröhre durch ein mit Amalgama bestrichenes Leder reibt. Die elektrische Anziehung äußert sich dann auf mehrere Fuße. Führt man die elektrisirte Glasröhre vor dem Gesicht hin und her, so hat man das Gefühl von der Berührung einer Spinne weben, welches durch die den feinen Härchen auf der Oberfläche der Haut mitgetheilte Bewegung erzeugt wird. Bringt man einen Knöchel des Fingers schnell gegen die geriebene Glasröhre, so bricht zwischen beiden ein Funke mit einem kleinen Geräusche, und einem stechenden Gefühle in dem Finger hervor.

Nicht alle Körper sind gleich geschickt durch Reibung elektrisch zu werden, diejenigen, welche es in hohem Grade sind, wie die oben erwähnten, heißen elektrische Körper. Ganz unelektrische Körper giebt es schwerlich. Nicht jedes Reibzeug tauget für jeden elektrischen Körper gleich gut. Für Glas und harte Steine ist ein mit einem Amalgam aus Zinn, Zink und Quecksilber bestrichenes Leder, für Harze, Schwefel, und ähnliche brennbare Körper sind erwärmte wollene Zeuge oder thierische Haare, besonders Hasenpelz, die besten Reibzeuge. Die Feuchtigkeit ist stets der durch die Reibung zu erzeugenden Electricität nachtheilig, weil sie dieselbe abführt und zerstreuet.

Mittheilung der durch Reibung erregten Elektricität an andere Körper.

§. 286.

Man hänge ein leichtes Kügelchen von Kork oder ein Blättchen Staniol an einem feinen Seidenfaden auf, und nähere demselben eine geriebene Siegellackstange; es wird schnell von ihr angezogen und wieder abgestossen werden, und fortfahren die geriebene Siegellackstange zu fliehen, wenn die Luft trocken ist. Bietet man dem abgestossenen Kügelchen in einiger Entfernung den Finger dar, so fährt es schnell an diesen, dann wieder zum Siegellack, und so fort hin und her, bis sich die Elektricität auf den geriebenen Siegellack wieder verloren hat. Ganz ähnliche Erscheinungen bemerkt man, wenn man dem beweglichen Körper eine geriebene Glasstange nähert.

Dieser einfache Versuch belehret uns: 1) daß sich die durch Reibung erregte Elektricität andern Körpern mittheilen läßt, und sich selbst dadurch schwächt und endlich verliert; 2) daß gleichartig elektrisirte Körper sich unter einander abstossen, der elektrisirte Körper aber einen jeden unelektrischen Körper anzieht, und von ihm gezogen wird.

Versuche zur Erläuterung des elektrischen Anziehens und Abstossens geben der elektrische Haarpinsel, der elektrische Tanz, das Flugrädchen, das Blockenspiel u. d. m.

Unterschied zwischen elektrischen Leitern und Nichtleitern.

§. 287.

Man berühre einen durch Reibung oder Mittheilung elektrisirten Körper mit der Hand oder einem in der Hand

gehaltenen Metall, so wird man ihm seine Electricität bald rauben; dieß geschieht nicht, wenn man ihn mit Glas, Harz oder dergleichen elektrischen Körpern berührt. Wir müssen daher jenen Körpern die Fähigkeit zuschreiben, die Electricität leicht in sich anzunehmen, fortzuführen und andern Körpern mitzutheilen. Sie heißen Leiter der Electricität; dagegen die andere Classe von Körpern, welche der Aufnahme und Fortpflanzung der Electricität Schwierigkeiten entgegen setzt, Nichtleiter der Electricität genannt werden. Zwischen beiden stehen die sogenannten Halbleiter inne. Die besten elektrischen Körper sind zugleich die besten Nichtleiter oder Isolatoren der Electricität. Die besten Leiter die Metalle. Ihr Leitungsvermögen steht nach Becquerel (Mem. de l'acad. 1825) in folgenden Verhältnissen gegen einander. Kupfer = 100; Gold = 93,6; Silber = 73,6; Zink = 28,5; Platina = 16,4; Eisen = 15,8; Zinn = 15,5; Bley = 8,3; Quecksilber = 3,45; Potassium = 1,33. Dieß ist ungefähr dieselbe Ordnung, welche schon früher v. Marum festgestellt hatte; dagegen Davy dem Silber die größte Leitkraft zuschreibt. Uebrigens stehen die Leitkräfte desselben Körpers im directen Verhältnisse seines Querschnitts und dem verkehrten der Länge. An die Metalle reihen sich zunächst als gute Leiter der Electricität an, die Holzbohle, erhitzte Dämpfe, wäasserigte Salzlösungen, Wasser und feuchte Körper überhaupt.

Der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern der Electricität wird durch folgenden Versuch anschaulich. Man isolire einen etliche Fuß langen an den Enden wohl abgerundeten Metalldrath, und daneben eine eben so lange Glasstange. An dem einen Ende des Metalldraths, so wie der Glasstange befestige man zwei parallel neben einander herabhängende metallene oder linnene Fäden. In dem Augenblick, wo man das

andere Ende des Metalldraths mit einem elektrisirten Körper berührt, werden die Fäden divergiren und eben so schnell wieder zusammenfallen, wenn man die dem Drath mitgetheilte Elektricität durch Berührung mit dem Finger an irgend einer Stelle raubt. Nicht so verhält sich die Sache bey der ersten Glasstange. Hier muß man den elektrisirten Körper an dem Ende, wo die Fäden herabhängen, wenn diese zur Divergenz kommen sollen, desto mehr nähern, je schwächer die Elektricität des geriebenen Körpers ist. Hat man endlich dem Glase durch Berührung Elektricität an einer gewissen Stelle mitgetheilt, so läßt sich diese ihm nicht rauben, wenn man es an einer andern Stelle mit dem Finger berührt. Wir müssen uns daher vorstellen, daß die Elektricität, wenn sie auf Nichtleiter erregt oder ihnen mitgetheilt worden ist, an der Stelle, wo sie sich befindet fest haftet, dagegen bey vollkommenen Leitern so frei längst ihrer Oberfläche beweglich ist, daß sie wahrlich sich ohne den Widerstand, welchen ihr die Luft darbietet, schnell sich zerstreuen würde. Diese Ansicht wird sehr durch die Beobachtung bestätigt, daß ein im luftleeren Raum aufgehängenes Torsionspendel eine kaum bemerkbare Divergenz zeigt, durch welche der Grad der elektrischen Spannung der sich im luftvollen Raum sehr deutlich geäußert haben würde.

Entgegengesetzte Elektricitäten.

§. 288.

Man theile einem an einem Seidenfaden beweglich aufgehängenen kleinen Leiter die Elektricität des geriebenen Siegellacks mit; er wird nun, indem er das Siegel flieht, von einer geriebenen Glasstange angezogen werden. Läßt man einen solchen beweglichen isolirten Leiter zwischen einer geriebenen Glas- und Siegellackstange hin und her spielen, so vernimmt man sich dadurch die beiden Elektricitäten wechselseitig. Der Gegensatz bemerkte zuerst Du Fay und bezeichnete ihn als die Glas- und Harzelektricität. Da aber die beiden Elektricitäten dem Glas und Harz nicht ausschließlich

kommen, so bezeichnet man sie mit Franklin besser durch positive und negative Electricität, indem dadurch zugleich der elektrische Gegensatz, daß $+e$ und $-e$ zusammen $= 0$ geben, mathematisch bestimmt ist.

In Beziehung auf die entgegengesetzten Electricitäten gelten nun folgende Gesetze: $+e$ stößt $+e$ ab und zieht $-e$ an; $-e$ stößt $-e$ ab und zieht $+e$ an; $+e$ und $-e$ vermindern sich wechselseitig, und wenn sie an Stärke gleich sind, heben sie sich auf, oder geben die elektrische Gleichgewichts.

Bemerken wir uns sogleich folgende weitere einander entgegenstehende Eigenschaften beider Electricitäten.

Ein mit einer Spitze versehener positiv elektrischer Körper zeigt im Dunkeln einen von der Spitze aus hervorgirenden Lichtkegel, und an einer ihm von der Ferne dargebotenen Spitze einen leuchtenden Punkt, dagegen ein negativ elektrischer Körper beide Phänomene gerade in der umgekehrten Ordnung hervorbringt. Läßt man einen Funken von einem positiv elektrisirten Körper auf eine dünne Harzscheibe schlagen, und pudert dann die Stelle mit einem Staub ein, der geneigt ist die negative Electricität anzunehmen (wie semen lycopodii, zerriebenes Solophonium), so zeigt der Staub die Figur eines strahlenförmigen Sternes. Hat man einen negativen Funken auf die Harzscheibe schlagen lassen, so bildet der aufgeduderte Staub strahlenlose Ringe oder Zonen. Man bedient sich zu den negativen Figuren am besten eines Staubes, der leicht positiv elektrisch wird, wie fein zerriebener Wermig, feinen Sandes und dergl. Lichtenberg entdeckte die elektrischen Figuren.

Ein anderer sehr bemerkenswerther Gegensatz zwischen der positiven und negativen Electricität findet sich in den

Chemischen Wirkungen der voltaischen Säule, indem die negative \mathcal{E} . reducirend und den Sauerstoff abstoffend, dagegen die positive \mathcal{E} . auflösend und den Sauerstoff anziehend wirkt.

§. 289.

Ueberall, wo Elektricität durch Reibung erregt wird, kommen die entgegengesetzten Elektricitäten zugleich zum Vorschein, zeigt der geriebene Körper $+ e$, so hat das Reibzeug $- e$ und umgekehrt. Keine der beiden Elektricitäten kann einen bedeutenden Grad der Spannung erreichen, wenn nicht die ihr entgegengesetzte auf Null gebracht, oder wie sie entsteht wieder abgeleitet wird. Die Elektricität, welche irgendwo angehäufet ist, hat ein desto größeres Bestreben sich den umgebenden Körpern mitzutheilen, je bessere Leiter diese sind, und je größer die Spannung der Elektricität ist. Spizen besitzen das Vermögen die Elektricität viel leichter ein- und auszulassen, als runde Körper. Auf diesen durch die Erfahrung bewährten Sätzen beruhet die Construction unsrer gewöhnlichen Elektrisirmaschinen, von welchen wir zuerst reden wollen, ehe wir zur nähern Betrachtung der elektrischen Erscheinungen übergehen.

Fig. 241 I und II zeigt die Einrichtung einer Walzenmaschine, welche die positive und negative Elektricität zugleich giebt. A ist der Nichtleiter, ein Glaszylinder von 20 bis 30 Zoll Länge und 10 bis 15 Zoll Durchmesser. Er muß in der Richtung seiner Ase an beiden Enden mit offenen Halsen versehen seyn, wodurch er bequemer gefasset, und inwendig wohl ausgetrocknet werden kann. Die Ase, welche übrigens nicht durchgehen soll, ruhet auf beiden Seiten auf isolirenden Glas Säulen E. An einem, oder,



wenn die Maschine groß ist, an jedem Ende derselben, ist eine Kurbel angebracht, deren mittlerer Theil k aus einer Glasstange besteht. Zu beiden Seiten des elektrischen Nichtleiters befinden sich die zwei ersten oder Hauptleiter, die Conductoren C, C' , zwei hohle metallene Cylinder, welche auf isolirenden Glas Säulen D, F ruhen. Der für die positive Electricität bestimmte Conductor C ist mit einfangenden Spitzen i versehen, der für die negative C' , ist mit dem Reibzeug R verbunden. Dieß besteht aus einem delftischen Rissen, das nach der Seite des elektrischen Körpers mit einem mit Amalgama bestrichenen Feder bezogen ist. Von dem Reibzeug geht über die obere Hälfte des Glas cylinders, bis beynabe zu den einfangenden Spitzen ein gefirnister oder sogenannter Wachstaffent $R L M$. Er verhindert das Zerstreuen der Electricität von dem Rissen, welche durch Reibung erregt wird, bis zu dem Einfanger i . Die beiden Säulen D und F müssen mit ihren untern Fassungen in der Fußplatte $G H$ verschiebbar seyn, damit man sowohl das Reibzeug, als auch den Einfanger des positiven Leiters dem elektrischen Nichtleiter mehr oder weniger nähern könne.

Dreht man die Maschine um, während beide Conductoren isoliret sind, so zeigt der positive wie der negative Conductor einen gleichen Grad entgegengesetzter Electricität. Führt man die negative Electricität zum Boden ab, so wird die positive in C , und führt man diese ab, so wird die negative in C' wenigstens um das Doppelte erhöht. Verbindet man beide Conductoren durch einen Leiter, so zeigt keiner eine Spuhr von Electricität, wenn gleich die Maschine gedreht, und das sich entwickelnde $+ \circ$

nach C geführt wird, weil es eben so schnell wieder nach C' abfließet und durch dessen — e vernichtet wird.

Die gute Wirkung einer Elektrirmaschine beruht vorzüglich auf folgenden Dingen: 1) auf der elektrischen Kraft des zu reibenden Körpers, welche vorher geprüft werden muß; 2) auf der guten Isolirung des elektrischen Körpers, so wie der beiden Hauptleiter; 3) auf der centrischen Fassung der Maschine, wodurch ein gleichförmiger Druck des Reibzeug's gegen den Nichtleiter erhalten werden kann. Ein allzustarker Druck ist eben nicht vorthellhaft, weil er die Maschine zu leicht beschädiget, und zu einer Erhizung des Glases Anlaß giebt, wodurch dessen Oberfläche leitend wird. Dagegen finde ich aus eigener Erfahrung, daß eine große Umdrehungsgeschwindigkeit bey mäßigem Druck für die Erregung der Elektricität sehr vorthellhaft ist. Daher bey nicht sehr großen Maschinen die Drehung des Nichtleiters durch Rad und Rolle zu empfehlen ist.

Statt des Glascyinders kann man auch eine geschliffene Glasscheibe zum elektrischen Körper wählen, weil nicht der körperliche Raum, sondern die Größe der geriebenen Oberfläche die Menge der erzeugten Elektricität bestimmt. Die Glasscheiben werden in ihrem Mittelpunct durchbohret, um eine Ase aufnehmen zu können. Die Reibzeuge werden an den entgegengesetzten Enden eines Durchmessers auf beiden Flächen der Scheibe zugleich angebracht, denn obgleich in der Regel die Elektricität nur von einer Seite der Scheibe durch den erstern Leiter aufgenommen wird, so bewirkt doch die auf der andern Seite erregte Elektricität eine vermehrte Spannung der erstern und somit ein schnelleres Strömen derselben zum ersten Leiter. Dieß scheint ein Grund zu seyn, warum Scheibenmaschinen bey gleicher Größe oft mehr leisten, als Cylindermaschinen. Daher möchte die Idee Wolframs (siehe Gilb. Ann. 1. 1823. 5. St.), große gläserne Blocken oder offene Cylinder aussen und innen zugleich zu reiben, der Beachtung der Künstler zu empfehlen seyn, da Cylindermaschinen wohlfeiler als Scheibenmaschinen sind. Eine der größten und wirksamsten Elektrirmaschinen hat v. Marum für das Harlemer Musäum aus 2 Scheiben, jede von 63 Zollen im Durchmesser, bauen lassen.

Hypothese über die Ursache der Electricität.

§. 290.

Der berühmte Fränklin stellte folgende Hypothese zur Erklärung der zu seiner Zeit bekannten elektrischen Erscheinungen auf, welche sich durch ihre Einfachheit auszeichnet, und selbst noch in den neuern Zeiten von Alexander Volta zur Grundlage der Theorie seiner Säule gemacht worden ist. Fränklin sucht die Ursache der elektrischen Erscheinung in einer sehr feinen elastischen Flüssigkeit, deren Theilchen unter einander sich stark abstossen, aber von allen andern Körpern, jedoch in verschiednem Maaße, gezogen werden. Hierdurch eignet sich jeder Körper einen gewissen Antheil elektrischer Flüssigkeit zu, und setzt sich dadurch mit dem elektrischen Zustande der ihn umgebenden Körper ins Gleichgewicht; diesen Antheil von elektrischer Flüssigkeit der Körper nennt Fränklin den natürlichen, dabey herrscht elektrisches Gleichgewicht. Treten aber zwei Körper A, B durch Reibung oder auf andere Art in elektrische Wechselwirkung, und A entzieht dem B einen Antheil seiner elektrischen Flüssigkeit, so werden nun beide Körper elektrisch, und zwar A positiv, B negativ. Nach Fränklin beruht also der negativ elektrische Zustand eines Körpers auf einer Verminderung seines natürlichen Antheil's von elektrischer Flüssigkeit, so wie der positiv elektrische Zustand auf einer Vermehrung desselben. Da nun die elektrische Flüssigkeit vermöge ihrer eigenthümlichen Spannkraft stets ein Streben hat, von dem Orte, wo sie im Ueberflusse ist, nach dem Orte hinzuströmen, wo Mangel daran ist, so erklärt sich hieraus der Zug der positiv elektrisirten Körper gegen die negativ elektrisirten. Das wechselseitige Abstossen gleichartig elektrisirter Körper, sowohl der positiven, wie der ne-

gativen, erklärt man im Geiste der Franklin'schen Hypothese aus dem Zuge der entgegengesetzt elektrisirten Luftschichten, welche die elektrisirten Körper nach außen hin umgeben. Die Ansicht erhält eine Stütze durch die bis zum Verschwinden verminderte Divergenz gleichartig elektrisirter Körper im luftleeren Raume. Ueberhaupt ist nicht zu leugnen, daß man mit der Franklin'schen Hypothese ausreicht, so lange man es bloß mit der Erklärung von elektrischen Bewegungen und einer aus dem gestörten Gleichgewicht abzuleitenden ungleichen Vertheilung der elektrischen Flüssigkeit zwischen Körpern, die unter einem wechselseitigen elektrischen Einflusse stehen, zu thun hat. Schwerlich möchte dasselbe von den verschiedenen chemischen Wirkungen gelten, welche man seit Entdeckung der Volta'schen Säule den entgegengesetzten Elektricitäten zuschreiben muß. Daher ist jetzt die Hypothese Symmers, welcher zwei elektrische Flüssigkeiten annimmt, die beliebtere geworden. Nach derselben ziehen sich die Theilchen der entgegengesetzten elektrischen Flüssigkeiten einander mit großer Kraft an, und geben im gehörigen Verhältnisse verbunden das elektrische Gleichgewicht. Die Theilchen einer jeden elektrischen Flüssigkeit stoßen sich dagegen ab, besitzen aber sehr verschiedene Verwandtschaften gegen die übrigen Körper, wodurch diese geneigt werden positiv oder negativ elektrisch zu werden. Schwerlich giebt es nach den neuern Erfahrungen irgend einen Körper, der nicht Spuren einer oder der andern Elektricität im freien Zustande zeigte, wenn gleich von so geringer Spannkraft, daß sie sich nicht durch elektrische Wirkungen in die Ferne zu erkennen giebt.

Sollte es aber auch Körper geben, die in Hinsicht ihres elektrischen Zustandes indifferent wären, so dürfen

wir sie uns doch nicht von aller Electricität berandt, sondern nur in dem Verhältnisse mit $\pm e$ begabt vorstellen, in welchem beide sich wechselseitig anheben. Nach der dualistischen Hypothese hätten wir uns die Erregung der EL durch Reibung so vorzustellen. Die Reibung veranlaßt die Verwandtschaft des einen Körpers A gegen $+ e$, des Körpers B gegen $- e$, und so entsteht ein wechselseitiger Tausch beider Electricitäten zwischen den Körpern; A wird positiv, B negativ elektrisch. Da indessen beide EL das Streben zur Vereinigung besitzen, dagegen jede die ihr gleichartige zurückstößt, so muß aus beiden Ursachen die Größe der Vertheilung der entgegengesetzten EL zwischen den Körpern A und B ihre Gränze finden. Wird B mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt, so kommt sein freies $- e$ durch Aufnahme von $+ e$ auf 0 und der Körper erhält dadurch aufs Neue die Fähigkeit $+ e$ an A abzutreten und dagegen $- e$ von ihm aufzunehmen.

Hieraus erklärt sich die Einrichtung unserer Elektrirmaschinen. Wie man die übrigen aus der ungleichen elektrischen Vertheilung entspringenden Phänomene nach der dualistischen Hypothese erklärt, werden wir bald sehen.

Da es bis jetzt keinem Naturforscher gelungen ist, die eigentliche Beschaffenheit der elektrischen Flüssigkeit und ihrer beiden entgegengesetzten Modificationen genau nachzuweisen, so bleibt sowohl die Fränklinsche als die dualistische Hypothese nur ein Hülfsmittel, die verschiedenartigen elektrischen Phänomene aus einem gemeinschaftlichen Princip abzuleiten.

Elektrometer, und Gesetz wonach die elektrischen Anziehungen und Abstossungen in die Ferne wirken.

S. 290.

Die Kraft womit die gleichartig elektrisirten Körper

Einander abstossen, hat uns die Mittel dargeboten, die Gegenwart der freien Electricität zu erkennen und ihre Stärke zu messen. Die dazu dienenden Werkzeuge heißen Elektrometer. Die gewöhnlichsten sind die Pendelelektrometer, wovon wir hier nur die vorzüglichsten kurz beschreiben wollen.

1) Das Cavallische von Volta verbesserte Strohhalmenelektrometer Fig. 212. *ab* ist eine eben geschliffene kreisförmige Metallplatte, welche mit einer unten angelötheten Fassung auf einen gut isolirenden Glaszylinder *efgh* aufsitzt, welcher selbst von einem schicklichen Fußgestelle getragen wird. An einem Metalldrath *c*, der in die Mitte der Platte *ab* eingeschraubt ist, hängen zwei feine Strohhalmschen *ii* an feinen Metallfäden gleich Pendeln herab. Theilet man der Platte *ab* Electricität mit, so divergiren die Strohhalmschen. Die Größe der Divergenz wird am besten durch eine aussen an dem Glaszylinder angebrachte Scale gemessen.

2) Das Bennetsche Goldblattelektrometer ist dem vorhin beschriebenen ganz ähnlich construirt, nur sind an *c* zwei Goldblättchen pendelartig aufgehängt. Dieses Elektrometer ist eins der empfindlichsten, und es so wohl, als das vorhin beschriebene, können leicht mit dem Condensator verbunden werden, wodurch sie noch empfindlicher werden. Die Art der Electricität wodurch die Pendel divergiren erkennt man an diesen Elektrometern, wenn eine geriebene Siegellackstange *ab* genähert wird. Vermehret sich die Divergenz, so ist die angezeigte *El.* negativ, gegentheils positiv.

Noch bequemer in Hinsicht auf die Anzeige und Beschaffenheit der Electricität ist

3) das von Bohnenberger verbesserte Elektrometer Fig. 213. Ein etwas weiterer Glaszylinder ist oben durch eine metallene Platte geschlossen. In deren Mitte ist eine

Glasröhre a eingefüllt und durch diese geht isolirt c mit einem Knopf d versehen Metalldrath, an welchem ein leicht bewegliches einfaches Goldblättchen $e f$ herabhängt. Zu beiden Seiten desselben befinden sich zwei trockne elektrische Säulen mit ihren entgegengesetzten Polen nach unten gekehrt. Die gleiche Kraft dieser Säulen auf das Goldblättchen vernichtet sich selbst, so lange dieses im natürlichen Zustande ist, wird aber demselben die electrische Spur freier El. durch den Knopf d mitgetheilt, so wagt es sich sogleich mit seinem untern Ende nach dem entgegengesetzten Pol, woraus die Art der E. erkannt wird.

Man kann auch statt zwei Säulen eine in horizontaler Lage isolirt unter das Goldblättchen stellen, und von deren beiden Polen zwei Metallstreifen parallel mit dem Goldblättchen in die Höhe gehen lassen. Endlich ist es für condensatorische Versuche gut, wenn man statt des Knopfes d , eine kreisförmige metallene Scheibe, wie $a b$ Fig. 212 aufschrauben kann.

3) Das Quadrantenelektrometer Fig. 214. $a b$ ist ein metallischer Leiter, vor welchem ein leicht bewegliches Pendel (gewöhnlich ein Strohalm, der nach Belieben unter bey d mit einer Kugel von Kork versehen werden kann) aufgehängt ist. Setzt man $a b$ mit dem ersten Leiter in Verbindung, so wird durch die Kraft der Electricität das Pendel abgestossen, dessen Abstossungswinkel man an einem Quadranten misst. Es ist bequem, nach dem Vorschlag Mayer's, $a b$ mit einem besondern Zuleiter $a g$ zu verbinden, der durch eine Glasröhre $a f$, und durch eine zweite Glas Säule $h h'$, die auf dem Fußgestelle $A B$ ruhet, isolirt ist. Den eingetheilten Quadranten setzt man am besten in einige Entfernung hinter das Elektrometer, um dessen störenden Einfluß zu beseitigen.

§. 291.

Wenn man aus der Divergenz eines Elektrometers auf die Größe der elektrischen Spannkraft schließen will, muß man 1) das Gesetz kennen, wonach die elektrische Kraft mit der Entfernung abnimmt; 2) die Art wie die Elektrizität in einem Leiter von gegebener Gestalt vertheilt ist.

Schon der Analogie nach mit andern Wirkungen anziehender Kräfte in die Ferne ließ sich erwarten, daß auch die elektrische Kraft in dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen stehe. Coulomb hat das Gesetz zuerst durch Versuche mit seiner Drehwaage siehe Fig. 3 Taf. I bewiesen. Er hieng einen dünnen Cylinder von Schellack an dem Drath auf und befestigte an einem Ende dieses leichten Hebels ein kreisförmiges kleines Stanniolblättchen. Mit dem Stanniolblättchen wurde eine isolirte kleine Kugel, welcher man einen bestimmten Grad von El. mitgetheilt hatte, in Berührung gebracht; das Stanniolblättchen wurde zurückgestossen, der Hebel gedreht, und der Drath um einen bestimmten Winkel gewunden. Wollte man bey gleichbleibender Kraft der El. das Stanniolblättchen auf die Hälfte der vorigen Entfernung zurückführen, so mußte dem Drath durch den Knopf q eine Windung in entgegengesetzter Richtung gegeben werden, die das Vierfache der anfänglichen Windung betrug; da nun die Elasticitäten des Drathes sich wie die Windungswinkel verhalten, so fließet hieraus das obige Gesetz.

2) Läßet man vor einer elektrisirten, nicht allzu kleinen, Kugel einen leicht beweglichen Körper, durch die Wirkung der elektrischen Anziehung schwingen, so verhalten sich die Schwingungszeiten wie die Entfernungen des schwingenden Körpers von dem Mittelpuncte der Kugel. Da

aber die Schwingungszeiten sich auch verhalten verhalten wie die Quadratwurzeln aus den beschleunigenden Kräften, so führen diese Versuche ebenfalls auf das elektrische Gesetzwort nach dem verkehrten der Quadrate der Entfernungen.

Neuere Versuche zur Feststellung des obigen Gesetzes von Egen finden sich in Poggendorfs Annalen 1825 10. u. 11. Es nebst kritischen Bemerkungen gegen andere Versuche die die Gegentheil beweisen sollten.

Mayer hat in einer Abhandlung der Göttinger Gelehrten der Wissenschaften vom Jahr 1822 den Gang der Pendelelektrometer Fig. 214 bey gegebener elektrischer Spannung und unter der Voraussetzung einer gleichförmigen Vertheilung der Elektricität in dem Elektrometer analytisch bestimmt, und zwar 1ten, wenn die elektrischen Ablesungen in dem Verhältniß der Quadrate der Entfernungen, und 2ten, wenn sie im einfachen Verhältnisse der Entfernungen abnehmen. Die letztere Voraussetzung stimmte mit Mayers Versuchen besser überein. Es lassen sich aber die Mayerschen Versuche mit dem Coulombschen Gesetze vereinbaren, sobald man annimmt, daß die El. in dem Pendel-Elektrometer nicht gleichförmig vertheilet, sondern den Entfernungen von dem Aufhängepunkt proportional gewesen sey. Mayers scharfsinnigen Untersuchungen bleibt immer das Verdienst, uns mit der sehr zusammengesetzten Anzeige der Pendelelektrometer besser, als bisher, bekannt gemacht zu haben. Daher theilen wir folgende von M. berechneten Werthe hier mit; jedoch mit der Bemerkung, daß sie nur auf ähnlich gebauete Elektrometer angewendet werden dürfen.

Spannung der E.	Divergenz in Graden	Spannung der E.	Divergenz in Graden
0,0000	0°	0,4422	50°
0,0520	10°	0,5732	60°
0,1247	20°	0,7123	70°
0,2154	30°	0,8556	80°
0,3220	40°	1,0000	90

Vertheilung der Electricität in Leitern.

§. 292.

Man theile einer metallenen isolirten Kugel eine bestimmte Menge freier $+$ E . oder $-$ E . mit, dieselbe wird sich auf der Oberfläche der Kugel gleichförmig vertheilen, im Innern derselbe bleibt nichts. Dies läßt sich durch folgenden Versuch beweisen. Man setze zwei hohle Halbkugeln mit ihren Grundflächen so zusammen, daß sie ein leitendes Ganze bilden, und doch einen Zwischenraum lassen, in welchen man ein empfindliches Elektrometer aufhängen kann. Theilet man der isolirten Kugel E . mit, so wird das Elektrometer im Innern ganz ruhig bleiben, jedes außen an die Kugel gehaltne Elektrometer aber sogleich divergiren. Die Erscheinung erklärt sich nur vollständig aus der gleichförmigen Vertheilung der E . auf der Oberfläche der Kugel, und der Abnahme der elektrischen Kraft nach dem Quadrate der Entfernungen, und spricht daher für beide Gesetze. Denn wenn man sich irgendwo innerhalb einer Kugel einen Punct p denkt, und von demselben aus in entgegengesetzten Richtungen Kugel an die Oberfläche der Kugel gezogen, so stehen die Grundflächen dieser Kugel in dem quadratischen Verhältnisse ihrer Entfernungen von dem Puncte p . Wenn nun bey gleichförmiger Vertheilung der E ., die Menge derselben innerhalb der Grundfläche, den Grundflächen proportional, und ihre Wirkungen auf den Punct p im verkehrten der Quadrate der Entfernungen stehen, so müssen sich die Wirkungen innerhalb je zweier entgegengesetzten Kugel auf den Punct p vernichten, und somit die Wirkung der ganzen Kugeloberfläche auf diesen Punct.

Es seyen zwei isolirte leitende Kugeln A , B , von

gleichen Durchmessern in Berührung, man theile ihnen freie E . mit, diese wird sich nun nicht mehr gleichförmig über beide Kugeln vertheilen, sondern an dem Berührungspunct wird $o E$. seyn, und von da an wird die Dichte und Spannkraft der E . nach den entgegengesetzten Enden der durch den Berührungspunct gehenden Durchmesser in beiden Kugeln wachsen. Der Berührungspunct beider Kugeln befindet sich in Hinsicht derselben in einer ganz ähnlichen Lage, wie der Punct p innerhalb einer Kugel. Denkt man sich um die dem Berührungspunct entgegengesetzten Pole in jeder Kugel Zonen beschrieben, so muß die E . einer jeden solchen Polarzone, mit der aller übrigen Zonen in beiden Kugeln im Gleichgewicht seyn, daher desto dichter ausfallen, je kleiner man den Halbmesser der Polarzone denkt. Man kann sich auch von der Wahrheit durch die Erfahrung überzeugen, wenn man mit einem kleinen isolirten Scheibchen Goldpapier einer der Kugeln zuerst nahe an dem Berührungspuncte, und dann am entgegengesetzten Pol etwas E . entzieht und jede derselben einzeln empfindlichen Elektrometer mittheilet. Die erste wird das Elektrometer kaum anzeigen, indessen letztere eine bemerkbare Divergenz veranlaßt.

Sind drei oder mehrere Kugeln von gleicher Dimension in wechselseitiger Berührung, so werden die mittlern eine schwächere aber nahe gleich starke, die gegen die Enden hin liegenden Kugeln eine stärkere Electricität besitzen. Hiervon kann man sich durch ähnliche Schlüsse wie die voranstehenden sind, wie auch durch die Erfahrung überzeugen. Man bringe drei isolirte gleiche Kugeln in Berührung, theile ihnen E . mit, nehme dann die mittlere Kugel heraus, so wird jede der äussern Kugeln an einem Elektrometer eine gleich starke, die mittlere Kugel

aber eine schwächere \mathcal{E} . besitzen. Denkt man sich endlich eine Reihe sich berührender Kugeln von abnehmenden Durchmessern, und ihnen alle freie \mathcal{E} . aus einer gemeinschaftlichen Quelle mitgetheilt, so muß sich dieselbe nach der Seite der kleinern Kugeln hin immer mehr anhäufen und verdichten.

Der vorletzte Fall erläutert zugleich wie sich die freie Elektrizität in einem Cylinder vertheilen müsse, der letzte wie die Vertheilung in einer conischen Spitze erfolge, und erklärt das große Bestreben der Elektrizität, aus Spitzen zu entweichen.

Man verdankt Coulomb die Gründung der Lehre von der Vertheilung der \mathcal{E} . in Leitern, Poisson hat dieselbe durch analytische Rechnungen schärfer bestimmt, unter Voraussetzung des Coulombschen Gesetzes. Biot hat mehrere Resultate von Poisson's Analyse mit der Erfahrung gut übereinstimmend gefunden, wodurch jenes Gesetz eine neue Bestätigung erhalten hat.

Von der Vertheilung der Elektrizität in Leitern die unter einem elektrischen Einflusse von aussen stehen.

§. 293.

Man denke sich unter $A \overset{a}{\text{-----}} \overset{b}{B}$ einen isolirten Leiter von cylindrischer Gestalt, wenigstens einen Fuß lang; an den Enden wohl abgerundet, und bey A und B mit kleinen Pendelelektrometern a und b versehen.

Wir wollen annehmen, es sey dem Leiter $+$ \circ mitgetheilt worden, vermöge welcher die beiden Elektrometer gleich stark divergiren. Nun nähere man das eine Ende A des isolirten Leiters einem positiv elektrisirten Körper z. B. dem ersten Leiter einer Maschine. So wie A in den Wirkungskreis des ersten Leiters tritt, wird das Elektrome-

ter a anfangen zu sinken, das b weiter zu steigen, und wenn a ganz herabgesunken ist, so wird b die doppelte Divergenz zeigen. Entfernt man AB wieder von dem ersten Leiter, so kommen beide Elektrometer a und b wieder auf ihren vorigen gleichen Stand zurück. Letzteres beweiset, daß der isolirte Leiter keine Electricität durch Mittheilung empfangen hat. Das Phänomen erklärt sich wie folget: sobald A in den Wirkungskreis des positiven Conductors tritt, wird nicht bloß das freie + e des isolirten Leiters AB nach der Seite von B hingedrängt, sondern auch ein Theil von seinem natürlichen — e nach A gezogen, wodurch eben so viel + e frei wird und gegen B zu tritt, aus beiden Ursachen muß das Elektrometer a sinken und das b steigen. Zieht man den isolirten Leiter wieder aus dem Wirkungskreise des ersten Leiters heraus, so hört die ungleiche Vertheilung der E. in jenem auf, und es tritt alles in den anfänglichen Zustand zurück. Wäre der erste Leiter der Maschine negativ, oder wäre bey positivem Zustande des ersten Leiters der isolirte Leiter negativ elektrisirt worden, so würden die beschriebenen Erscheinungen ähnlich, aber in umgekehrter Ordnung erfolgen, d. i. das Elektrometer a würde in dem Wirkungskreise des ersten Leiters steigen, und das b sinken. Die Erklärung giebt sich aus der vorhergehenden von selbst.

§. 291.

Wir wollen nun annehmen, der isolirte Leiter AB befinde sich im natürlichen Zustande, und werde dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine innerhalb seines Wirkungskreises genähert. Anfänglich werden beide Elektrometer a und b schwach divergiren und zwar mit positiver Electricität, tritt das Ende A bedeutend näher als

B zum ersten Leiter, jedoch noch außerhalb der Funkenweite, so fängt das Elektrometer **a** an zu sinken, das **b** fährt fort zu steigen; ist **a** auf Null zurückgekommen, so hat **b** seine größte Divergenz erhalten. Bey noch stärkerer Annäherung von **A** pfleget gewöhnlich ein Funke von dem ersten Leiter überzuschlagen; zieht man aber den isolirten Leiter, bevor dieß geschieht, wieder aus dem Wirkungsfreisse des elektrisirten Körpers heraus, so kommt alles in jenem wieder auf den natürlichen Zustand zurück. Die Erklärung dieser Erscheinung folget leicht aus dem was wir über die Wirkung der elektrisirten Körper in die Ferne im vorhergehenden Paragraphen gesagt haben. Das freie $+$ e des ersten Leiters zieht bey gehöriger Annäherung des isolirten Leiters den natürlichen Antheil seines $- e$, und stößet in eben dem Maass dessen $+$ e zurück, dadurch wird dieses frei und wirksam nach aussen, und häu- fet sich in dem von dem ersten Leiter abgewendeten Ende **B** an; dagegen das $- e$ nach **A** tritt, hier aber theils durch den Zug des $+$ e vom ersten Leiter, theils durch den, welchen es noch gegen das $+$ e im isolirten Leiter ausübt, in einem gebundnen Zustande sich befindet.

Man nennt die beschriebene elektrische Wirkung eines Körpers in die Ferne auch die elektrische Atmosphärenwirkung desselben. Man darf sich darunter kein Ausströmen oder Ausdünsten der elektrischen Flüssigkeit in die Ferne denken, sondern nur Wirkungen anziehender und abstossender Kräfte.

§. 295.

Wir wollen uns wieder den isolirten Leiter in dem natürlichen Zustande unter den Einfluß eines positiv elektrischen Körpers gestellt denken, und ihn mit der Hand

leitend berühren, die an ihm befindlichen Elektrometer werden auf Null kommen. Zieht man nun den Leiter an seinem isolirten Fuß aus dem Wirkungsbereich des positiv elektrisirten Körpers, so divergiren die Elektrometer des isolirten Leiters mit negativer Elektricität. Hätte man den isolirten Leiter in die Atmosphäre eines negativen Condensators gebracht, und übrigens eben so verfahren, so würden die Elektrometer mit positiver Elektricität divergiren. Man nennet diese Art einen Körper zu elektrisiren, die Elektrisirung durch Bertheilung, die hierdurch erregte Elektricität ist stets die entgegengesetzte des Körpers, welcher sie hervorgebracht hat. Denn da durch die Wirkung des elektrisirten Körpers in die Ferne die gleichartige E. abgestoßen die ungleichartige gezogen wird, so muß letztere sich in den Leiter während seiner Berührung mit der Hand anhäufen, indessen die erstere zur Erde entweicht. Die Anhäufung der entgegengesetzten Elektricität in dem Leiter wird nicht erloschen, so lange derselbe unter dem Einflusse des elektrisirten Körpers steht; da die Kraft, welche die E. herbezieht, sie auch fest zu halten vermag, oder, wie man es nennt, bindet. Erst nachdem der Leiter jenem Einflusse entzogen worden ist, äussert sich die in ihm angehäufte Elektricität frei und wirksam.

§. 296.

So wie durch einen elektrisirten Körper der elektrische Zustand der umgebenden Körper modificiret wird, so auch umgekehrt jener durch diese. Man nehme einen ebenen am Rande wohl abgerundeten metallischen Teller, befestige in seiner Mitte einen nicht zu kurzen gut isolirenden gläsernen Stiel, als Handhabe, setze auf den Teller ein kleines Elektrometer und theile dem Teller aus irgend einer

Quelle freie Electricität mit, wodurch das Elektrometer divergire. Nähert man in diesem Zustande den Teller dem Tische, oder einer Marmorplatte, oder irgend einem ebenen trocknen Halbleiter, so wird das Elektrometer sinken, wie man den Teller dem Halbleiter nähert, und bey der Berührung desselben zu Null herab kommen. Hebt man den Teller an der isolirenden Handhabe schnell wieder in die Höhe, so kommt das Elektrometer, wenn die Luft zur Zeit des Versuchs gut isolirend war, fast ganz auf seinen anfänglichen Stand zurück. Indem man den Teller dem Halbleiter nähert, zieht die freie Electricität des Tellers von dem natürlichen Antheil des Halbleiters die entgegengesetzte \ominus . und stößet die gleichartige ab, geht aber dadurch selbst in den Zustand der gebundnen \ominus . über.

Bey diesem Versuche müssen alle Staubtheilchen, die als feine Spitzen zum Ausströmen der \ominus . Gelegenheit geben, sorgfältig weggeschafft werden.

§. 297.

Nachdem wir nun die Geseze der elektrischen Vertheilung und des wechselseitigen Einflusses derselben in Körpern kennen gelernt haben, wird es nicht schwer fallen, die Wirkungen des Condensators, des Elektrophors und der Verstärkungsflasche auf eben diese Geseze zurückzuführen.

Wir machen den Anfang mit der Betrachtung des Condensators.

Es bezeichne A Fig. 215 eine Marmorplatte, oder einen ähnlichen Halbleiter, den man mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt hat, auf derselben ruhe der mit der isolirenden Handhabe C versehene metallene Deckel B. Hält man nun eine Zeit lang einen Körper D, worin schwache Spuren einer freien Electricität enthalten sind,

mit B in Berührung und entfernt darauf den Zeller an seiner isolirenden Handhabe von der Basis A, und führt ihn schnell an ein empfindliches Elektrometer, so wird man dieß bedeutend divergiren sehen. Während der Leiter B auf der Basis A ruhet, wird seine Capacität oder Empfanglichkeit freie E. aus irgend einer Quelle aufzunehmen sehr vermehrt, denn indem aus der Quelle D etwas freie E. in B einströmt, wird sie durch die Vertheilung die sie in A bewirkt als bald gebunden, wodurch B geneigt wird wieder neue E. aufzunehmen, und so geht es fort bis die Spannkraft der freien E. in D so weit geschwächt ist, daß sie der Spannkraft der gebundenen, aber verdichteten E. in B gleich kommt. Entfernt man nun den Deckel isolirt von der Basis, so wird alle in ihm gebundene E. frei, und muß sonach in verstärktem Grade auf das Elektrometer wirken.

Dieser von Volta entdeckte condensatorische Apparat bietet uns die Mittel dar, die geringsten Spuren elektrischer Erregungen zu entdecken. Es ist vorthailhaft mehrere Condensatoren von verschiedner Größe von 2 bis 8 Zoll im Durchmesser in Bereitschaft zu haben, um bey elektrischen Körpern von kleinem Umfang auch kleine Condensatoren anwenden zu können, weil die Spannung der E. in dem aufgehobenen Condensatordeckel, bey gleicher Menge, desto geringer ausfällt, je größer die Oberfläche des Condensators ist. Sehr bequem ist es den Condensator mit einem empfindlichen Elektrometer unmittelbar zu verbinden. Dieß kann leicht auf folgende Art geschehen man gebe dem Condensatordeckel B Fig. 215 gleichen Durchmesser mit der metallenen Deckplatte ab des Elektrometers Fig. 212 I. überziehe beide, an den Flächen, wo sie sich berühren, mit einer sehr dünn und glatt geschliffnen Schichte eines nicht leitenden Harzfirnisses. Setzt man nun den Condensatordeckel B auf die Platte ab des Elektrometers, berührt jenen mit dem Finger, diese mit dem Körper D, dessen E. man untersuchen will, eine Zeit lang, hebt dann, beide Berührungen unterbrechend, den Deckel B, welcher hier die

Stelle der Basis vertreten hat, an der isolirenden Handhabe auf, so werden die Blättchen ii durch ihre Divergenz die Elektrizität von D angeben. Berührt man dagegen den Deckel B mit dem elektrisirten Körper und die Platte ab mit dem Finger, so zeigt nach aufgehobenem Deckel das Elektrometer die entgegengesetzte E. von dem Körper D.

Von dem Elektrophor.

§. 298.

Man nehme einen flachen Teller a b Fig. 216 von Metall mit einem einige Linien in die Höhe stehenden wohl abgerundeten Rande, oder in dessen Ermangelung eine trockne glatte hölzerne Scheibe, deren obere Seite man mit Stanniol belegt, und um welche man einen metallenen Ring mit etwas vorstehendem Rande legt. Man gieße auf die so zubereitete Unterlage, indem man sie vorher mit einer Senfwage horizontal gestellet hat, eine Schichte geschmolzenen Harzes, gleichförmig dick und mit ebener Oberfläche auf. (Eine Mischung von 2 Theilen Harz, 1 Theil Colophonium und ein $\frac{1}{2}$ Theil Therpentin mit etwas Kienruß vermischt, ist gut. Man muß das geschmolzene Harz nicht heiß aufgießen, und die Unterlage vorher erwärmen, um die aufsteigenden Luft- und Dunstbläschen zu vermeiden, welche die Oberfläche des erstarrenden Harzes leicht rauh machen.) Nun bereite man einen metallenen Deckel ef von etwas kleinerem Durchmesser, als der Harztuchens, mit einer isolirenden Handhabe gh wie den Deckel eines Condensators, so hat man die wesentlichen Stücke des Elektrophors. Der Gebrauch desselben ist folgender. Man gebe der Oberfläche des Harztuchens (Harzschichte) durch Reiben mit Pelz, Wolle oder dergl. negative Elektrizität, setze den Deckel darauf, be-

rühre ihn leitend mit dem Finger, und hebe ihn dann an der isolirenden Handhabe schnell in die Höhe, so kann man einen positiven Funken aus ihm locken, und dieß sehr oft und lange wiederholen; bey recht trockner Luft, Wochen lange. Daher, der Name **Elektricitätsträger** (Elektrophor). Der Vorgang der Erscheinung erklärt sich wie folgt. Wir wollen uns ein Elektrometer m mit dem Deckel leitend verbunden denken. Wenn man den Deckel, bey der isolirenden Handhabe fassend, allmählich dem geriebenen Harzkuchen bis zur Berührung nähert, so wird man das Elektrometer mit negativer Elektricität divergiren sehen, vermöge der Atmosphärenwirkung des negativ elektrisirten Harzkuchens (§. 293). Berührt man den Deckel mit dem Finger leitend, so fließet die negative E . ab und positive zu, welche aber durch den Zug der entgegengesetzten E . des Harzkuchens gebunden wird, daher das Elektrometer auf Null herabsinkt. Hebt man nun den Deckel isoliret in die Höhe, so wird seine gebundene positive E . frei, und äussert sich als solche in dem Elektrometer und durch den Funken (§. 294).

Theilet man dem Harzkuchen aus dem ersten Leiter einer Maschine positive Elektricität mit, und verfähret übrigens wie oben beschrieben, so zeigt der aufgehobene Deckel des Elektrophors negative E . durch Vertheilung. Die Stärke des Elektrophors fällt desto größer aus, eine je größere Oberfläche man ihm giebt. Lichtenberg in Göttingen hatte Elektroden von 5 und mehr Fuße im Durchmesser gebauet, woraus π Funken, wie aus sehr starken Elektrisirmaschinen zog. So große Elektrophore sind indessen unbequem zu handhaben. Man bedienet sich jetzt des Elektrophors nur da, wo man einen Vorrath nicht sehr starker El . längere Zeit erhalten will. Die Dauer der Elektricität in dem Elektrophor erklärt sich daraus, weil der Deckel bloß durch Vertheilung elektrisirt wird, wodurch sich die elektrische Kraft des Harzkuchens nicht erschöpft. — Berührt man den Deckel bey'm Aufheben mit dem

Gelenke eines Fingers, während man mit einem andern Finger derselben Hand die Basis, oder deren Rand bey a oder h an dauernd berührt, so erhält man einen stärkern Funken die Gelenke der Finger erschütternd. Die El. auf der obern Fläche des Harzkuchens bringt nämlich durch Vertheilung auf der untern Fläche die entgegengesetzte hervor, und diese wirkt ebenfals auf die Basis a h, wie die obere auf den Deckel o f, daher beide einander entgegengesetzte Electricitäten, durch ihr Streben nach Gleichgewicht den Funken verstärken. Diese Bemerkung führet uns zur Verstärkungsflasche.

Von der verstärkten Electricität.

§. 299.

Die einfachste Art den berühmten Leidner Versuch mit der verstärkten Electricität darzustellen, erläutert Fig. 217. AA ist eine dünne gut isolirende Glasstafel, auf beidern Seiten BB, DD mit Stanniol belegt, jedoch so, daß rund herum bey AA ein etliche Zolle breiter Rand unbesetzt bleibt. Wir wollen uns die Glasstafel auf einem isolirenden Fußgestelle ruhend denken. Die vordere Belegung BB sey mit dem positiven Conductor einer Elektrirmaschine, die hintere DD mit dem Boden leitend verbunden. Stehen die Kugeln C und E in kleinen Entfernungen von den Belegungen ab, so sieht man beim Umdrehen der Maschine Funken von C nach BB, und von DD nach E schlagen. Die Funken nehmen an Stärke ab, und hören, je nach der Wirksamkeit der Maschine, früher oder später ganz auf. Jetzt ist die Platte mit verstärkter Electricität geladen. Entfernt man die beiden Leiter, berührt die hintere Belegung mit dem Finger der einen Hand, und bringt einen Finger der andern Hand der vordern Belegung nahe genug, so springt ein heftiger Funke hervor, welcher mit einer Erschütterung durch die Nerven und

Druck empfunden wird, und die Platte ist nun wieder entladen. Der Nervenschlag fällt desto stärker aus, je größer die belegte Oberfläche der Platte war.

Um besser zu übersehen, in welchem Zustande sich die geladene Platte befindet, wollen wir dieselbe auf ihrem isolirenden Gestelle von beiden Leitern entfernen, und mit jeder Belegung ein Elektrometer verbinden, so wird das an der vordern Belegung BB positive Electricität, das an der hintern DD negative Electricität zeigen. Berührt man eine Belegung allein, so erhält man einen kleinen stehenden Funken, das Elektrometer dieser Belegung sinkt herab, und das der entgegengesetzten steigt mehr an. So rührt man so abwechselnd bald die eine, bald die andre Belegung, so kann man die Platte nach und nach, und ohne Erschütterung entladen. Dies beweiset, daß die beiden belegten Seiten der Glasplatte die entgegengesetzten Electricitäten in einem verdichteten, aber gebundenen Zustande, enthalten, und der Vorgang bey dem Laden erkläret sich auf folgende Weise. Indem ein positiver Funke aus dem ersten Leiter in die Belegung BB überströmet, verbreitet er sich durch dieselbe auf der Oberfläche des Nichtleiters, und wird hier gebunden, indem er vertheilend auf die natürliche Electricität der Glasplatte, anziehend die $-e$, abstoßend die $+e$, wirkt. Hierdurch wird die hintere Belegung DD genöthiget $+e$ an den Boden abzugeben, und dagegen $-e$ aufzunehmen, welches sich auf der hintern Seite der Glasplatte verbreitet, und durch seinen Zug gegen das $+e$ der vordern Seite bindet. So wird der freien positiven Electricität des ersten Leiters Gelegenheit gegeben, auf neue in die vordere Belegung BB einzuströmen, und diesem neu eingeströmten Antheil ergeht es eben so, wie dem erstern, d. i. er bringt her-

vor und erleidet dieselben Modificationen auf der entgegengesetzten Seiten der Glasplatte. Dieß geht so fort, bis endlich die Spannkraft der Electricität auf der positiven Seite der Platte mit der Spannkraft des ersten Leiters der Maschine in das Gleichgewicht kommt. Daß dieß wirklich eintreten müsse, lehrt nicht bloß die Erfahrung, sondern es folget auch aus der Theorie, weil die Spannkraft der Maschine auf die ihr um die Dicke des Glases näher liegende Belegung stärker wirkt, als auf die fernere; daher das $-e$ der letztern nicht alles $+e$ der erstern binden kann. Macht man eine leitende Verbindung zwischen beiden Belegungen, so erfolgt die Entladung plötzlich, durch das Streben der entgegengesetzten Electricitäten nach Einigung und Gleichgewicht.

Bei einer sehr stark geladenen Platte von großer belegter Oberfläche ist indessen das elektrische Gleichgewicht durch die Entladung nicht vollständig hergestellt, sondern jener Ueberschuß der positiven Seite bringt durch seine vertheilende Kraft wieder eine neue, obwohl schwächere Ladung hervor, welche man das residuum genannt hat. Ist die nicht leitende Glasplatte sehr dünne, und die Wirkung der Maschine stark, so geschieht es bisweilen, bei schneller Ladung, daß die positive Electricität der einen Seite sich mit Durchbohrung des Glases einen Weg zur negativen der andern Seite bahnet. Eine solche Platte kann dann nicht ferner geladen werden. Stellet man zwei oder auch mehrere auf die beschriebene Weise zugerichtete Glas tafeln, parallel auf isolirenden Gestellen hinter einander, verbindet darauf jede hintere Belegung der vorhergehenden Platte mit der vordern der folgenden, und die hintere Belegung der letzten Platte leitend mit dem Boden, so laden sich alle Platten zu gleicher Zeit, indem man die erste lädet, jedoch in abnehmender Stärke.

Da die Aufstellung mehrerer Platten etwas unbequem ist, so bedient man sich gewöhnlich, statt derselben belegter Glasflaschen. Siehe Fig. 218. Sie sind am besten ganz cylindrisch oben offen, nur mit Deckeln von wohl getrocknetem und gefirnißtem Holz geschlossen, durch diese gehen metallne

mit Knöpfen a b versehenen Drähte ac bc zu einem Schloß herab. Die äussere Leitung cd einer Belegung cd ef bis d und e . Bei man mehrere Drähte zugleich laden. In verbindet man die in den inneren Belegungen führenden Drähte durch einen Zwischenleiter e , und die äusseren Belegungen cd durch, daß man alle Drähte auf ein mit Eisenblech überzogenes Brett neben einander legt. Verbindet man hienach die in inneren Belegung führende Leiter mit der Erde, die äussere Belegung mit dem Zeden, oder dem neyarden Inductor der Maschine, so laden sich alle Drähte, deren Vereinigung man eine elektrische Batterie nennt, zugleich, und lassen sich auch zugleich auf die schon beschriebene Weise entladen.

Um den Schlag nicht durch den Körper zu erhalten, so dienet man sich verschiedner Auslader.

Wie Fig. 219 sind zwei mit Knöpfen versehene Drähte welche bey e in einem Scharnier beweglich sind, und bey d durch eine isolirende Handhabe gehalten werden können. Um man eine Flasche entladen, so bringt man b mit der äusseren Belegung in Berührung, und nähert den Knopf a , der Knopf die mit der innern Belegung in Verbindung steht, bis zur Schlagweite. Ist die elektrische Ladung nicht allzu stark, so kann man selbst die Drähte ac , ab des Ausladers mit den Händen anfassen, ohne etwas von dem Schlag zu empfinden, wegen der vorzüglich leitenden Kraft der Metalle. Sicherer fasset man den Auslader bey der isolirenden Handhabe. Um den elektrischen Schlag mit Bequemlichkeit durch verschiedne Körper führen zu können, dienet der sogenannte allgemeine Auslader Fig. 220. fa , eb sind zwei isolirte mit Knöpfen oder auch Spitzen versehene Drähte (die Spitzen sind innerhalb der Knöpfe angebracht, und kommen zum Vorschein, wenn man die Knöpfe abschraubt). Die Drähte sind auf Glasfüßchen isolirter, und bey m und n verschiebbar, und auf und nieder beweglich. Unter den Drähten befindet sich ein isolirtes Tischchen hd , auf das man den Körper, durch welchen man den Schlag leiten will, zwischen a b stellet. Darauf bringt man das Ende e mit der äussern, das entgegenstehende f mit der innern Belegung in Verbindung.

Wir wenden uns nun zu den Wirkungen, welche man durch die künstlich erregte und verstärkte Electricität hervorgebracht hat.

Wirkungen der Electricität.

§. 300.

Die Wirkungen der Electricität äuffern sich in der Regel nur bey dem Uebergang von einem Körper zu dem andern, und zwar desto stärker, je mehr Widerstand die übergehende Electricität findet. Die Wirkungen der El. sind nervenreizend auf belebte Körper, bey großer Stärke lähmend und selbst tödlich. Auf die übrigen Körper wirkt die Electricität theils mechanisch, theils chemisch. Die Anwendung des elektrischen Nervenreizes zur Hebung mancher Krankheiten müssen wir als unserm Zweck fremd übergehen.

Die sogenannten mechanischen Wirkungen der E. lassen sich leicht durch folgende Versuche nachweisen.

Man stelle zwischen die beiden Knöpfe oder Spitzen a b des allgemeinen Ausladers eine dünne Glastafel, oder ein Stückchen trocknen Holzes (1 Zoll lang $\frac{1}{2}$ Zoll dick) und lasse den Schlag aus einer stark geladenen Flasche durchgehen. Das Glas wird da, wo es der elektrische Funke durchbohret hat, eine kleine kreisrunde Oeffnung zeigen, und rund um ganz zer-malmt erscheinen. Das Stückchen Holz zerspaltet in zwei oder mehrere Stücke, indem es, der elektrische Funke durchdringt. Ganz ähnliche Wirkung bringt der Blitz im Großen hervor, wenn sich seinem Wege Holz oder Mauerwerk entgegensezet.

Man nehme eine etwa 6 Zoll lange $\frac{1}{2}$ — 1 Zoll weite starke Glasröhre, verschliesse sie an beiden Enden fest mit Propfen, stecke durch jeden Propfen einen Metalldrath, welcher in der Mitte der Glasröhre $\frac{1}{4}$ Zoll weit von einander abstehet, überdieß befestige man in einem der Propfen eine ∞ förmig gekrümmte Glasröhre, welche mit ihrem äuffern Ende in eine Schaal mit Wasser reicht, und lasse nach dieser Zurüstung den elektrischen Funken von einem Drath zum andern überschlagen. Die ausdehnende Kraft des elektrischen Funkens reibt einen Antheil Luft zur Röhre hinaus, und dagegen tritt Wasser durch den Druck der Atmosphäre hinein. Wählet man statt der weiten Glasröhre eine enge nur einige Linien weite,



die man ganz mit Wasser gefüllet, und fest an beiden Enden verstopft hat, und läßt vermittelst zweier Metalldräthe einen elektrischen Schlag durch das Wasser gehen, so wird merktlich die Glasröhre zerschmettert. Viele andere ähnliche Versuche der Art beschreibt Singer in seiner Electricitätslehre, auf die wir hier der Kürze wegen verweisen.

Beispiele von der Wärme und Licht erregenden Kraft der Electricität geben folgende Versuche. Man lasse nicht allzu starke elektrische Funken wiederholt über die Kugel eines empfindlichen Thermometers schlagen, und man wird die Quecksilbersäule ansteigen sehen.

Man lasse den Funken aus dem Conductor einer kräftig wirkenden Elektrirmaschine, auf eine Schale mit etwas erwärmtem Weingeist schlagen, indessen man die Schale leiterweise mit dem Finger berührt, so wird sich der Weingeist entzünden. Noch leichter entzündet sich durch den geringsten elektrischen Funken das Knallgas in der elektrischen Pistole.

Um Feuerschwamm, Schießpulver und andere leicht Feuer fangende Körper durch den elektrischen Funken zu zünden, ist es dienlich, indem man diese Körper zwischen die Dräthe des allgemeinen Ausladers bringt, die zur innern Belegung führende metallische Leitung durch einen einige Zolle langen naß gemachten Faden zu unterbrechen, übrigens aber den Schlag aus einer recht stark geladenen Flasche zu nehmen. Der feuchte Leiter bietet dem Durchgang der elektrischen Flüssigkeit mehr Schwierigkeiten dar, und giebt dadurch Gelegenheit zu einer stärkern Wärmeentbindung; auch verhindert er die Heftigkeit der Explosion, wodurch die frei liegenden Pulverkörnchen leicht zerstreuet werden. In Patronen eingeschlossenes Schießpulver, besonders wenn es mit etwas Eisenfeile gemengt ist, wird viel leichter durch den elektrischen Funken entzündet.

Ob die Licht- und Wärmeerscheinungen des elektrischen Funkens, durch die Vereinigung der entgegengesetzten Electricitäten an sich oder nur durch die damit verbundene starke Compression der Luft hervorgebracht werden, ist noch nicht mit völliger Gewißheit ausgemacht. Unserer Ueberzeugung nach wirkt beides zusammen. Dafür sprechen besonders die elektrischen Lichterscheinungen im luftleeren Raume.

Man fette in die obere Oeffnung einer Glasglocke einen Drath ein, der sich in der Mitte der Glocke in eine Kugel endiget, der untere Rand der Glocke sey eben abgeschliffen auf den Keller der Luftpumpe passend. Evacuiret man die Glocke

von Luft bis zu einigen Linien des Elasticitätsmessa; setzt darauf das obere Ende des Drathes mit dem Conductor der Elektrirmaschine, den Zeller der Luftpumpe leitend mit dem Boden, in Verbindung und elektrisiret, so strömt ein purpurfarbiges Licht rund um von der Kugel nach den Wänden der Glasglocke, und nach dem Zeller der Luftpumpe. Unterbricht man die Verbindung zwischen dem Drath und dem Conductor, damit bey dem Umdrehen der Maschine einzelne Funken auf den Drath schlagen, so erscheint auch der farbige Lichtstrom im Innern der Glasglocke unterbrochen, aber bey jedem Funken desto lebhafter.

Man richte eine Glasröhre wie Fig. 123 hieB zu, schmelze in die obere Oeffnung bey h einen feinen Platinadrath hermetisch ein, fülle darauf den Schenkel der Röhre hi mit Quecksilber und koche dasselbe wie in einem Barometer aus. Schraubt man diesen Apparat, wie es die Figur andeutet, auf die Luftpumpe und evacuiret, so bildet sich in der Röhre hi, indem das Quecksilber aus derselben in den Cylinder e ansteigt, die vollkommenste toricellische Leere. Lasset man darauf elektrische Funken auf den Drath bey h schlagen, oder setzt diesen unmittelbar mit dem ersten Conductor in Verbindung, so strömt ein hellgrünes Licht durch die toricellische Leere, von h bis i, so wie ein purpurfarbiges durch die Leere der Luftpumpe von e bis B. Es ist nicht wahrscheinlich, daß ein so ausserordentlich dünner Körper, wie die Quecksilberdämpfe in dem vollkommensten toricellischen Vacuum, so viel Widerstand leiste, um die Lichterscheinungen zu bewirken, wohl aber müssen wir ihm die Modificationen des farbigen Lichts zuschreiben.

Man nehme eine Stahlnadel NS Fig. 221 und lege sie so zwischen die Bindungen eines mit Seide übersponnenen Clavierdrathes, daß ab über der Stahlnadel cd unter derselben de wieder darüber ef darunter u. s. w. herlaufe. Lasset man darauf den Funken einer stark geladenen Flasche von a nach y durch den Drath gehen, so wird die Stahlnadel magnetisiret, und zwar bey N der Nordpol, bey S der Südpol seyn. Hätte man den positiven Funken von y nach a durch den Drath schlagen lassen, so würden die magnetischen Pole in umgekehrter Ordnung liegen. Wir werden auf diesen von Arrago entdeckten merkwürdigen Versuch zurückkommen, wenn wir unten von dem Elektromagnetismus reden.

Unter den chemischen Wirkungen, welche die Electricität hervorbringt, ist die ausserordentliche Kraft, mit welcher ein

Starker elektrischer Funke die Metalle zu schmelzen und oxydiren vermag, eine der merkwürdigsten. Man klebe auf eine Glasröhre einen schmalen Streifen Blattgold, Blattsilber, Kupfer, Zinn u. s. w. bringe einen solchen Streifen zwischen die Enden des allgemeinen Ausladers und lasse einen starken elektrischen Entladungsdurchfahren, so ist in demselben Moment das Metallblättchen eingeschmolzen, theils oxydirt und als Rauch zerfliehet. Ist die Maschine stark und kräftig wirkend, um eine elektrische Batterie von 12 und mehr Quadratzußen Belegung damit laden zu können, so lassen sich nicht bloß dünne Metallblättchen, sondern auch Clavierdräthe von mehreren Zollen Länge schmelzen und oxydiren.

Die Kraft der Maschinenelektricität chemische Zerlegungen hervorzubringen, läßt sich nach Wallaston am leichtesten durch folgenden Versuch darthun. Man schmelze in zwei Glasröhren zwei feine Platinadräthe ein, schneide und schleife die Dräthe außen an dem zugeschmolzenen Ende der Glasröhren dermaßen ab, daß nur ein metallischer Punct die Verbindung nach außen ausmacht. Den inneren Theil der Platinadräthe setze man mit dicken Dräthen, in eine gute leitende Verbindung. Nun stelle man die beiden Glasröhren in ein Gefäß mit Wasser, so daß die beiden Platinaspitzen gegen einander gekehrt einige Linien von einander abstehen, und lasse elektrische Funken von einer zur andern überschlagen. Hierdurch entsteht eine Wasserzersetzung; an der positiven Spitze kommt Sauerstoffgas, an der negativen Spitze Wasserstoffgas zum Vorschein. Wir werden diesen und andere ähnliche Versuche auf eine vollständigere und leichtere Art durch die voltaische Säule dargestellt sehen.

Von den Gewitterableitern.

S. 301.

Die große Aehnlichkeit, welche man zwischen den Wirkungen des Blitzes und dem künstlich verstärkten elektrischen Funken entdeckt hat, mußte bald auf die Vermuthung leiten, daß beiden Wirkungen einerlei Ursache zum Grunde liege, welche Vermuthung durch Franklin's und anderer

Naturforscher Beobachtungen, die die Electricität der Luft und der Gewitterwolke durch isolirte Ableiter zur Erde führten, zur Gewißheit wurde. Dieß gab uns die wohlthätige Erfindung der Wetterableiter.

Ein Wetterableiter besteht aus zwei Haupttheilen, dem Auffänger, (Blißfänger) und der Ableitung.

Der Auffänger besteht am besten aus einer conisch zugespitzten eisernen Stange, welche sich über die höchsten Theile des Gebäudes wenigstens 12 Fuß, besser 20 bis 25 Fuß hoch erhebt (man rechnet nach der Erfahrung den Radius der Wirksamkeit einer Spitze ihrer doppelten Erhebung über das Gebäude gleich). Der höchste Theil des Auffängers, die eigentliche Spitze, ist auf eine Länge von 2 Fuß am besten Kupfer und im Feuer vergoldet, der ganze untere Theil der Stange besteht aus gutem geschmiedeten Eisen, welches bey der oben angegebenen Höhe wenigstens 24 Linien Stärke haben muß. Die Auffangstange wird unten durch ein gabelförmiges Stück Eisen mittelst Schrauben oder auf andere Art so fest mit dem Gespärre des Daches verbunden, daß sie weder durch die Gewalt des Wetterstrahles noch vom Sturm herabgerissen werden könne.

Der Ableiter ist eine von dem untern Theile der Auffangstange ausgehende ununterbrochene bis in den Boden herabführende metallische Leitung. Bedient man sich dazu, wie gewöhnlich einer Eisenstange, so soll sie wenigstens 7 bis 8 Linien im Quadrat haben. Die Ableitung läuft auf eisernen Krampen ruhend parallel über der Firste des Daches in einer Entfernung von 4 — 6 Zollen her, wo Schornsteine sind erhebt sie sich an denselben und läuft über das Gesimse derselben weg. Endlich wird die Ableitung an einer Wand des Gebäudes, (am besten der Wetterseite) parallel in gleicher Entfernung, wie über der Firste des Daches, zum Boden herabgeführt, und wenn ein Brunnen in der Nähe ist bis unter den tiefsten Wasserspiegel desselben versenkt. In Ermangelung alles Wassers grabt man in einiger Entfernung von dem Gebäude ein 10 — 15 Fuß tiefes Loch, senkt den Ableiter mitten hinein, und umgiebt ihn mit Kohle. Die Kohle wirkt auf doppelte Art vortheilhaft, sie leitet die Electricität und schützt das Eisen gegen den Rost. In letzterer Hinsicht ist es nöthig alle Theile des Wetterableiters, die kupferne Auffangspitze abgerechnet, mit einem guten

Bedürfniß zu überzeuhen. Hat das Gebäude eine solche Länge, daß eine Anfangsleiter nicht volle Sicherheit gewährt, so müssen mehrere in schieflichen Entfernungen von einander errichtet werden; von jeder werde eine Ableitung auf jedem Wege zum Boden geführt, und alle diese unter einander auf der Firße des Daches leitend verbunden. Bringt sich große Eisen, oder andere Metallmassen innerhalb des Gebäudes, so sollen auch diese mit dem Ableiter in Verbindung gesetzt werden.

Vorsichtsregeln bey einem Gewitter.

Befindet man sich zur Zeit eines nahen und schweren Gewitters in einem ungeschützten Gebäude, so trete man nicht in offene Fenster oder Thüren, weil der Mensch in einer solchen Oeffnung den besten Leiter abgiebt; aus gleichem Grunde halte man sich von den Wänden besonders den rauchenden Kaminen eines Gebäudes entfernt in der Mitte eines geräumigen Zimmers in nicht großer Gesellschaft auf. Im Freien wandele man entweder seines Weg's gelassen fort, oder wenn man Schutz suchen will, so suche man ihn nicht dicht unter hohen Bäumen, sondern in einiger Entfernung von denselben hinter die Wetterseite.

Denjenigen unserer Leser, welche sich näher über die Einrichtung der Wetterableiter und die darüber angestellten Erfahrungen unterrichten wollen, sind folgende Schriften zu empfehlen. J. Hemmers Anleitung Wetterableiter an allen Gattungen von Gebäuden anzulegen. Offenbach 1786. Reimarus neuere Erfahrungen vom Blig. Hamburg 1794. Anweisung zur Errichtung der Bligableiter in Frankreich von der Akademie der Wissenschaft approbiret im Jahr 1823 in Poggenдорfs Annalen der Physik 1. B. 1824.

Von der Berührungselektricität (galvanischen, voltaischen Elektricität).

§. 302.

Galvani hat zu Ende des vorigen Jahrhunderts's, als er sich mit Versuchen über die Reizbarkeit der Nerven beschäfti-

gte, zufällig die Entdeckung gemacht, daß ungleichartige Metalle, wie Silber und Zinn, welche unter sich und zugleich mit Nerven und Muskeln in Berührung stehen, einen eigenthümlichen Nervenreiß erregen, welcher in den Muskeln Zuckungen, und in den verschiedenen Sinnesorganen die ihnen eigenthümliche Gefühle hervorbringt. Man bringe z. B. eine Silbermünze unter die feuchte Zungenspitze, darüber eine Zinkplatte, und setze beide in metallische Berührung, so wird man in demselben Augenblick einen sauren Geschmack auf der Zunge, und durch Consensus der Zungennerven mit den Sehnerven einen Blitz vor den Augen empfinden. Daß die wahre Ursache dieses sogenannten galvanischen Reizes Electricität sey, erkannte und bewies zuerst Alexander Volta, und bereicherte zugleich diese Lehre durch die Entdeckung der von ihm benannten voltaischen Säulen. Wir wenden uns daher sogleich zu der Darstellung, wie wir sie diesem Naturforscher verdanken.

§. 303.

Man nehme eine 2 bis 3 Zoll im Durchmesser haltende kreisförmige, recht eben geschliffne Zink- und Kupferplatte, versehen jede dieser Platten auf einer Seite, nach Art eines Condensatordeckels, mit einer isolirenden Handhabe. Legt man nun beide Platten mit ihren abgeschliffenen Seitenflächen auf einander, berührt die eine derselben, z. B. die Kupferplatte ableitend mit dem Finger, hebt dann die Zinkplatte an ihrem isolirenden Handgriff auf, und führt sie zu einem empfindlichen Elektrometer, so wird man eine Spur positiver Electricität gewahr werden. Berührt man die Zinkplatte, indem sie auf der Kupferplatte ruht, ableitend mit dem Finger, und führt darauf die isoliret abgehobene Kupferplatte zum Elektrometer, so zeigt



sich eine Spur negativer Electricität. Ziel demnach werden diese schwachen elektrischen Spannkraften, wenn sie mit Hilfe eines Condensators durch wiederholte Berührungen des Deckels, mit der isolirt aufgehobenen Metallplatte verdichtet, und dann den Condensatordeckel dem Elektrometer führt. Volta giebt von dieser Erregung folgende Erklärung nach der Hypothese von der elektrischen Flüssigkeit. Wenn zwei in Hinsicht ihrer Oxydabilität verschiedene Metalle in wechselseitige Berührung kommen, so entzieht das oxydablere Metall durch eine ihm eigenthümliche Kraft, dem minder oxydableren einen Antheil seiner natürlichen Electricität, und wird auf seine Unterseite positiv elektrisch, indessen dieses negativ elektrisch wird. Verbindet man in diesem Zustande das negativ elektrisch gewordene Metall leitend mit dem Boden, so nimmt es die Electricität von diesem auf und theilt dieselbe wieder mit dem positiven Metall, daher dessen elektrische Flüssigkeit an Dichtigkeit zunimmt, aber in einem gebundenen Zustande sich befindet, so lange beide Metalle in Berührung bleiben. Erst wenn man das positive Metall an seiner isolirenden Handhabung von dem negativen entfernt, kann sich dessen Electricität als freie an dem Elektrometer äußern. Immer aber bleibt die durch bloße Berührung zweier Metalle hervorgerufene Electricität von sehr geringer Spannkraft gegen die durch Reibung erzeugte. Volta nennt die eigenthümliche Kraft der Metalle durch bloße Berührung Electricität hervorbringen, ihre erregende Kraft, und die Metalle selbst Erreger der El. (Elektromotoren) auch Leiter der ersten Classe, dagegen Wasser, wässrige Salzlösungen und andere Körper, welche zwar die El. fortleiten aber nicht, oder nur in einem viel geringern Grade, durch Berührung erregen, Leiter der zweiten Classe.

Im Sinne des dualistischen Systems muß man sich die Erregung der Elektricität durch die Berührung heterogener Metalle so vorstellen. Der Zink oder das positive Metall entzieht dem Kupfer oder dem negativen Metall einen Antheil seiner positiven E ., indessen dagegen dieses jenem einen gleichen Antheil negativer E . raubt, wodurch die beiden Metalle in den entgegengesetzten elektrischen Zustand übergehen. Wir wollen hier, einmahl für immer, die Bemerkung machen, daß überall, wo durch die Berührung Elektricität erregt wird, man sich im Sinne des dualistischen Systems einen doppelten elektrischen Strom der beiden Elektricitäten in entgegengesetzten Richtungen, statt eines einfachen elektrischen Stromes nach einer Richtung denken müsse, um die Voltaische Erklärungsart (an die wir uns der Kürze wegen in der Folge öfters halten werden) dem dualistischen Systeme anzupassen.

Vergrößert man die Oberflächen der sich berührenden Metallplatten, so muß man sich die Erregung der E . in jedem physischen Berührungspuncte denken, daher die Mengen der entgegengesetzten E . in beiden Platten mit der Größe der Oberfläche wachsen, nicht aber die Spannkkräfte, wie die Erfahrung bestätigt.

Construction der elektrischen Säule.

§. 304.

Wenn man drei Metallplatten in folgender Ordnung: Kupfer, Zink, Kupfer oder Zink, Kupfer, Zink in Berührung bringt, so äußern sie nach Volta keine Zeichen von Elektricität, weil die entgegengesetzten erregenden Kräfte der gleichartigen äußern Metalle, auf das mitten inne liegende sich wechselseitig aufheben. Bringt man aber zwischen zwei Plattenpaare von Kupfer und Zink einen Leiter der zweiten Classe in folgender Ordnung: $K.$, $Z.$, Leiter $K.$, $Z.$; so wird die positive E . des untern Zink's, und die negative E . des obern Kupfers gerade doppelt so groß, als bey einem Plattenpaare seyn. Dieß ist die wichtige Entdeckung Volta's, welche ihn auf die Construc-

tion der elektrischen Säule ist, und der folgende Ende ist nach S. folgender. In jedem Plattenpaar hält das Zink durch Erregung einen Theil E . des Kupfer und wird dadurch positiv, wie das Kupfer negativ. Das negative Kupfer des untern Paares wirkt auf den Leiter der zweiten Klasse anziehend, aber nicht auf das positive Zink des obern Plattenpaares, = ihm einen Theil E . und führt denselben durch Erregung zur untern Zinkplatte, dagegen tritt das Kupfer durch neue Erregung einen zweiten Theil an das mit ihm in Berührung befindliche Zink ab. erhalten die beiden äußern Metallplatten einen beider Theil entgegengesetzter Electricität, die beiden in der Mitte aber, durch den Leiter der zweiten Klasse getrennten einen einfachen Theil. Schichtet man eine unbestimmte Anzahl ($= n$) Plattenpaare mit Leitern der zweiten Klasse in ähnlicher Ordnung auf einander, so werden die äussern Plattenpaare die n fache entgegengesetzte elektrische Spannung von derjenigen zeigen, welche das mittlere Plattenpaar hat, und die Stärke der elektrischen Spannung hängt von der Zahl der Plattenpaare ab. Man nennt die entgegengesetzten Enden einer elektrischen Säule ihre Pole, und zwar das Zinkende den positiven, das Kupferende den negativen Pol. Die Säule ist in Hinsicht der Wirkungsart einer elektrischen Säule nicht gleichgültig, von welcher Beschaffenheit der zwischen die Erreger gebrachte Leiter der zweiten Klasse sey. Wir werden von den etwas später durch Zamboni entdeckten trocknen elektrischen Säulen zuerst reden, da sie die elektrischen Erscheinungen unvermengt mit den chemischen Wirkungen darstellen.

Zambonische oder trockne Säule.

Man baue zu dem Ende eine Säule in folgender Ordnung auf, Kupfer, Zink, Papier; Kupfer, Zink, Papier

f. w. Dieß geschieht leicht auf folgende Weise. Man bringe einige Bögen von dem sogenannten Gold- und Silberpapier (eigentlich Kupfer- und Zinkpapier) mit den Papierseiten an einander, und nachdem der Leim trocken geworden ist, verfertige man sich daraus kleine Kreißscheibchen etwa von $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, wähle eine trockne gut isolirénde Glasröhre von gleichem Durchmesser und schichte in dieselbe die Papierscheibchen (je mehr desto besser), die Kupfer- und Zinkseiten immer nach derselben Gegend gekehret über einander. Ist die Glasröhre ganz damit angefüllet, so bringe man die äußerste Kupferseite noch mit einer Zinkplatte, und die äußerste Zinkseite noch mit einer Kupferplatte, welche zugleich als Fassungen für die Glasröhre dienen können, in metallische Berührung. Die metallenen Fassungen geben die beiden Pole der isolirten Säule. — Setzt man jeden Pol mit einem Elektrometer in Verbindung, so zeigt der Kupferpol negative Elektricität, der Zinkpol eine gleich starke positive Elektricität. Nimmt man die Elektricität des einen Poles weg, so verstärkt sich die elektrische Spannkraft des andern Poles nahe um das Doppelte. Dieß ist die Folge der aufgehobenen Atmosphärenwirkung der beiden Pole auf einander. Die ganze Säule zeigt jetzt nur eine gleichartige Elektricität, und deren Spannkraft wächst von dem leitend mit der Erde verbundenen Pole zum isolirten Pole von Null an in einer arithmetischen Reihe.

Verbindet man beide Pole leitend, so kommt das Elektrometer eines jeden Poles auf Null; dieß heißt der geschlossene Zustand der Säule. Hebt man die leitende Verbindung zwischen beiden Polen wieder auf, so stellet sich die elektrische Spannkraft in jedem Pole nach einiger Zeit wieder her, desto langsamer, je trockner und unvollkomm-

ner leitend der zwischen die Erreger geschichtete Boden & Säule ist. Wird eine trockne Säule gut isolirt erhalten, so erhält sich ihre Electricität Monate und so lang in fast gleicher Stärke, und wechselt nur mit elektrischen und isolirenden Beschaffenheit der Luft nach Maassen ab.

Hängt man zwischen zwei in entgegengesetzter Richtung aufgebauten trocknen Säulen einen leicht beweglichen Feder auf, so spielet derselbe zwischen den entgegengesetzten Enden der beiden Säulen immer hin und her, so lange die Enden in ihrem elektrischen Zustande beharren. Dieß ist das elektrische perpetuum mobile. Auch beruht auf diesem Grunde die Einrichtung des oben beschriebenen Bohnenbergschen Elektrometers.

Da die Oxidation der auf einander geschichteten Metallplättchen in der trocknen Säule äußerst gering ist, so erneuert sich die elektrische Wirkung durch Erregung stets fort, wenn wohl mit langsam abnehmender Stärke.

Wir wenden uns nun zur eigentlichen voltaischen, oder naß gebaueten Säule.

Voltaische Säule (hydroelektrische Säule).

S. 305.

Um die voltaische Säule aus Kupfer, Zink und feinsten Leitern mit mehr Bequemlichkeit aufbauen zu können, treffe man folgende Einrichtung. Man löthe je eine Kupfer- und Zinkplatte von wenigstens 2, besser 3 bis 4 Zoll im Durchmesser mit Zinn zusammen, so daß die einander berührenden Metallflächen vor der Oxidation geschützt bleiben. Hat man sich 50, 100 oder noch mehr solcher Plattenpaare zugerichtet, so schneide man eben so viele Pappscheibe oder Tuchlappen von gleicher Größe, oder auch

einige Linien kleiner als die Metallplatten zu. Nun lasse man einen Rahmen von gut getrocknetem und gefirnißtem Holz verfertigen, wie es Fig. 222 zeigt. Auf die Fußplatte des Rahmens kütte man ein paar Glasplatten A, A fest, auf welchen die Säule isoliret aufgebaut werden kann. Sobald die Zahl der Plattenpaare 50 übersteiget, ist es besser die Säule in zwei Theile zu trennen, daher die beiden Platten A, A nöthig werden. Durch den obern Theil des Rahmens gehen zwei Schrauben F, G welche durch zwei bewegliche Glasplatten Q, Q die obern Enden der Säule fest und isoliret halten. Das unterste Plattenpaar von Kupfer und Zink muß, wenn die Säule aus zwei Theilen gebauet werden soll, nicht über sondern neben einander, vermittelst eines Metallstreifens gelöthet seyn. Der Aufbau geschieht dann in folgender Ordnung: rechter Hand, Kupfer, feuchter Leiter, Zink, Kupfer; linker Hand, Zink, feuchter Leiter, Kupfer, Zink. Auf die Art erhält man oben linker Hand den Zink- oder positiven Pol, rechter Hand den Kupfer- oder negativen Pol. Es ist vortheilhaft, wenn man von den beiden obern Platten zwei an dieselben gelöthete Streifen von Kupfer und Zink p', p gegen einander hervortreten läffet. Die beiden Streifen endigen sich bey p' p in ein paar Häkchen oder haben Vertiefungen, worin man einige Tropfen Quecksilber bringt. Diese beiden Stellen sind dann als die Pole der Säule zu betrachten, wo die entgegengesetzten elektrischen Kräfte concentrirt sind. Die feuchten Leiter der Säule bestehen aus Papp- oder Luchscheiben, welche mit säuerlichem Wasser getränkt sind. (40 — 60 Theile Wasser auf 1 Theil concentrirten Schwefel, Salpeter oder Salzsäure.) Die Salpetersäure wirkt am stärksten, oxydirt aber auch die Platten am schnellsten und läffet dann in der Wirkung.

nach. Andere tränken die Scheiben mit Salz, oder Essigsäurelösung. Sauerliches Wasser möchte schon dem vorzuziehen seyn, weil die dadurch bewirkte Drydation der Platten leichter wegzunehmen ist, als bey dem Salz, die sich durch die Wirkung der Säule in ihre Bestandtheile zerlegen, und zugleich mit dem Dryd an die Platten hängen.

Da die Wirkung einer mit feuchten Leitern aufgeschalteten voltaischen Säule stets desto schneller nachläßt, je kräftiger anfänglich wirkte, und je schneller die Drydation der einzelnen Plattenpaare innerhalb der Säule erfolgt, so hat man zu mancherlei Mittel gedacht, den Bau der Säule so abzuändern, daß man ihn einerseits schneller vollenden, andern Theils die Reinigung der Platten leichter vornehmen könne. Hier wollen wir uns auf die Beschreibung einiger Arten einschränken, die sich als die vorzüglichern bewährt haben.

1) Der von Volta'sten verbesserte Trogapparat.

Man bringe mehrere Kupferplatten Fig. 223 in die Zellen kkk , $k'k'k'$, löthe an k oben durch einen Querstreifen eine Zinkplatte z , an k' auf dieselbe Weise eine Zinkplatte z' , und endlich an k'' die Zinkplatte z'' . Die oberen Querstreifen a , b , c sind zugleich mit Stangen und Schrauben versehen, wodurch der ganze Apparat an einen Querbalken PQ befestigt werden kann, der aus getrocknetem und wohl gefirnissetem Holz bestehen mag. Nun muß man einen mit eben so vielen einzelnen Zellen versehenen Trog von gebranntem Gut, oder dessen Ermangelung von gefirnissetem und mit Harz überzogenem Holz zur Hand haben, als sich Plattenpaare an dem Querbalken PQ befinden, jedoch kommen die äußerste Zinkplatte z , und die äußerste Kupferplatte k'' jede in eine besondere Zelle, welche denn bey p und p' die zwei entgegengesetzten Pole bilden. Füllet man nun die Zellen mit sauerlichem Wasser, versenkt alle Plattenpaare durch die isolirende Vorrichtung PQ , welche auf einem mit verschiedenen Einschnitten versehenen Gestelle ruht, zugleich in die Flüssigkeit, so wird dadurch die Säule auf einmahl in Wirksamkeit gesetzt, welche eben so schnell durch Aushebung der Metallplatten unterbrochen werden kann. Da die innern Zinkplatten auf beiden Seiten dem Einfluß der Kupferplatten ausgesetzt sind, so wird dadurch die Wirkung

dieser Säule bey gleicher Oberfläche gegen die gewöhnlichen stärker. Die Vorrichtung scheint dann besonders vortheilhaft, wenn man der einzelnen Plattenpaare nicht sehr viele, die Oberfläche derselben aber desto größer wählet.

Bemerken wir uns bey dieser Gelegenheit, daß bey den voltaischen Säulen, wie bey den trocknen Säulen die Größe der elektrischen Spannung zwar von der Menge der Plattenpaare, die chemischen Wirkungen der nassen Säulen aber vorzüglich von der Größe der Oberfläche der in Erregung gesetzten Metalle abhängt. Selbst ein einziges Plattenpaar von vielen Quadratfußn Oberflächen durch eine flüssige Säure verbunden, ist im Stande Metalle zu schmelzen und sehr starke chemische, und wie wir bald sehen werden, auch magnetische Wirkungen zu erzeugen.

2) Hare's Calorimotor oder Deflagrator (siehe Berzelius Jahresbericht 1824) ist eine in zwei Tröge vertheilte voltaische Säule, bestehend aus 250 Plattenpaaren von folgender Einrichtung. z z Fig. 224 stellet eine viereckte Zinkplatte von 7 und 3 Zoll Seite, und k k eine rund um dieselbe gebogene Kupferplatte, von oben angesehen dar. Das Zink wird von dem Kupfer durch gefirnißte Holzscheiben in der Entfernung von $\frac{1}{4}$ Zoll fest gehalten. Die in einen Trog gehörigen Plattenpaare, werden dicht neben einander gelegt, und zwischen je zwei kommt eine in Lackfirniß getränkte dünne Pappscheibe. Erst wenn alles so zu einem Ganzen geordnet ist, wird das Zink eines jeden Paares mit dem Kupfer des folgenden verbunden. Die Verbindung von Pol zu Pol wird durch Bleidräthe bewerkstelliget, die an die letzte Kupferplatte angelöthet sind.

3) Der Becherapparat Volta's Fig. 225 ist besonders zu Versuchen im Kleinen sehr bequem. Mehrere Gläser oder Becher 1, 2, 3 werden mit verdünnter Säure gefüllet neben einander oder in einen Kreis gestellet. Vom ersten zum 2ten Becher geht ein zusammen gelötheter Zink- Kupferstreifen, desgleichen vom 2ten zum 3ten Becher u. s. w. Dem Zink des ersten Bechers steht ein bloßer Kupferdrath und dem Kupfer des letzten Bechers ein Zinkdrath gegenüber, welche einzelne Dräthe die beiden Pole der Säule bilden.

Wirkungen der voltaischen Säule

§ 366

Zur Wirkung der auf geschwächten Säule fast be-
 der Art, chemische und chemische. Die chemischen Wir-
 kungen unterscheiden sich bey der voltaischen Säule
 denen bey der trocknen angezündeten Zamboni'schen Säule
 dadurch, daß sie viel schwächer und mit größerer Er-
 hervortreten. Man kann selbst die entgegen-
 einer stark wirkenden voltaischen Säule durch einen un-
 vollkommenen Leiter verbinden, ohne sie völlig ihrer Elek-
 tricität zu entladen, und nach jeder Entladung laden sie i-
 fast augenblicklich wieder. Dieser Unterschied gründet
 auf die vollkommnere Leitungsfähigkeit der naßen Er-
 den, welche der durch die Erregung fortdauernden in
 einzelnen Plattenpaaren erzeugten Electricität gestattet, zu
 großer Geschwindigkeit von Pol zu Pol zu strömen.
 Schon eine kräftig wirkende Säule von 50 Plattenpaaren
 reicht hin, dünne Metallblättchen zu verbrennen. Die beste
 Art, dieß zu bewerkstelligen, ist folgende. Man nehme
 einen durch eine Glas-, oder Siegellackstange isolirten blan-
 ken Metalldrath, tauche die eine Spitze in das Quecksilber-
 tröpfchen des einen Poles, und fahre mit dem an dem
 andere Ende des Anslabedraths geklebten Metallblättchen
 schnell nach dem Quecksilber des andern Poles. Die Spitze
 des Blättchens wird plötzlich mit Hervordrehung eine
 glänzende Flamme, welche bey dem Silber schon grü-
 ist, verbrennen. Die Farbe der Flamme scheint durch
 das glühende Oxyd des Metalles gefärbt zu werden.
 Durch sehr stark wirkende voltaische Säulen kann man auf
 die Weise mehrere Zoll lange Stücke dünnen Metalldrathes
 glühend schmelzen und verbrennen. Das glänzendste, für die

Jürgen kaum zu ertragende, Licht geben zwei Kohlenspitzen, welche man mit den entgegengesetzten Polen einer stark wirkenden Säule durch metallische Leiter verbindet, und dann einander so weit nähert, bis der elektrische Funke zwischen ihnen hervorbricht. Bey dem großen aus 2000 vierzölligen Plattenpaaren bestehenden Apparat der Royal Institution zu London mußten die Kohlenspitzen bis auf $\frac{1}{20}$ Zoll genähert werden, ehe sich Licht zeigte; nach dem sie aber einmahl zum lebhaften Glühen gekommen waren, konnte man sie bis auf 4 Zoll von einander entfernen, und es fuhr doch ein anhaltender Lichtstrom von einer Kohlenspitze zur andern.

Hare und Sillimann erhielten mit dem oben beschriebenen Calorimeter von 250 Plattenpaaren ähnliche starke Wirkungen auf die Kohle. Bewirkte man die Entzündung zwischen Eisen und Kohle im luftverdünneten Raume, so entzündete sich zwischen beiden ein Gasstrom, der Eisenoxyd absetzte. Fuhr der elektrische Strom von einer Kohlenspitze zur andern, so trennten sich Theilchen von der Kohlenspitze des negativen Poles, und sammelten sich an der Spitze des positiven Poles, die fortgeführten Kohlentheilchen schienen Sillimann eine wirkliche Schmelzung erlitten zu haben. (Berzelius macht hierzu die Bemerkung, daß die geschmolzenen Theilchen wohl eine graphitartige Verbindung aus Eisen und Kohle gewesen seyn möchten.) Das Ueberführen der Kohle vom negativen zum positiven Pol scheint in der elektronegativen Eigenschaft der Kohle begründet zu seyn.

Die unvollkommene Entladung einer sehr stark wirkenden voltaischen Säule bot Davy das Mittel dar, die oben von ihm angeführte verschiedene elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle zu bestimmen; denn ein Metall ist ein desto unvollkommener Leiter, je kleiner man seine Länge bey übrigens gleichen Dimensionen wählen muß, um eine vollständige Entladung einer elektrischen Säule zu bewirken. Hierbei fand Davy, daß das elektrische Leistungsvermögen der Metalle durch eine höhere Temperatur vermindert werde, woraus sich folgender höchst interessanter Versuch erklärt. Man entlade eine kraftige elektrische

Säule durch einen 4 — 5 Zoll langen Platinadrenth, der dünne ist, daß er dadurch zum Rothglühen kommt; wenn man darauf eine Stelle des Drahtes durch eine Bismutflamme bis zum Weißglühen, so kommt der übrige Theil des Drahtes aus dem Glühen. Berührt man dagegen den glühenden Draht mit einem Stückchen Eis, so kommt der übrige Theil des Drahtes durch den verstärkten elektrischen Strom bald bis zum Weißglühen. Je geringer die Leitfähigkeit der Metalle ist, desto stärker werden sie von dem elektrischen Strom erhitzt. Die Ordnung der Metalle in dieser Hinsicht ist nach Davy folgende: Eisen, Palladium, Zinn, Zink, Gold, Wey, Kupfer, Silber.

Berührt man mit den befeuchteten Fingerspitzen jeder Hand die beiden Pole einer kräftigen voltaischen Säule zu gleicher Zeit, so empfindet man den elektrischen Stoß durch die Hände ziemlich heftig, selbst dann noch, wenn die beiden Pole der Säule keine merkliche Spannung an dem Elektroskop zeigen. Verbindet man den einen Pol der Säule leitend mit dem Boden, und den andern mit der innern Elektrode einer großen Leidner Flasche, so wird dieselbe in einem Augenblick zu derselben Spannung geladen, als die Säule hat; und wenn man darauf die Flasche mit den Händen berührt, so empfindet man den elektrischen Schlag oft stärker als bey Entladung der Säule selbst.

Dieser Versuch beweiset, daß in einer kräftig wirkenden Säule, bey anscheinend geringer elektrischer Spannung, eine große Menge elektrischer Flüssigkeit in jedem Augenblicke entwickelt wird.

Von den chemischen Wirkungen der voltaischen Säule.

§. 307.

Die chemischen Wirkungen der voltaischen Säule gehen theils im Innern der Säule selbst, theils in dem Schließungskreis vor, wenn derselbe unvollkommen leitend, und besonders wenn er durch feuchte Leiter unterbrochen ist. Die chemischen Wirkungen im Innern der Säule bieten,

Wenn bloßes Wasser zur Benetzung der Papp- oder Zuchtscheiben gewählt worden ist, folgende Erscheinungen dar. In der Kupferseite eines jeden Plattenpaares entbindet sich in Berührung mit dem feuchten Leiter Wasserstoffgas, dagegen oxydirt sich die Zinkseite des entgegengesetzten Plattenpaares, und dieß geschieht minder stark bey isolirten Polen, am stärksten wenn beide Pole durch einen metallischen Leiter verbunden werden. In diesem Falle bemerkt man, wenn die Säule kräftig wirkt, daß ein Theil des Zinkoxyds durch die feuchten Zuchtscheiben zum Kupfer des entgegenstehenden Plattenpaares geführt und hier metallisch reducirt wird, manchemahl sogar als eine Messinglegirung erscheint. Setzt man eine voltaische Säule während ihrer vollen Wirksamkeit unter eine mit atmosphärischer Luft gefüllte und durch Wasser gesperrte Glasglocke, so bemerkt man eine Verschluckung von Sauerstoff, welche sich mit der abnehmenden Wirksamkeit der Säule vermindert. Ist diese noch nicht ganz erschöpft, wenn bereits aller Sauerstoff absorbirt ist, so wird die Thätigkeit der Säule, durch Hinzulassung von Sauerstoff aufs Neue belebt, so wie auch voltaische Säulen in reinem Sauerstoffgas stärker wirken, als in atmosphärischer Luft.

Ist die Säule mit Scheiben, die durch Säuren oder Salzlösungen befeuchtet sind, aufgebaut worden, so treten zwar im Ganzen ähnliche Erscheinungen wie die oben beschriebenen ein, nur stärker und mit dem Unterschiede, daß sich an der Zinkseite eines jeden Plattenpaares ein Salz bildet, bestehend aus Zinkoxyd und der ausgeschleudnen Säure des feuchten Leiters, indessen sich auf der Kupferseite des entgegenstehenden Plattenpaares die ausgeschiedne alkalische Basis anlegt.

In dieser, je nach der kräftigern Wirkung der Säule,

in kürzerer oder längerer Zeit herbeigeführtem Zustand der metallischen Oberflächen der verschiedenen Metalle auch der Grund des Nachlassens der Wirkung der Volta'schen Säule zu finden, wie wir dieses bey der theoretischen Darstellung weiter entwickeln werden.

§. 318.

Die chemische Wirkung des voltaischen Schließkreises ist zwar verschieden, je nachdem der Körper welchen man demselben aussetzt anderer Art ist; läßt sich im Allgemeinen auf folgendes Gesetz zurückführen. Sauerstoff und die Säuren werden von dem positiven Pol der Säule angezogen, der Wasserstoff, die Alkalien und Salzblasen abgestossen, und die Körper, welche von einem Pol der Säule angezogen werden, stößet der entgegengesetzte Pol ab.

Versuche zur Erläuterung dieses Gesetzes sind folgende.

1) Man lasse vor der Schmelzlampe eine Glaskugel Fig. 226 mit drei cylindrischen Oeffnungen e, f, g blasen. Die einander gegenüberstehenden Oeffnungen f, e werden mit Korkstopfen, durch welche man zwei Platinadräthe d, c, gesteckt hat, verschlossen. Die dritte Oeffnung g dienet zu dem Gefäß mit Wasser oder einer beliebigen Flüssigkeit zu füllen und das angefüllte Gefäß in eine Schale B mit gleicher Flüssigkeit, die Oeffnung nach unten gekehret, zu stellen. Verbindet man die beiden Enden der Platinadräthe b, d mit den entgegengesetzten Polen einer voltaischen Säule entweder unmittelbar oder durch gute metallische Leiter, und nähert die beiden Enden a, o der Dräthe einander so weit, bis der elektrische Strom von Pol zu Pol durchgeht, so kann man dann die beiden Enden der Dräthe a, und c selbst als die Pole der Säule betrachten. An dem positiven Pol a wird sich Sauerstoffgas, und an dem negativen Pole c Wasserstoffgas entwickeln. Beide Gase sammeln sich in dem obern Raume des Gefäßes A. Hat man davon eine hinreichende Menge aufgefangen und man läßt sie in einem voltaischen Eudiometer

uffen, so vereinigen sich die Gase wieder zu Wasser. Diefes das Wasser durch die voltaische Säule zu zersetzen, entdeckte Carlisle und Nicholson.

2) Man nehme eine in Gestalt eines lateinischen V geformte Glasröhre, fülle die Röhre mit einer Flüssigkeit, bestehend aus einem Absud von blauem Kohl, welcher mit etwas Salmiak- oder Salzauflösung vermischt worden ist, und mache in jeden Schenkel der gekrümmten Glasröhre einen Platinadrath, so daß die beiden Dräthe unten in der Flüssigkeit einige Linien von einander abstehen. Setzt man die oberenden eines jeden Drath's mit den entgegengesetzten Polen einer voltaischen Säule in Verbindung, so wird man bald an dem negativen Drath (d. i. dem mit dem negativen Pole verbundenen) Wasserstoffgas, und an dem positiven Drath Sauerstoffgas zum Vorschein kommen sehen; zugleich wird die Flüssigkeit um den negativen Drath durch das hier frei werdende Alkali grün, und die Flüssigkeit um den positiven Drath durch die frei werdende Säure roth gefärbt werden. Vertauschet man die Pole an beiden Dräthen, so geht an jedem die Erscheinung in die entgegengesetzte über, jedoch erst nach einiger Zeit nachdem die früher erzeugte Wirkung aufgehoben worden ist.

Noch auffallender zeigt sich die Kraft der voltaischen Säule, die verschiedenartigen chemischen Elementen nach ihrer elektrischen Beschaffenheit anzuziehen oder abzustossen, in folgendem Versuch von Davy. Man setze drei kleine Gläschen abgedicht neben einander, fülle das erste a mit einer Auflösung von Glaubers- oder Kochsalz an, das zweite b mit flüssigem Ammoniak (Salmiakgeist), das dritte c mit einer blauen für Säuren empfindlichen Pflanzenfarbe, verbinde darauf a mit b, so wie b mit c durch einen mit Wasser gefüllten gläsernen Heber, endlich tauche man in a und c Platinadräthe, wovon der erste mit dem negativen Pol, der andere mit dem positiven Pol einer stark wirkenden voltaischen Säule in Verbindung gesetzt werde. Durch die abstossende Kraft des negativen Poles, unterstützt durch die Anziehung des entferntern positiven Poles, wird die Säure in a durch die alkalische Flüssigkeit b hindurch zu dem positiven Drath in c geführt, und färbt hier die blaue Farbe roth.

Anmerkung: Soll dieser Versuch wohl gelingen, so muß die voltaische Säule wenigstens aus ein paar Hundert 3 — 4 zölligen Plattenpaaren, oder ihr an Wirkung gleichkommenden größern Platten von minderer Anzahl bestehen. Zur

alkalischen Flüssigkeit des mittlern Gefäßes, durch welche Säure geführt werden soll, muß man eine solche Säure wählen, welche mit der Säure ein auflösbliches Salz bildet. Der Versuch würde z. B. nicht gelingen, wenn man in das Gefäß a Glaubersalz, in das Gefäß b Barytaauflösung brächte, und die schwefelsaure Schwererde ein unaufslösbliches Salz bildet.

3) Diese und ähnliche Versuche wie die vorherbeschriebenen, welche die stark desoxydirende Kraft des negativen Poles einer elektrischen Säule bewiesen, führten Davy auf die Zerlegung der Alkalien in Sauerstoff und ihre metallischen Grundstoffe.

Die bequemste Art diesen merkwürdigen Versuch auch mit einer voltaischen Säule von mittlerer Größe (100 — 200 Plattenpaaren) zu wiederholen ist folgende. Man verbinde eine kleine Platinschaale mit dem negativen Pole einer voltaischen Säule, lege in die Pl. Schaale ein Stückchen ausgebleichtes etwas feuchtes Kali, welches in der Ausbuchtung Quecksilber enthält. Darauf verbinde man das Quecksilber durch einen Platinadrad zugleich mit dem positiven Pol der Säule. Es wird sich aus dem feuchten negativen Kali Wasserstoffgas entwickeln, indessen sich das Kalium mit dem Quecksilber amalgamirt, und der aus dem feuchten Kali frei werdende Sauerstoff wird nach dem positiven Pole geführt. Bringt man nach einiger Zeit steif gewordene Amalgama des Quecksilbers von dem negativen Pole in eine kleine Schaale mit Wasser, so oxydirt sich das Kalium im Wasser, und das Quecksilber nimmt wieder seine flüssige Gestalt an.

4) Füllet man ein Glas mit salpetersaurer Silberauflösung und bringe einen Silberdrath hinein, so bleibt er unverändert, hingegen ein Kupferdrath löset sich auf und stößt metallisches Silber nieder; dieß ist Folge der chemischen Verwandtschaften. Nun tauche man in die Silberauflösung einen Silberdrath, oder zwei Kupferdräthe zugleich und verbinde die einen Drath mit dem negativen Pol, den andern mit dem positiven Pole einer voltaischen Säule. Jetzt wird sich in jedem Falle an dem negativen Drath metallisches Silber aus der Auflösung niederschlagen mit Entbindung von Wasserstoffgas, und an dem positiven Drath wird sich Auflösung zeigen, welche nach Zeitvergangenheit des Drathes salpetersaures Silber oder Kupfer ist. Viele andere und ähnliche Erscheinungen müssen wir der Kürze wegen übergehen, und verweise unsren Leser desfalls auf Einige Elektricitätslehre.

e. Erklärung der vorbeschriebenen Erscheinungen aus der Theorie der voltaischen Säule.

§. 309.

Nach Volta's Ansicht wirken die naßgebauneten Säulen ke die trocknen, nur kräftiger wegen der besseren Leitung der ., welche von einem Plattenpaare zum andern, also auch on Pol zu Pol Statt findet. Nach Volta beruht daher uch die verschiedne Wirksamkeit der nassen Säulen, je achdem man einen andern feuchten Leiter zum Aufbauen wählet, bloß auf der verschiednen Leitungsfähigkeit der nassen Schichten. Man hat auch durch Versuche nachgewiesen, daß die flüssigen Säuren bessere Leiter der E. sind als die Salzaufösungen, so wie diese wieder bessere Leiter als bloßes Wasser.

Die Erschöpfung der Kraft der naß gebauneten Säulen rühret nach dieser Ansicht theils von der Austrocknung der feuchten Leiter, theils von der Drydation der metallischen Oberflächen her, wodurch die Leitung von einem Plattenpaare zum andern, und somit durch die ganze Säule gestört wird.

Da indessen wiederholte Erfahrungen und ins besondere Becquerel's (wie uns dünkt) mit vieler Vorsicht angestellte Versuche bewiesen haben, daß die feuchten Leiter in Berührung mit Metallen ebenfalls Elektricitätserreger, obgleich minder kräftige als die Metalle unter sich, sind: so möchten wohl die zwischen den Platten der voltaischen Säule befindlichen nassen Körper nicht bloß fortleitend, sondern zugleich erregend wirken. Becquerel fand, daß die oxydableren Metalle in Berührung mit feuchten Leitern negativ elektrisch, dagegen die minder oxydbaren Metalle

in Berührung mit demselben feuchten Leiter positiv werden (*).

Auf diese Erfahrungen gestützt, machen wir uns der Wirkung der voltaischen Säule folgende Bemerkung. Die Ordnung des Aufbaues sey Zink, Kupfer, z. B. Zink, Kupfer zc. welches wir kurz durch z, k, z, k, L bezeichnen wollen. Nach dem voltaischen Zinktafelversuch geht in jedem Plattenpaar eine entgegengesetzte elektrische Vertheilung vor sich, die wir mit $+e$ bezeichnen wollen; vermöge derselben würde z' ein $+e$; k' ein $-e$, und ebenso z'' ein $+e$, k'' ein $-e$ erhalten. Durch die Vermittelung des feuchten Leiters strömt das $+e$ durch k' gezogen nach z' , und ebenso das $-e$ des k' durch z' gezogen nach k'' , somit erhält z' ein doppeltes $+e$, k' ein doppeltes $-e$. Soweit erfolgt alles nach den Grundsätzen Volta's. Nun aber erhält k' durch die Berührung mit L einen gewissen Antheil von positiver E , den wir mit $+d$ bezeichnen wollen, überläßt aber denselben ganz oder grösstentheils durch die stärker erregende Kraft der Metalle z' , welches sonach $2e + d$ erhält. Auf gleiche Weise kommt z'' durch Berührung mit L ein $-d$ und überläßt es an k'' , welches sonach $-2e - d$ erhält. Bei n Plattenpaaren und zwischen jedem Plattenpaar die Wirkung, so wird das äußerste z erhalten $+n \cdot e + (n - 1) d$, das äußerste k dagegen $-n \cdot e - (n - 1) d$. Man ersieht, daß von der erregenden Kraft des flüssigen Leiters die Größe $(n - 1) d$ abhängt, welche sich daher mit der Zahl der Plattenpaare der Größe ihrer Berührungspunkte mit dem flüssigen Leiter und der Beschaffenheit des letztern ändern kann; und daß überhaupt die erregende Kraft des flüssigen Leiters die erregende

ist der einzelnen Metallpaare unterstützt. Die entgegengesetzten Elektricitäten der beiden Pole binden sich wechselseitig, und daher kommt bey isolirter Säule bald ein gewisses Gleichgewicht hervor. Verbindet man beide Pole durch einen vollkommenen Leiter, so strömt in demselben die positive \mathcal{E} . vom Zink zum Kupferpol, so wie die negative vom Kupfer zum Zinkpole. Das dadurch herbeigeführte elektrische Gleichgewicht ist nur momentan, insofern es durch die erregende Kraft im Innern der Säule, welche sich die elektrischen Ströme in Beziehung auf die Pole gerade in entgegengesetzter Richtung bilden, immer aufrechterhalten wird.

(*) Der Versuch, wodurch Becquerel den obigen Satz bewiesen hat, ist folgender. Man nehme ein höchst empfindliches Goldblattelektrometer mit Zambonischer Säule, dessen Deckplatte die Basis eines Condensators vertritt, setze auf dieselbe einen kupfernen Condensatordeckel mit isolirender Handhabe, und auf diesen ein Kupferschälchen, welches man mit verdünnter Säure oder Alkali gefüllt hat. Fasset man nun eine Zinkplatte zwischen die Finger einer Hand, taucht sie in die Flüssigkeit ohne das Kupfer zu berühren, und hält während der Zeit den Finger der andern Hand an die untere mit dem Elektrometer in Verbindung stehende Platte, und hebt nach Verlauf von etwa 20 Secunden die obere Platte weg, so geht das Goldblatt zum positiven Pol; es zeigt also negative \mathcal{E} . der untern Platte, folglich $+$ \mathcal{E} . der obern und es mit ihr in Verbindung stehenden Kupfers an.

§. 310.

Es hält nun auch nicht schwer, die chemischen Wirkungen der voltaischen Säule aus der gegebenen Theorie zu erklären, wenn wir mit Davy, Berzelius und den meisten neuern Naturforschern von dem Satz ausgehn: alle chemische Verwandtschaften beruhen auf den entgegengesetzten elektrischen Zuständen der Körper. Setzen wir ferner, der Sauerstoff und alle Säuren seyen ursprünglich negativ elektrisch, so

wie der Wasserstoff und die Zinken positiv elektrisch. Betrachten wir unsere vorige Anordnung der Säule, und des in Leiter L als aus Sauer- und Wasserstoff oder Eisen bestehend, so wird zwischen jedem Metallpaare die relative Ehre von dem positiven Zink, so wie die positive von dem negativen Kupfer angezogen. Nun kommt es an, ob die stärksten Electricitäten der Metalle, die entgegen der chemischen Ersehe bloß neutralisiren oder zu ihnen gleichartigen verwandeln; im ersten Falle bleibt fortwährend angezogen, im dem andern Falle werden wieder abgestoßen. Es müssen wir uns vorstellen, der Wasserstoff von dem negativen Kupfer angezogen und seine positive E. verlieret, sondern auch negative entzogen und abgestoßen wird, dagegen der negative Sauerstoff dem positiven Zink bloß neutralisirt wird, indem er mit ihm zum Dryd verbindet. Wirkt die Säule sehr kräftig, so wird das Dryd zum Theil abgestoßen und zum Kupfer getrieben, wo es sich durch Verlust seines Sauerstoffs als Zink reducirt. In der neutralisirenden Wirkung der chemischen Stoffe auf die entgegengesetzt elektrischen Metalle müssen wir, zugleich mit der verminderten Leitungsfähigkeit, den Grund suchen, warum stark wirkende voltaische Säulen ihre entgegengesetzten elektrischen Spannungen viel früher als trockne Säulen verlieren. Betrachten wir nun den elektrischen Strom einer geschlossenen Säule von Pol zu Pol nach aussen, so erstreckt sich die entgegengesetzte elektrische Kraft viel weiter, und kann die schwächeren elektrisch chemischen Kräfte ganz aufheben. Daher wird z. B. eine negative Säure vom positiv elektrischen Pole angezogen und genöthiget, sich durch das negative Alkali hindurch zu ihm hin zu begeben.

Woher mag die Erneuerung an Kraft einer fast erschöpften Säule kommen, wenn man sie in eine Atmosphäre von Sauerstoffgas senkt? Schwerlich bloß von der bessern Leitung des Gases! sondern indem es wie eine schwache Säure erregt wirkt, d. i. den positiven Strom nach dem Zinkpol hin, negativen nach dem Kupferpol hin befördert.

Woher rühret die außerordentliche Hitze, welche starke Säulen in den sie schließenden Leitern erzeugen, wenn deren Dimensionen nach Verhältniß der Stärke der Säulen klein sind? Ist es der bloße Widerstand, welchen diese Körper dem Durchströmen der elektrischen Flüssigkeit darbieten, wodurch die Hitze wie durch eine plötzliche mechanische Gewalt entwickelt wird? oder sind es die entgegengesetzten Electricitäten selbst, die sich zu Wärme und Licht verbinden? Woher rühret der bedeutende Unterschied der Wirkungsart der Säulen nach ihrer Bauart, so daß großplattige Säulen eine größere Hitze bey geringerer elektrischer Spannung hervorbringen? Die Beantwortung dieser Frage scheint von weitem Forschungen abzuhängen. So viel ist gewiß, daß die Wirkungen der Wärme des Lichts und der Electricität verwandter Art sind, und es geringer Modificationen bedarf, um die Wirkung einer Kraft in die andere übergehen zu machen.

Eine nicht minder merkwürdige Verwandtschaft zwischen den Wirkungen der Electricität und dem Magnetismus hat uns Oersted's Entdeckung kennen gelehret. Ehe wir aber von derselben, und dem darauf sich gründenden Elektromagnetismus reden, müssen wir uns mit den früher bekannten magnetischen Kräften besonders in Beziehung auf unsern Erdkörper bekannt machen.

Z w ö l f t e r A b s c h n i t t

M a g n e t i s m u s.

§. 311.

Es giebt mehrere natürliche Eisenerze, welche die Fähigkeit besitzen, anderes metallisches Eisen z. B. Eisen anzuziehen. Diese Fähigkeit nennt man Magnetismus, und jene Eisensteine die sie besitzen Magnete, auch natürliche Magnete, zum Unterschied von den durch die Kunst bereiteten. Man kann die Kraft der natürlichen Magnete auf folgende Art verstärken. Man bestreue einen natürlichen Magnet rund um mit Eisenfeile, so wird man bei demjenigen Punkte A, a finden, wo sich die meisten Eisenfeile anhängen.

Wir wollen uns eine gerade Linie A a von einer dieser Stellen zur andern denken, sie heiße die Axe des Magnets (siehe Fig. 227). Senkrecht auf die Axe schneide man den Magneten an den Stellen A, a eben, und belege jede dieser Stellen mit einer Platte von weichem Eisen, die ein hervorragendes Stück in Gestalt eines Parallelepipedums hat, so werden die hervorstehenden Enden P und p die ab-

ende Kraft in verstärktem Maße äußern. An dieselbe man quer über einen Anker von weichem Eisen; er d durch die Kraft des Magneten festgehalten werden, unter Umständen noch angehängte Gewichte tragen nen. Die eisernen Platten heißen die Armatur des Magneten, die Punkte der stärksten Anziehung a, A oder ihre Stelle vertretenden P, p die Pole des Magneten. Man bringt man einen Magneten an einer lothrechten Linie CD auf, daß er sich um dieselbe frei drehen kann; so nimmt die Linie Aa , oder die ihr parallele Pp , stets eine bestimmte Richtung nach der Weltgegend an, der eine Pol ist nach Norden, der andere nach Süden gewendet, jedoch an verschiedenen Stellen der Erde unter einem bestimmten Abweichungswinkel, der in unsern Gegenden 20° von Norden nach Westen zu beträgt. Die Seefahrer und Geographen heißen gewöhnlich den nach Norden gekehrten Pol des Magneten seinen Nordpol. In Beziehung auf die magnetischen Pole unsrer Erde, kann man auch, weil, wie wir sogleich sehen werden, die entgegengesetzte Pole zweier Magneten sich wechselseitig anziehen, den nach Norden gekehrten Pol eines Magneten den Südpol nennen. Dieser Bezeichnungsart bedienen sich die französischen Naturforscher. Wir wollen uns an die erstere und früher eingeführte Bezeichnung der Seefahrer halten.

Denkt man sich eine verticale Ebene durch die Richtung der Are eines frei schwebenden Magneten gelegt, so heißt diese Ebene der magnetische Meridian; er macht mit dem wahren Weltmeridian, den oben angegebenen Abweichungswinkel.

Von den Magnetnadeln und der Art ihrer Aufhängung.

§. 312.

Es ist nicht gleichgültig, auf welche Art man die Magnetnadeln, durch welchen man die Richtung des magnetischen Meridians genau bestimmen will, aufhänge, und welche Form man ihm gebe. Man heißt die dazu dienenden Arten von Magnetnadeln, Compassnadeln.

Sie werden am besten aus Stahl verfertigt, wozu man die Härte der Uhrfedern giebt, oder aus Uhrfederstahl selbst, die man vor der Bearbeitung etwas anläßt (weicht macht) und dann wieder härtet, doch muß diese Operation nicht zu oft wiederholet werden, wenn die Nadel eine starke magnetische Kraft erhalten soll. Die Gestalt der Magnetnadel ist entweder nach Coulomb die eines dünnen schmalen Parallelepipedums, oder nach Kater zugespitzt rautenförmig, so daß die beiden Diagonalen der Raute dem Verhältniß von 2 : 5 stehen. Wie einer Nadel, welche gehörig zubereitet worden ist, die magnetische Kraft theilet werden könne, werden wir da, wo von der Erzeugung des Magnetismus die Rede ist, beschreiben. Die beste Art der Aufhängung für die gewöhnlichen Compassnadeln und Bussolen stellet Fig. 228 dar. Aus dem Mittelpunct *c* einer in Grade gehörig eingetheilten kreisförmigen Scheibe von Messing geht eine stählerne wohlpolirte Spitze senkrecht in die Höhe, auf welcher die in ihrer Mitte durchbohrte Magnetnadel *NS* mittelst eines conisch ausgebohrten und in seiner Höhlung polirten Hütchens *M* vermaassen ruht, daß der Schwerpunct der Magnetnadel in dem Durchschnitt der Linien *MC*, *SN* zu liegen kommt. Um die Reibung möglichst zu vermeiden, soll die Spitze

von hartem Stahl, und das Hütchen M aus Glodenmetall, oder besser aus Achat verfertigt werden. Für Magnetnadeln, welche selten oder gar nicht von einem Ort zum andern transportirt werden sollen, dienet die Aufhängung Fig. 227. Der Faden CD muß nach der Kraft und dem Gewicht der Magnetnadel gehörig ausgewählt werden. Zu leichten kleinen und doch höchst empfindlich seyn sollen den Magnetnadeln nimmt man am besten Fäden von einer Kreuzspinne, oder einfache Seidenfäden aus Cocons. Zu schwerern und zugleich stärker wirkenden Magnetnadeln nimmt man zur Aufhängung mehrere Fuß lange dünne Metallfäden von Platin, Silber, oder Messingdrath. Auf die Weise hängt Borda starke Magnetnadeln, die selbst ein Fernrohr, dessen Axe mit der andern parallel ist, tragen, auf, um damit die tägliche und jährliche Veränderung der Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen. Die Axe des Fernrohres weist nach einem fernen Zielpunct, dessen Lage gegen den Erdmeridian des Beobachtungsortes genau bestimmt worden ist. Wendet sich die magnetische Abweichung, so wird auch die Axe des Fernrohres von dem Zielpuncte abweichen, und die Größe der Ablenkung wird am besten durch ein innerhalb des Fernrohres angebrachtes Mikrometer gemessen, dessen Theile in Winkelmaaß bekannt sind. Solche Compasse heißen Variationscompasse.

ADB Fig. 229 bezeichne einen unter rechten Winkeln doppelt gebogenen Rahmen von Messing, der in der lothrechten Linie durch seinen Schwerpunkt an einem Faden ED drehbar aufgehängt sey. Bey AB ist der Rahmen durchbohret und trägt eine wagrechte Axe, um welche eine Magnetnadel NS sich bewegt. Die Axe AB muß durch den Schwerpunkt der Nadel die verlängerte Richtung ED und durch die Mitte der geraden Linie NS von Pol zu

Pol gehen. Man sieht, daß eine so aufzuhängte Nadel sich zugleich um eine horizontale und verticale drehen, und dem richtenden Einflusse der Erde folgen könne. Dieser Einfluß wird sich so äußern, daß die Verticalebene durch $ECSN$ gelegt, mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt, dabei wird der Nordpol der Magnetnadel N stets nach unten gekehrt seyn, und der Winkel, den die Richtung der Nadel SN mit der horizontalen CA macht, eine bestimmte Größe haben, welche an verschiedenen Orten der Erde veränderlich ist. Man nennt diesen Winkel die Neigung der Magnetnadel. Einige Magnetnadeln, welche sich bloß um eine auf dem magnetischen Meridian senkrechte und horizontale Axe drehen können, heißen Neigungscompasse.

Der mit der vorbeschriebenen Einrichtung Fig. 229 angestellte Versuch belehret uns, daß die mittlere Kraft, welche die Erde auf eine Magnetnadel ausübt, stets parallel mit der Richtung geht, welche eine Neigungsnadel an dem Beobachtungsort annehmen würde. Es heiße die Größe dieser Kraft für eine Magnetnadel an einer bestimmte Stelle der Erde $= m$, die Neigung $= i$, so kann man die Wirkung der Erde auf die Nadel in eine horizontale Kraft $= m \cos i$ und in eine verticale $= m \sin i$, beide in dem magnetischen Meridian liegend, zerfällt denken. Der erste Theil der Kraft ist diejenige, welcher allein auf die horizontalen Magnet-Nadeln wirken kann, und falls diese um einen gewissen Winkel $= a$ von dem magnetischen Meridian abweichen, so entsteht aus jener Kraft eine die Nadel in den magnetischen Meridian zurückführende oder richtende, $= m \cos i \sin a$. An solchen Stellen der Erdoberfläche (man nennet sie die magnetischen Pole der Erde), wo die Neigung $i = 90^\circ$ ist, wird die richtende Kraft der horizontalen Compagnadel $= 0$ seyn, weil $\cos i = 0$ ist, oder weil die Kraft der Erde dann perpendicular auf die Magnetnadel gerichtet ist, und daraus keine horizontale Kraft hervorgehen kann.

Den eben beschriebenen Zustand der Compagnadel beobachtete Captain Lyons auf seiner im Jahre 1824 unternommenen

Reise, um durch die Repulse Bay in das Polarmeer zu
 gelangen, in dem nordwestlichsten Theil der Hudsons Bay,
 welches Willkommen genannt. Man kann auch durch eine
 künstliche Einrichtung, der Compagnadel an jedem Orte der
 Erde eine solche Stellung geben, daß sie dem Einflusse der in
 dem Meridian richtenden Kraft der Erde entzogen ist. Man
 sieht sich unter SN Fig. 229 die Ase, und unter AB die Mag-
 netnadel, und SN mit der Richtung des Neigungscompasses zu-
 sammenfallend, dann wird AB keine drehende Kraft äussern.

Diese Stellung der Magnetnadel und jede andere beliebige
 mit Bequemlichkeit hervorzubringen, dienet folgende Einrichtung.
 Fig. 230 ist eine in Grade getheilte vertical gestellte Kreis-
 scheibe, welche durch eine Schraube ohne Ende, oder auf an-
 dere Art um ihren Mittelpunct drehbar ist, die Stellung der
 Scheibe wird bey D abgelesen. In der verlängerten Richtung
 des Halbmessers EF, und senkrecht auf die Ebene der Scheibe
 E ist ein in Grade eingetheilter messingner Ring GH befesti-
 get, aus dessen Mittelpunct geht eine Ase F perpendicular
 hervor, um welche sich eine Magnetnadel n s frei drehen kann.
 Die Scheibe E mit dem Ring und der Magnetnadel drehen
 sich zugleich um eine verticale Ase CD, und diese Drehung
 wird durch einen Zeiger GH auf der horizontalen Fußplatte
 AB an einem eingetheilten Kreise gemessen.

Wir wollen uns vorstellen der Zeiger JK stehe in dem
 magnetischen Meridian nach Norden gewendet und der Halb-
 messer EF, der Scheibe E habe dieselbe Richtung, dann dreht
 sich die Magnetnadel n s in einer verticalen Ebene senkrecht
 auf den magnetischen Meridian. Sie wird eine verticale
 Stellung annehmen, weil nur der verticale Theil der Erdkraft
 $= m \sin i$ auf sie wirken kann. Giebt man dem Zeiger JK
 eine Drehung von 90° nach Westen, oder Osten, so dreht sich
 die Nadel in jedem Fall in der Ebene des magnetischen Me-
 ridians, und nimmt die der Neigung entsprechende Stellung
 an. (Mit einem von Holz verferrigten Instrument der be-
 schriebnen Art fand ich die Neigung in Gießen $68\frac{1}{2}^\circ$ im Jahr
 1822). Dreht man den Zeiger GH nach Süden und die
 Scheibe E so, daß der Halbmesser EF' die Stellung der Nei-
 gung erhält, so ist dann die Magnetnadel n' s' der richtenden
 Kraft beraubt. Man hat ihr den Namen der astatischen Mag-
 netnadel gegeben. Wir verweisen die Leser, welche sich weiter
 darüber unterrichten wollen, auf unsern Aufsatz in Silb. X.

Die Erde — Sie mag mit einer nicht unbedeutenden Menge
 des sehr feinen Magnetisismus versehen seyn, der in der
 den Erdboden der Erde 1811 durch den Herrn
 Galt London 1811 II. Er. 1811 I. Er.

Von der Erregung des künstlichen Magnetismus.

§ 313.

Die magnetische Kraft läßt sich auf eine hin-
 reißende Weise mehreren Metallen, insbesondere dem Eisen,
 Stahl, dem Nidel und Kobalt mittheilen. Weiches
 schweißbares Eisen nimmt den Magnetismus leicht an,
 verliert ihn aber bald wieder, am besten schickt sich
 Hervorbringung eines dauernden starken Magnetismus
 gehärtete Stahl. Der reine Nidel würde nicht mehr
 empfehlen seyn, wenn dessen Darstellung weniger schwierig
 wäre. Die übrigen Metalle zeigen zwar, so wie auch
 Körper zuweilen Spuren eines schwachen Magnetismus
 und alle Metalle werden Magnete, so lange sie elek-
 trisch galvanischen Strom durchflossen sind; da
 dessen die magnetische Kraft nur den oben genannten Me-
 tallen für die Dauer mitgetheilt werden kann, so ist die
 Anzahl der eigentlichen magnetischen Körper bis jetzt be-
 schränkt. Die bequemste Art den Magnetismus in den
 oben genannten Metallen zu erregen, ist die Bestreichung
 mit einem andern künstlichen oder natürlichen Magnete.
 Man kann dabey auf verschiedene Art zu Werke gehen.

1) Magnetisirung durch den einfachen Strich.

Es sey A B Fig. 231 ein zu magnetisirender Stab von
 Stahl. Man setze den Nord- oder Südpol eines Magnets

auf das eine Ende A des Stabes und streiche von A nach B mit einigem Druck in gerader Richtung hinaus. Der Stab wird hierdurch magnetisch geworden seyn, und an das Ende B wo man abgefahren ist den dem Pol N entgegenesetzten, das Ende A aber den gleichnamigen Magnetismus erhalten haben. Würde man wieder von B nach zurückstreichen, so würde man dadurch den vorher erregten Magnetismus wieder aufheben. Will man daher die erregte magnetische Kraft durch ein wiederholtes Berühren verstärken, so muß man den Magnet NS in einer solchen Entfernung über BA zurückführen, wobey kein magnetischer Einfluß Statt findet.

Der eben beschriebenen Art den Magnetismus durch den einfachen Strich zu erregen, bedientet man sich am liebsten bey den Magnetnadeln, weil, wenn der Körper AB keine zu großen Dimensionen hat, die magnetische Are desselben parallel mit der Linie des Striches lieget und die beiden Pole innerhalb derselben nahe an die Enden A und B fallen.

2) Magnetisirung durch den Doppelstrich.

Man setze auf den zu magnetisirenden Stab AB Fig. 232 zwei Magneten mit den entgegengesetzten Polen, wie es die Figur zeigt, oder einen hufeisensförmigen Magneten mit seinen beiden Polen NS zugleich auf, und fahre von A nach B und wieder zurück mehrmals hin und her; zuletzt hebe man den Magneten mit den beiden Polen in der Lage die er zu Anfang hatte, gerade in die Höhe weg. Das dem Südpol S näher gelegne Ende B wird den Nordpol und das dem Nordpol N näher liegende A den Südpol zeigen.

3) Magnetisirung durch den Strich in die Runde.

Man befestige zwei Stahlstäbe AB, CD, von glei-

den Dimensionen in paralleler Lage durch Bögen
weichem Eisen E und F neben einander, wie es Fig. 2
zeigt, setze darauf die beiden Polen eines Inseisenfers
oder doppelten Magneten und streiche rund herum
einer Segend z. B. von A nach B E C D F A hin zu-
mahl über die Stäbe weg, und fahre zuletzt gerade in
B. hinand weg. B wird, wenn man mit dem Kart-
zuletzt abgefahren ist, einen Südpol, C einen Nordpol,
einen Südpol, A wieder einen Nordpol zeigen. Nimmt
man die Stabstäbe aus ihrer Verbindung und legt
mit ihren gleichnamigen Polen, das ist A mit C, B mit
D fest zusammen, so verstärkt sich ihre Kraft wechselseitig,
jedoch nicht ganz um das Doppelte.

Man kann so nicht blos zwei, sondern auch so viele
Stäbe magnetisiren, ohne daß der Magnet womit man streicht
etwas von seiner Kraft verliert. Es ist also die Erzeugung
des künstlichen Magnetismus kein Ueberströmen, sondern ein
Art Vertheilung oder Wirkung in die Ferne, wie wir sie schon
bey der Electricität haben kennen gelernt.

Man kann auf die beschriebene Weise viele Stabstäbe
nach und nach magnetisiren. Legt man sie paarweise mit
ihren gleichnamigen Polen an einander, so erhält man ver-
stärkte magnetische Bündel oder Magazine. Ordnet man zwei
solcher Bündel wie A B, C D Fig. 233 mit ihren entgegenge-
setzten Polen neben einander, und verbindet diese durch gerade
oder krumme Anker von weichem Eisen, so kann man daraus
einen Magneten von großer Stärke erhalten.

Entgegengesetzte magnetische Kräfte.

§. 314.

Wenn man den Nordpol eines Magneten dem Südpol
eines andern z. B. einer Magnethadel nähert, so ziehen
sich beide Pole einander an, in einer desto größern Ent-
fernung, je stärker die Magnete sind. Nähert man hin-

gen die gleichnamigen Pole zweier Magnete einander, so stoßen sie sich mit gleicher Kraft zurück. Die entgegengesetzten Magnetismen, welche in den Polen wirken, verhalten sich also wie die entgegengesetzten Electricitäten. Auch nimmt die Kraft der magnetischen Anziehung von Pol zu Pol, in dem verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen ab. Lasset man daher eine kleine Magnetnadel vor dem Pole eines starken Magneten schwingen, dessen entgegengesetzter Pol so weit abliegt, daß er als unwirksam zu betrachten ist, so wird die Zahl der Schwingungen in dem verkehrten Verhältnisse der Entfernungen stehen, weil die Kräfte sich verkehret wie die Quadrate der Entfernungen und direct wie die Quadrate der Schwingungen verhalten.

Die Pole, welche sich wechselseitig anziehen, heißen freundschaftliche Pole, die, welche sich abstossen, feindschaftliche. Die erstern sind auch die ungleichnamigen, die andern die gleichnamigen Pole.

Wenn gleich die Pole eines Magneten als die Mittelpuncte seiner Anziehung erscheinen, so ist doch damit keineswegs gesagt, daß alle magnetische Kraft bloß in den Polen vereinigt sey. Vielmehr scheint das Gegentheil durch folgende Versuche dargethan zu werden. Man zerschneide einen größern Magneten in einzelne Theile, so wird jeder Theil seine besondern Pole, jedoch von schwächerer Kraft zeigen. Oder besser, man verfertige sich mehrere kleine Magnete von gleichen Abmessungen und Stärke, lege sie alle in einer geraden Richtung mit ihren freundschaftlichen Polen zusammen, so wird der dadurch hervorgehende größere Magnet an seinen Enden stärkere Pole haben, und die in seinem Innern liegenden entgegengesetzten Pole der einzelnen Magnete sich wechselseitig so binden, daß sie nur noch eine geringe anziehende Kraft nach außen besitzen. Ein Versuch mit 3 kleinen Magneten aus einer dünnen Uhrfeder, jeder 7''' lang 1½''' breit, gab folgendes Resultat. Die Stärke der Pole der einzelnen Magnete,

der Vertheilung der magnetischen Kraft, die besonders in weichem Eisen durch andere Magneten hervorgebracht wird.

§. 315.

Man setze auf einen 10 bis 12 Zoll langen Stab weiches Eisen AB Fig. 231 den Pol eines Magneten N , des entgegengesetzter Pol S so weit abliege, daß man ihn unwirksam halten kann. Sobald der Pol N das Ende der Stange A berührt, oder ihm nur nahe kommt, zeigt dasselbe den entgegengesetzten Magnetismus, dagegen das abgewendete Ende der Stange den gleichartigen Magnetismus mit dem Pol N . Es sey z. B. N ein Nordpol, so wird A südpolar B nordpolar werden. Berührt man mit dem Pole N langsam von A nach B , so gibt es eine Stelle x , wobey die durch die Vertheilung regten entgegengesetzten Magnetismen am stärksten werden, darauf nehmen sie wieder ab, und es giebt eine Stelle y (man hat sie den Indifferenzpunct genannt) wo die Magnetismen in AB verschwinden. Wenn der Pol N noch weiter bis y rückt, so gehen die Magnetismen in die entgegengesetzten über, das ist B wird nun ein Südpol, und A ein Nordpol und dieser Zustand bleibt fortbauernnd derselbe, indem N von y bis B rückt.

Jedes Stück Eisen, welches vom Magneten gezogen wird, ist so nach selbst ein Magnet, und die Anziehung desselben beruht eigentlich auf der Anziehung der freundchaftlichen Pole. Die magnetische Vertheilung geht in dem weichen Schmiedeeisen am leichtesten von Statten, schwerer in dem Gußeisen und dem Stahle, in andern unmagnetischen Metallen nicht, oder in unmerkbar geringerm Grade, wenn sie nicht von einem galvanischen Strome durchflossen

Man ist im Stande, die magnetischen Kräfte zu messen, indem man die Ablenkung eines Kompassnadeln durch einen Strom misst. Die Ablenkung ist umgekehrt proportional zur Stärke des Stromes. Man kann auch die magnetische Induktion messen, indem man die Induktionsspannung in einem geschlossenen Leiter misst, der sich in einem Magnetfeld bewegt.

Vertheilung der Elektrizität auf einer Kugel

1. Man nehme mehrere Erdbüchsen oder Gläser von dem Durchmesser a, b, c, d, e, f u. s. w. in der Größe des Erdbüchsen. Die Größe der Elektrizität, die auf einer Erdbüchse a, b, c, d, e, f u. s. w. sich vertheilt, ist eine ähnliche magnetische Vertheilung, jedoch in der Größe a, b, c, d, e, f u. s. w. Man nehme einen Hainlebensbrotmagnet, dessen Pole N, S neben einander liegen, und hänge an eine Reihe der vorbeschriebenen Erdbüchsen, so entziehen von dem Magneten abgewendeten Enden beider Ketten entgegengelegte Pole n, s , die selbst wieder durch einen Leiter g, h , welcher von ihnen gehalten wird, verbunden werden. Dann sagt man die magnetische Kette sey geschleiert, nun innerhalb derselben sich überall zwei freundschaftliche Berührung und sich wechselseitig binden. Nun findet sich magnetische Anziehung nach aussen Statt; es sey denn, der ursprüngliche Magnet sehr stark wirke. Statt der oberen Erdbüchsen kann man sich bey diesem Versuche auch andere Dinge bedienen.

2) Man halte über eine Glasktafel AB Fig. 931 ein Pol eines Magneten N , unter dieselbe ein paar Eisenstäbe o, n, o', n' ; sie werden die in der Figur angezeichnete Stellung annehmen, die Enden n, n' werden sich unter einander stellen, weil sie gleichartig polar mit N werden, dagegen mit N freundschaftliche Pole o, o' nach ihm convergieren.

gen werden. Führt man mit dem Magneten von A zu B, so nehmen die Dräthe, indem sie dem Magneten die punctirte Stellung an, und fallen herunter, wenn der Magneten abzieht.

3) Man bestreue eine Glastafel gleichförmig mit Eisenfeile halte einen Magneten darunter. Die Eisenfeile wird sich dem Magneten in Büschel ordnen, welche von seinem aus divergiren. Man denke sich zur Erläuterung 234 in der umgekehrten Lage und unter $s\ n$, $s' n'$ Büschel Eisenfeile. Führt man mit dem Magneten unter der Tafel von A nach B, so fallen die Büschel in der Richtung, wie es die punctirten Linien andeuten, nieder und die Feile erscheinen alle nach einerlei Richtung geordnet, und alle nach der Seite von B hin die dem Pole N entgegengesetzten Pole. Führt man mit dem Magneten von B nach A, so kehret sich auch die Lage der Eisenfeile in die entgegengesetzte um.

4) Man lege auf einen Tisch einen Magnetstab in horizontaler Lage, darüber eine Glastafel, welche man gleichförmig mit fein gestiebter Eisenfeile bestreuet hat, klopfe dann sanft an die Tafel, um die Reibung zu vermindern, so werden sich die Eisenfeile über dem Magneten in krumme Linien ordnen, wie es 235 zeigt. Die nach den Polen N und S convergirenden Büschel zeigen die Lage der Pole an; die krummen Linien OS werden gegen die Mitte hin immer flacher und verändern sich zuletzt in gerade mit der Axe des Magneten parallele Linien. Man hatte früher in diesen krummen Linien die Richtung zu erkennen geglaubt, welche nach Cartesens Vermuthung, die von einem Pole zum entgegengesetzten strömenden magnetischen Wirbel nähmen. Da man indessen die Gestalt der krummen Linien aus der in dem Eisenfeilstäubchen bewirkten magnetischen Vertheilung und der Anziehung der freundschaftlichen Pole, so wie der Abstossung der feindschaftlichen vollständig erklären kann, so gab man die Hypothese von den magnetischen Wirbeln auf. Sie wurde indessen in den neuesten Zeiten von Ampere, wiewohl aus andern Gründen und unter andern Voraussetzungen wieder hervorgezogen, wovon unten noch Weitere gesagt werden soll.

Wirkungen des Erdmagnetismus auf magnetisches Eisen und auf den Magnet

§. 316.

Man stelle eine Stange von Schmiedeeisen auf, oder noch besser unter einem Winkel, welcher Neigung in dem magnetischen Meridian enthält. bringe darauf eine entsprechende Magnetnadel gegen untere Ende des Eisenstabes, so wird ihr Südpol gezogen, und ihr Nordpol abgestoßen; an der oberen Ende des Eisenstabes verhält es sich gerade umgekehrt. Wenn dieselbe Erscheinung in einem unmagnetischen Eisenstab hervergebracht haben würde, wenn man in der längeren Richtung des Stabes unter denselben den Südpol eines Magneten gehalten hätte, so muß die magnetische Kraft der Erde in der nördlichen Halbkugel wie der Südpol eines Magneten wirken. Auf der südlichen Halbkugel wo der Südpol des Neigungscompasses nach unten zeigt, ist auch die vertheilende Kraft der Erde, welche Magnetismus in dem Eisen erregt, gerade die entgegengesetzte, d. i. das nach unten gefehrte Ende des Eisenstabes südpolär, das nach oben gefehrte dagegen nordpolär zu seyn. Nun giebt es nach den Beobachtungen der Erfinder und anderer naturkundigen Reisenden rund um die Erde eine Linie, wo weder das nördliche noch das südliche Ende des Neigungscompasses herunter sinkt, sondern die Magnetnadel horizontal schwebt, man nennt diese Linie auf der Erde den magnetischen Aequator. Befindet man sich irgend wo innerhalb desselben, so wird die Wirkung der magnetischen Kraft der Erde auf einen vertical gestellten Eisenstab gleich Null seyn, dagegen wird sich dieselbe äußern, wenn man den Stab horizontal und in den magnetischen

Meridian des Ortes stellt. Um die erwähnten Gesetze
 klarer zu übersehen, wollen wir einen Blick auf Fig. 236
 werfen.

Es bezeichne NP , SP die beiden Pole der Erdbare,
 den magnetischen Südpol der nördlichen Halbkugel, N
 den magnetischen Nordpol der südlichen Halbkugel (wir
 nehmen hier die Bezeichnung der magnetischen Pole in dem
 § 311 angezeigten Sinne). Denkt man sich von S nach N
 eine gerade Linie gezogen, so giebt dieß die magnetische
 Achse der Erde. Eine Ebene aus ihrer Mitte senkrecht auf-
 gerichtet, giebt durch ihren Schnitt mit der Oberfläche der
 Erde den magnetischen Aequator AQ . Die Magnetnadel
 des Neigungscompasses in irgend einem Punkte Q dieser
 Linie, wird, weil sie von N und S gleich stark gezogen
 wird, die horizontale Richtung ns annehmen, und in einem
 nach dieser Richtung gehaltenen Eisenstab wird die magne-
 tische Vertheilung so vor sich gehen, daß n mit S , und s
 mit N freundschaftlich polar wird. Befindet man sich in
 der nördlichen Halbkugel näher dem Pole S , so wird dessen
 überwiegende Anziehung dem Neigungscompaß die Richtung
 $n's'$ mittheilen, so daß der Neigungswinkel immer größer
 ausfällt, je näher man dem Pole S kommt, doch wird er
 stets ein mittleres Resultat der Wirkung beider Erdpole S
 und N bleiben. Die magnetische Vertheilung wird in $n's'$
 so vor sich gehen, daß n' nordpolar wird. In der süd-
 lichen Hälfte von dem magnetischen Aequator an gerechnet,
 wo N der stärker wirkende Pol ist, verhält sich alles ent-
 gegengesetzt.

§. 318.

Fielen die magnetischen Pole der Erde mit den Polen
 ihrer Axe zusammen oder lägen sie nur innerhalb der Erde

alle gleich weit vom Mittelpunct, so würde die
 gleiche Entfernung mit dem Erdmittelpunct, und die
 Entfernung mit dem Erdmittelpunct $\frac{1}{2}$
 die Entfernung. Läge die magnetische Axe
 ganz nahe im Innern der Erde, so würde die
 Gleichheit vom Mittelpunct, so müßten die
 Abstände, so wie der magnetische Abstand auf der
 Fläche der Erde größte Abstände haben. Auch hat
 nach den letzten und zuverlässigen Beobachtungen
 die Neigung und Abweichung der Magnetnadel in
 Fall zu seyn. Daraus scheint die magnetische Axe
 außerhalb des Mittelpuncts der Erde zu liegen.

So wie man aus einer einzelnemmenen Lage der
 tischen Pole im Innern der Erde und dem bekannten
 der magnetischen Anziehung auf die Größe der Abwei-
 chung und Neigung schließen kann, so umgekehrt von die-
 sene. Mit Untersuchungen der Art haben sich unter
 Naturforschern vorzüglich beschäftigt Halley, Euler, &c.
 in neuern Zeiten Biot, Steinhäuser, Mellweide, &c.
 Harstein in seinem Werk über den Magnetismus der Erde.
 Denkt man sich mehrere Beobachtungen über die Declination
 der Magnetnadel in der Nähe eines magnetischen Erdmittelpuncts
 wie *J. B.* in x, y Fig. 236 angesetzt, so überseht man
 leicht, daß die Richtungen xz, yz der Magnetnadel an
 jeder Stelle in Ebenen liegen müssen, die durch die Erdhalbkugeln
 ox, oy und den zunächst liegenden magnetischen Pol S
 bestimmt werden, und die verlängerten Richtungen der Mag-
 netnadel, werden sich in einem Punct z schneiden, welcher
 wenigstens nicht weit von dem Punct entfernt liegen kann,
 die verlängerte magnetische Axe die Oberfläche der Erde ist
 der. Man kann daher einen solchen Convergenzpunct z
 einen magnetischen Pol in der Oberfläche der Erde betrachten.
 Solcher Convergenzpuncte oder magnetischen Pole fand Harstein
 durch sorgfältige Vergleichung der in hohen nördlichen und süd-
 lichen Breiten angestellten Declinationsbeobachtungen d auf der
 Oberfläche der Erde, und schreibt daher wie Halley früher ge-
 than hatte, der Erde zwey Magnetaxen zu. Die Lage der

Wergenzpuncte bestimmt Hansteen aus den vorhandenen
Messungen auf folgende Weise.

I.	I.
N. Pol	S. Pol
Jahr 1800 . 266° 27' L. 79° . 53' N. Br. —	134° 8' L. 79° . 7' S. Br.
1830 272° . 41' — 78° 44' —	— 131° 47' — 78° . 44' —
II.	II.
N. Pol	S. Pol
für 1800-131° . 43' L. 85° . 25' N. Br.	229° . 32' L. 77° . 50' S. B.
1830-144° . 17' — 85° . 6' —	222° . 15' — 78° . 29' —

Ob die Veränderungen in der Lage dieser Punkte bloße
Schrägungen sind, oder ganzen Umläufen zugehören, muß
Zeit lehren. Unter letzterer Voraussetzung findet Han-
steen folgende Umlaufzeiten.

N. P. I.	N. P. II.
1740 Jahre	860 Jahre
S. P. I.	S. P. II.
4609 Jahre	1304 Jahre.

Die Lage des N. P. I. ist durch die Polarexpeditionen
des Capitain Parry's auf das vollkommenste bestätigt worden,
dieß bey dem über dem nördlichen Sybirien liegenden Pole,
und mit den beiden in Süden liegenden Polen ebenfalls der
Fall seyn werde, müssen weitere Beobachtungen lehren.

Dem magnetischen Aequator weist man folgende Richtung
an. Unter 30° östlicher Länge durchschneidet er den Erdäqua-
tor, um sich in dem Innern von Afrika, bis gegen den per-
sischen Meerbusen hin 10° nördlich zu erheben, von da an-
setzt er sich mit einigen Biegungen, den indischen Ocean und
die Inseln durchschneidend südlich wieder zum Aequator, und
durchschneidet denselben bey 190° östl. Länge, erhält aber nur
eine südl. Breite von einigen Graden, nähert sich dann wie-
der dem Aequator, berührt ihn und zieht sich an demselben
weiter bey 260° östl. L.

Jetzt senkt sich der magnetische Aequator südlich herab,
durchkreuzt Südamerika in seiner größten Breite und erlangt
in dem atlantischen Ocean östlich von der amerikanischen Küste
seine größte südliche Abweichung von 10°, um sich dann wie-
der der Ostküste von Afrika und dem Aequator an dem An-
fangs bemeldeten Punct zu nähern.

Man sieht hieraus, daß der magnetische Aequator zwei
Schnidungspuncte und einen Berührungspunct mit dem Erd-

äquator hat, und daß die größte Hälfte desselben in der südlichen Halbkugel liegt.

§. 318.

Aus dem magnetischen Einflusse der Erde auf das Eisen erklärt sich die von Barlow entdeckte Erscheinung; es gibt gewisse Stellungen rund um eine Magnetnadel, worin eine Eisenmasse auf die Magnetnadel gar nicht wirkt, indessen sie in andern Stellungen bald anziehend, bald abstoßend auf denselben Pol der Magnetnadel wirkt.

Um die hierher gehörigen Erscheinungen schnell übersehen, wollen wir uns durch den Mittelpunkt einer horizontal drehbaren Magnetnadel Fig. 237 eine Ebene $AHNBHH$ so gelegt denken, daß ihr Winkel mit der horizontalen Ebene $A CH$ die Ergänzung zu der magnetischen Neigung $H C N$ ausmache, also die Ebene senkrecht auf der Richtung des Neigungscompasses stehe. Wenn man eine eiserne Kugel in A oder irgend eine beliebige Stelle der genannten Ebene, so übt sie keine Wirkung auf die Magnetnadel aus, weil die Pole n, s der beiden entgegengesetzten magnetischen Hälften, worin die Masse durch den Einfluß der Erde getheilt wird, gegen die Magnetnadel eine symmetrische Lage haben, und sich in Hinsicht ihrer Wirkung wechselseitig vernichten. Wenn man die Masse über die Ebene $A H B$, so wird ihr Nordpol n als der näher liegende der wirksamere, wenn man hingegen die Masse unter jene Ebene, so ist der Südpol S der stärker wirkende; in jenem Falle wird der Nordpol der Magnetnadel abgestossen, in diesem angezogen werden, wie es die Erfahrung bestätigt. Hiervon folgt ferner, daß wenn man zwei Eisenmassen A, A' eine über jene auf der Neigung senkrechte Ebene, die andere

runter stellet, so daß ihre anziehenden und abstossenden Kräfte
 ander compensiren, so wird aus beiden Eisenmassen zu-
 reich keine Wirkung auf die Magnetnadel hervorgehen. Nun
 einet es zwar theoretisch betrachtet an das Unmögliche
 gränzen, ein System von Eisenmasse um eine Magnet-
 nadel so zu stellen, daß deren gesammte Wirkung auf die
 Magnetnadel, bey jeder Drehung um die Weltgegenden
 und bey jeder Ortsveränderung in geographischer Hinsicht
 stets gleich Null sey. Doch hat man in England diese
 Aufgabe, soweit sie wenigstens für die Schärfe der Beobach-
 tungen bey Schiffskompassen erforderlich ist, zum großen
 Vortheil der Seefahrer glücklich gelöst.

Man bringt in einiger Entfernung unterhalb des Schiffs-
 kompasses eine Eisenmasse, um den Zug des auf dem Schiffe
 vertheilten Eisen's zu compensiren, und verändert die Stellung
 der Eisenmasse so lange, bis der Compaß bey jeder Drehung
 des Schiffes um die Windrose einen unveränderlichen Parallel-
 ismus mit einer auf dem festen Lande aufgestellten Busssole zeigt.

Um die Lösung dieser Aufgabe durch einen Versuch eini-
 germaßen zu erläutern stelle man das Blatt eines Neßtisches
 horizontal, bezeichne durch eine Linie auf demselben den mag-
 netischen Meridian, und setze über diese Linie eine empfindliche
 Magnetnadel, darauf stelle man zwei Eisenmassen A, A', die
 eine nordöstlich, die andere nordwestlich so auf, daß ihre entge-
 gengesetzten Anziehungen auf die Magnetnadel sich wechselseitig
 compensiren. Man drehe darauf das Blatt des Neßtisches
 rund herum. Die Magnetnadel wird innerhalb eines Grades
 unveränderlich ihren Parallelismus behalten.

Anmerkung.

Die vorerwähnten magnetischen Erscheinungen sind größtentheils die
 früher bekannten. Daß zwischen ihnen und den elektrischen Erscheinun-
 gen viel Aehnliches, aber auch manches Verschiedne Statt findet, wird
 dem aufmerksamen Leser nicht entgangen seyn. Wir wenden uns nun zu
 dem von Dersted entdeckten Elektromagnetismus.

Elektromagnetismus

Verhalten des vertikalen oder geneigten Stroms gegen die Magnetnadel.

§ 319.

Wenn man den elektrischen Strom, welcher der Leitungstrah einer vertikalen Säule oder einer beliebigen geneigten Röhre vom positiven zum negativen Pole durchfließt (wir bleiben der Röhre wegen in vertikaler Ansicht stehen) über, unter oder neben einer horizontalen Magnetnadel, ebenfalls horizontal durchwirkt, so wirken beide der Strom und die Magnetnadel auf einander, daß der Nordpol der Magnetnadel links auszuweichen sucht, wenn man sich in die Richtung des elektrischen Stroms versetzt, das Gesicht nach rechts wendend wo der Strom hinfließt und zugleich nach dem Nordpol der Magnetnadel gewendet. Dasselbe Gesicht tritt auch ein, wenn ein verticaler elektrischer Strom vor einer vertical aufgehängten Magnetnadel vorüber fließt. Umgekehrt hingegen ein verticaler Strom vor einer horizontalen Magnetnadel vorüber, so sind einige Fälle zu unterscheiden.

- 1) Der Strom fließt zwischen dem Mittelpunkte der Magnetnadel und einem ihrer Pole seitwärts (wir wollen annehmen von unten nach oben) vorbey, dann findet Anziehung zwischen der Magnetnadel und dem Strom statt.
- 2) Der Strom fließt seitwärts zwischen einem Pole und dem äußersten Ende der Magnetnadel in die Höhe, es findet Abstoßung zwischen dem Strom und dem nächsten Pole der Magnetnadel.
- 3) Der Strom fließt in der Richtung der Magnetnadel vor einem Pole in die Höhe, so findet

vor ihm liegende Nordpol linker Hand d. i. östlich,
vor ihm liegende Südpol rechter Hand d. i. ebenfalls
ich abgestossen.

Blos der Fall No. 3. ist unter dem vornen aufges.
Iten Gesez begriffen. Denkt man sich den Strom von
ten nach oben gerichtet, so kehren sich auch die 1—3
chriebnen Erscheinungen um. Noch wollen wir uns be-
rken, daß die mittlere Kraft, womit ein galvanisch elek-
ischer Strom auf den Pol einer Magnetnadel wirkt, dem
bstande des Poles von dem Strome verkehret proportio-
al ist. Ist der elektrische Strom stark genug, oder die
chtende Kraft der Magnetnadel schwach, so stellet sich
ieselbe perpendicular auf die Richtung des elektrischen
stroms.

Die eben erwähnten Erscheinungen sind größtentheils von
Dersted beobachtet worden. Die übrigen noch zu erwähnenden
erdankt man dem regen Eifer vieler andern Naturforscher,
Dersteds interessante Entdeckung zu verfolgen und zu erweitern.
Da es uns hier nicht um eine geschichtliche, sondern um eine
kurze Darstellung der Hauptgesetze des Elektromagnetismus zu
thun ist, so verweisen wir in ersterer Hinsicht auf folgende Schrif-
ten: Der Elektromagnetismus eine historisch-kritische Darstel-
lung der bisherigen Entdeckungen auf dem Gebiete derselben
u. s. w. von Dr. C. H. Pfaff 1824, sodann Gilbert's Anna-
len von 1820 an, und Poggendorfs Annalen als deren Fort-
setzung.

Zur Erläuterung der angeführten Gesetze durch Versuche
reicht folgender einfache Apparat, größtentheils nach Gilbert's
Angabe construirt, aus. Ein kupferner Kasten 6—8 Zoll
breit und hoch, etwa $\frac{1}{2}$ Zoll weit, ist mit einem unter rech-
ten Winkeln doppelt gebognen Kupferstreifen $ab\ cd$ leitend
verbunden; der Kupferstreifen muß eine Länge $ab = cd$ von
6 Zollen, eine Höhe cb von 3 Zollen, und eine Breite, die
der Länge der bey k' und k'' aufgestellten Magnetnadeln ent-
spricht, haben. Der Kupferstreifen kann an den Kasten angelöthet,
oder besser in ein paar wohlschließende Falzen bey a eingeschre-
ben werden. Das obere Ende des Streifens d federt sich so

Man winde einen mit Seide übersponnenen Clavier-
 um einen wenigstens einige Zolle im Durchmesser
 den Cylinder dicht neben oder über einander 20 bis
 nahl herum, und befestige ihn in dieser Lage. Statt
 Cylinders kann man zu manchen Versuchen vorthail-
 er einen prismatischen Körper mit ebenen Oberflächen
 len, um welchen man den Draht auf gleiche Weise,
 Fig. 239 zeigt, herumwindet. Nur muß die Dicke
 Körpers jederzeit so groß gewählt werden, daß die
 ern in entgegengesetzter Richtung laufenden Bindungen
 weit von den obern entfernt liegen, daß sie nicht stö-
 ad einwirken können. Bringt man einen solchen Multi-
 icator dicht unter eine Magnetnadel NS und läßt z. B.
 n Strom von a nach b u. s. w. nach xy gehen, so
 ird der Nordpol der Nadel östlich abgelenkt werden.
 nderbey unterstützen sich die Wirkungen der nach einer
 Richtung gehenden Ströme ab, cd, ef wechselseitig. Doch
 darf man nicht erwarten, daß die Vermehrung der Kraft
 genau der Anzahl der einzelnen parallelen Ströme pro-
 portional sey; theils weil mit der Verlängerung des Dra-
 theß seine Leitungsfähigkeit vermindert wird, theils weil
 die entfernter von der Magnetnadel liegenden Ströme schwä-
 cher wirken. Die Wirkung auf die Magnetnadel muß na-
 türlich desto stärker ausfallen, je empfindlicher diese selbst
 ist, und je schwächer ihre richtende Kraft dem Einflusse
 des elektrischen Stromes entgegenwirkt. Dieß kann man
 hervorbringen, wenn man dem elektrischen Strom eine
 astatische Magnetnadel darbietet, oder wenn man die rich-
 tende Kraft des Erdmagnetismus durch Annäherung des
 Poles eines Magneten zum gleichnamigen der Nadel fast
 auf 0 reduciret.

So hat uns die Magnetnadel verbunden mit dem

Multiplikator ein Mittel dargeboten, die kleinste galvanisch, elektrischer Ströme zu entdecken. Eckenswerth ist es, daß uns dieses Mittel gänzlich wenn von einem durch Reibung erzeugten elektrischen die Rede ist, sey er schwach oder stark, da jetzt nicht die mindeste Wirkung eines solchen Stromes auf die Magnethabel wahrgenommen hat. Es sagt daher die Reibungselektricität könne wegen ihrer geringen Spannung nicht magnetisch wirken. Es ist keine Erklärung, sondern nur ein anderer Ausdruck des Phänomens.

Der galvanisch, elektrische Strom ist selbst Magnet, oder wirkt als ein solcher.

§. 321.

Da alles was von einem Magnet gezogen wird oder weber selbst magnetisch ist, oder durch den Einfluß ziehenden Magneten es wird, so war zu vermuten, daß der galvanische Strom sich wie ein Magnet verhalten würde welches sich durch die Erfahrung bestätigt hat. Es sind der sprechendsten Beweise dafür sind folgende.

1) Man lasse einen hinlänglich starken elektrischen Strom (der Strom muß so stark seyn, um einige Zehntel dünnen Platinadrath zum Glühen zu bringen) durch einen metallischen Leiter fließen, wir wollen annehmen in die Richtung A B. Nähert man dem Leiter in diesem Zustand eine Eisenfeile, so werden dieselben angezogen und ordnen sich rund um den Leiter in kleine Büschel oder Radeln, deren verlängerte Richtungen perpendicular auf der Axe des Leiters A B stehen. Die um einen Durchmesser einander gegenüber liegende Büschel Eisenfeile sind entgegengesetzt

und zwar die linker Hand des Stromes A B liegenden Enden von dem Strome abgewendeten Enden nordpolar, die rechter Hand liegenden süd polar. (Diese Namen in dem von bisher gebrauchten Sinne genommen.)

So wie der elektrische Strom den Leiter nicht mehr fließt, hört auch seine magnetische Kraft auf. Beschaffenheit des Metalles hat auf seinen magnetischen keinen Einfluß, wenn es gleich gut leitend ist. Unvollkommene Leiter der zweiten Art zeigen keinen Magnetismus, wenn sie von einem elektrischen Strome durchflossen werden.

2) Man streiche eine unmagnetische Stahlnadel quer durch einen von einem galvanischen Strome durchflossenen metallischen Leiter von der Linken zur Rechten. (das Gesicht nach abwärts gerichtet), so wird das zuletzt abgezogene Ende der Nadel bleibend magnetisch nordpolar, streicht man in entgegengesetzter Richtung, so wird dasselbe Ende der Nadel süd polar.

3) Man lasse durch einen schraubenförmig gewundenen Draht Seide überspannenen Draht Fig. 221, in welchen man eine Stahlnadel NS gesteckt hat, einen starken galvanischen Strom von a nach y fließen, so daß die über der Nadel liegenden Windungen von der Rechten zur Linken, die unter der Nadel liegenden von der Linken zur Rechten durchflossen werden; dann wird die Nadel magnetisch werden, und zwar das linker Hand der Schraube liegende Ende einen Nordpol N, das rechter Hand liegende S einen Südpol erhalten. Hier wirkt der galvanische Strom wie der verstärkte elektrische Funke (S. 299).

4) Der galvanische Strom wird durch die magnetische Kraft der Erde, und von anderen Magneten gezogen. Man hänge einen verticalen freisförmig gekrümmten Leiter A B so auf, daß er sich um eine verticale Axe frei drehen

Strom, und zugleich von einem galvanischen Strom: Richtung von A nach B durchflossen werde; so wird sich durch die magnetische Kraft der Erde zeigen, daß er auf dem magnetischen Meridian steht: die linke Seite des ihn durchfließenden Stroms ist dem gegenüber ist. Dieser Versuch stellte Ampère zu Erfolg an.

Eine der einfachsten Arten den Einfluß des Stroms auf den elektrischen Strom zu zeigen, ist der verbesserte de la Rive'sche Apparat Fig. 240. Man nimmt ein mit Seide überspannenes Glasrohr nach dem von N nach S zu um einen etliche Linien im Durchmesser haltenden Glaszylinder, an den beiden Enden N und S gegen 50 mahl neben und über einander, in der Richtung a nach b zu, weisläufig. Nachdem man die Bindung beendet hat, kann man den Glaszylinder herausziehen. Gewinde an einem möglichst leichten Stäbchen NS mit Seide befestigen. Von der Mitte des Stäbchens her ein silberner Fingerhut A an einem Seidenfaden herabhängend, denselben stellt man unten mit Pöschpapier umgeben. Zinkstreifen. Das eine von Seide entblößerte Ende des Stäbchens kehret man zu dem Silbergefäß A, und setzt es in gehörige leitende Verbindung, eben so verfähret man dem andern von S kommenden Ende des Drahtes in Verbindung auf den Zinkdraht. Den ganzen so zugerichteten Apparat hänget man zuerst an einem stärkern Seidenfaden und diesen wieder an einem längern ungedrehten Fadenzug auf, damit der Schwerpunkt des Ganzen in die Richtung cc falle. Gießet man nun in das silberne Gefäß etwas verdünnten Salpeter, oder Salzsäure, so entsteht ein elektrisch galvanischer Strom, ausgehend von A und durch die Bindungen der Schraube von N nach S folgend nach dem Stäbchen. Ist nun die Schraube, wie wir annehmen wollen, nach S links (d. i. eben von der Rechten zur Linken) gedreht, so wird N ein Nordpol, S ein Südpol, so lang der elektrische Strom dauert, und die Linie SN wird sich durch die richtende Kraft der Erde von Süden nach Norden drehen. Ueberhaupt wird sich die Schraube, so lang sie von dem elektrischen Strome durchflossen ist, wie eine schwebende horizontale Magnetadel verhalten. Es wird sich



n dem Nordpol eines Magneten abgestossen, dagegen von Südpole gezogen werden.

zweißende Bewegung eines Magneten um einen elektrischen Strom und dieses um jenen.

§. 322.

Faraday hat uns mit der merkwürdigen Erscheinung der kreisförmigen Bewegung eines elektrischen Strom's um den Magneten, so wie dieses um jenen bekannt gemacht. Die einfachste Art diese Bewegung hervorzubringen, erläutert §. 241. AB ist eine Glasröhre etwa 3 Zoll lang, $\frac{3}{4}$ Zoll weit, unten bey A mit dem Korkstöpsel verschlossen, wodurch der Nordpol eines Magnetstabes von cylindrischer Gestalt d e gesteckt wird. Statt dessen kann man auch einen Stab von weichem Eisen wählen, unter welchen man den Nordpol eines hinlänglich starken Magneten hält, um durch Vertheilung in dem Eisen bey e einen ähnlichen Pol hervorzubringen. Der untere Theil der Glasröhre wird bis h h mit sehr reinem Quecksilber gefüllt, nicht weiter als damit der Magnet bey e einige Linien über die Oberfläche des Quecksilbers hervorrage. Oben bey B wird die Glasröhre mit einer metallenen Fassung geschlossen, in deren Mitte bey a sich ein Häkchen befindet, von welchem ein Platinadrath a h frei beweglich herabhängt, und sich mit dem Ende h ein wenig unter die Oberfläche des Quecksilbers eintaucht. Läßet man nun einen elektrischen Strom von f d durch den Magneten zum Quecksilber und von diesem durch den Platinadrath h a aufwärts gehen, so wird sich dieser in eine drehende Bewegung um den Magnetstab versehen, Kreise beschreibend, deren vor dem Magneten liegende Hälften von der Linken zur Rechts-

blich bey stärkerer Annäherung des Magneten in eine
 nig rotirende Vertiefung über. Diese Versuche sind
 in jüngern Herschel fortgesetzt worden. Er fand daß
 sich durch die Entladung einer minder starken galvanischen
 Zelle zwar keine kegelförmige Erhebung oder Vertiefung
 sondern eine rotirende Bewegung in der Oberfläche des Quecksilbers
 hervorbringen könne, wenn man dieselbe einige Linien
 mit Schwefelsäure übergießet, und die entladenden Platten
 bloß in die Säure taucht. Nimmt man statt der
 Säure ein Alkali, so bleibt das Quecksilber in Ruhe. Setzt
 dem Quecksilber ein elektropositives Metall, Kalium oder
 Zink zu, so geht der die rotirende Bewegung erzeugende Strom
 in entgegengesetzter Richtung von der positiven zur negativen
 Seite.

Ziehung der galvanischen Ströme unter einander.

§. 323.

Wenn zwei galvanische Ströme AB, ab parallel neben
 einander oder auch unter einem Winkel gegen einander
 fließen, so ziehen sie einander an; fließen sie nach entgegengesetzter
 Richtung, so stoßen sie einander ab und suchen sich, wenn die Ströme
 drehbar sind, in die parallele nach einer Richtung ge-
 richtete Lage zu versetzen. Machen beide Ströme einen Winkel
 mit einander, so haben sie dieselbe Richtung (oder werden
 so genommen), wenn sie beide nach dem Scheitel des
 Winkels zu-, oder beide davon abfließen. Die Ströme
 haben aber eine entgegengesetzte Richtung, wenn der eine
 dem Scheitel zu-, der andere davon abfließet.

Die vorstehenden Sätze sind von Ampere durch Versuche
 nachgewiesen worden, und sie sind um so wichtiger,
 weil Ampere von ihnen, als einfachen Erscheinungen oder

Grundgesetz ausgehend eine Hypothese zur Erklärung
 magnetischer Erscheinungen überhaupt erheben
 und sich nicht davon lassen werden.

Der nachstehende ebenfalls von Herrn
 Lenz herrührende Versuch gehört demselben Bereich.

Es sei eine einseitige Spirale DE Fig. 3.
 sich in der Richtung eines Erdmagneten oder einer
 gleichfalls wie Spirale DE gelegenen Leiter, ZN.
 Diese Spirale sei einer bestimmten Richtung ihrer
 Bewegung ausgesetzt die die des beweglichen Leiters bildet.
 Die Spirale k ist a. In der oberen Ebene a
 einer bestimmten Ebene der beweglichen Leiter, welche
 Richtung der Spirale abedefghik gegeben ist.
 k eine gewisse Ebene hat, die aber nicht auf ihrem
 Orte, sondern in der Höhe frei schwebt. Ist, ein
 gewisses Erdmagnet, so die einzelnen Theile der
 Spirale können sich nicht halten. In die Spirale
 sind k, h, g, f, e, d, c, b, a, k wird etwas Quecksilber
 gebracht so daß diese Spirale aber hinlänglich stark
 einen Leiter bildet, und k mit der Kupferseite, z
 Spirale derselben verbunden (bey einer voll. Erde
 die Verbindung gerade umgekehrt seyn), so wird die
 die Spirale durch KL abedefghik gehen und
 bewegliche Leiter wird nicht unter dem Einflusse des
 Magnetfeldes stehen, weil dessen entgegengesetzt gerichtete
 und horizontale Erdmagnettheile sich diesem Einflusse
 entziehen. Lasset man nun durch einen festen Leiter
 einen elektrischen Strom von A nach B fließen, so werden
 Theile be, eb, de des beweglichen Leiters von ihm an
 werden, weil sie nach einer Gegend gerichtete Ströme
 AB enthalten. Der bewegliche Leiter wird also, wenn
 ihm eine andere Stellung giebt, von selbst wieder in die
 der Figur angezeichnete zurückkehren. Lasset man dagegen
 elektrischen Leiter von B nach A fließen, so fließt er
 beweglichen Leiter ab.

Die Theorie der magnetischen Erscheinungen durch galvanisch-electrische Ströme erzeugt.

§. 324.

Nachdem Ampere den Satz: daß sich nach einer Richtung fließende galvanische Ströme anziehen, nach entgegengelegten Richtungen fließende abstossen, auf mannigfache Weise geprüft und bewähret hatte, so machte er ihn zur Grundlage einer Erklärungsweise der elektromagnetischen, der magnetischen Erscheinungen überhaupt.

Denken wir uns die Axe eines in dem Meridian liegenden Magneten von Pol zu Pol gezogen, auf diese Linie eine Reihe unter sich parallele auf die Axe senkrecht von Osten nach Westen streichende Ebenen gestellt, und in jeder Ebene, um jedes mit der Axe parallel liegende Atom einen galvanischen Strom fließend, oben von Westen nach Osten, unten von Osten nach Westen gerichtet: so erhalten wir die Vorstellung, welche sich Ampere von einem Magneten machte. Alle Ströme, welche in eine auf der Axe senkrecht stehende Ebene fallen, gelten oder wirken zusammengenommen wie ein einziger größerer Strom, welcher die Axe des Magneten in gleicher Richtung senkrecht umkreißte. Auch Ampere anfänglich von der einfacheren Voraussetzung größerer die Axe des Magneten senkrecht umkreißender Ströme aus. Mehrere Thatsachen, welche man dieser Theorie entgegenstellte; vorzüglich, daß jeder einzelne Theil eines größern Magneten wieder einen besondern Magneten darstellt, und daß die Pole der Magnete nicht an die Enden der Axe, sondern etwas zurück fallen, bewogen A. die frühere Vorstellung zu verlassen, und Ströme senkrecht um jedes einzelne Atom des Magneten anzunehmen, wobey

dem jenseits der Pole Ströme geschacht und :
diesseits liegenden entgegen wirken, und beide :
als Mittelpuncte der Anziehung betrachtet, mit-

Wir werden uns bey den folgenden Erläuter-
Rürze wegen, an die Vorstellung von größten :
Magneten senkrecht umkreisenden Strömen halten

Der Ritter Nobili hat in einer im Jahr 1822:
dena erschienenen Schrift über den Magnetismus an-
vorgetragen, die eine neue Modification der frühere-
ist. Er nimmt ausser den auf der Axe des Magneten
ten noch secundaire Wirbel an, welche auf Linien kre-
hen sollen, wie sie die Eisenfeile rund um den
Magneten bilden.

§. 325.

Denken wir uns zwei Magneten mit ihren
schastlichen Polen gegen einander gekehret, so zie-
nen sich nach dem Amperschen Princip anziehen, weil ihre
trischen Ströme nach einer Gegend gerichtet sind, so
man den einen Magneten um, so stoßen sich die entgeg-
lichen Pole ab, weil nun die Richtung der Ströme in
den Magneten eine entgegengesetzte Lage haben. Um
Richtung des Magneten in Beziehung auf Abweichung
Neigung, d. i. den Erdmagnetismus, zu erklären, so
Ampere an: es umfließen den Erdförper in der Rich-
tung des magnetischen Aequators und parallel mit dem
also senkrecht auf die magnetische Erdaxe, ähnliche
sche Ströme dermaßen, daß die an der Oberfläche
Erde liegenden Theile dieser Ströme von Osten nach Westen
gerichtet sind. Eine nach jeder Richtung frei bewegliche
Magnetnadel wird sich so stellen, daß der untere Theil
ter Ströme ebenfalls von Osten nach Westen und der obere

en parallel liegen, daher wird ihre Axe orientirt, der magnetischen Erdaxe parallel seyn.

Ein elektrischer Strom, welcher bey einer Magnetnadel vorbeifliesst, wird ein Bestreben äussern, ihre Ströme in die Richtung parallel und homogen zu stellen. Fliesst er von S nach N über der Nadel her, so wird der Nordpol der Nadel links d. i. westlich ausweichen, weil dann der obere Theil ihrer von Westen nach Osten gehenden Ströme die Richtung von Süden nach Norden erhält. Fliesst aber der elektrische Strom von Süden nach Norden unter der Nadel her, so muß der Nordpol der Nadel sich nach rechts ausweichen, damit ihre unteren westlichen Ströme die Richtung nach Norden erhalten. Auf ähnliche Weise kann man sich die Wirkungen eines elektrischen Stroms auf die vertical schwebende Magnetnadel erläutern.

Die von Faraday entdeckte Kreißbewegung erklärt sich folgendergestalt.

Es bezeichne BA Fig. 243 einen nach oben gerichteten elektrischen Strom, N den Nordpol eines hinter ihn gestellten Magneten, dessen gegen den Strom BA gekehrten Ströme haben die Richtung ba . Nun folgt aus dem in 321 angeführten Amperschen Grundsatz, daß die Stromtheile dc , da ; bd , ed als nach einer Gegend fließende zu betrachten sind, und anziehend wirken. Dagegen sind die Stromtheile dc , bd ; und ed , da als entgegengesetzte und einander abstossende zu betrachten. Nun geht aber aus der anziehenden Kraft nach ca , und der abstossende nach bo oder cf eine mittlere Kraft ch hervor; die unter ba im Quecksilber liegenden Ströme kommen nicht in Betrachtung, weil nur der Theil des Leiters Ad , als der bewegliche und wirksame anzusehen ist, daher wird derselbe

nach der Richtung $cb = ba$ ausweichen; die mittlere Richtung dieser Kräfte rund um den Magnet auf ähnliche Weise bestimmt, so muß daraus die Bewegung hervorgehen.

Diejenigen unserer Leser, welche sich mit den Einzelheiten der Amperschen Theorie genauer bekannt machen wollen, weisen wir auf folgende beide Schriften. Darstellung neuer Entdeckungen über die Elektricität und Magnetismus durch Ampere und Babinet, Leipzig bei Voß 1822. f. Darstellung der dynamischen Elektricität von J. F. Demonferrand, Leipzig 1824.

Ein Versuch zur Erläuterung der Amperschen Theorie von dem Erdmagnetismus ist folgender: man bilde eine Kugel von beliebiger Materie, winde um die Äquator derselben einen mit Seide übersponnenen Clavierdrath mehrmals so herum, daß der Nordpol der Kugel den fast laufenden Bindungen rechts liege. Läßt man durch diese Drahtwindungen einen hinlänglich starken elektrischen Strom gehen, so wird die nördliche und südliche Hälfte der Kugel magnetisch polar wie unser Erdkörper, d. i. jene zeigt den Nordpol, diese den Südpol einer Magnetnadel. Dieser Versuch rühret von Barlow. Früher stellte ich folgenden Versuch an: ich konstruirte eine Kugel von Uhrfedern, wand um dieselbe einen Clavierdrath wie eben beschrieben, und ließ durch denselben elektrischen Funken schlagen, die Kugel wurde magnetisch und zeigte ähnliche Erscheinungen wie der natürliche Erdkörper.

Obgleich Amperes Theorie ein Mittel darbietet die verschiedenen magnetischen und elektromagnetischen Erscheinungen unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunct zusammen zu fassen, so kann sie doch nur für eine scharfsinnige Hypothese gelten, solange nicht die Existenz solcher elektrischen Ströme, wie sie Ampere um die Magneten und den Erdkörper denkt, durch stimmte Erfahrungen nachgewiesen werden kann.

Andere Naturforscher stellen sich den elektrischen Strom nur als eine den Magnetismus erregende Kraft vor, über die Art wie die Erregung geschehe sind aber die Meinungen getheilt. Wir wollen nur folgendes anführen. Man umwände einen Cylinder mit Stahl oder Eisendraht schraubenförmig

Daß sich die einzelnen Windungen berühren, und lasse nicht durch die Windungen selbst, sondern darüber hin, sel mit der Axe des Cylinders einen starken elektrischen Schlag, so wird der Cylinder ein Transversalmagnet, dessen, daß links der Linie, welche der elektrische Funke laufen hat, lauter Nordpole, und rechts dieser Linie lauter Pole liegen. Stellet man einen solchen Transversalmagnet so gegen eine Magnetnadel, daß der Weg, welchen der elektrische Funke durchlaufen hat, die Stelle eines galvanischen Stroms vertritt, so ist die Wirkung auf die Magnetnadel genau so, wie von einem galvanischen Strom selbst. Diese Erfahrung bleibt sehr merkwürdig, da sie uns lehret, daß ein elektrischer Strom von großer Spannung, der an sich keine magnetische Wirkungen zeigt, solche zu erregen vermag. Dächte man sich einen vollkommenen Leiter von einem galvanischen Strom in lauter parallelen Linien mit der Axe rund um an Oberfläche durchflossen, und zwischen jedem der Parallellinien entgegengesetzte Magnetismen nach dem Gesetz erzeugt, wie sie der vorerwähnte Versuch nachweist, so würde in dem Umfang eines jeden Querschnitts eines solchen Leiters rund um eine in sich selbst wiederkehrende Reihe von Magneten vorhanden seyn, deren Nordpole in Beziehung auf die Richtung der Ströme alle links lägen. Nach dieser Vorstellung wird die Anziehung gleichartig fließender Ströme auf das Gesetz der Anziehung der freundschaftlichen Pole zurückgeführt. Auch erklärt sich aus derselben die Wirkung der galvanischen Ströme auf die Magnetnadel, so wie die von Faraday entdeckte kreisende Bewegung; weit schwerer aber die Richtung der galvanischen Ströme nach der magnetischen Weltgegend, so wie der Umstand, daß in jedem Querdurchmesser eines von einem galvanischen Strom durchflossenen Leiters die entgegengesetzten Enden entgegengesetzte Polaritäten, und zwar die linker Hand liegenden stets die Nordpolarität haben. Man würde auch diese Erscheinung nach der gegebenen Vorstellungsweise erklären können, wenn man annehmen wollte, daß die einen vollkommenen Leiter durchfließenden elektrischen Ströme, dermaßen unter dem Einfluß des Erdmagnetismus ständen, daß die wirksameren Ströme in einem mit der magnetischen Erdachse parallelen Durchschnitt des Leiters nach oben hinlägen. Es bezeichne z. B. C Fig. 245 den Querschnitt eines horizontalen Leiters, welcher abwärts von einem elektrischen Strom durchflossen werde, AB sey derjenige Durchmesser desselben, welcher der magnetischen Erdachse parallel liege, so

Die Beobachtung der magnetischen Kraft
 ist eine wichtige Sache, die man nicht
 übersehen darf. In der That ist die
 magnetische Kraft eine sehr interessante
 Erscheinung, die man in der Natur
 häufig beobachten kann. Sie ist eine
 Kraft, die in der Natur allenthalben
 vorhanden ist, und die man in der
 That in der That beobachten kann.
 Sie ist eine Kraft, die in der Natur
 allenthalben vorhanden ist, und die
 man in der That beobachten kann.
 Sie ist eine Kraft, die in der Natur
 allenthalben vorhanden ist, und die
 man in der That beobachten kann.
 Sie ist eine Kraft, die in der Natur
 allenthalben vorhanden ist, und die
 man in der That beobachten kann.

Thermomagnetismus, Thermo-electricity:

§ 326

Es ist schon längst bekannt, daß einige Metalle
 bei der Temperaturerhöhung einen
 magnetischen Charakter annehmen, und diese
 Eigenschaft durch Faraday's und Zeebeck's
 Beobachtungen erst vollkommen
 bekannt wurde, und durch die Kunst erzeugten
 Kräfte. Auch war es bekannt, daß Temperaturer-
 höhung einen Einfluß auf die mit magnetischer Kraft
 versehenen Körper ausübt, (nach den neuesten Erfors-
 chungen wirken die Temperaturerhöhungen schwächend) und
 was auch schon aus den täglichen Schwankungen des
 Magnetnadel abgeleitet werden konnte, welche Morgens
 7 und 8 Uhr östlich, nach Mittags zwischen 1 und
 2 Uhr westlich sind. Diejenigen Erscheinungen aber, welche

c jetzt unter den thermomagnetischen oder thermoelek-
 a begreifen; sind erst im Jahr 1821 von Seebeck in
 i entdeckt worden. Dieser Naturforscher fand, daß
 zwei Metalle durch doppelte Berührung einen Ring
 in sich geschlossene Kette bilden, und man erwärmt
 der Stellen wo sich die Metalle berühren, indessen der
 e Berührungsort, und die übrigen Theile der Mes-
 falt erhalten werden, so wirken die Metalle nun eben
 lenkend auf eine Magnetnadel, als ob sie von einem
 anischen Strom durchflossen wären. Daß die hier er-
 te magnetische Wirkung nicht von der Berührung der
 alle, sondern von dem Unterschied der Temperaturen
 ängig sey, erhellet daraus, 1) weil alle Wirkung weg-
 et, wenn man die entgegengesetzten Berührungspuncte
 Metalle zu gleicher Zeit gleich stark erhitzt oder erkäl-
 , 2) weil die Wirkung mit den Temperaturunterschieden
 und zunimmt, 3) weil nicht einmahl die Berührung
 eier Metalle erforderlich ist, sondern schon ähnliche (ob-
 ohl schwächere) Wirkungen auf die Magnetnadel hervor-
 hen, wenn man die Temperatur an dem einen Ende des-
 lben Metalles bedeutend erhöht und an dem andern er-
 edriget. Endlich weil die Ordnung der Metalle, in Hin-
 cht der Stärke des zu erregenden Thermomagnetismus
 eineswegs dieselbe ist, als in Beziehung auf die Erregung
 er galvanischen Electricität.

§. 327.

Um die vorzüglichsten der Versuche darzustellen, welche
 Seebeck in seiner Schrift „über die magnetische Polarisati-
 on der Metalle Berlin 1825“ angegeben hat, reicht folgen-
 der einfache Apparat aus.

ab Fig. 244 ist ein 8 — 12 Zoll langer und einige

Linien dicker Stab von Wismuth über Antimon, an beiden Enden an einen Kupferdrath k, k, k gelöthet. Um man recht starke Wirkungen erhalten, so setze man Stab $a b$, zur Hälfte aus Antimon und Wismuth zusammen. Wir wollen vorerst annehmen, der Stab ab sey aus Wismuth, und sey in den magnetischen Meridian dem Ende b nach Norden gestellet, ferner wollen wir eine horizontal schwebende Magnetnadel m innerhalb Metallbogens denken. Erwärmt man nun die Stelle b weicht der Nordpol der Magnetnadel östlich aus. Hingegen $a b$ Antimon, so würde der Nordpol westlich weichen. Alles kehret sich um, wenn man nicht b , sondern a erhitzt.

Diejenigen Metalle, welche unter der ersten Beträge östliche Ausweichung geben, nennt Seebeck kurzhin thermoelektrische Metalle.

Die Ordnung der bekanntern Metalle in dieser Reihe ist nach Seebeck: Wismuth, Nickel, Kobalt, Platin, Kupfer, Gold, Silber, Zink, Stahl, Eisen, Antimon, Tellur; dergestalt, daß jedes Metall mit der vorhergehenden, wie Kupfer mit Wismuth, verbunden durch Erwärmung am Ende b eine östliche Ablenkung bewirkt, dagegen mit jedem nachstehenden verbunden eine westliche Ablenkung. Denkt man sich durch die Temperaturunterschiede einen elektrischen Strom erzeugt, so muß man bei den östlichen Ablenkungen den Strom von b durch k nach a fließend denken, dagegen bey den westlichen Ablenkungen gerade in umgekehrter Richtung. Da Kupfer, Silber, Zink in der thermoelektrischen Reihe einander sehr nahe stehen, so sieht man, daß diese Ordnung von der Reihe galvanisch voltaischer Erreger sehr verschieden.

Wie der Entdecker dieser Erscheinungen dieselben aus ei-
 durch die Temperaturdifferenz theils in den Metallen,
 in einer sie umgebenden Atmosphäre erregten Transvers-
 magnetismus zu erklären sucht, müssen wir unsern Lesern in
 angeführten Schrift selbst nachzusehen überlassen, und wol-
 nur bemerken, daß man den Nordpol der thermomagnetis-
 Kette sich nach derselben Seite gerichtet denken muß, wo-
 der Nordpol der Magnetnadel ausweicht.

§. 328.

Je weiter die beiden zu einem Metallring verbundenen
 Metalle in der angeführten Reihe auseinander liegen, desto
 stärker ist in der Regel (es finden Ausnahmen statt) ihre
 thermomagnetische Wirkung. Vermischungen der Metalle
 verändern ihre Stellung in der thermomagne-
 tischen Reihe. Man kann auch statt zweigliedrige drei-
 und mehrgliedrige Ketten bauen, und die Richtung der
 Nadel, oder die Ausweichung der Magnetnadel, bestimmt
 dann ebenso, wie bey zweigliedrigen Ketten, nach
 der Ordnung der Metalle. Z. B. Es bestehe die Kette
 Fig. 244 aus Antimon, Wismuth und Kupfer, und man
 erwärmt die Stelle c wo sich Antimon und Wismuth berüh-
 ren, so weicht der Nordpol der Magnetnadel westlich aus.
 Wenn das würde erfolgt seyn, wenn in der Kette der Wis-
 muth gefehlet und das Kupfer c das Antimon berührt
 hätte, oder wenn das Antimon gefehlet hätte, übrigens
 über die Stelle c stets erwärmt worden wäre. Eben so
 weicht die Magnetnadel östlich aus, wenn man a allein,
 oder a und b zugleich erwärmt, weil bey der zweigliedri-
 gen Kette aus Kupfer und Antimon oder aus Kupfer und
 Wismuth dasselbe erfolgt seyn würde, wenn man im ersten
 Falle a, im andern b erwärmt hätte.

Da die thermomagnetische Reihe der Metalle mit der gal-

magnetischen nicht immer zusammenhängen, es ist
 nach der Vermählung; von den elektrischen Enden.
 einzelnen Vermählung dieser Enden mit dem Magnet
 zeigen, daß in den Fällen, wo die elektrische
 ste Reihe der Metalle vertritt ist, durch die Er-
 Temperatur eine Schwächung und Umkehrung des
 Verhaltens hervorgebracht werde, so wie in den
 beidenlei Ordnungen zusammenzufassen, durch die Er-
 höhung eine Verstärkung der elektrischen Wirksam-
 keit mächte. Z. B. das Kupfer verhält sich in der
 Reihe gegen Bismuth als negativ, in der thermo-
 magnetischen Reihe gerade umgekehrt, denn hier
 Errem von dem heißen Bismuth zum Kupfer; es ist
 die Temperaturerhöhung jene Umkehrung bewirkt hat.
 stellte Seebeck mehrere Versuche an, es die Tempera-
 tung das elektrische Verhalten der Metalle verändert
 aber die Resultate keineswegs jener Hypothese ent-
 Dieß ist ein gewichtiger Grund gegen die Identität von
 nemismus und Electricität.

Einen andern glauben wir auch darin zu finden, daß
 bis jetzt durch die stärkste thermomagnetischen Ketten
 mindeste chemische Wirkung hat hervorbringen können.
 erklärt zwar dieß gewöhnlich aus der äußerst geringen
 nung die ein noch so reichhaltiger thermomagnetischer
 beße; allein es ist so eine Sache das Vorhandensein
 die Abwesenheit der chemischen Actionen aus einer elek-
 Spannung zu erklären, worunter man sich nichts als eine
 chonisch wirkende Kraft denken kann, um so mehr, da
 auch hier wieder in einen Widerspruch geräth, indem die
 tungselektricität eine größere Spannung als die thermo-
 Kette und voltaische Säule besitzt, deren chemische Wir-
 weit größer sind.

Die Kürze verbietet hier uns über die Versuche zu
 breiten, welche Seebeck über die Veränderungen des
 magnetischen Verhaltens der Metalle durch Vermischungen
 ter einander angestellt hat, so wie über die magnetischen
 rifikationen die in Metallscheiben und in Metallkugeln durch
 warmung erzeugt werden, von denen er eine Anwendung
 die Erklärung des Erdmagnetismus macht, welchen er
 zeugt denkt, durch die dem Aequator parallel streichenden
 talle und Erze führenden Gürtel, die durch die vulkanischen

me im Innern des Erdkörpers nach bestimmten Gesetzen magnetisch polarisirt seyen. Doch können wir die Bemerkung nicht unterdrücken, daß bey einem so großen Wechsel der vulkanischen Thätigkeit der Erde, wie wir ihn bis jetzt aus der Erfahrung kennen, die Regelmäßigkeit in den Erscheinungen Erdmagnetismus schwerlich befriedigend hergeleitet werden dürfte.

Cumming in Edinburg hat die thermomagnetischen Versuche wiederholt, und gezeigt, daß man auch eine rotirende Bewegung hervorbringen könne, wenn man ein Rectangel zur Hälfte aus Platinadrath, zur Hälfte aus Silberdrath bestehend, an einer Spitze über dem Pol eines Magneten aufhängt, und unten an einem der zusammengelötheten Enden erhitzt. Currier und Dersted haben sich mit der Untersuchung der Stärke der thermomagnetischen Wirkungen und ihrer Zunahme in vielgliedrigen Ketten beschäftigt. Sie fanden, daß bey gleichbleibender Zahl von Abwechslungen der Metalle die Wirkungen auf die Magnetnadel desto schwächer ausfallen, je länger die Kette ist, dagegen bey gleichbleibender Länge desto stärker, je größer die Zahl der Abwechslungen ist. Um daher bey einer vielgliedrigen Kette die größte Wirkung zu erhalten, muß man die einzelnen Verbindungsstellen in abwechselnder Folge erwärmen und erkälten. Dann wächst die Wirkung nahe in einer arithmetischen Reihe mit der Zahl der Abwechslungen.

von dem durch eine schnelle Umbrehung erzeugten Magnetismus.

S. 329.

Arrago legte der Academie der Wissenschaften in Paris im Jahr 1825 eine Abhandlung vor, worin er zeigte, daß die Weiten der Schwingungen einer Magnetnadel vermindert werden, ohne ihre Dauer zu verändern, wenn man nahe unter die Magnetnadel eine Kupferplatte, oder jeden andern unmagnetischen Körper stellt. Steht man der Kup-

bewirkte eine sehr schnell vorübergehende Bewegung, die durch die Magnetnadel aus dem magnetischen System abgelesen.

Diese merkwürdigen Erscheinungen werden von einem einzigen Prinzip, nämlich, durch die Drehung der Magnetnadel, erklärt. Die beiden primären Experimente haben nämlich eine starke Bestätigung durch die Beobachtung gegeben, daß die Erscheinungen der Drehung des Magnetnadeln, in welchen sie auf die Wirkung des Magnetismus entstehen, waren Kupfer, Zink, Eisen, Blei, Zinn, Antimonium, Quecksilber, Gold und Silber in dem flüssigen Zustande, wie sie in dem geschlossenen Saftkreislauf niederstiegen. Wenn eine dünne eiserne Scheibe von 6 Zoll im Durchmesser so schnell umliefen, daß sie 45 Umdrehungen in einer Sekunde machte, und setzte darüber eine in einer eingeklebte 5 Zoll lange Magnetnadel in einer Entfernung von einem Zoll über die Scheibe. Die Magnetnadel wich nach der Richtung der Drehung um 5 Grade ab und lief ganz herum, wenn sie neutralisirt (d. i. der Einfluß der magnetischen Kraft der Erde entzogen) wurde oder wenn man die kupferne Scheibe größer nahm.

Bringt man eine eiserne Scheibe zwischen die stehende Kupferplatte und die Magnetnadel, so fällt die Wirkung weg, wie schon Arago beobachtet hat. Die Einschnitte in der kupfernen Scheibe vermindern die Wirkung, heben sie aber nicht ganz auf. Zink wirkte schwächer als Kupfer, Eisen viel stärker als Kupfer.

Eine kupferne Nadel über einer kupfernen Scheibe bewirkt zweifelhafte Bewegungen. Ein Hufeisenmagnet an der

te des Zimmers über der sich drehenden Kupferne
 reibe aufgehängt, kam in Umdrehung. Eine kupferne
 Platte über einer sich drehenden blieb unbeweglich, auch
 wenn die drehende von Eisen war. Eine kupferne Platte
 über einem sich drehenden Magneten kam in Drehung.
 Wenn eine Platte sich in einer verticalen Ebene drehte,
 zeigte jeder Pol der Magnetnadel eine Ablenkung nach
 der Richtung der Drehung, wenn die Magnetnadel außer-
 halb der Ure der Drehung gestellet war.

Barlow schliesst aus diesen Versuchen, daß alle Me-
 talle eine geringe magnetische Kraft besitzen.

Eigene Versuche über diesen Gegenstand lehrten mich fol-
 gendes: Zink- Kupferplatten 4 Zoll im Durchmesser und einen
 Zoll hoch über einander geschichtet, gaben bey einer Umdre-
 hungsgeschwindigkeit von 16 — 20 Umläufen in einer Secunde
 eine Ablenkung von ein paar Graden an der Magnetnadel,
 wurde die Nadel durch einen nahe gestellten Magneten neutra-
 lisirt, so konnten sie wohl zu einem ganzen Umlauf gebracht
 werden. Ein gleiches Resultat gab ein sich drehender Würfel
 von Eisen 2 pariser Zoll in der Seite. Durch eiserne Schei-
 ben konnte kein sicheres Resultat erhalten werden, weil sie
 schon von der Umdrehung Spuren von magnetischer Polarisir-
 tion zeigten. Ueberhaupt kann man denjenigen, welche durch
 Versuche ausmitteln wollen, ob durch eine schnelle Umdrehung
 Magnetismus erzeugt werde, nicht Vorſicht genug empfehlen,
 um sich gegen Täuschung zu sichern, damit man nicht eine
 durch mechanische Mittheilung erfolgte Bewegung der Nadel
 für eine durch den Magnetismus erzeugte halte.

Wir brauchen nicht hinzuzufügen, daß die Erregung des
 Magnetismus durch eine schnelle Umdrehung der Amperschen
 Hypothese und allen denjenigen günstig ist, welche das Wesen
 des Magnetismus in der kreisenden Bewegung einer feinen
 Flüssigkeit suchen.

Indessen müssen wir zugleich bemerken, daß die Erschei-
 nung der Vorstellung von einer magnetischen Polarisation star-
 rer Körper nicht widerspricht. Wir dürfen uns nur der Er-
 klärung erinnern, welche wir §. 316 von der Einwirkung des

durch die magnetische Kraft der Erde polarisirten weichen Eisens auf die Magnetnadel gegeben haben. Nehmen wir alle Metalle verhalten sich, nur in schwächerem Grade, das Eisen magnetisch, so übersieht man auch, wie die der Mittelpuncte der magnetischen Anziehung, welche in diesen Körpern durch die Kraft der Erde erzeugt werden, eine schnelle Umdrehung verändert werden müssen, und die Magnetnadel der Bewegung der magnetischen Pole freizulassen; den einzigen Fall ausgenommen, wenn die Art der Drehung durch die magnetischen Pole selbst geht.

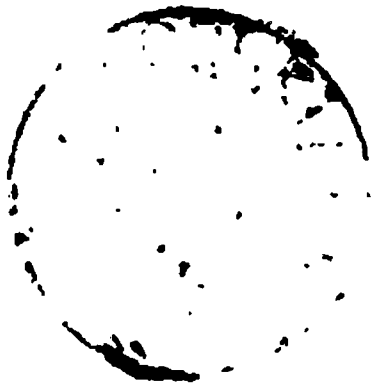


Fig. 1

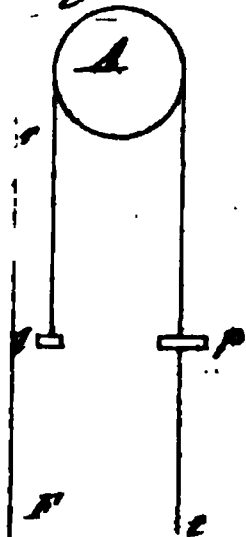


Fig. 3

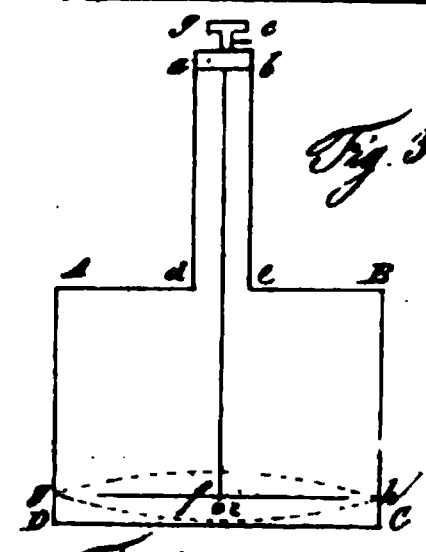


Fig. 9

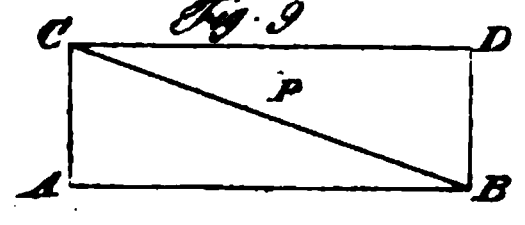


Fig. 6

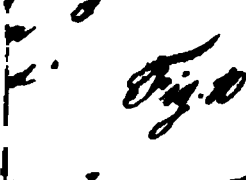


Fig. 10

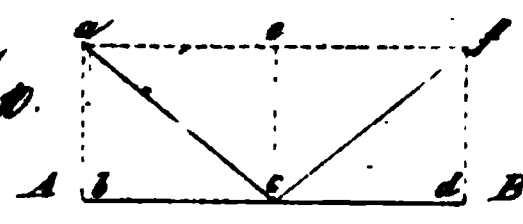


Fig. 13

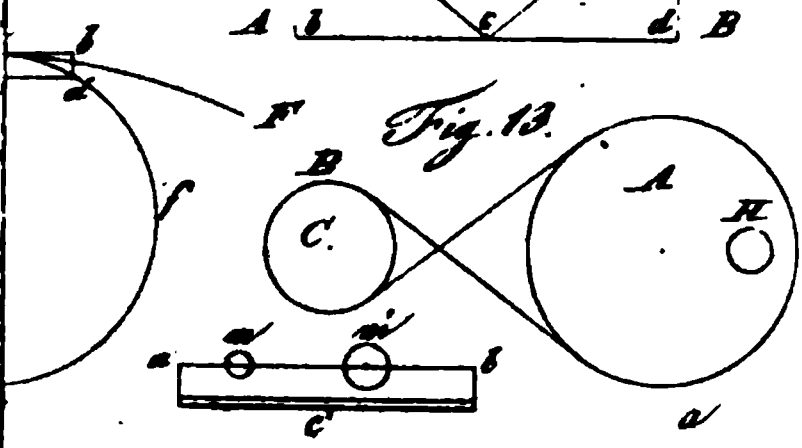


Fig. 15

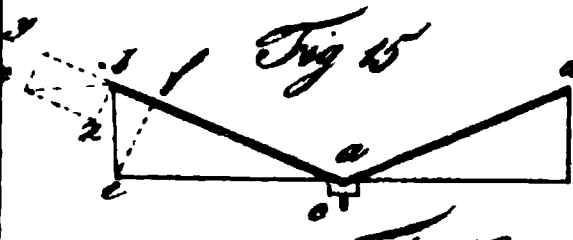


Fig. 14

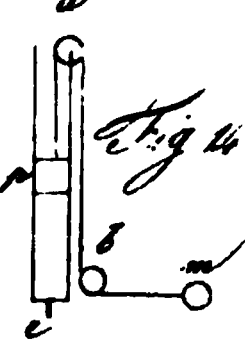
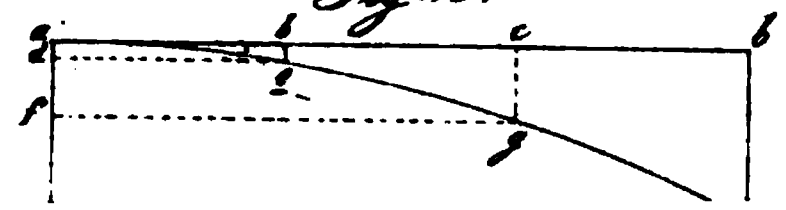
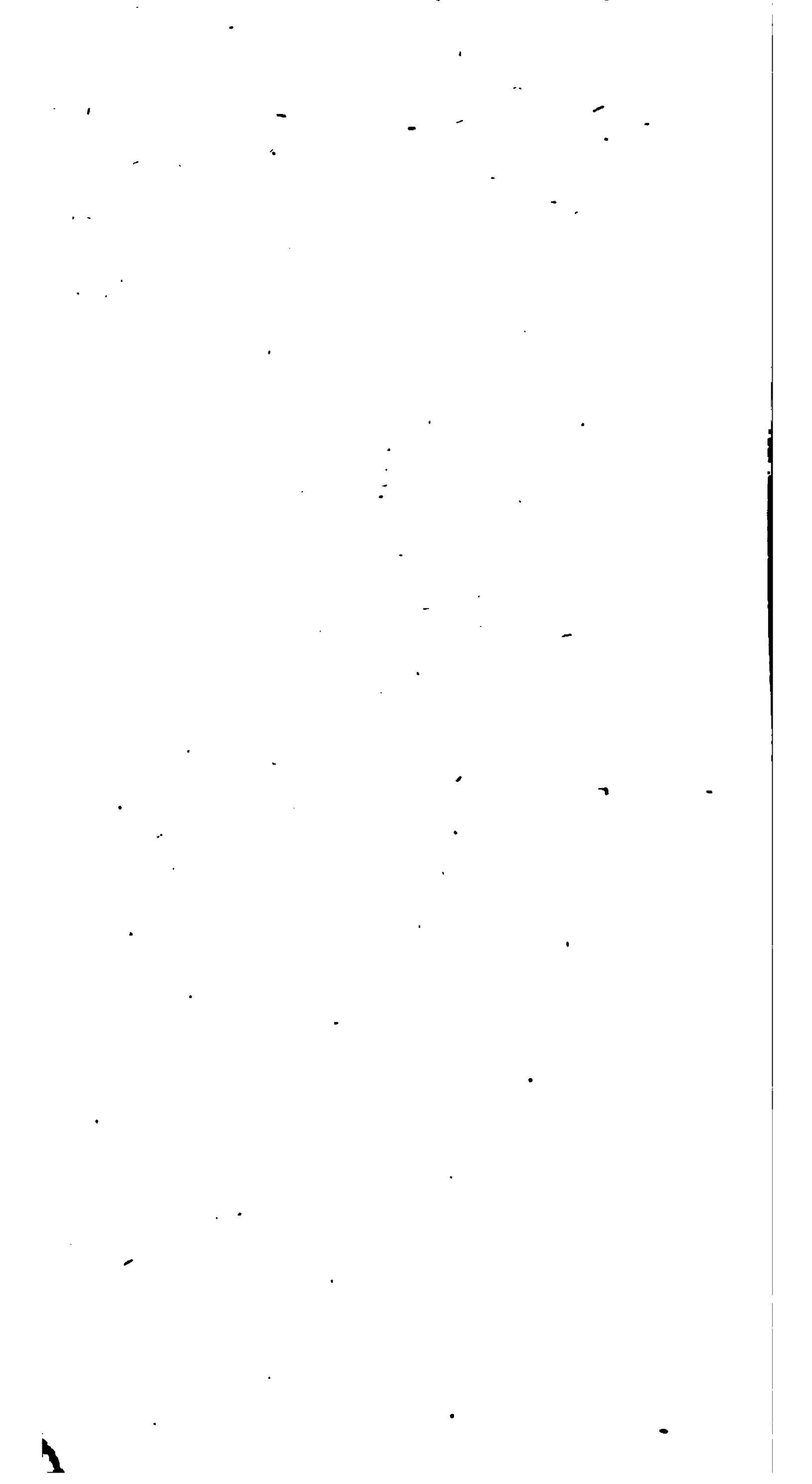
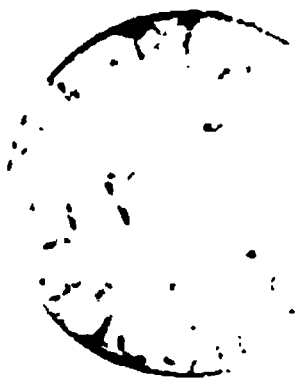
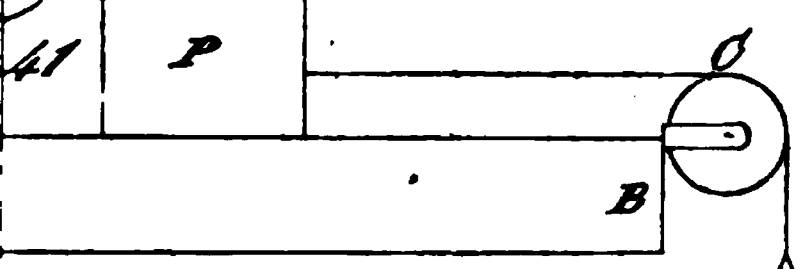
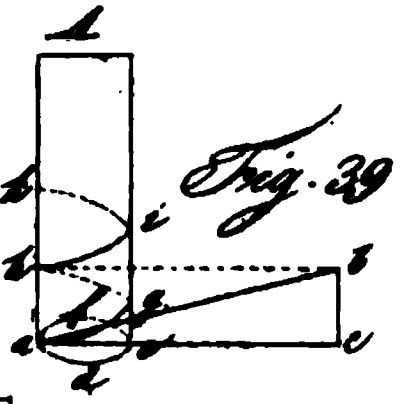
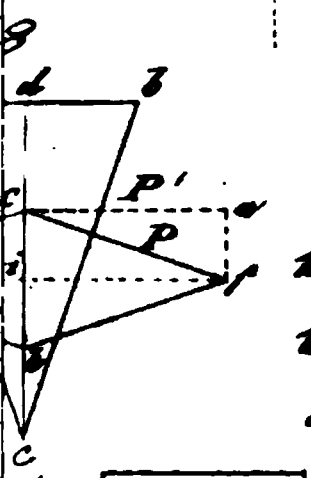
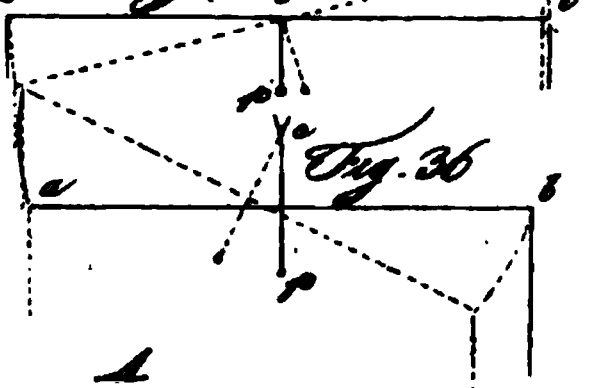
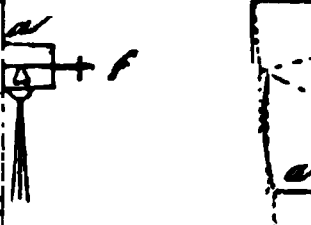
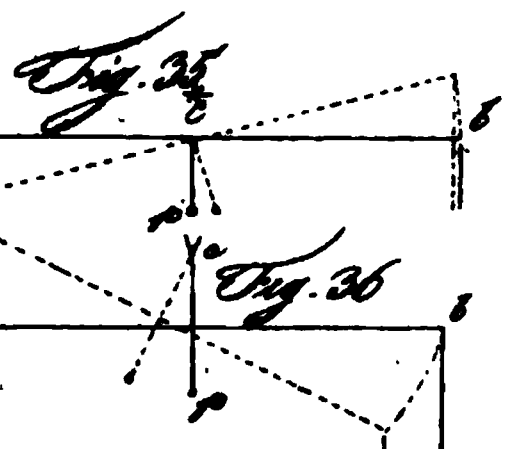
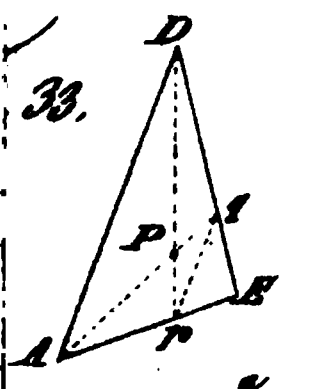
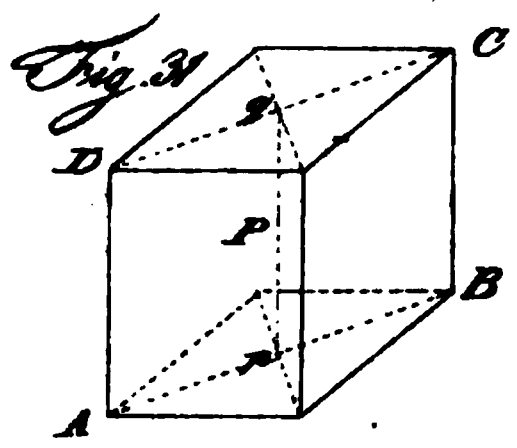
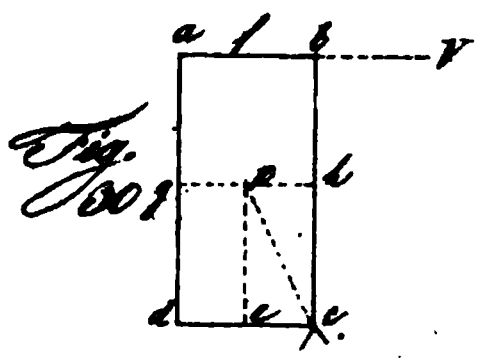
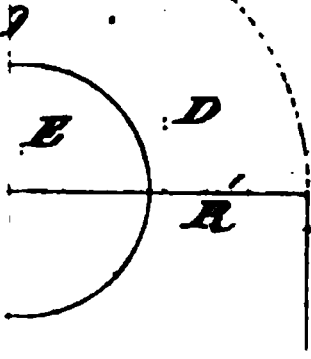


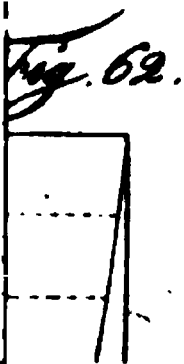
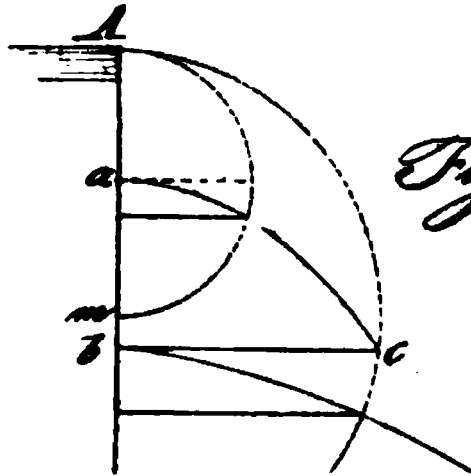
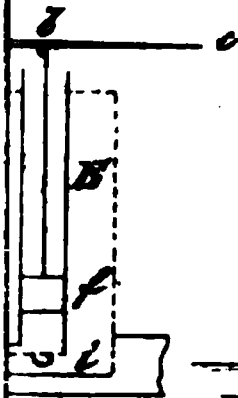
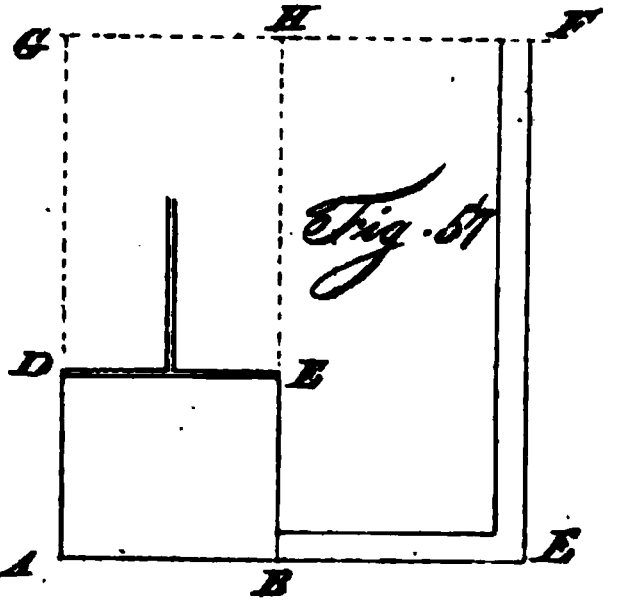
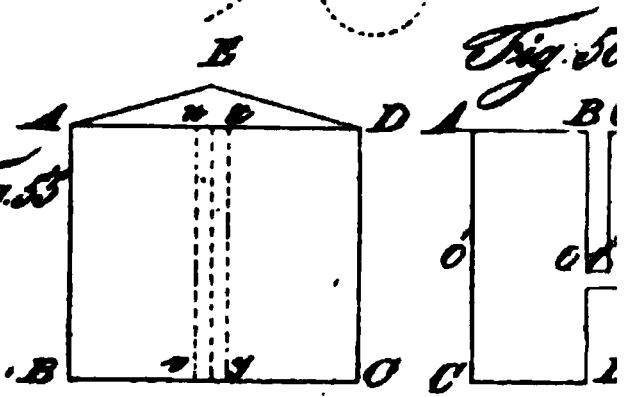
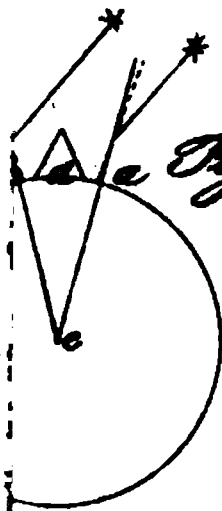
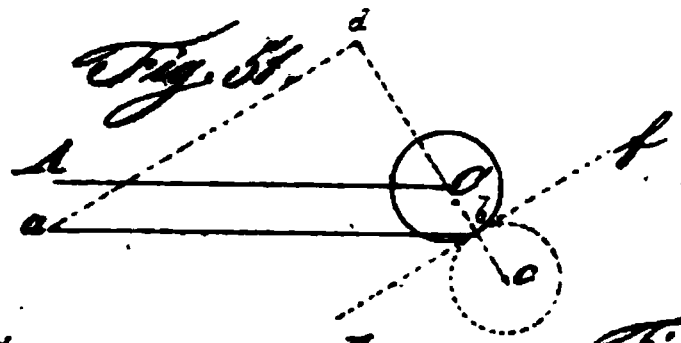
Fig. 16

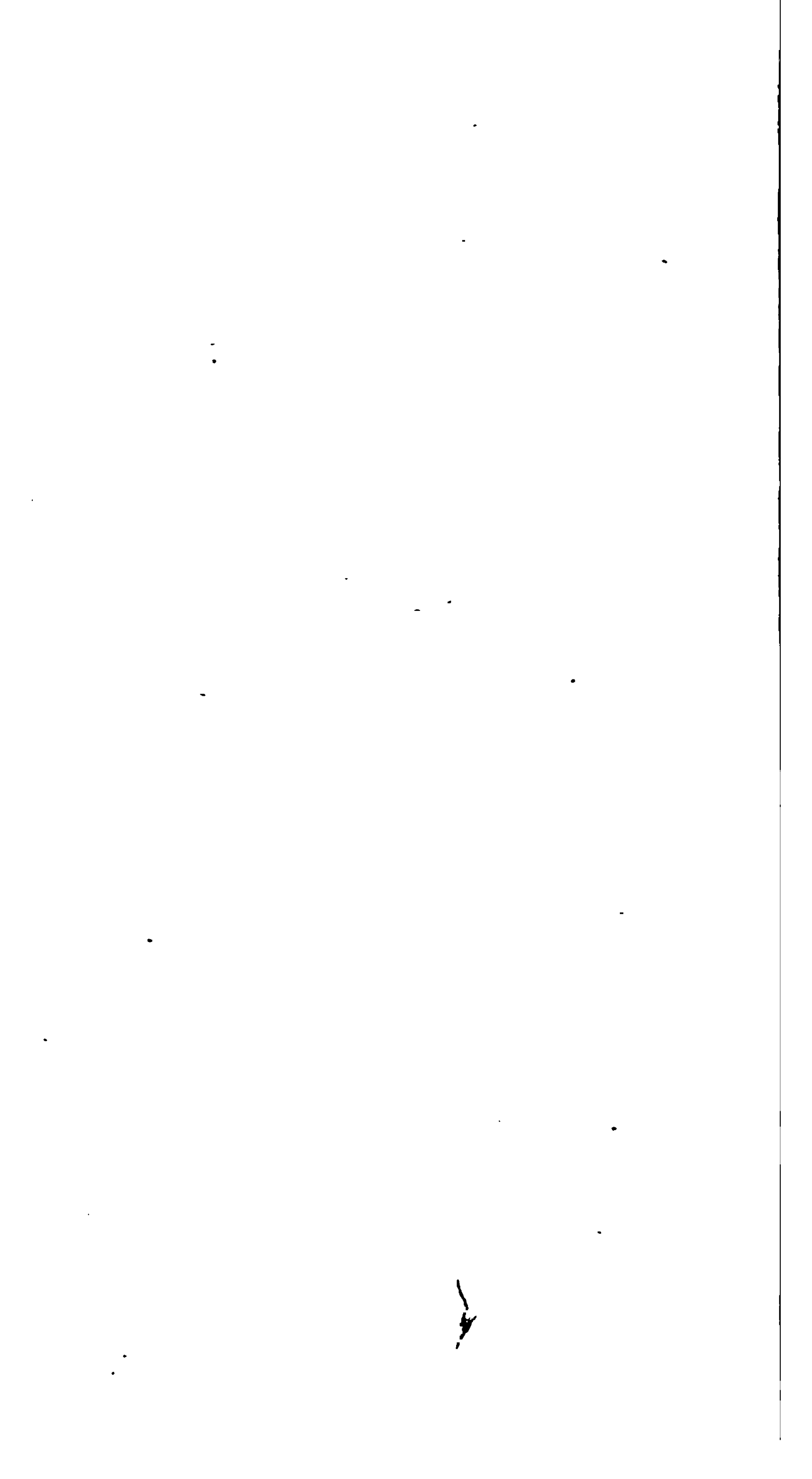


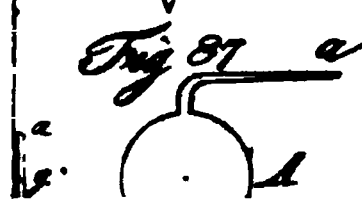
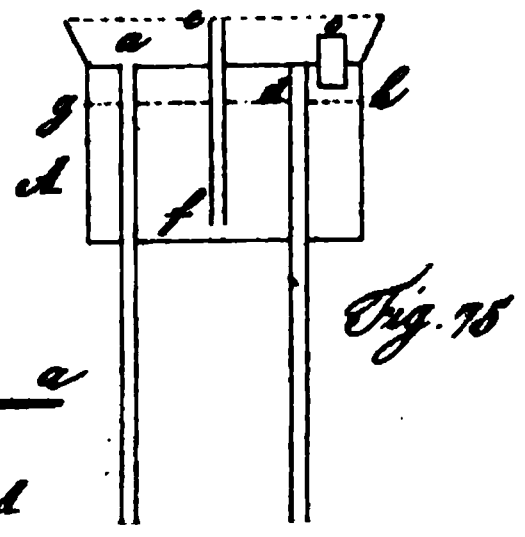
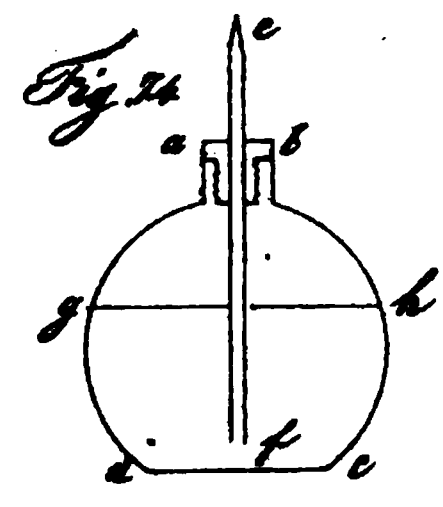
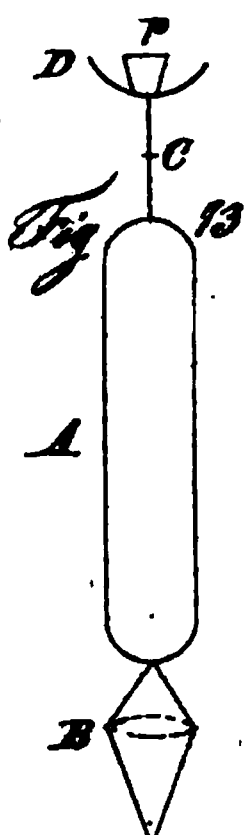
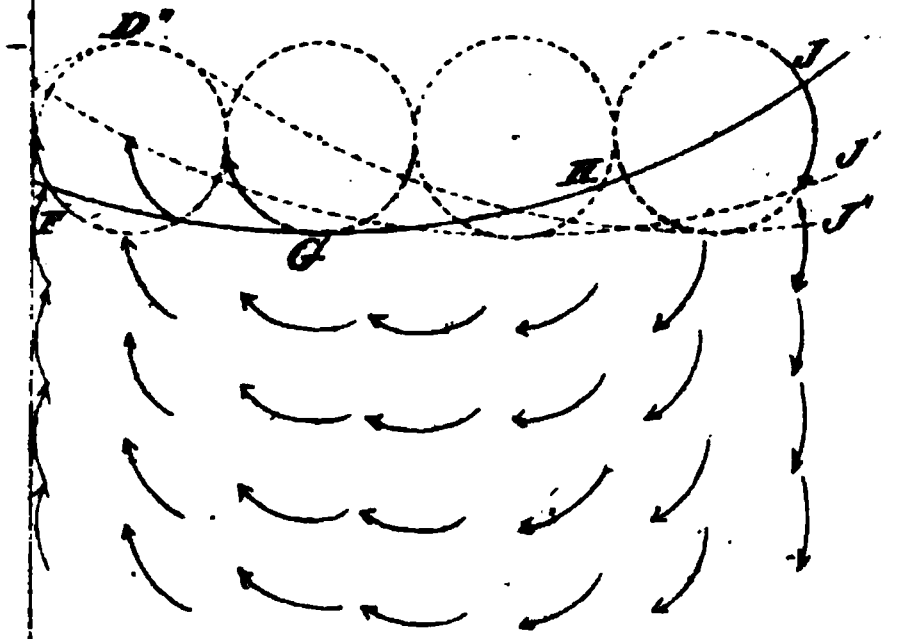












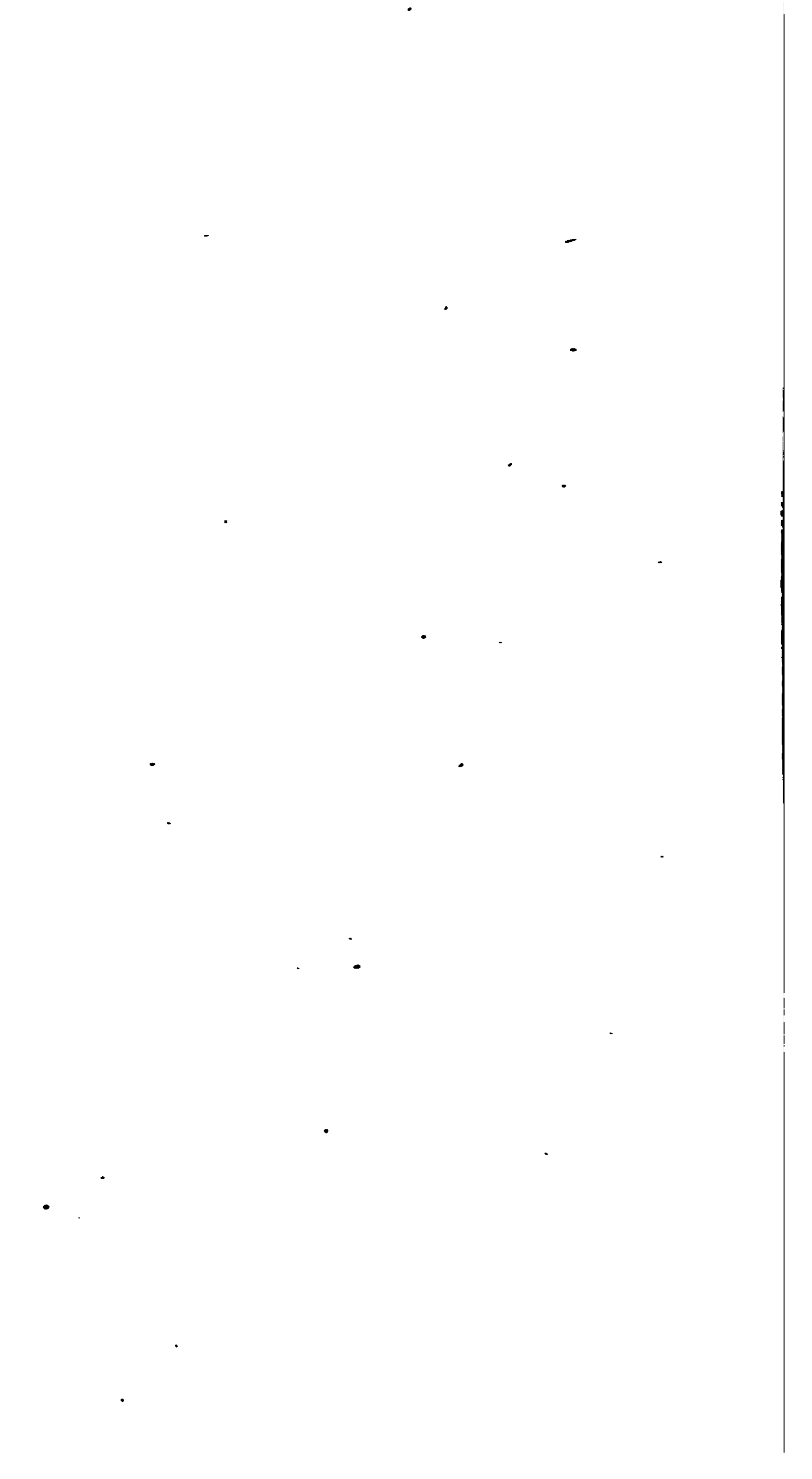
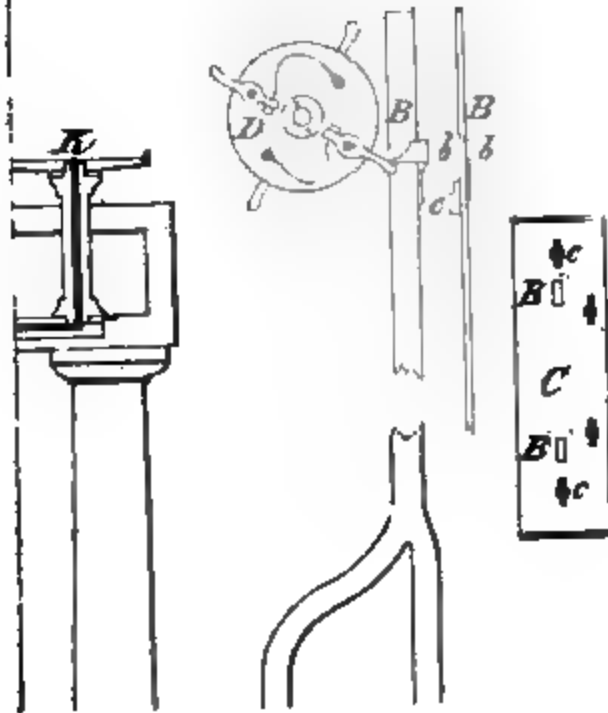
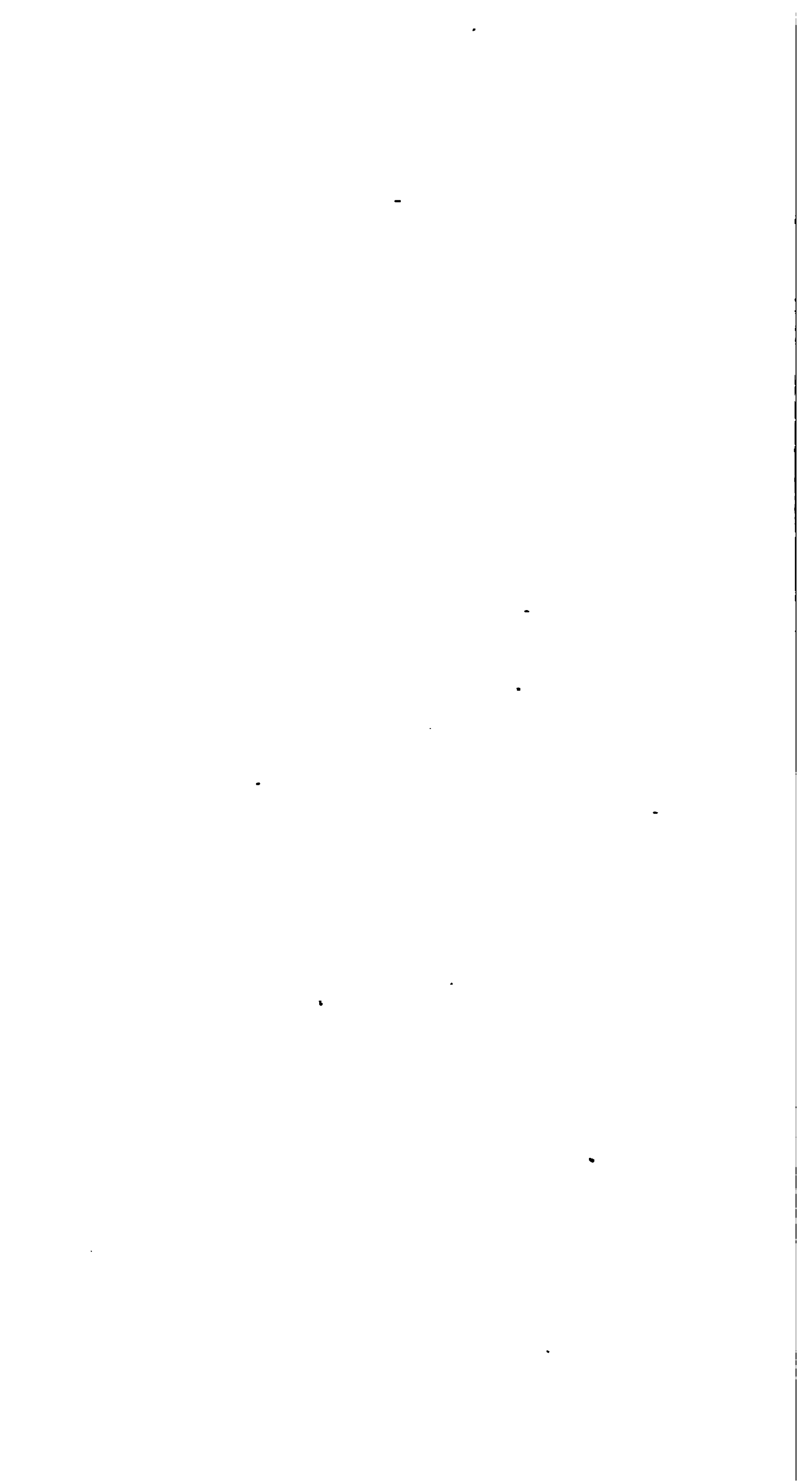
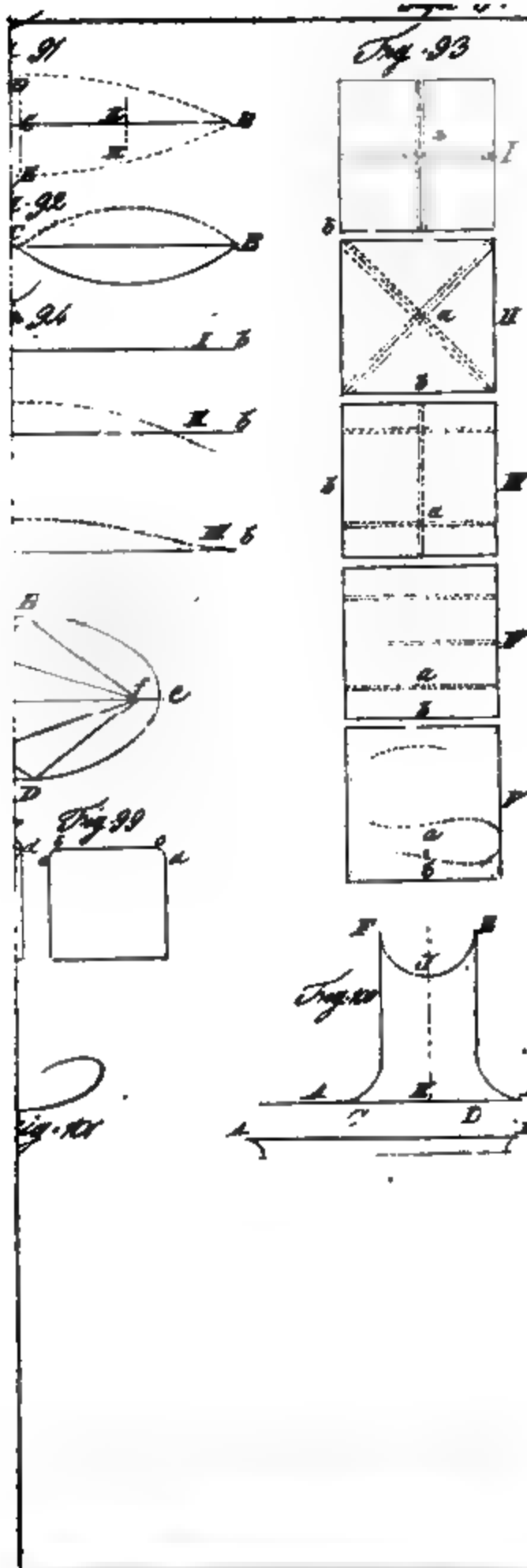


Fig. 80.*







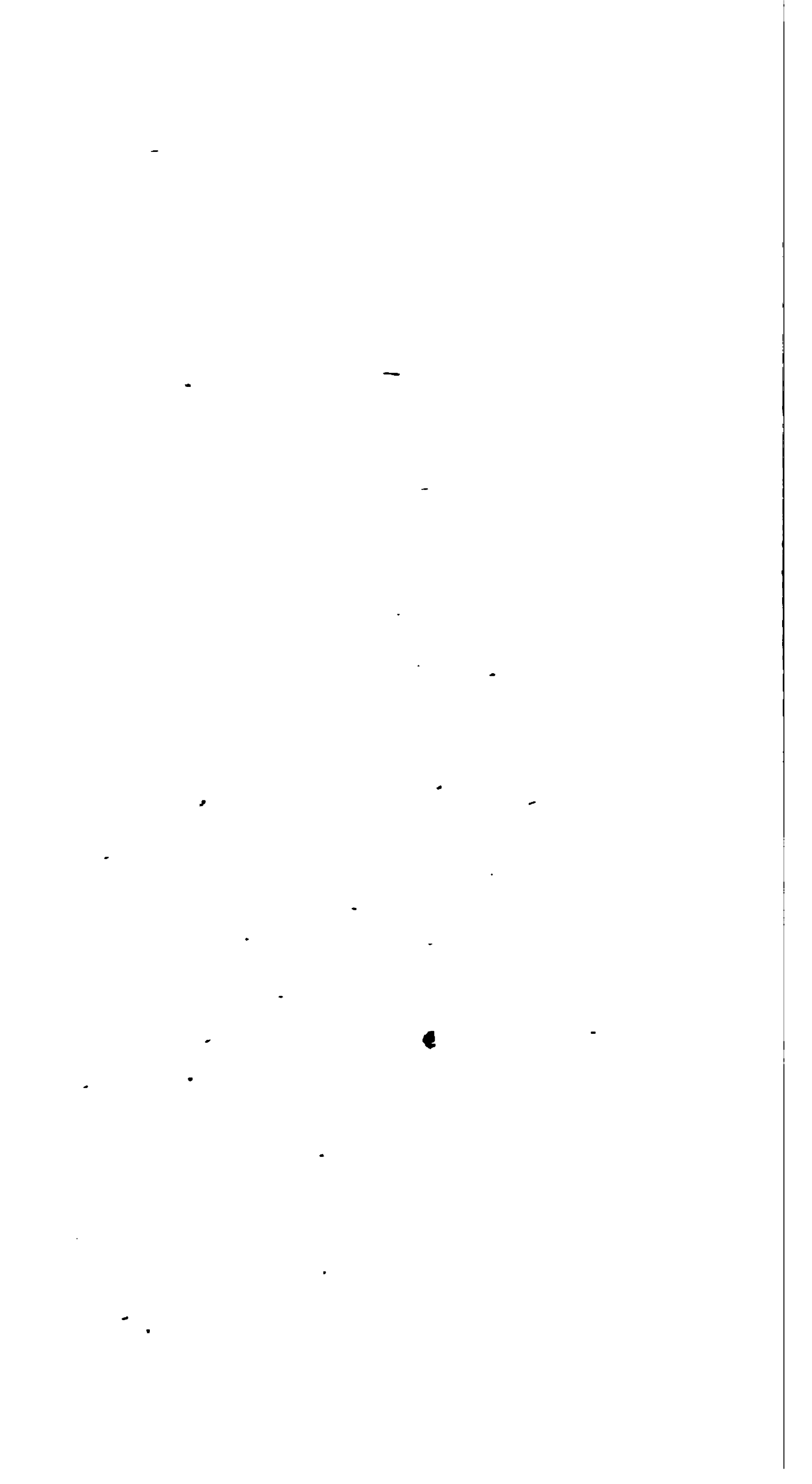
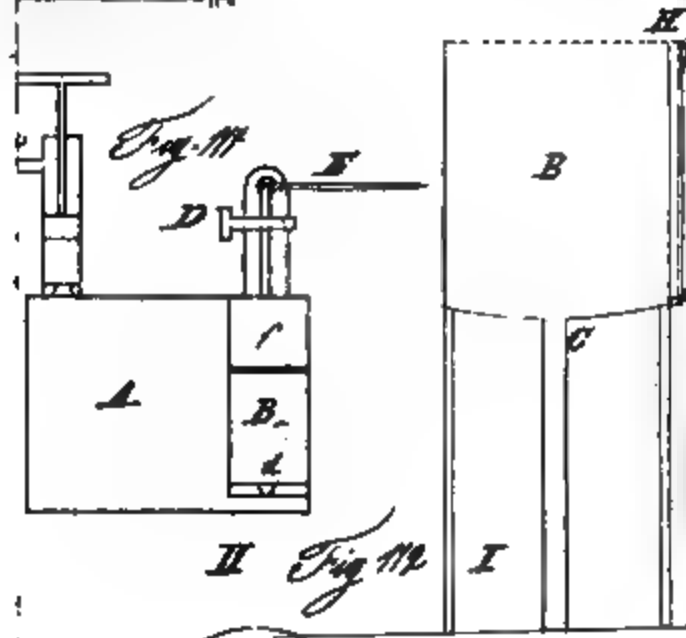
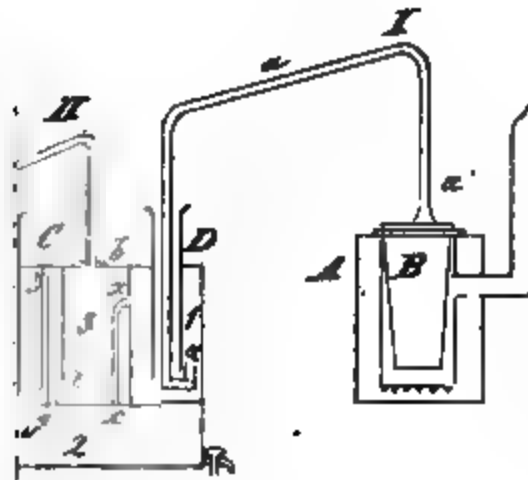
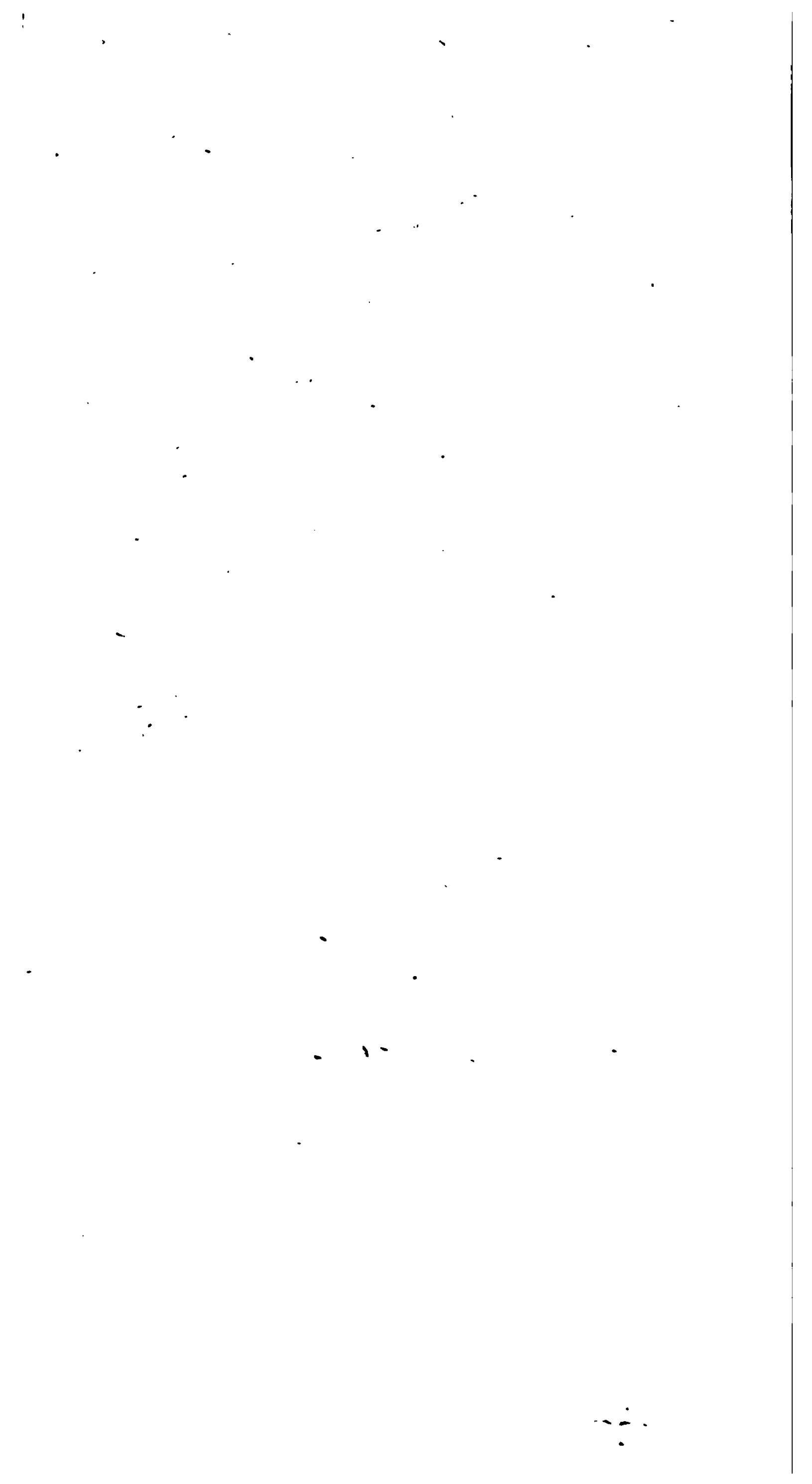
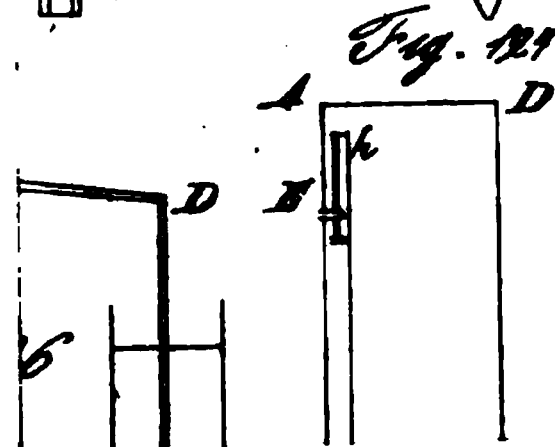
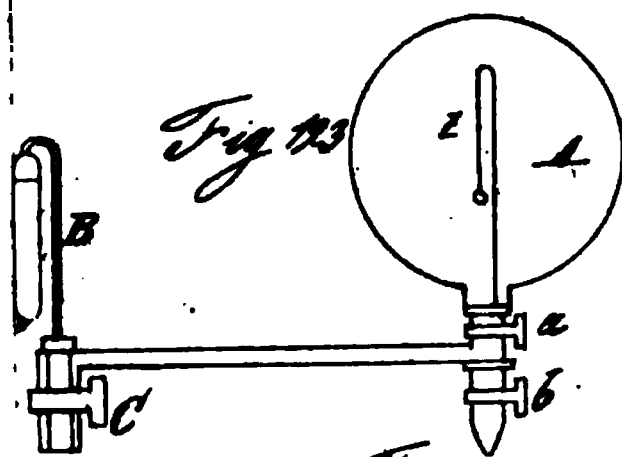
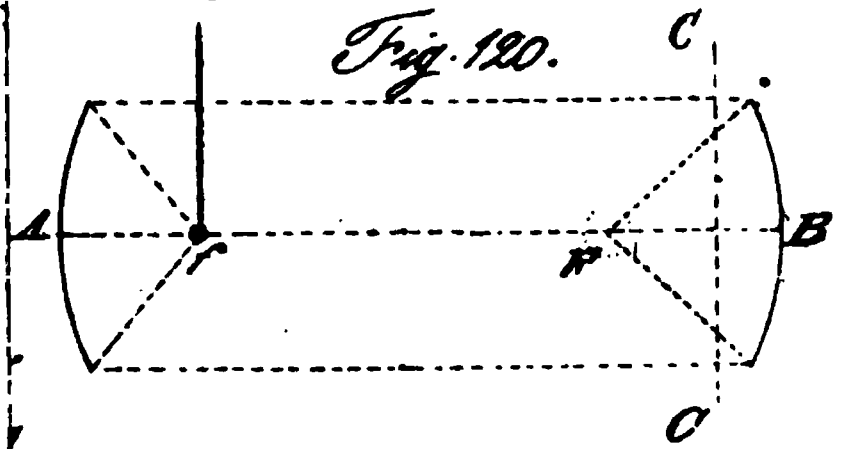
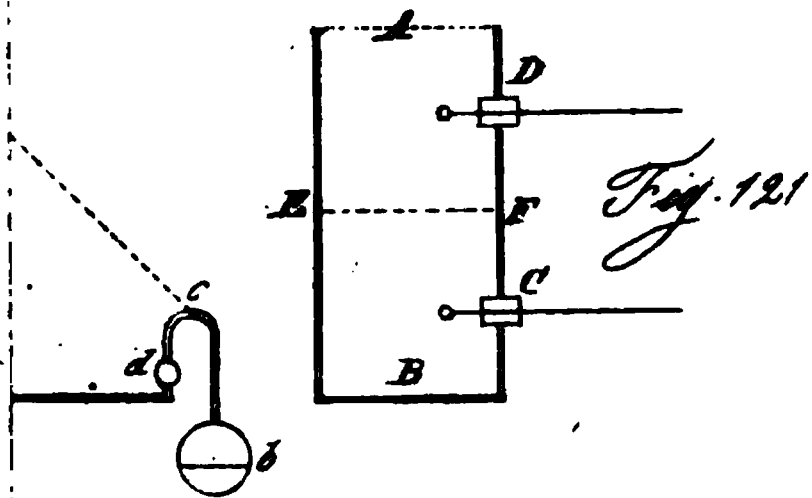
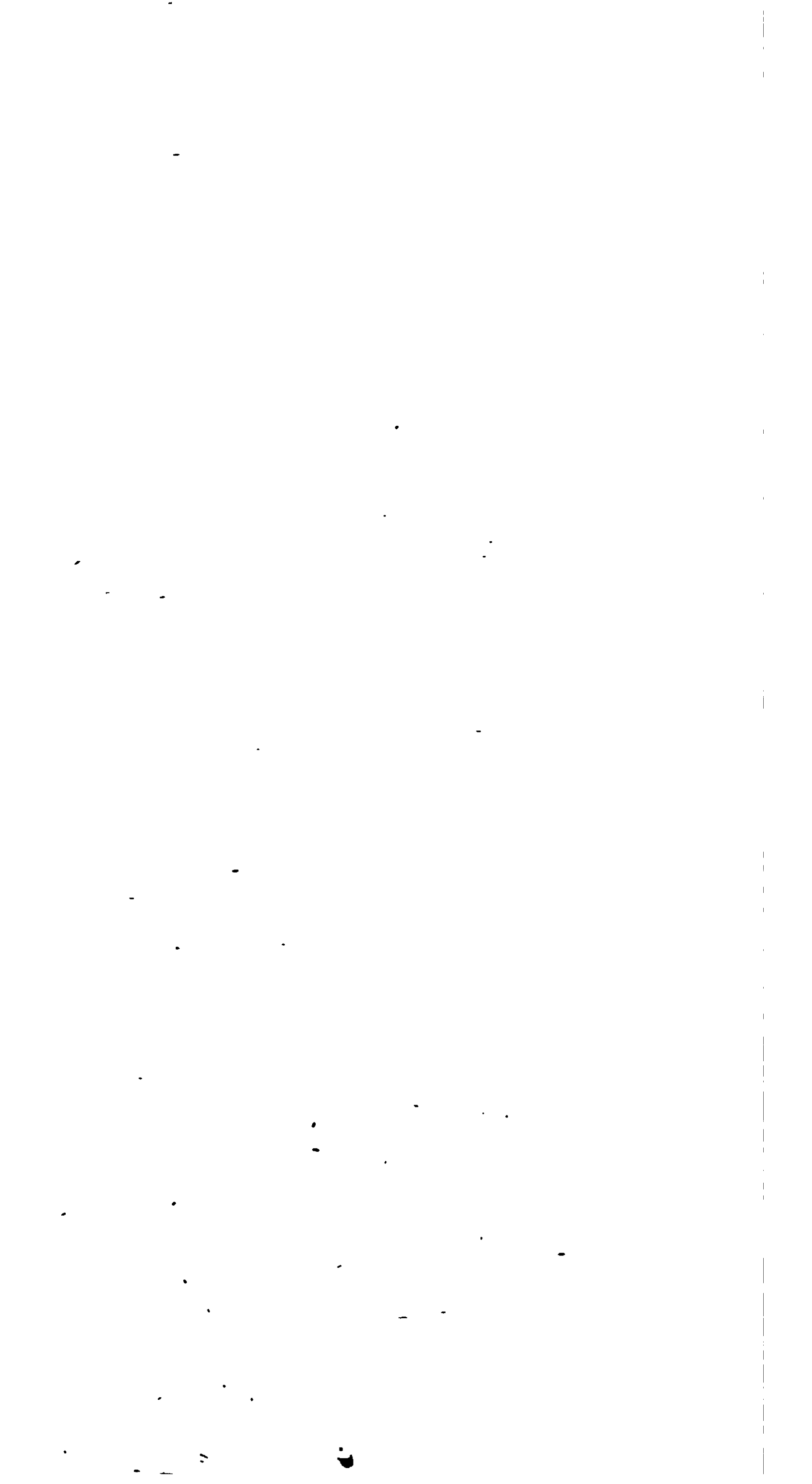


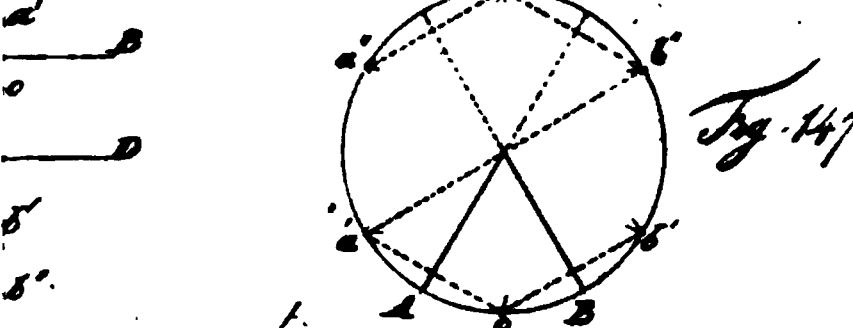
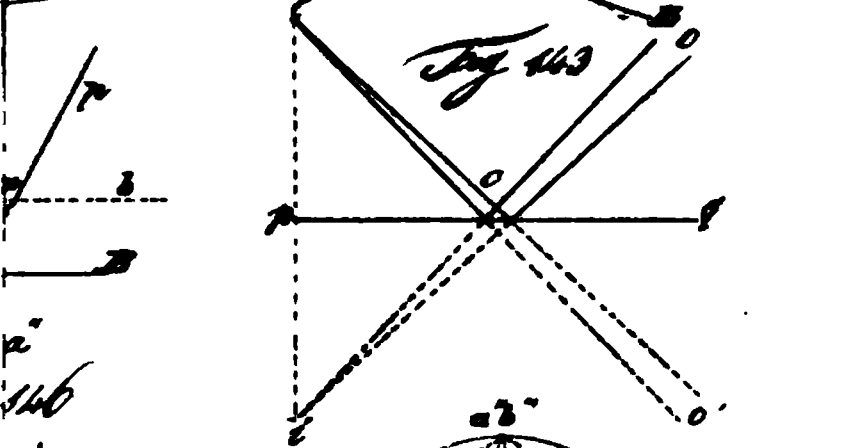
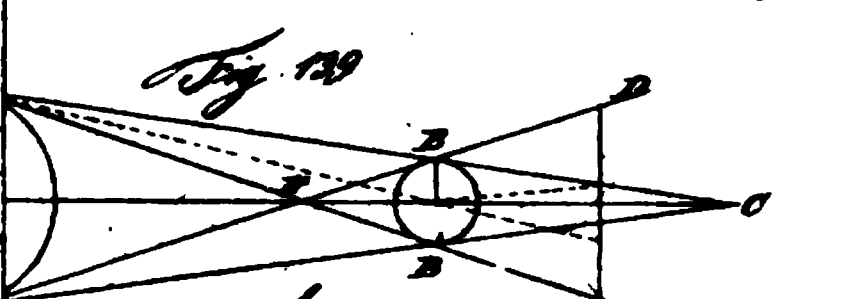
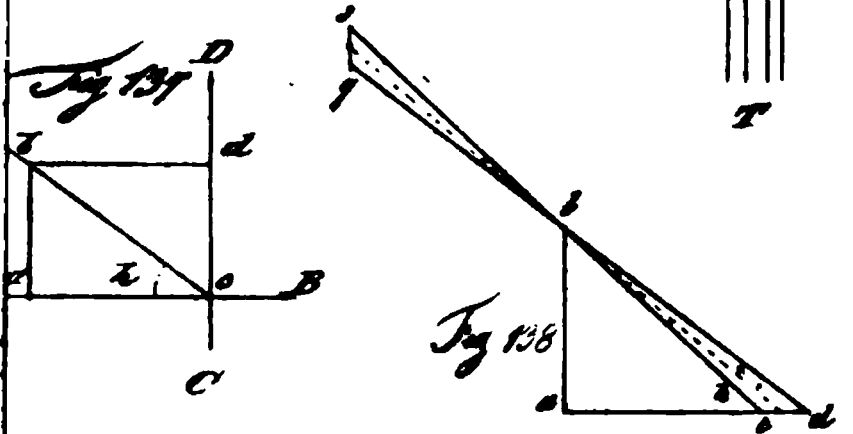
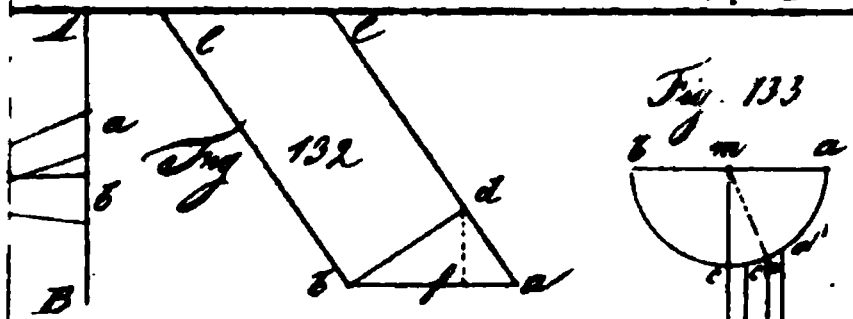
Fig. 10.

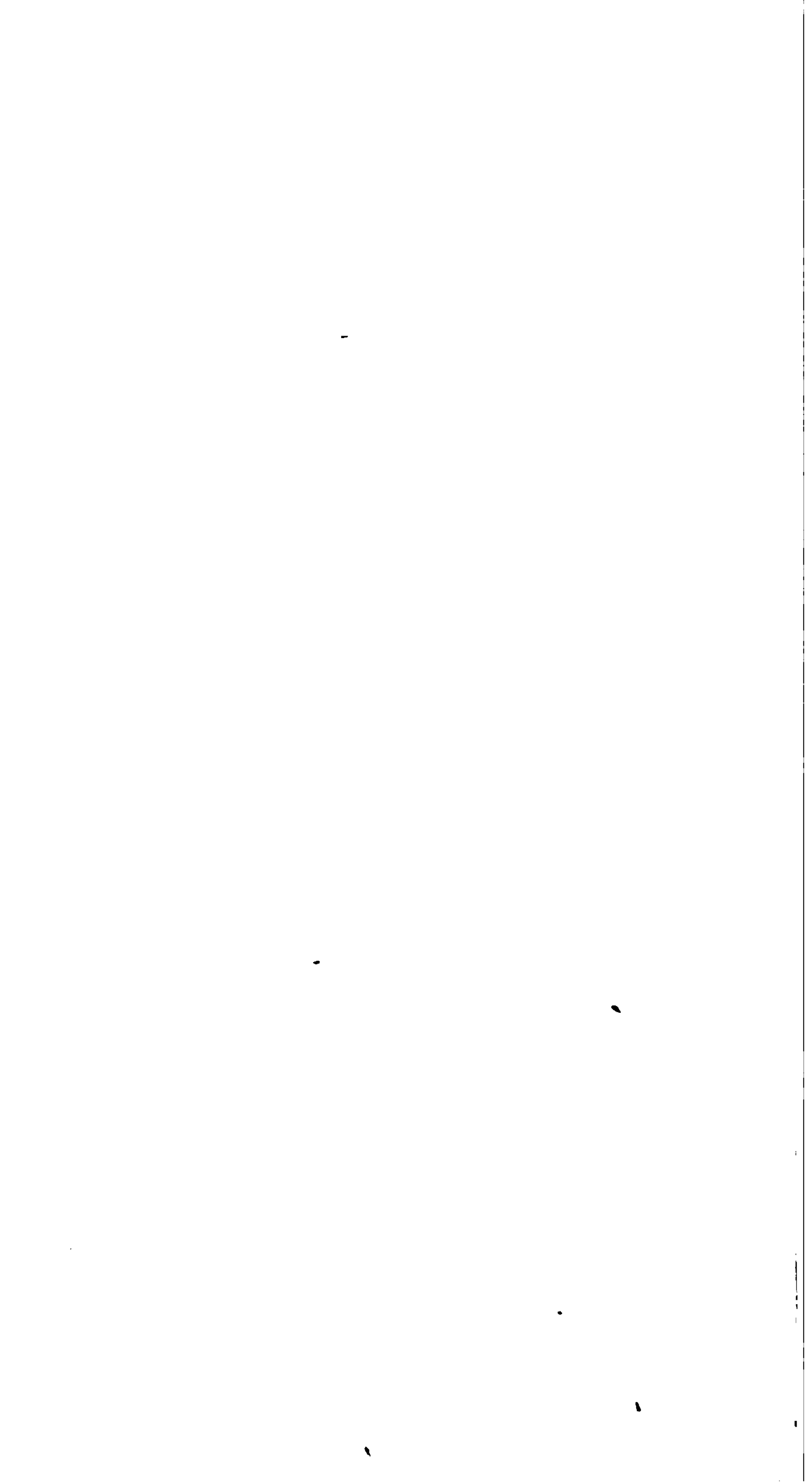


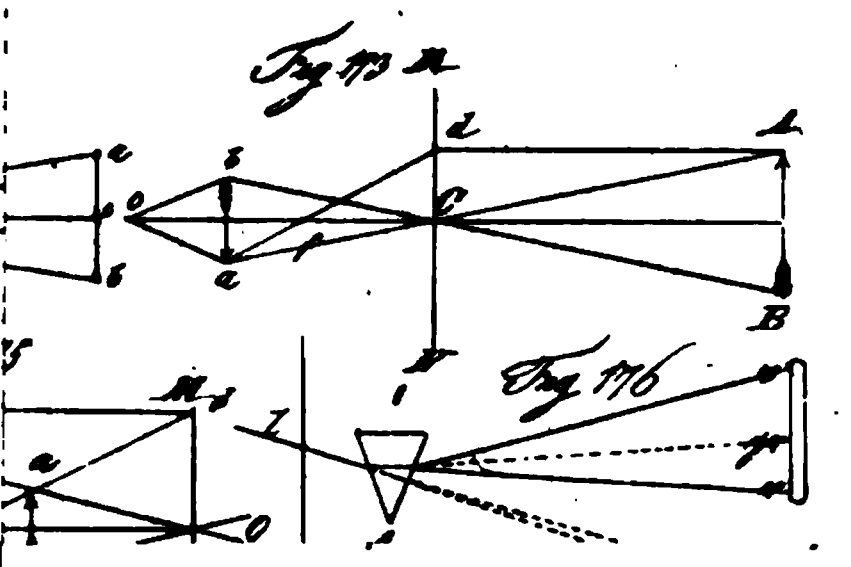
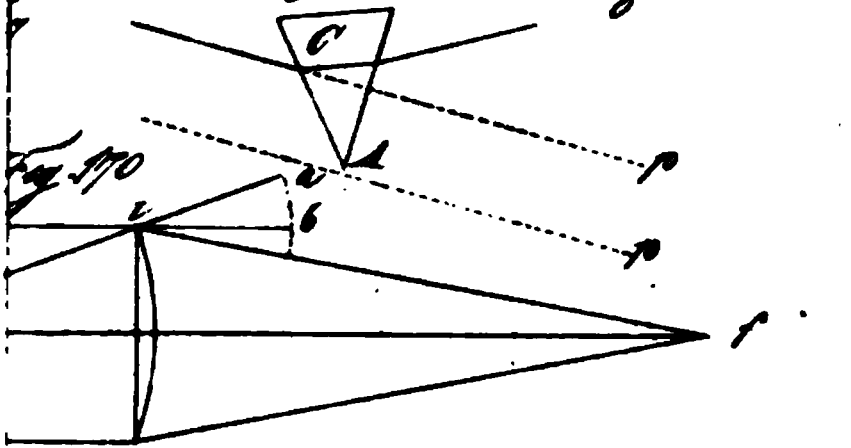
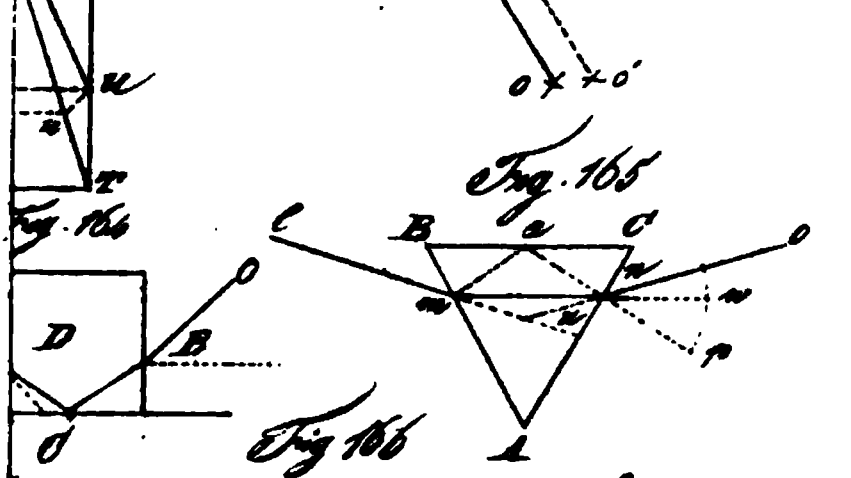
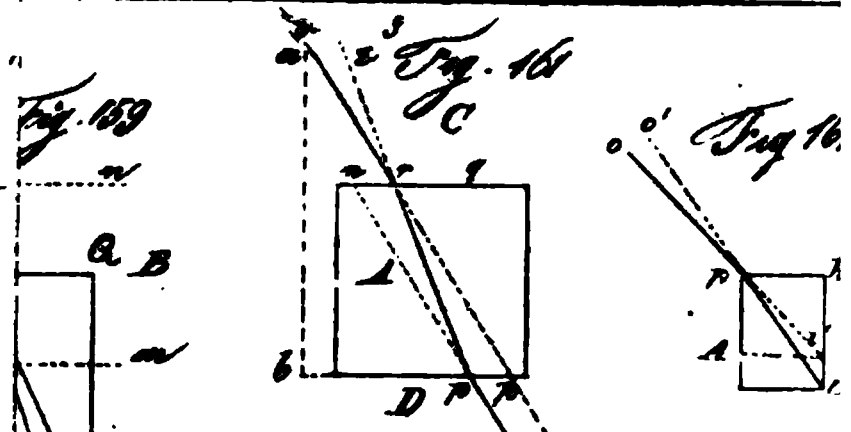


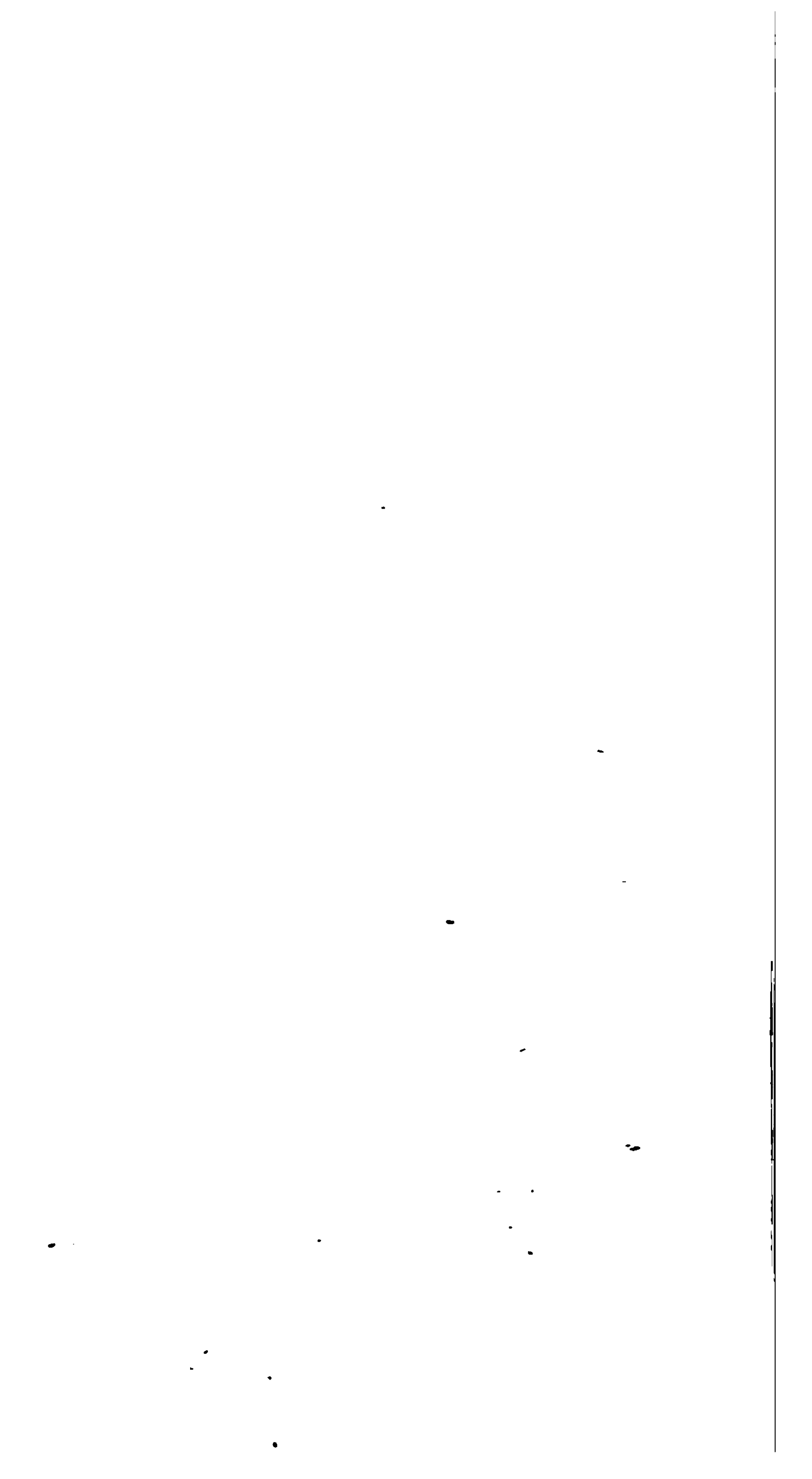


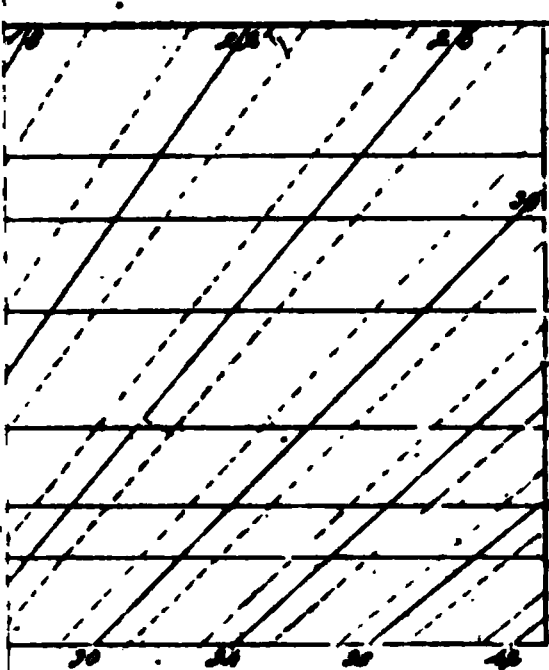












Red
Orange
Yellow
Green
Blue
Indigo
Violet

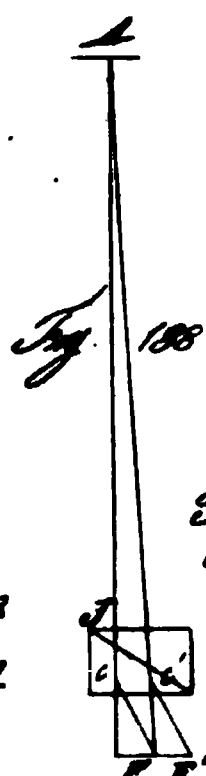


Fig. 189

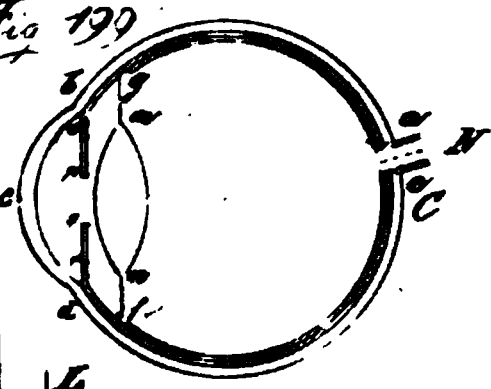


Fig. 187

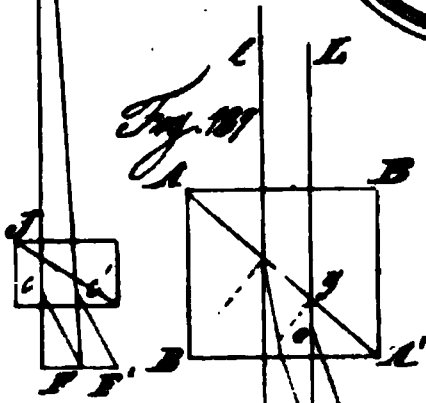
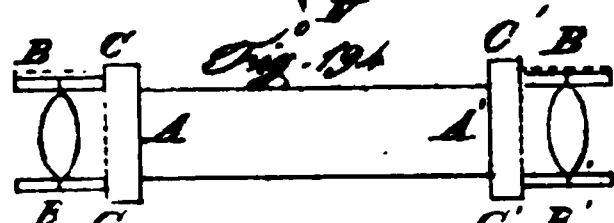


Fig. 184



15.6

Fig. 186

