

THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY

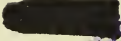
~~NATURAL HISTORY SURVEY~~

506

NEU

v. 50-59

cop. 2


FEB 9 - 1950



Digitized by the Internet Archive
in 2014

Mitteilungen

aus dem

Naturwissenschaftlichen Verein

für

Neuvorpommern und Rügen

in

Greifswald.

Herausgegeben vom Vorstand.

50. und 51. Jahrgang.

1922 und 1923.

□ □ □

GREIFSWALD.

Druck: Buchdruckerei Hans Adler, Inhaber E. Panzig & Co.

1925.

506
NEU

v. 50-59

Cap. 2

Inhalt.

	Seite
Geschäftliche Mitteilungen.	
Verzeichnis der Mitglieder	V
Kassenbericht	X
Sitzungsberichte 1922.	
25. Januar. Jaekel: Die Grundform des Wirbel- tierkörpers	XI
Krüger: Der Massenbegriff in der modernen Physik	XIV
12. Februar. W. Gross: Die vitale Färbung . .	XVIII
Krüger: Die Goerz-Beck-Projekti- onslampe	XX
20. März. Peter: Die Bedeutung des mensch- lichen Wurmfortsatzes	XX
Mierdel: Die Anwendung elektri- scher Entladungen in Gasen für Be- leuchtungszwecke	XXI
21. Mai. Müller: Veränderungen in der Tier- welt des Ryck	XXI
Klose: Die kosmische Stellung der Sternhaufen und Nebelflecke . . .	XXII
27. Juli. Leick: Die Entwicklung und Be- deutung der Sexualität im Pflanzen- reiche	XXIII
R. Gross: Die Kristallkeime . . .	XXV
30. Oktober. Straub: Die Regulation der Atmung	XXVII
Sieverts: Negative Katalyse . . .	XXVIII
20. November. Müller: Beobachtungen an einer Schlupfwespe	XXIX
Mauz: Der selbsttätige Empfang in der drahtlosen Telegraphie	XXIX
18. Dezember. Seeliger: Ungelöste Probleme luft- elektrischer Forschung	XXXII
Klinghardt: Aus dem Leben der Korallentiere und über das Aussterben von Meerestieren	XXXIV

IV

	Seite
Sitzungsberichte 1923.	
24. Januar.	Braun: Über einen Fund von Geschiebemergel über Sanden in Torneå XXXVI
	Wrede: Versuche zur Lösung des physiologischen Problems. XXXVI
22. Februar.	Müller: Selektion und Spezialisierung XXXIX
	Schulz: Das biologische Grundgesetz XL
31. Mai.	Jaekel: Die Zeit in der Geschichte der Erde und des Menschen XLI
4. Juli.	Müller: Demonstration von Gordius XLVII
	Peter: Über Rassenhygiene XLVII
	Thaer: Über Korrelation XLVIII
1. August.	Krüger: Zum Gedächtnis Röntgens XLVIII
	Klose: Nikolaus Kopernikus L
31. Oktober.	Buder: Das Bewegungsvermögen bei den Bakterien LI
	Krüger: Über die Entdeckung des neuen Elementes Hafnium und seine Eigenschaften LIII
26. November.	Posner: Photographie in natürlichen Farben LIV
12. Dezember.	Prausnitz: Neue Anschauungen über den Tod der Bakterien LVI
Wissenschaftliche Mitteilungen und Abhandlungen.	
G. Braun:	Über einen Fund von Geschiebemergel über Sanden bei Torneå 1
Hartlieb:	Die Elektrizitätsversorgung der Provinz Pommern 5
A. Klose:	Über die Bewegungsverhältnisse in gewissen Problemen der Mechanik 33
G. Joecks:	Beitrag zur Libellenfauna Pommerns 72
G. W. Müller:	Weitere Berichte über Vorkommen der Sumpfschildkröte in Pommern 76
H. Rabbow:	Beitrag zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse des Kieshofer Moores 77

Anhang:

Die auf Grund der Ablesungen der meteorologischen Station Greifswald errechneten Jahresübersichten 1915—24

Mitgliederliste d. Naturwissenschaftlichen Vereins für Neuvorpommern und Rügen.

Ehrenmitglieder.

1. Dr. Deecke, Prof., Freiburg i. Br.
2. Dr. Goetze, Königl. Garteninspektor a. D., Berlin.

Ordentliche Mitglieder.

1. Dr. Abraham, Studienrat.
2. Althaus, Frl., Lehrerin.
3. Bärwolff, Kaufmann.
4. Dr. Bahls, prakt. Zahnarzt.
5. Bandlow, Frl., Lehrerin.
6. Below, Studienrat.
7. Bischof, Lehrer.
8. Dr. Bleibtreu, Prof. Geh. Rat.
9. Dr. Borchers, Frl., Assistentin.
10. Bosse, Geh. Rat, Univ.-Kurator.
11. Dr. Braß, prakt. Arzt.
12. Dr. Braun, Prof.
13. Brehmer, Studienrat.
14. Brose, Apotheker.
15. Dr. Buchner, Prof.
16. Dr. Buder, Prof.
17. Dr. Burandt, Studienrat.
18. Bura, Ingenieur.
19. Dr. Buzello, Assistenzarzt.
20. Dr. Domagk, Assistenzarztl.
21. Dr. Dragendorff, Prof.
22. Dr. Eggers, Frl., Stud.-Assessorin.

23. Dr. Engel, Assistent.
24. Fleischmann, Oberbürgermeister.
25. Dr. Franz, prakt. Arzt.
26. Dr. Fraude, Studienrat.
27. Dr. Fredenhagen, Prof.
28. Dr. Frenzel, Priv.-Doz.
29. Freytag, Lehrer.
30. Dr. Friedberger, Prof.
31. Gnabs, Frl.
32. Dr. Görcke, Frl., Studienrätin.
33. Dr. Görs, Zahnarzt.
34. Dr. Grawitz, Prof., Geh. Med.-Rat.
35. Dr. R. Gross, Prof.
36. Haese, Frl., Lehrerin.
37. Hartmann, Druckereibesitzer.
38. Dr. Hartnack, Assistent.
39. Haupt, Apothekenbesitzer.
40. te Heesen, Mittelschullehrer.
41. Dr. Heinelt, Assistent.
42. Dr. Heydemann, Sanitätsrat.
43. Dr. Hoehne, Prof.
44. Dr. Hoffmann, Prof., Geh. Med.-Rat.
45. Hoese, Frl., Lehrerin.
46. Hübner, Frl., Studienrätin.
47. Dr. Jaekel, Prof., Geh. Rat.
48. Jahnke, Lehrer.
49. Dr. Jahr, Assistenzarzt.
50. Dr. Jakobsen.
51. Dr. Jakoby, Prof.
52. Dr. Jansen, Schriftsteller.
53. Keller, Garteninspektor.
54. Dr. Kirchner, Studienrat.
55. Dr. Kroetz.
56. Dr. Krüger, Prof.
57. Ladwig, Eisenbahn-Ingenieur.

58. Dr. L a n g e, Assistent.
59. Dr. L e h m a n n, Prof.
60. Dr. L e i c k, Prof.
61. Dr. L e j e u n e, Priv.-Doz.
62. L i e b e r k ü h n, Frl.
63. L i n d e n s t e i n, Rechnungsrat.
64. Dr. L u c h t, Regierungsrat.
65. L ü d e c k e, Architekt.
66. M a n t e y, Kgl. Forstmeister a. D.
67. M a n t e y, Frl.
68. Dr. M a r t e n s, San.-Rat.
69. M a t t h e u s, Apotheker.
70. Dr. M a u z, Priv.-Doz.
71. Dr. M e i ß n e r, Frl., Assistentin.
72. Dr. M e y e r, Assistent.
73. Dr. M i e r d e l, Assistent.
74. Dr. M i t t a g, Tierarzt.
75. Dr. M ö l l e r, Studienrat.
76. Dr. M ü l l e r, Prof., Geh.-Rat.
77. Dr. M ü l l e r, Studienrat.
78. N i t z e l n a d e l, Apothekenbesitzer.
79. O l d e n b u r g, Frl., Lehrerin.
80. Dr. P e i p e r, Prof., Geh. Med.-Rat.
81. Dr. P e l s L e u s d e n, Prof., Geh.-Rat.
82. P e r n i c e, Frl., Schwester.
83. Dr. P e r w i t z s c h k y, Assist.-Arzt.
84. Dr. P e t e r, Prof.
85. Dr. P f u h l, Priv.-Doz.
86. Dr. P i c h l e r, Prof.
87. Dr. P o s n e r, Prof.
88. Dr. P r ä u s n i t z, Prof.
89. Dr. P u m m e r e r, Prof.
90. Dr. P y l, Assistent.
91. Dr. R a d o n, Prof.
92. R e g e r, Volksschullehrer.

93. Dr. Reinhardt, Priv.-Doz.
94. Dr. Reinkober, Priv.-Doz.
95. Dr. v. d. Reiss, Assistenzarzt.
96. Dr. Römstedt, Geh. Stud.-Rat.
97. Runze, Studienrat.
98. Dr. Sander, Studienrat.
99. v. Schickfuß, Landgerichtspräsident.
100. Schilling, Univ.-Oberpräparator.
101. Schloesser, Prof., Studienrat.
102. Dr. Schönfeld, Prof.
103. Dr. Scholder, Assistent.
104. Schorler, Apotheker u. Drogeriebesitzer.
105. Dr. Schroeder, Prof.
106. Schuberth, Apothekenbesitzer.
107. Dr. Schulz, Prof., Geh. Med.-Rat.
108. Schulz, Direktor des Katasteramts.
109. Schünemann, Prof., Studienrat.
110. Dr. Seeliger, Prof.
111. Dr. Sommer.
112. Dr. Sommer, Assistenzarzt.
113. Dr. Stämmler, Prof.
114. Dr. Stockenschneider, Assistent.
115. Dr. Straub, Prof.
116. Dr. Thaer, Priv.-Doz. u. Studienrat.
117. Dr. Utesch.
118. Dr. Vorkastner, Prof.
119. Dr. Wächtler.
120. Dr. Waldmann, Prof.
121. Dr. Wandeleben, Oberstaatsanwalt.
122. Westphal, Direktor.
123. Dr. Wetzels, Prof.
124. Wiedenhöft, Frl., Lehrerin.
125. Dr. Winkel, prakt. Arzt.
126. v. Wöhrmann, Baron.
127. Dr. Wrede, Priv.-Doz.

128. Dr. Z i m m e r m a n n, Assistent.

129. Dr. Z i s c h k e, Assistent.

Auswärtige Mitglieder.

1. Dr. A r r h e n i u s, Prof., Stockholm.
 2. Dr. v. A u w e r s, Berlin-Siemensstadt.
 3. B r i e s t, Gutsbesitzer, Boltenhagen.
 4. Dr. v. B ü l o w, Berlin.
 5. B u r w i t z, Lehrer, Anklam.
 6. D u m j a h n, Studienassessor, Pasewalk.
 7. D u n k e l b e r g, Lehrer, Jägerbruch b. Torgelow.
 8. v. D y c k e, Rittmeister a. D., Charlottenburg.
 9. G a g e r n, Lehrer, Ludwigsburg b. Greifswald.
 10. G e r l o f f, Geh. Rat, Stralsund.
 11. G r o n a u, Direktor, Eldena.
 12. Dr. W. G r o s s, Prof., Münster i. W.
 13. H a ß, Gutspächter, Friedrichshagen.
 14. Dr. J o h a n t h e n, Prof., Stockholm.
 15. Dr. K l a u t z s c h, Prof., Berlin-Steglitz.
 16. Dr. K l o s e, Priv.-Doz., Berlin.
 17. Dr. L ö h l e i n, Prof., Jena.
 18. L ü h d e r, Gutspächter, Ollenhagen.
 19. M a u, Oberamtmann, Kl. Schönwalde.
 20. Dr. M e i s e n h e i m e r, Prof., Tübingen.
 21. P e t e r s, Gutsbesitzer, Jessin.
 22. Dr. P h i l i p p, Prof., Köln a. Rh.
 23. Dr. R e h m k e, Prof. Geh. Rat, Marburg a. Lahn.
 24. Dr. R e i h l e n, Prof., Karlsruhe.
 25. S e p k e, Gutspächter, Dersekow.
 26. Dr. S i e v e r t s, Prof., Frankfurt a. M.
 27. Dr. S t e p h a n, Prof., Stettin.
 28. S t o c k e n s c h n e i d e r, Stralsund.
 29. v. T h ü m e n, Rittergutsbes., Hauptmann a. D., Göslow.
 30. Dr. V a h l e n, Prof., Eldena.
-

Vorstand für 1923 und 1924.

Prof. Dr. Krüger, 1. Vorsitzender.

Prof. Dr. W. Gross, 2. Vorsitzender.

Prof. Dr. Leick, 3. Vorsitzender.

Privatdozent Dr. Reinkeber, Schriftführer.

Studienrätin Dr. Görcke, Kassenführer.

Assistent Dr. Mierdel, Bibliothekar.

Kassenbericht.

Angaben über den Kassenbestand in den Jahren 1922 und 1923 erübrigen sich, weil die Inflation ständig anhielt bis zur Einführung der Rentenmark gegen Ende des Jahres 1923. Erst Mitte Dezember konnte der Mitgliedsbeitrag wertbeständig festgesetzt werden.

Sitzungsberichte.

Sitzung vom 25. Januar 1922.

Herr Prof. Jaekel hielt einen Vortrag über die Grundform des Wirbeltierkörpers. Der Inhalt seiner Ausführungen war etwa folgender:

Die Wirbeltiere treten uns in sehr verschiedenen Gestalten entgegen. Die uns gewöhnliche ist die der Vierfüßler, deren Körper in Kopf, Hals, Rumpf und Schwanz gegliedert und mit zwei Paar Gliedmaßen versehen ist. Ein anderer Typus ist der der Flugtiere, bei denen die vorderen Gliedmaßen, die Arme zu Flügeln umgebildet sind; einen dritten repräsentieren die Fische, mit ihrem spindelförmigen, bisweilen comprimierten oder deprimierten Körper, bei dem der Kopf ohne Hals in den Rumpf übergeht und die paarigen Gliedmaßen als blattartige Flossen erscheinen. Der letzte, seltenste Typus ist der der Schlangen, Neunaugen und des Amphioxus, bei denen der langgestreckte Körper keine paarigen Gliedmaßen besitzt.

Es ist klar, daß ein so geschlossener Tiertypus, wie es die Wirbeltiere sind, einheitlicher Entstehung sein muß und also von einer Grundform ausgegangen ist. Wir sehen auch, daß die genannten 4 Typen durch Übergänge verbunden sind und keine stammgeschichtlichen Einheiten bilden. Flugtiere sind nicht nur die Vögel, sondern auch die Flugsaurier, und die Fledermäuse, ja sogar einzelne Fische. Eine Fischform haben auch die Delphine unter den Säugetieren, die Ichtyosaurier unter den Reptilien und die Larven der Amphibien. Den Schlangentypus schließlich haben nicht nur die echten Schlangen, sondern verschiedene Landtiere älterer Perioden und der Jetztzeit sowie verschiedene Fische, und

bei diesen kann man in verschiedenen Formenkreisen den Verlust der paarigen Flossen verfolgen.

Welches ist nun also die Grundform der Wirbeltiere?

Da die Zoologie auf die lebenden Tiere basiert wurde, so ging man auch bei unserem Problem von den heut lebenden Typen aus, es ist aber klar, daß keine derselben nach mindestens 600 Millionen Jahre langer Entwicklung noch die Grundform des Stammes bewahrt zu haben braucht.

Als wir uns seit Lamarck und Darwin daran gewöhnten, alle organischen Formen im Strome der Entwicklung nur als zeitweilige Erscheinungen anzusehen, waren wir zunächst ganz auf Combinationen über die Urformen angewiesen und entnahmen der vergleichenden Anatomie und Embryologie die Grundvorstellung eines etappenweisen Fortschreitens vom Niederen zum Höheren, vom einfacheren zum komplizierteren Typus, und so rückten fast unwillkürlich die niedersten einfach gebauten Wirbeltiere wie Amphioxus und die Cyclostomen an den Anfang des Wirbeltierstammes. Damit aber war der Mangel an Gliedmaßen, ja bei Amphioxus, dem „Acranier“ sogar der Mangel eines Kopfes zum Prototyp der Wirbeltiere gemacht.

Seit 30 Jahren kämpfe ich gegen diese Vorstellung und ihre unhaltbaren Consequenzen, die vor allem nötigten, die Kopfbildung und die paarigen Gliedmaßen als spätere Erwerbung innerhalb der Wirbeltiere anzusehen und die Füße von den Flossen der Fische abzuleiten.

Einen Kopf haben die Wirbeltiere sicher schon von ihren Vorfahren übernommen, er enthielt gewiß auch schon die paarigen Sinnesorgane, und umfaßte die 5 vordersten Abschnitte des Körpers. Es ist das sogenannte Palaeocranium, der Vorderkopf mit den Sinnesorganen, dem Gehirn und den Mundbögen mit Einschluß des Zungenbeinbogens. Neu hinzugetan ist von den Wirbeltieren aber der Hinterkopf, das Neocranium, das vorher aus Wirbelabschnitten und ihren Ringbögen bestand, die zu Kiemenbögen wurden.

Einen Hals besaßen die Wirbeltiere ursprünglich nicht, erst die ältesten Landtiere erwarben einen solchen, um den Kopf freier bewegen zu können; indem sie die vorderen Gliedmaßen und den sie tragenden Schulterbogen rückwärts verschoben, wurde dessen Stellung zur vorderen Grenze des Rumpfes. Da die freie Beweglichkeit des Kopfes und die rückwärtige Verschiebung der Schultern nur verständlich ist aus der Lebensweise der Tetrapoden, so können sie auch nur von laufenden Formen erworben sein. Dasselbe gilt von der Ausbildung der hinteren Gliedmaßen. Diese sind für die Bewegung aller laufenden Wirbeltiere unerlässlich, denn sie sind es vornehmlich, die den Körper vorwärts bewegen. Bei den schwimmenden Wassertieren aber verkümmern dieselben vielfach, weil sie bei ihnen für die Bewegung kaum in Betracht kommen. Ihre Entstehung bei fischartigen Wirbeltieren wäre also völlig unverständlich.

Wollten wir also annehmen, daß die Gliedmaßen erst bei den Nachfahren eines Amphioxus und der Cyclostomen entstanden seien, so könnten diese Nachfahren jedenfalls keine Fische gewesen sein. Bei allen anderen Wirbeltieren aber, denen Gliedmaßen fehlen, hat wohl niemand mehr bezweifelt, daß sie nachträglich infolge ihrer Bewegungsart rückgebildet sind.

Es hat sich auch als unmöglich erwiesen, aus den besonderen Formen der paarigen Flossen der Fische die Gliedmaßen der Tetrapoden abzuleiten. Alle darauf gerichteten Bemühungen blieben erfolglos. Andererseits sehen wir an vielen Fällen, daß aus den echten Lauffüßen bei schwimmenden Wirbeltieren Flossen wurden, so bei Walen, Ichthyosauriern, Mosasauriern, Phoken, Sirenen, deren Flossen sich mehr oder minder dem Typus der Fischflosse nähern. Zu demselben Ergebnis führen uns auch viele andere Erwägungen.

Alles in allem läßt sich nun wohl folgendes sagen:

Wie die Bildung des Kopfes, so muß auch die Anlage der paarigen Gliedmaßen in ihrer normalen Stellung und

Form als Lauffuß zur Grundform der Wirbeltiere gehört haben. Ihre Umbildung einerseits zu Flossen andererseits zu Flügeln oder ihre Rückbildung sind sekundäre Anpassungen an neue Lebens- und Bewegungsverhältnisse.

Am Anfang stand also der Körper von Laftieren, und diese haben sich insofern höher entwickelt, als sie einen Hals ausbildeten, ihre Füße verlängerten und kräftiger muskulierten.

Schwimmende, fliegende und fußlos kriechende Formen sind aberrante Nebenformen des Wirbeltiertypus.

Den zweiten Vortrag des Abends hatte Herr Prof. Krüger übernommen. Das Thema lautete: Der Massenbegriff in der modernen Physik.

Der Vortragende erörterte zunächst eingehend den Begriff der trägen und den der schweren Masse in der Mechanik von Galilei und Newton. Er besprach dann die Versuche vor allem des ungarischen Physikers Eötvös, welche die Gleichheit der trägen und schweren Masse bis auf die erste Dezimale erwiesen haben. Dieser Massenbegriff ist in der alten, klassischen Mechanik ein nicht weiter auflösbarer Grundbegriff, der ja bekanntlich auch eine der Grundeinheiten des cm.-gr.-sec.-Systems, des sogenannten absoluten Maßsystems, bildet. Über diesen Begriff kam man zuerst hinaus, als man erkannte, daß jede bewegte elektrische Ladung infolge des elektromagnetischen Feldes, das sie bei ihrer Bewegung umgibt, eine „scheinbare“, elektrodynamische Masse repräsentiert. Diese elektrodynamische Masse berechnete man zunächst nach der Theorie der klassischen Elektrodynamik unter Voraussetzung der Starrheit des Elektrons. Den mit den Messungen an schnell bewegten Elektronen übereinstimmenden Ausdruck für die Abhängigkeit der elektrodynamischen Masse von der Geschwindigkeit fand jedoch erst die Relativitätstheorie, nach der die Elektronen nicht als

starr angenommen werden, sondern als deformierbar und zwar als senkrecht zur Bewegungsrichtung mit zunehmender Geschwindigkeit ellipsoidisch abgeflacht. Bei Erreichung der Lichtgeschwindigkeit würde hiernach die Masse unendlich groß werden; die Lichtgeschwindigkeit ergibt sich also für einen elektrisch geladenen Körper als maximale Grenzgeschwindigkeit, entsprechend dem bekannten Postulate der Relativitätstheorie. Für die elektrodynamische Masse der Elektronen berechnet sich, übrigens unabhängig von der Annahme der Starrheit oder Deformationsfähigkeit des Elektrons, ein Ausdruck, der von der Geschwindigkeit unabhängig ist und als „Ruhmasse“ bezeichnet wird. Die Versuche über die Abhängigkeit der Masse der Elektronen von ihrer Geschwindigkeit sprechen dafür, daß die ganze Masse der Elektronen nur aus der elektrodynamischen Masse besteht. Nimmt man dies an, so ergibt sich aus der Formel der Durchmesser eines Elektrons zu etwa 10^{-13} cm. Die Masse ist nach dieser Formel dem Durchmesser umgekehrt proportional. Dürfte man annehmen, daß auch die Masse des positiv geladenen Wasserstoffatoms nur elektrodynamischer Natur wäre, so berechnet sich der Durchmesser des Wasserstoffions entsprechend seiner größeren Masse erheblich kleiner und zwar zu etwa 10^{-16} cm. Nun besteht die gewöhnliche, elektrisch neutrale Materie nach unseren jetzigen Kenntnissen aus einem Konglomerat positiv geladener Kerne und negativer Elektronen, mit insgesamt gleicher Ladung. Jene Gesetze über die Abhängigkeit der Masse von der Geschwindigkeit, müssen daher für die Materie überhaupt gelten, und es resultiert ferner die Wichtigkeit, daß jede Masse letzten Endes elektrodynamischer Natur ist; nach der Relativitätstheorie gelten jene Beziehungen auch unabhängig von der elektrischen Ladung für jede Art von elektrisch-neutraler Materie. Freilich sind die uns zugänglichen Geschwindigkeiten der gewöhnlichen ungeladenen Körper, auch die der Himmelskörper, viel zu klein, als daß wir, vorläufig wenigstens,

hoffen dürften, die Abhängigkeit ihrer Masse von der Geschwindigkeit durch Messungen erweisen zu können. Noch eine weitere wichtige Folgerung hat die Berechnung der elektrodynamischen Masse für große Geschwindigkeit ergeben: Man hat bei ihr zu unterscheiden zwischen „longitudinaler“ und „transversaler“ Masse, d. h. der Masse bei Beschleunigung in der Bewegungsrichtung und bei der senkrecht dazu; beide hängen in verschiedener Weise von der Geschwindigkeit ab. Diese Unterschiede werden freilich erst bei sehr großen Geschwindigkeiten merklich, die mit der Lichtgeschwindigkeit kommensurabel sind. Die Unterschiede sind aber von prinzipieller Bedeutung, weil im Bereich ihres Gültigkeitsgebietes natürlich der Satz vom Parallelogramm der Geschwindigkeiten nicht mehr zutreffen kann, und so deutlich ersichtbar wird, daß seine Gültigkeit im Gebiete der gewöhnlichen Mechanik auf der Erfahrung beruht und keineswegs eine geometrische oder apriorische Selbstverständlichkeit ist. Eine große Vertiefung aber hat der Massenbegriff wohl dadurch gewonnen, daß der im Kriege gefallene Wiener Physiker Hasenöhrts zeigte, daß auch die in einem geschlossenen Hohlraum mit absolut spiegelnden Wänden eingeschlossene Strahlung träge Masse besitzt. Das gleiche Ergebnis folgt, wie Einstein zeigte, auch aus der Relativitätstheorie, und zwar ergibt sich hier die überaus einfache, aber fundamentale Beziehung, daß die Masse gleich dem Energieinhalt dividiert durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit ist; dabei beschränkt sich aber nach der Relativitätstheorie diese Beziehung nicht auf die Hohlraumstrahlung, sondern gilt für jede beliebige Energie. Energie ist danach stets mit Masse identisch. Eine experimentelle Prüfung dieser Gleichung ist freilich noch nicht möglich gewesen. Doch läßt sich nach ihr berechnen, daß z. B. die Sonne durch Strahlung beständig an Masse Beträge verliert, die uns zwar erheblich erscheinen, die aber doch zu gering sind, um sich in unserer bisherigen Beobachtung zugänglichen Zeiten

astronomisch bemerkbar zu machen. Es sei ferner darauf hingewiesen, daß die großen Energieentwicklungen beim radioaktiven Zerfall der Elemente eine kleine Differenz in den Massen des unzerfallenen Atoms und seiner Zerfallsprodukte voraussehen lassen, daß daher die Abweichungen der Atomgewichte von ganzen Zahlen, sofern sie nicht in der Existenz mehrerer Isotopen begründet sind, durch die Masse des Energieinhalts bedingt sein können. Dürfte man annehmen, wie es dem Sinne der Theorie entsprechen würde, daß alle Masse der Materie auf ihren Energieinhalt zurückzuführen ist, so repräsentierten die Elemente ganz ungeheure Energievorräte, die natürlich erst bei ihrem Zerfall frei werden würden, den wir aber bekanntlich bis jetzt so gut wie gar nicht, wenigstens nicht in praktisch in Betracht kommender Weise beeinflussen können, der nur bei den radioaktiven Stoffen aller unserer Beeinflussung entzogen, spontan stattfindet. Die chemische Energie der Kohle bei ihrer Verbrennung und überhaupt aller sonstigen gewöhnlichen chemischen Reaktionen kommt neben den Beträgen der inneratomaren Energie gar nicht in Betracht. Bei diesen Betrachtungen haben wir nun freilich schon stillschweigend vorausgesetzt, daß die Energie nicht nur träge, sondern auch schwere Masse besitzt. Das erscheint sehr wohl als berechtigt, da einerseits erfahrungsgemäß träge und schwere Masse stets einander gleich sind, und andererseits nach der Relativitätstheorie träge und schwere Masse überhaupt identisch sind, die das Schwerfeld mit dem Beschleunigungsfeld gleichsetzt. Daraus gewinnt die verallgemeinerte Relativitätstheorie, die auch die Gravitation mit umfaßt, eine Korrektur des Gravitationsgesetzes in seiner Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. In der Durchführung dieser Ideen löst die Relativitätstheorie den Kraftbegriff in Geometrie des Raumes auf: Das Krümmungsmaß des Raumes, der also nicht mehr euklidisch ist, ist in einem Gravitationsfeld von Stelle zu Stelle verschieden. So tritt an Stelle der Kraft die Beschleunigung in die-

sem nichteuklidischen Raume. Das läßt sich freilich rein logisch durchführen; aber eine Erklärung der Gravitation, der Schwere wird man hierin doch kaum erblicken können. Es bleibt die Frage, warum denn an Stellen, an denen sich Materie befindet, die Krümmung des Raumes verändert ist; die Zurückführung der Kräfte auf die Geometrie des Raumes läßt weitere Zusammenhänge nicht voraussehen. Aber erst die Berechnung der Gravitationskonstante aus anderen Naturkonstanten, würde die Gravitation in die Reihe der anderen Kräfte einordnen und eine Erklärung, eine wirkliche Theorie der Gravitation bedeuten. Davon sind wir zur Zeit noch weit entfernt.

Sitzung vom 27. Februar 1922.

Herr Prof. W. Gross sprach über vitale Färbung.

Je mehr sich die Anschauung Bahn bricht, daß eine genaue Kenntnis des physikalisch-chemischen Zustandes der lebenden Zellen und Gewebe unerläßliche Voraussetzung ist für ein Verständnis normaler und krankhafter Lebensvorgänge, umso dringender wird das Bedürfnis nach Untersuchungsmethoden, die darüber Aufschluß geben. Eine dieser Methoden ist die vitale Färbung, die an sich alt und lange bekannt, erst seitdem sie von bestimmten Fragestellungen aus angewandt wird, wertvolle Ergebnisse gebracht hat. Die erste umfassende Anwendung stammt von Ehrlich, der durch die Verwendung von Farbstoffmolekülen mit möglichst vielen und verschiedenartigen reaktionsfähigen Seitenketten Aufschluß gewinnen wollte über die Reaktionsmöglichkeiten des lebenden Protoplasmas. Bald stellten sich aber Widersprüche heraus und es ergab sich, daß in die lebende Zelle im allgemeinen nur lipoidlösliche basische Farbstoffe eindringen, während saure Farbstoffe von ganz ähnlichem chemischen Bau nur in wenige bestimmte lebende Zellen

aufgenommen werden. Das führte zu der Overtonschen Theorie von der lipoiden Plasmahaut. Eine Klärung kann nur erreicht werden, wenn man das Verhalten basischer und saurer Farbstoffe streng trennt. Die basischen Farbstoffe bestimmter Eigenschaften dringen in alle Zellen ein und werden da gespeichert. Sie sind oft Indicatoren und können meist im Organismus in Leukoprodukte umgewandelt werden; dadurch sind die Verhältnisse sehr verwickelt und vorerst wenig durchsichtig. Moellendorf nimmt an, daß sie nur vorgebildete saure Zellbestandteile färben und daß für ihr Eindringen oder Nichteindringen in die lebende Zelle neben der Lipoidlöslichkeit auch die Dispersität ihrer Lösung entscheidend ist. Übersichtlicher sind die Verhältnisse bei den nichtlipoidlöslichen sauren Farbstoffen, die nur in bestimmten Zellen granulär gespeichert werden. Die Technik stellt viele hunderte solcher Farbstoffe für vergleichende Untersuchungen zur Verfügung. Es hat sich ergeben, daß für ihre Speicherung in erster Linie der Lösungszustand, die Dispersität und nicht der chemische Aufbau entscheidend ist. Ehe ein Stoff in einer Zelle chemische Reaktionen eingehen kann, muß er in die Zelle hineinkommen können und darüber entscheidet eben das physikalisch-chemische Verhalten der Lösung. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse kann man die sauren Farbstoffe verwenden, um gesunde, kranke und tote Zellen zu unterscheiden. Die Nierenzellen z. B. verhalten sich in normalem, reversibel und irreversibel geschädigtem Zustand demselben Farbstoff gegenüber ganz verschieden. Die vitale Färbung ist bis jetzt die einzige Möglichkeit, um den physikalisch-chemischen Zustand von Zellen bei verschiedenartigen Schädigungen zu untersuchen und verspricht bei weiterem Ausbau noch wertvolle Ergebnisse. Voraussetzung ist die genaue Kenntnis der verwendeten Farbstoffe und die Verwendung von Farbstoffen, die frei sind von Verunreinigungen.

Hierauf führte Herr Prof. Krüger die Goerz-Beck-Lampe als Lichtquelle für die Projektion von farbigen Photographien vor und erläuterte dabei ihren Bau und die sich daraus ergebenden Vorzüge dieser Lampe.

Der optischen Firma Goerz in Berlin ist es in den letzten Jahren gelungen, aufbauend auf den Versuchen von Beck eine elektrische Bogenlampe mit sehr erhöhter Flächenhelligkeit zu konstruieren. Das Wesentliche bei dieser Lampe besteht darin, daß der Lichtbogen auf eine sehr kleine Fläche begrenzt wird, auf der die Verdampfung der Kohle, die bekanntlich der Temperatur und damit der Flächenhelligkeit eine Grenze zieht, erheblich kleiner ist, wie bei den gewöhnlichen Kohlen. Die dünnen Kohlenstäbe sind, um die Zuführung des erforderlichen starken elektrischen Stromes ohne zu starke Erwärmung der Kohle zu ermöglichen, mit einem Kupfermantel umgeben. Die so bei der Projektion erreichte Helligkeitssteigerung beträgt bei Lampen mit 30—40 Amperes Betriebsstrom etwa das Dreifache. Diese gesteigerte Helligkeit ist besonders bei der Projektion von farbigen Photographien mit Lumiere- oder Agfaplatten, die ja sehr viel Licht absorbieren, besonders nützlich und erhöht die Schönheit der projizierten Bilder sehr stark. Der Vortragende projizierte dann mit einer solchen Goerz-Beck-Bogenlampe eine größere Anzahl farbiger Photographien.

Sitzung vom 30. März 1922.

Herr Prof. Peter sprach über die Bedeutung des menschlichen Wurmfortsatzes.

Der Wurmfortsatz ist nicht, wie noch häufig angenommen wird, ein funktionsloses, rudimentäres Organ, sondern hat eine wichtige Aufgabe zu erfüllen. Er enthält, bei Kindern besonders deutlich ausgeprägt, reichliche Lymphfollikel, sodaß man ihn als „Tonsille des Darmes“ bezeichnen kann. Die Lymphzellen gelangen in das bedeckende Epithel, in dem sie eine zeitlang verweilen. Daher gehört der Wurm-

fortsatz zu den lympho-epithelialen Organen, die wohl für das Wachstum von Bedeutung sind. Nach vollendetem Wachstum geht die lymphoide Einlagerung etwas zurück. Der Fortsatz kann ohne sichtbaren Schaden des Trägers entfernt werden; in diesem Falle übernehmen andere lympho-epitheliale Gebilde des Darmes seine Funktion.

Darauf ergriff Herr Dr. Mierdel das Wort, um über die Anwendung elektrischer Entladungen in Gasen für Beleuchtungszwecke zu sprechen.

Während die Beleuchtungstechnik früherer Zeit als Lichtquellen fast ausschließlich Temperaturstrahler verwandte, ist man vor einigen Jahren dazu übergegangen, auch Lumineszenzstrahler, und zwar in erster Linie elektrische Gasentladungen, für Beleuchtungszwecke zu benutzen. Gasentladungen bieten gegenüber Temperaturstrahlern mannigfache Vorteile, sodaß je nach den speziellen Ansprüchen bezüglich Ökonomie, Lichtstärke, Farbe u. s. w. in vielen Fällen ihre Verwendung empfehlenswert erscheint.

Praktische Bedeutung haben bisher nur die Hg-Bogenlampe, das Moore-Licht und die Glimmlampe erlangt, von denen sich die letztere durch äußerst geringen Gesamt wattverbrauch auszeichnet. Als prinzipieller Nachteil kommt bei allen derartigen Lichtquellen in Betracht, daß jede Gasentladung zu ihrer Stabilisierung eines in Serie geschalteten Widerstandes bedarf, der naturgemäß selbst schon eine beträchtliche Menge Energie verbraucht.

Sitzung vom 21. Mai 1922.

Herr Prof. G. W. Müller sprach über die Verarmung der Tierwelt des Ryck und seiner Nebengewässer. Infolge der Kanalisation der Stadt werden dem Ryck nicht mehr die Abwässer und mit ihnen reichliche Nahrung für die Kleintierwelt zugeführt. Das sonst in günstigen Sommern überaus häufige Moostierchen *Victorella pavida*, eine Form,

für die wir sonst in Europa nur noch einen Fundort kennen, ist sehr selten geworden. *Balanus improvisus*, der früher die Pfähle der Wiecker Brücke dicht bedeckte, ist ebenfalls viel seltener geworden. Dasselbe gilt von den anderen Crustaceen des Wiecker Hafens.

Noch üblere Folgen hat die Entwässerung des Rosentals gehabt. Hier fand sich auf eng begrenztem Gebiet *Paludicella muelleri*, ein besonders interessantes Moostierchen, für das wir überhaupt keinen anderen Fundort kennen. Es ist verschwunden. Auch die Vogelfauna ist viel ärmer geworden.

Der zweite Redner, Herr Dr. Klose, gab einen Überblick über die kosmische Stellung der Sternhaufen und Nebelflecke. In jüngster Zeit hat Shapley statistische Methoden der Parallaxenbestimmung entwickelt und auf die kugelförmigen Sternhaufen angewandt. Ihre Anwendbarkeit setzt allerdings voraus, daß die physikalischen (photometrischen, spektroskopischen, mechanischen) Verhältnisse überall in unserem Sternsystem nahezu dieselben sind. Shapley nimmt z. B. an, daß die mittlere absolute Leuchtkraft aller Sterne einer gewissen Spektralklasse in den Sternhaufen dieselbe ist wie in der näheren Sonnenumgebung und bestimmt aus dem Verhältnis der scheinbaren und der wahren Leuchtkraft die Entfernung des betreffenden Systems. Das System der Kugelsternhaufen ergibt sich danach von wesentlich höherer Größenordnung als das von den Sternen der Milchstraße gebildete. Zu dem engeren Milchstraßensystem zu rechnen sind die chaotischen Nebel (z. B. Orionnebel), die dunklen Nebel und die planetarischen Nebel, wie sich z. T. durch direkte Parallaxenmessung ergeben hat. Ungeklärt ist noch immer die kosmische Stellung der Spiralnebel. Sie bevorzugen die Gegend des Nordpols der Milchstraßenebene und bewegen sich anscheinend mit Geschwindigkeiten von der Ordnung 10^2 bis mehr als 10^3 km pro Sek. von der Milchstraßenebene weg.

Sitzung vom 27. Juli 1922.

Mit dem Semesterende tagte der Naturwissenschaftliche Verein für Neuvorpommern und Rügen im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts zum letzten Male für die diesjährige Sommersitzungsperiode. Einleitend legte der Vorsitzende, Professor Krüger, eine Einladung zu dem Ende August 1922 stattfindenden 20. internationalen Kongreß der Amerikanister in Rio de Janeiro, sowie für den 11. internationalen Kongreß für Geographie und Ethnologie vor, der 1925 in Cairo abgehalten werden soll; er zeigte ferner eine große Zahl von Berichten und Zeitschriften akademischer und naturwissenschaftlicher Vereine vor, mit denen der hiesige Verein im Austausch steht. Diese Zeitschriften können, bevor sie an die Universitätsbibliothek übergehen, an die Mitglieder auf 4 Wochen ausgeliehen werden.

Die Sitzung brachte auch diesmal einem breiteren gebildeten Publikum interessante Vorträge aus verschiedenen Gebieten der Naturwissenschaften. Es sprach zunächst Herr Prof. Leick über die Entwicklung und Bedeutung der Sexualität im Pflanzenreich. Er führte etwa folgendes aus:

Durch die Fortpflanzung wird die Arterhaltung der Organismen gewährleistet. Die Fortpflanzung besteht im einfachsten Falle bei einzelligen Lebewesen in einer ungeschlechtlichen Zweiteilung. Daraus ergibt sich, daß solchen Einzellern ein physiologischer Tod fremd ist. Ungeschlechtliche Fortpflanzung liegt auch dann vor, wenn die durch Teilung entstehenden Stücke mehr oder weniger ungleich sind. Schon auf sehr früher Entwicklungsstufe zeigt sich neben der ungeschlechtlichen hier und da eine geschlechtliche Fortpflanzung. Diese besteht ihrem Wesen nach darin, daß zwei Geschlechtszellen (Gameten) miteinander in Copulation treten. Da die Gameten zunächst völlig gleichartig sind, kann man bei ihnen noch nicht zwischen einem weiblichen und männlichen Element unterscheiden. Wir haben also bei der sogenannten Isogamie eine Geschlechtlichkeit ohne Geschlechter vor uns. Um die Be-

deutung der Sexualität zu erfassen, muß man sich vor Augen halten, daß jede ungeschlechtliche Fortpflanzung auch eine Übertragung der mütterlichen Eigenschaften auf die Tochterzellen, d. h. also eine Vererbung, bedingt. Da wir uns die Erbqualitäten im Zellkern lokalisiert zu denken haben, kann eine Übertragung aller Erbfaktoren auf beide Tochterzellen nur dann stattfinden, wenn die Verteilung der Erbsubstanz mit mathematischer Genauigkeit vorgenommen ist. Das wird durch die sog. mitotische Kernteilung angestrebt. Störungen in der Verteilung der Erbsubstanz haben Ausfallerscheinungen zur Folge. Diese sind, solange die Organismen sich ungeschlechtlich vermehren, irreparabel. Geschlechtliche Fortpflanzung dagegen bedeutet eine Vermischung der Erbqualitäten zweier Individuen, durch die immer wieder eine Kompensation in der Verteilung der Erbqualitäten herbeigeführt wird. Ferner schafft der Sexualakt die Möglichkeit erhöhter Variabilität. Jede durch Mutation auftretende reine Linie vermag mit allen vorhandenen reinen Linien in Copulation zu treten und dadurch eine Vervielfältigung der vorhandenen Varianten zu bewirken. Kombinationen gleichgerichteter Mutanten können sich ebenfalls nur bei geschlechtlicher Vermischung einstellen. Schließlich erhöht der Sexualakt ganz wesentlich die sogenannte Plastizität der Organismen. Da, wo reine Linien unvermischt neben einander bestehen, führt einseitige Züchtung zur Auslöschung von vorhandenem Erbgut. Befinden sich aber neben den reinen Linien auch Neukombinationen mit dominanten Merkmalen, die natürlich nur sexuell entstanden sein können, so wird trotz der extremen Züchtung doch rezessives Erbgut vorhanden bleiben, das durch Mendel'sche Spaltung immer wieder zum Vorschein kommt. So ist die Möglichkeit einer Umzüchtung in anderer Richtung bei veränderten Außenverhältnissen gegeben.

Die Sexualität ist nicht auf der Stufe der Isogamie stehen geblieben. Schon frühzeitig zeigt sich eine physiologische Differenzierung der Gameten, der bald auch eine morphologische folgt. Diese ist bedingt durch

die fortschreitende Arbeitsteilung, die dem Makrogameten vermehrte Ernährungsverpflichtung und dem Mikrogameten erhöhte Beweglichkeit zufallen läßt. Jetzt sprechen wir von einer Heterogamie, bei der der kleinere Schwärmer den männlichen, der größere Schwärmer den weiblichen Teil repräsentiert. Das Fortschreiten auf dem eingeschlagenen Wege führt schließlich zur Oogamie, bei der eine unbewegliche, verhältnismäßig große Eizelle von einem kleinen, sehr beweglichen Spermatozoid befruchtet wird. Diese Oogamie kann nun im Verlaufe der pflanzlichen Stammesgeschichte die mannigfaltigsten Abwandlungen erfahren, bleibt aber im Grunde immer der gleiche Vorgang.

Die Kernverschmelzung bei der Befruchtung führt stets zu einer Verdoppelung der Chromosomenzahl. Diese wird durch die Reduktionsteilung wieder rückgängig gemacht. Da aber die Reduktion der Copulation meist nicht unmittelbar folgt, kommt es zur Bildung von haploiden und diploiden Generationen, von denen sich die erste geschlechtlich (Gametophyt), die zweite ungeschlechtlich (Sporophyt) fortpflanzt. Der so entstehende Generationswechsel zieht sich als roter Faden durch das gesamte Pflanzenreich hindurch. Durch Ineinanderschachtelung der aufeinander folgenden Generationen kann — wie z. B. bei den Blütenpflanzen — das Abwechseln von Haplont und Diplont verdeckt werden. Genaue Untersuchungen erweisen aber immer das Vorhandensein beider Generationen.

Trotz der vorgerückten Stunde wußte der zweite Redner, Herr Prof. Gross, seine Zuhörer noch durch einen Vortrag über „Kristallkeime“ zu fesseln. Seine Ausführungen über dieses, sein eigenes Forschungsgebiet wurden durch zahlreiche, außerordentlich schöne und interessante Experimente unterstützt; sie enthielten etwa folgendes:

Wenn man einer geeigneten Flüssigkeit feste Kristallmasse zusetzt (etwa Salz) so geht nur eine ganz bestimmte Menge Salz in Lösung, die in konstantem Verhältnis zur Menge der Flüssigkeit steht. Läßt man aus dieser Lösung

Flüssigkeit verdunsten, so müßte sich eigentlich fester Kristall ausscheiden. Das geschieht auch sofort, wenn noch unverbrauchter fester Kristall in der Lösung anwesend ist. Im anderen Falle unterbleibt merkwürdigerweise die Ausscheidung. Das Kristallkorn, das das Auskristallisieren einleitet, (der sogen. Keim) kann sehr klein sein, bei manchen Salzen genügt noch ein Tausendbillionstel Gramm. Andere Experimente zeigen, daß sich noch kleinere Keime nicht mehr zum „Impfen“ der übersättigten Lösung eignen. Man hielt deshalb zur Aufhebung jedes Übersättigungsgrades eine bestimmte Keimgröße, die sog. „Impfschwelle“ für nötig. Wenn eine übersättigte Lösung ohne Impfung auskristallisierte, so mußte man vermuten, daß die sehr kleinen Keimkörperchen durch die Luft zugetragen und ev. durch die Poren des Verschlusstopfens usw. gedrunken waren. Schwierigkeiten entstehen nun durch die Beobachtung, daß auch in zugeschmolzenen Glasröhrchen schließlich spontane Kristallisation eintritt, wobei sich die nötige Keimgröße durch zufälligen Zusammentritt einer hinreichenden Anzahl der regellos in der Flüssigkeit herumschwirrenden Kristallmolekülen gebildet haben müßte. Ein solcher durch Zufall gebildeter Keim müßte noch Milliarden kristallographisch geordneter Atome enthalten! Dazu ist aber die spontane Kristallisation viel zu häufig. Es bleibt bloß die Annahme, daß einzelne gelöste Molekeln sofort mit eintretender Übersättigung kristallographisch geordnet aneinanderhängen bleiben, durch die lebhaft schwirrende Bewegung der Molekeln wieder auseinandergerissen werden, sich von neuem bilden und dieses Spiel so oft wiederholen, bis schließlich ein vom Zufall besonders begünstigter Komplex so groß geworden ist, daß der lebhafte Wechsel von Verlust und Anlagerung nicht mehr zur Vernichtung seiner Existenz führen kann. In diesem Zusammenhang werden eine Reihe wohlbekannter kristallographischer Erscheinungen erklärt: die Unregelmäßigkeit des Atomgitters jedes gewachsenen Kristalls, die Anlagerung sog. Subindividuen, die Entstehung der Kristallskelette, z. B. der Schneestern-

chen. Die Keime sind schon nach Art der großen Kristalle von Flächen umgeben, wie aus dem Traubeschen Versuch hervorgeht: In starker schräg auftreffender Beleuchtung blitzen schon fürs bloße Auge Kristallkeime auf, die für normale mikroskopische Betrachtung, auch bei stärkster Vergrößerung zu klein sind, um Bildkonturen zu zeigen.

Sitzung vom 30. Oktober 1922.

Am 30. Oktober fand eine Vorstandssitzung und eine allgemeine Sitzung statt. Der Vorstand setzte den Preis für den 48. und 49. Jahrgang der „Mitteilungen auf 25 *M* fest und schlug eine Umlage in der Höhe von 10 *M* vor.

Die allgemeine Sitzung brachte wie üblich zwei Vorträge. Zuerst sprach Herr Prof. Straub über die Regulation der Atmung.

Aus seinem, durch zahlreiche aus dem Leben gegriffene Gleichnisse anschaulich gemachten Vortrag sei folgender Auszug gegeben:

Mit der Entwicklung der Tierreihe werden große Zellgruppen von der Oberfläche in das Körperinnere verlegt. Um diesen den Gasaustausch, die Atmung, zu vermitteln, werden besondere Organe ausgebildet, die den Transport und die Abgabe der Gase vermitteln. Diese Organe müssen so eingerichtet sein, daß möglichst große Sauerstoffmengen unter hohem Teildruck zugeführt und möglichst große Kohlensäuremengen unter niederem Teildruck abgenommen werden können. Für diese Aufgabe ist der rote Blutfarbstoff, das Haemoglobin, durch die Art seiner Bindungsfähigkeit für diese Gase besonders geeignet. Es läßt sich zeigen, daß die Bindung beider Gase im Blute sich gegenseitig beeinflußt, wobei Zufuhr von Kohlensäure die Abgabe von Sauerstoff und Verarmung an Sauerstoff die Aufnahme von Kohlensäure begünstigt, was den Bedürfnissen der Gewebs- und Lungenatmung sehr gut Rechnung trägt. Die Kohlensäure ist nicht etwa ein nutzloses, rasch zu beseitigendes Endprodukt des Stoffwechsels. Vielmehr wird durch die Atmung ein stets

gleichbleibender Teildruck an Kohlensäure in den Körpergeweben aufrecht erhalten. Dieser Kohlensäuregehalt dient zur Feinregulierung des wahren Säuregrades der Gewebe, der mit Hilfe der Atmung außerordentlich konstant gehalten wird. Nur bei solch genauer Regulation finden wichtige Gewebefunktionen günstige Leistungsbedingungen. Die Anwendung exakter naturwissenschaftlicher Methoden auf das Problem der Atmungsregulation hat das Verständnis der bei zahlreichen Erkrankungen auftretenden Atemstörungen wesentlich gefördert und neue Krankheitsbilder kennen und schärfer bestimmen gelehrt. Bei Erregungszuständen, bei Schmerzreizen, im Schlaf, unter dem Einfluß gewisser Arzneimittel treten Änderungen der Atmung auf, die zu schweren Störungen der Organtätigkeit führen können. Sauerstoffmangel führt zur Bergkrankheit. Die Kriegskost hatte nachweisbare Veränderungen der Blutzusammensetzung im Gefolge, wodurch der Gasaustausch bedeutend erschwert wurde. Sehr schwere Störungen der gasbindenden Eigenschaften des Blutes findet man bei Zuckerharnruhr und bei manchen Nierenkranken.

Anschließend ergriff Herr Prof. S i e v e r t s das Wort zu folgenden Ausführungen über „Negative Katalyse“:

Katalysatoren sind nach der Definition von Wilhelm Ostwald Stoffe, die die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion ändern, ohne selbst während der Reaktion verändert zu werden. Es gibt beschleunigende (positive) und verzögernde (negative) Katalysatoren. In homogenen Lösungen kommt die „negative Katalyse“ oft dadurch zustande, daß ein gelöster positiver Katalysator durch einen anderen Zusatz vernichtet wird. Ist der Katalysator ein fester Stoff, der in Gasen oder Lösungen Reaktionen beschleunigt, so vollzieht sich der Vorgang an seiner Oberfläche. In der Oberflächenschicht werden die reagierenden Stoffe durch Adsorption angereichert. Solche Katalysatoren sind sehr empfindlich gegen manche Zusätze, durch die sie „vergiftet“ oder gelähmt werden. Fälle dieser Art

kommen sowohl bei anorganischen Katalysatoren wie bei biochemischen Reaktionen vor. Manche dieser „Vergiftungen“ können darauf zurückgeführt werden, daß das Gift den reagierenden Stoff aus der Oberfläche des Katalysators verdrängt, indem es stärker adsorbiert wird als dieser. Solche Vorgänge können messend verfolgt werden, z. B. bei der katalytischen Oxydation von Aminosäuren (Eiweißabbauprodukten) durch Luftsauerstoff in Gegenwart von Kohlepulver. Der Modellversuch findet sein Analogon in der Zellatmung, wo die Sauerstoffaufnahme an den Grenzflächen der Zellen stattfindet. Narcotica hemmen hier wie dort den Oxydationsvorgang und der Wirkungsgrad der einzelnen „Gifte“ wird quantitativ bestimmt durch ihr Vermögen, die zu oxydierenden Stoffe vom Reaktionsort, d. h. von der Oberfläche des Katalysators, mehr oder minder zu verdrängen. Eine Ausnahme bildet die Blausäure: sie ist viel giftiger, als sie nach ihrer Adsorbierbarkeit sein sollte. Sie vernichtet wahrscheinlich die Wirkung eisenhaltiger Teile der Katalysatoroberfläche.

Sitzung vom 20. November 1922.

Der Besuch der Sitzung war gut, wie gewöhnlich, so daß man von einer erfreulichen Festigung des naturwissenschaftlichen Interesses in Greifswald und Umgegend sprechen kann. Herr Prof. G. W. Müller sprach über eine Schlupfwespe, *Ephyaltes*, die ihre Eier in Käferlarven legt, die tief im Holz leben. Sie findet sie dort mit Hilfe ihrer Geruchsorgane (Fühler). Die sehr lange Legeröhre der Schlupfwespe ist an der Spitze ähnlich gebaut wie ein Korkzieher, wird auch ähnlich eingebohrt. Ferner wurden in der Umgebung Greifswalds gesammelte Exemplare des medizinischen Blutegels vorgezeigt. — Im Anschluß daran ergriff Herr Dr. Ma uz das Wort zu einem Experimentalvortrag über den selbsttätigen Empfang in der drahtlosen Telegraphie. Er führte aus:

Bereits in den ersten Zeiten der drahtlosen Telegraphie hatte man das Bestreben, die aufgenommenen

Zeichen schriftlich zu fixieren. Man verwendete hierzu zunächst den in der Drahttelegraphie üblichen Morseschreiber. Die dabei zur Verwendung kommende Morseschrift gibt die Buchstaben und Zeichen durch eine Aufeinanderfolge von Punkten und Strichen wieder. Die Niederschrift des Morseschreibers wurde jedoch sehr leicht unleserlich gemacht durch das Dazwischenkommen von falschen Zeichen, hervorgerufen durch elektrische Vorgänge in der Atmosphäre. Der Einfluß dieser „atmosphärischen Störungen“ läßt sich zwar durch verschiedene Mittel verringern, so z. B. durch Verwendung von mehreren abgestimmten Resonanzkreisen im Empfänger, aber nicht gänzlich ausschalten. Man war daher zu einem vorläufigen Verzicht auf einen selbsttätigen Schreibempfang genötigt. An seine Stelle trat der Hörempfang, welcher auch heute noch das verbreitetste Empfangsverfahren in der drahtlosen Telegraphie darstellt. Bei demselben werden die vom Empfänger aufgenommenen, erforderlichenfalls mittels Elektronenröhren verstärkten Zeichen so umgeformt, daß sie in einem Hörtelefon musikalische Töne hervorrufen. Den Punkten und Strichen des Morsealphabets entsprechen dann kürzere und längere Tonsignale. Die atmosphärischen Störungen bewirken im Telefon zischende und prasselnde Geräusche, zwischen denen sich die Töne der echten Zeichen, selbst wenn sie an Stärke geringer sind, durchhören lassen, sodaß trotzdem ein Empfang möglich wird.

Beim „direkten Hörempfang“ muß ein Beamter die Tonsignale abhören und in gewöhnliche Schrift übertragen. Dabei lassen sich höchstens 30 Worte in der Minute aufnehmen. Der Wunsch nach einer Steigerung der Aufnahmegeschwindigkeit wurde befriedigt durch die Einführung des „indirekten Hörempfangs“. Bei demselben werden die Zeichen erst in Form von Vertiefungen in die Walze eines Phonographen oder in Form von wechselnden Magnetisierungen in den Stahldraht des elektrischen Phonographen — des sog. Telegraphon — eingeprägt. Walze bezw. Stahldraht läßt man bei der Aufnahme rasch ab-

laufen. Bei der Wiedergabe laufen sie mit verminderter Geschwindigkeit, sodaß der übertragende Beamte die Zeichen gut erkennen kann. Es ist dies dasselbe Prinzip wie bei der Zeitlupe in der Kinematographie.

Wenngleich der indirekte Hörempfang eine Steigerung der Aufnahmegeschwindigkeit auf das mehrfache des direkten Hörempfangs ermöglicht, so befriedigt er doch nicht vollkommen. Vor allem liefert er keine objektiven Dokumente, die sich leicht aufbewahren lassen wie die Streifen eines Schreibapparates. Es kam erneut zur Einführung eines Schreibapparates, des „Heberschreibers“ (Syphon Recorder) der Kabeltelegraphie. Seine Vorzüge bestehen einmal in einem geringen Energiebedarf und in einer großen Beweglichkeit seines Schreibzeuges, wodurch eine hohe Schreibgeschwindigkeit ermöglicht wird. Sodann benutzt der Heberschreiber anstelle der gewöhnlichen Morseschrift die Wellenschrift, bei welcher die Morsezeichen durch kürzere und längere Wellenlinien dargestellt werden. Kommen hierbei die atmosphärischen Störungen dazwischen, so lassen sich die echten Zeichen von den Störungszeichen durch ihren regelmäßigen Charakter unterscheiden und das Telegramm bleibt entzifferbar. Mit einem derartigen Empfänger können bis zu 200 Worte in der Minute niedergeschrieben werden.

Morseschreiber und Heberschreiber benutzen zur Betätigung des Schreibzeuges magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes. Nach einem von den dänischen Ingenieuren Johnsen und Rabeck herrührenden und gemeinsam mit der Firma Huth praktisch ausgearbeiteten Verfahren kann man auch mittels elektrostatischer Anziehungskräfte das Schreibzeug steuern. Wird durch eine Platte von schlechtleitendem Material, z. B. durch einen Lithographenstein, ein elektrischer Strom geschickt, so erhält man an dem hohen Übergangswiderstand vom Stein zur aufgelegten Metallelektrode einen großen Spannungsabfall. Da derselbe auf einer ganz kurzen Strecke von etwa $\frac{1}{100}$ Millimeter stattfindet, so treten zwischen der Oberfläche der Steinplatte und der Metallelektrode erheb-

liche Anziehungskräfte auf. Gibt man dem Halbleiter die Gestalt einer glatt geschliffenen Walze, deren Achse die eine Stromzuführung bildet und ist die andere Elektrode ein über die Walze gelegtes Metallband, so treten beim Anlegen einer Spannung zwischen der rotierenden Walze und dem Band infolge der elektrostatischen Anziehung erhöhte Reibungskräfte auf, welche das Band mitzunehmen bestrebt sind. Dies läßt sich dann leicht zur Betätigung eines Schreibzeuges verwenden. Ein derartiger Schreiber ist für hohe Geschwindigkeiten geeignet und benötigt zu seiner Steuerung äußerst geringe Energiemengen. Die Anziehung und damit die Güte seines Arbeitens ist jedoch in hohem Maße von der Sauberkeit und Trockenheit der Walzenoberfläche abhängig.

In neuester Zeit gelang es auch den in der Drahttelegraphie bewährten Siemensschnelldrucker drahtlos zu steuern, welcher den Vorzug besitzt, die Telegramme direkt in gewöhnlicher Schrift niederzuschreiben und dabei hohe Geschwindigkeiten von über 100 Worten in der Minute ermöglicht.

Sitzung vom 18. Dezember 1922.

In dieser Sitzung wurde beschlossen den Beitrag auf 50 *M* zu erhöhen. Darauf fand die Wahl des Vorstandes durch Zuruf statt. Nach Erledigung der geschäftlichen Angelegenheiten ergriff Herr Prof. Seeliger das Wort zu seinem Vortrag „Ungelöste Probleme der luftelektrischen Forschungen“. Er führte etwa folgendes aus: In den letzten Jahrzehnten hat sich zwischen der Meteorologie und der Physik stehend und von beiden Anregungen empfangend, mit überraschender Schnelligkeit ein neues Forschungsgebiet entwickelt, die luftelektrische Forschung. Im ersten Stadium ihrer Entwicklung bestand die junge Wissenschaft im wesentlichen aus der Sammlung von Beobachtungsmaterial und der Ausarbeitung der neuen Beobachtungsmethoden, im zweiten, in der sie noch steht, aus der Ausbildung von Theorien. Dank der Ionentheorie

der Elektrizitätsleitung in Gasen sind die elektrischen, in der Atmosphäre sich abspielenden Vorgänge heute bereits recht weitgehend geklärt, und wo noch Lücken unserer Kenntnis vorhanden sind, hat meist nur die Komplikation der Verhältnisse die quantitative theoretische Erfassung verhindert. Nur in wenigen, allerdings fundamentalen Punkten ist die Physik noch nicht zu einer theoretischen Deutung imstande gewesen und es scheint fast, als ob neue, noch ganz unbekannte Faktoren in Rechnung zu ziehen seien, die zu ergründen die Physiker höchlichst interessieren muß. An einem einfachen Schema, aufgebaut auf den drei Erfahrungstatsachen eines elektrischen Feldes in der Atmosphäre, einer Leitfähigkeit derselben und eines vertikalen Leitungsstromes, läßt sich erkennen, wo im Gebäude der luftelektrischen Forschung solche noch ungelösten Probleme stehen. Das eine betrifft ein noch unbekanntes Glied in der Ionisierungsbilanz, das andere die Frage nach dem Elektrizitätshaushalt der Atmosphäre oder nach der automatischen Aufrechterhaltung der negativen Erdladung.

Die Natur des ersteren Problems läßt sich im einzelnen erkennen, wenn man die in einem Volumenelement der Freiluft insgesamt erzeugte Ionenmenge in ihre Komponenten zerlegt. Man findet dann, daß eine dieser Komponenten herrühren muß von einer von oben kommenden, sehr durchdringenden Strahlung, deren Quellen vielleicht in den höchsten Schichten der Atmosphäre, vielleicht im Weltraum sitzen und über deren Natur sich bisher nur aussagen läßt, daß sie sicher erheblich durchdringender (härter) ist als alle bisher bekannten Strahlungen, etwa 5—7 mal härter z. B. als die härteste bekannte Strahlung radioaktiver Substanzen; kosmologische Betrachtungen scheinen dieser Strahlung eine besondere Wichtigkeit zuzuordnen. Die Natur des zweiten der genannten Probleme läßt sich schematisch übersehen, wenn man einen zunächst hypothetischen „Kompensationsstrom“ heranzieht, der dauernd der Erde negative Ladung zuführt oder positive von ihr wegführt. Die eingehendere

Diskussion ergibt, daß es 29 Möglichkeiten für diesen Kompensationsstrom gibt, daß aber physikalisch nur drei von diesen annehmbar sind. Aber auch diese drei genügen bei quantitativer Betrachtung der Sachlage nicht zur Deutung der Beobachtungen, sodaß vorläufig nichts anderes übrig bleibt, als auf neue Beobachtungen oder auf den erlösenden neuen Gedanken zu warten.

Hierauf ergriff Herr Prof. Klinghardt das Wort zu seinen Ausführungen über Riffkorallen und das Aussterben von Meerestieren, dem wir folgendes entnehmen: Die Korallen oder Anthozoen sind meist kleine Polypen mit einem von Tentakeln umstellten Mund-Schlundrohr und einer Leibeshöhle, die in radiäre Kammern verläuft. Das Skelett ist sehr mannigfaltig gestaltet. — Im Hinblick auf den zweiten Teil des Vortrages, der das Aussterben von Meerestieren behandelt, wurde besonders die Abhängigkeit der Korallentiere von äußeren Bedingungen, ihre biologische Einstellung behandelt. — Die Riffkorallen können nur im Meerwasser gedeihen, dessen Temperatur nicht unter 20 Grad C. sinkt, auch gehen sie, von verschiedenen Ausnahmen abgesehen, nicht unter 40 Meter tief hinab. Die großen Meeresströmungen sind ebenso wie die Gezeitenströmung von eminenter Bedeutung für das Korallenleben. Die erstaunliche Tatsache, daß Riffkorallen sowohl der Westküste Afrikas wie derjenigen Süd-Amerikas fehlen, erklärt sich, abgesehen von untergeordneten Faktoren, vor allem durch kühle Meeresströmungen, die auch immer arm an planktonischer Nahrung für die gefräßigen Anthozoen ist. Die Versteinerungskunde lehrt nun, daß an der Kreide-Tertiärgrenze die Riffkorallen, die in Mitteleuropa noch weit verbreitet waren, stark nach Süden zurückweichen. Die Gründe sind die im nächsten Abschnitt zu besprechenden gewaltigen geologischen Umwälzungen, die sich in der ausklingenden Kreidezeit vollzogen.

Betrachten wir jetzt eine ausgestorbene Gruppe von Riffbildnern. Zu den wichtigsten gehören die Rudisten, es

sind dies ausgestorbene Muscheln, die festgewachsen waren und bis 1 Meter Höhe erreichten. Noch in der oberen Kreide bildeten sie einen mehr oder weniger geschlossenen Ring um die Erde. Um so merkwürdiger ist es, daß die Muscheln an der Kreide-Tertiärgrenze völlig aussterben. Bisher haben sich fast nur französische Forscher mit dieser Tiergruppe beschäftigt, da sich in Südfrankreich Riffe von sehr bedeutender Ausdehnung befinden. Erst später wurde das Auftreten von Rudisten auch aus anderen südlichen Ländern bekannt. Die französischen Spezialisten schneiden in der Regel das Problem des Aussterbens dieser Tiergruppe überhaupt nicht an, oder schreiben wie Deperet, sie seien aus „Senilität“ ausgestorben. Dies ist keine Erklärung, nicht einmal eine Umschreibung, da an Stelle des Unbegreiflichen noch etwas viel Unbegreiflicheres gesetzt wird. Um die Frage des Aussterbens der Rudisten zu lösen, wurde ihre Abhängigkeit von äußeren Verhältnissen untersucht. Sie sind an warmes Meerwasser, Küstennähe, mehr oder weniger kalkhaltige Absätze der Ozeane usw. gebunden. Zum Teil waren sie in extremer Weise bestimmten Strömungen angepaßt. Es läßt sich nun sagen, daß diese biologisch einseitig eingestellten Formen schon bei den geringsten Veränderungen der Umwelt aussterben. Alle Rudisten erlöschen aber an der Kreide-Tertiärgrenze und hier läßt sich an der Hand von Schichtfolgen aus den verschiedensten Teilen der Erde zeigen, daß sich zu dieser Zeit die Absätze oder Sedimente der Weltmeere einschneidend änderten. Der geologische Grund für diese Veränderung ist die bereits in der oberen Kreide mächtig einsetzende Gebirgsbildung, die im mittleren Tertiär den Höhepunkt erreicht. Durch diese Erdbewegungen verschoben sich die Küstenlinien, Mündungen der Flüsse und damit der Salzgehalt, die Meerestiefen, Sedimente usw. Diese einschneidenden Umänderungen konnte eine so fein eingestellte Gruppe wie die Rudisten nicht vertragen. Die Riffkorallen konnten weiter bestehen, da sie im Gegensatz zu den Rudisten außer der geschlechtlichen Vermehrung noch eine Fortpflanzung durch Knos-

pung und Teilung hatten. Der Vortragende versuchte, das Problem des Aussterbens auch für andere Tiergruppen zu lösen. Für die Meerestiere läßt sich zeigen, daß sie regelmäßig dann aussterben, wenn sich die Lebensbedingungen ändern. In einer Anzahl von Fällen leben Tiere noch heutigen Tages in den australischen Gewässern fort, die in allen anderen Teilen der Erde in der oberen Kreide, deren Bildung ungefähr 50 Millionen Jahre zurückliegt, aussterben. Wenn es ein Erlöschen aus Senilität, also aus inneren Gründen gäbe, müßte doch der geheimnisvolle und unerklärliche Arttot überall gleichzeitig aufgetreten sein. Die Tatsache, daß an der Kreide-Tertiärgrenze Tiergruppen erlöschen, die gar keine Ähnlichkeit miteinander haben, wie gewisse Einzellige, fast alle Kalkschwämme, das Gros der Brachiopoden, die von Pol zu Pol verbreiteten Ammoniten, die Belemnitentiere, die Land- und Meer-Saurier, läßt sich in keiner Weise mit der Vorstellung des Alterns eines Tierstammes vereinigen. Nach Ansicht des Vortragenden ist es immer äußere Gewalt, die blühende Tiergruppen vernichtet, und zuerst sterben regelmäßig die biologisch einseitig angepaßten Tiergruppen aus.

Sitzung vom 21. Januar 1923.

In der Januarsitzung sprach Herr Prof. Braun über einen neuen Fund von Gëschiebemergel über Sanden bei Torneå. Auf eine Wiedergabe des Inhalts wird an dieser Stelle verzichtet, weil das Selbstreferat des Vortragenden als „wissenschaftliche Mitteilung“ auf S. 1 bis 4 dieses Heftes zu finden ist.

Hierauf ergriff Herr Dr. Wrede das Wort zu folgenden Ausführungen über Versuche zur Lösung des „Physiologischen Problems“. Die Physiologie ist die Wissenschaft von den Lebenserscheinungen der Organismen. Es ist durchaus nicht einfach, die für das Wesen des Lebendigen charakteristischen Symptome zu erfassen. Bewegung, Reizbarkeit, Gleichheit im chemischen Aufbau, Stoffwech-

sel, Erhaltung der Form, Vermehrung der morphologischen Individualität usw. lassen sich bei sicher unbelebter Materie ohne Schwierigkeiten nachahmen. (Demonstration an einer unterkühlten Salzlösung). Es muß versucht werden, eine charakteristische und notwendige Funktion des Lebewesens möglichst rein darzustellen und diese Funktion auf physikalische und chemische Grundgesetze zu reduzieren. Ist so das große „Gebäude“ des Lebens ohne alles Beiwerk isoliert, dann soll es in solche Bausteine zerlegt werden, deren Dimension uns gestattet, sie leicht zu handhaben. Aus ihnen muß das Bauwerk wieder in der alten Form aufgerichtet werden. — Mit dieser Synthese des Lebens, d. h. mit seiner künstlichen Bereitung dürfte das Hauptproblem der Physiologie geklärt sein.

Es werden nun die Versuche zur künstlichen Darstellung von Leben, die im Laufe der Zeiten gemacht wurden, in großen Zügen geschildert. Altertum und Mittelalter können schnell abgetan werden: hier war das Problem nicht vorhanden, da von naturwissenschaftlichen Autoritäten die Urzeugung, die *generatio aequivoca*, als zu Recht bestehend anerkannt war. Würmer und Ungeziefer sollten sich ohne Schwierigkeit aus „totem Schmutz“ von selbst bilden. Im Mittelalter wurde zwar experimentiert, aber ohne Kritik. Die Alchemisten wollten den Stein der Weisen bereiten, mit dem Tote aufweckbar sein sollten. Ohne daß sie sich darüber klar waren, war ihr Glaube an die Autoritäten des Altertums schon etwas erschüttert. Das 18. Jahrhundert brachte Kritik und Experiment auf wissenschaftlicher Basis. Die eigenartige Reizwirkung der Elektrizität, die vorerst nur als „Reibungselektrizität“ bekannt war, verlockte zu der Annahme, sie für einen Teil der Lebensfunktionen verantwortlich zu machen. Diese Vermutung wurde durch eine Entdeckung Galvanis (1790) bestärkt. Er fand, daß ein abgelöster Froschenkel bei der Berührung von zwei in Verbindung stehenden Stücken verschiedener Metalle zusammenzuckt, eine Bewegung ausführt, wie wir sie sonst nur beim lebenden, intakten Tier kennen. Diese Entdeckung bildete

die Grundlage zur Entwicklung der Elektrophysiologie (Biophysik) ebenso wie zu der der Elektrizitätslehre in der Physik. Die Hoffnung, daß sich das Zentralorgan des Lebens, das Gehirn und Rückenmark, in seiner primitivsten Form vielleicht durch eine Anzahl elektrischer Stromquellen, ersetzen ließe, mußte bald aufgegeben werden, da die Kontraktion eines „überlebenden“ Muskels auch auf andere Art als durch elektrischen Reiz ausgelöst werden konnte, etwa durch einen Scherenschnitt oder Quetschung des Nerven. Es konnte aber gezeigt werden, daß bei jeder Nerv- oder Muskeleregung, sowie auch beim Absterben eines Organs ein elektrisches Potential sich ausbildet und ausgleicht: Aktionsstrom und Demarkationsstrom. Dies wird in mehreren Versuchen demonstriert. — Während die physikalische Physiologie in Blüte stand (Volta, Du Bois-Reymond, Helmholtz, Pflüger) wurde auch von den Chemikern versucht, das Rätsel zu lösen. Als charakteristisch für den lebenden Organismus hatte man die Eigenschaft zu erkennen geglaubt, „organische“ Materie aus totem unorganischen Material zu bilden. Diese organischen Verbindungen (Zucker, Eiweiß, Fett usw.) zeichnen sich durch einen Gehalt an Kohlenstoff aus. 1828 glückte es nun Wöhler, eine organische Verbindung, den Harnstoff, aus anorganischem Material im Reagenzglas darzustellen. Bald wurde eine große Anzahl weiterer kohlenstoffhaltiger Substanzen synthetisiert, auch solche, die sich garnicht im Tier- oder Pflanzenkörper finden. Der Begriff „organische Verbindung“ wurde seitdem für alle kohlenstoffhaltigen Verbindungen angenommen, ohne Rücksicht auf ihr Entstehen und ihr Vorkommen in der Natur. Mit dieser Synthese war aber durchaus noch keine lebendige Materie künstlich gebildet. — Eine Gruppe der organischen Verbindungen war noch für lange Zeit ganz in Dunkel gehüllt. Das waren die Eiweißstoffe, die sich in jeder lebenden Zelle finden und deshalb als notwendiges Substrat des Lebens, ja vielleicht sogar als verkörpertes Leben angesehen werden mußten. Emil Fischer, Albrecht Kossel und Emil Abderhalben gelang es, Eiweißstoffe in einzelne bekannte

Teile zu zerlegen und zu zeigen, wie diese „Aminosäuren“ im Eiweißmolekül miteinander verbunden sind. Auch gelang es, soviele dieser Bausteine aneinander zu ketten, daß Stoffe entstanden, die den gewöhnlichen Eiweißarten ähnlich sind. Die geradezu unendliche Mannigfaltigkeit zur Kombinationsmöglichkeit der Aminosäuren erklärt, daß unzählige Eiweißarten bestehen können, deren Verschiedenheit vielleicht die Verschiedenheit der Arten, ja sogar der Individuen bei den Lebewesen bedingen könnten. „Lebendiges“ Eiweiß konnte aber nicht erzeugt werden. — Eine andere Klasse von eigentümlichen und geheimnisvollen Stoffen, die sich immer da zeigen, wo Leben ist, kennen wir in den Fermenten oder Enzymen. Die älteren Versuche, sie rein zu gewinnen und sie chemisch zu identifizieren, waren ohne Erfolg. Ganz neuerdings ist es Willstätter gelungen, sehr wirksame Fermente — ihre Wirkung besteht darin, daß sie chemische Reaktionen auslösen, ohne selbst verbraucht zu werden — zu gewinnen, die jedenfalls keine Verunreinigungen durch Eiweiß oder Zuckerarten mehr zeigten. Diese Arbeiten sind aber noch durchaus im Fluß.

Neben diesen beiden Hauptrichtungen der Physiologie, die also einmal auf physikalische, das andere Mal aber auf chemische Methoden sich stützen, ist neuerdings eine weitere in den Vordergrund getreten, die gewissermaßen eine Verbindung beider ist. Es ist dies die Physiologie auf physikalisch-chemischer Basis (Colloid-Chemie usw.) Über ihren Wert für die Entwicklung der Physiologie zu urteilen, ist wohl noch zu früh.

Sitzung vom 22. Februar 1923.

In der Februarsitzung sprach zuerst Herr Prof. G. W. Müller über „Selektion und Spezialisierung“. Seinem Vortrag sei in Kürze folgendes entnommen: Während im allgemeinen eine weitgehende Spezialisierung ein Vorteil für den Organismus, also durch Selektion zu erklären ist, gilt das für die Spezialisierung in der Nahrung nicht. Eine

Schmetterlingsraupe, die sehr verschiedene Arten von Pflanzen frißt (Bär), ist einer anderen gegenüber, die nur eine oder wenige Arten frißt (kleiner Fuchs), im Vorteil. Die Trichine mit ziemlich zahlreichen Wirten ist *Taenia saginata* mit nur einem Wirt gegenüber im Vorteil. Trotzdem finden wir, besonders bei den Parasiten (Würmern und Insekten) und bei den pflanzenfressenden Tieren, besonders Insekten, sehr verbreitet eine weitgehende Beschränkung auf eine oder einige wenige Arten. Diese Spezialisierung ist keine Anpassung des Parasiten, der sich sozusagen freiwillig auf wenige Formen der Ernährung beschränkt, sondern des Wirtes oder der Futterpflanze, die durch Selektion Schutzmittel erwirbt, die sie gegen Angriffe anderer Parasiten schützt. Durch diese Schutzmittel wird der Feind gezwungen, sich auf wenige Formen zu beschränken, deren Schutzmittel für ihn unwirksam sind. Nicht der Parasit oder der Pflanzenfresser ist angepaßt, vielmehr der Wirt oder die Pflanze.

Hierauf sprach Herr Prof. Schulz über das „Biologische Grundgesetz“ in einem interessanten Vortrag, der folgende Gedanken zum Ausdruck brachte: Der im Jahre 1900 verstorbene Greifswalder Psychiater Rudolf Arndt hat das biologische Grundgesetz zuerst im Jahre 1885 ausgesprochen und besonders in seinen „Biologischen Studien“ weiter ausgeführt. Das Gesetz behandelt den Einfluß, den Reize der verschiedensten Art auf irgendwelche Lebensvorgänge ausüben. Je nach der Intensität des einzelnen Reizes wird die Lebenstätigkeit einzelner Zellen ebensowohl wie zusammengesetzter Organismen entweder deutlich gefördert oder im Gegenteil, gegebenenfalls, bis zur Vernichtung herabgesetzt. Der Vortragende hatte es sich zur Aufgabe gemacht, das Biologische Grundgesetz auf seine Berechtigung hin experimentell nachzuprüfen. Es ist ihm gelungen, sowohl für die Hefezelle wie für die Farbenempfindung des menschlichen Auges die Richtigkeit des Arndtschen Gesetzes darzutun. Das von Arndt ausgesprochene Gesetz ist erst in jüngster

Zeit zur Anerkennung gelangt. Man hatte es einfach totgeschwiegen, und es hat ungefähr 30 Jahre gekostet, bis man sich eingehender mit ihm beschäftigt hat. Inzwischen sind aber von den verschiedensten Seiten her sozusagen unbewußt eine große Zahl von experimentellen Beweisen für die Existenzberechtigung des Arndt'schen Gesetzes beigebracht worden. Der Vortragende gab eine zusammengefaßte Übersicht über die zahlreichen Arbeiten, die auf den verschiedensten Gebieten den fundamentalen Einfluß der Intensität des einzelnen Reizes auf das von ihm getroffene Organ oder den Organismus deutlich dargetan haben. Er zeigt sich ebenso in den Wachstumsverhältnissen der Bakterien wie der höher entwickelten Pflanzen und weiter in den Lebenserscheinungen der Tierwelt wie auch des Menschen. Überall ergibt sich die Richtigkeit und damit auch die Bedeutung des Arndt'schen Gesetzes für die Erkennung und richtige Deutung der einzelnen Lebensvorgänge. Auf die Bedeutung des Arndt'schen Gesetzes für die Medizin ist von dem Vortragenden im Verlaufe der Zeit, während er dasselbe experimentell zu stützen bestrebt gewesen ist, wiederholt hingewiesen worden. Erst in den letztvergangenen Jahren hat man Veranlassung genommen, angeregt durch das Vorgehen des ehemals Greifswalder, jetzt Berliner Chirurgen August Bier, dem Arndt'schen Gesetze auch auf diesem Gebiete näherzutreten und die ihm gebührende Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Sitzung vom 31. Mai 1923.

„Die Zeit in der Geschichte der Erde und des Menschen“ lautete das Thema des Vortrages, durch den Herr Prof. Jaekel die Hörer den ganzen Abend zu fesseln wußte.

Zwei Ergebnisse neuer Forschungen sind für dieses Problem maßgebend geworden, erstens die Bleianalyse der Radium-Emanation, zweitens der Reichtum der kambrischen Faunen, die Charles Walcott in Kanada entdeckt hat.

Seitdem Buffon das Alter der Erde auf 74 000 Jahre berechnete, haben sich die Vorstellungen geologischer Zeit-

räume dauernd gestreckt. Die Geologen fanden sich dabei im Widerspruch mit denjenigen Physikern, die nur wenige Millionen Jahre für die Erdgeschichte bewilligen wollten, aber in unserer Zeit haben gerade die Physiker mit ihren Radiumforschungen unsere kühnsten Erwartungen übertraffen.

Diese Rechnungen beruhen bekanntlich darauf, daß das Uran und alle diese radioaktiven Elemente einen ganz bestimmten Bruchteil ihrer jeweils vorhandenen Masse in der Form von Helium-Atomen abstoßen, und daß durch die Verringerung des Atomgewichtes des Urans dann als Endprodukt der Uran-Zerfallsreihe schließlich ein bleiartiges Element entsteht, das wir praktisch als Blei ansehen können. Wegen der Zerfallkonstante, die für jedes Element und jede Strahlung besondere, aber feste Werte ergibt (in den Rechnungen als „Halbwertzeiten“ eingestellt), läßt sich aus der relativen Menge Blei neben einem Uran-Partikelchen berechnen, wieviel Zeit zu seinem Umbildungsprozeß nötig war, wie lange also das betreffende Partikelchen in seinem Gestein gelegen hat. Damit ist das Alter des betreffenden Gesteins — es handelte sich dabei um erstarrte Massengesteine — und damit auch das der Schicht geklärt, in die das betreffende Eruptivgestein eingelagert ist. Hierin aber liegt zugleich das Moment der Unsicherheit, da wir nur selten das geologische Alter eines Eruptivgesteines ganz genau bestimmen können. Die Umbildung des Urans in Heliumgas ergab schon beträchtliche Zeiträume, obwohl diese offenbar nur untere Wertgrenzen bedeuteten. Diese Heliumwerte wurden aber weit überboten durch die Bleianalysen, die besonders durch Holmes und Lawson gefördert wurden. Diese waren zuverlässiger, da das Blei als träger Stoff ein Endprodukt ist, das keine nennenswerten weiteren Verluste erfährt, während bei dem Heliumgas mit nachträglichen Diffusionen zu rechnen war, und die jeweils vorhandenen relativen Mengen des Gases zu den sie erzeugenden Uran-Partikelchen also in keinem genetisch klaren Verhältnis standen. Die nunmehr zuverlässigen Zeitwerte der Bleianalysen sind

1917 von W. Lawson zusammengestellt und ergaben namentlich eine Altersbestimmung eines Uraninit von Glastonburry U. S., dessen geologisches Alter zwischen dem Unterkarbon und der Trias auf 320 Millionen Jahre, während eine ältere Berechnung dieses karbonischen Gesteins auf Grund der Heliummethode nur 137 Mill. ergab. Ein vermutlich silurischer Thorianit ergab nach jener Helium-Methode schon 243 Mill. Jahre. Ein wahrscheinlich mittelkambrischer Granit von Mozambique ergab nun aber 1000 Millionen Jahre. Besonders zahlreich sind die Untersuchungen präkambrischer Mineralien, die nach der Blei-Methode 1100 bis 2000 Millionen Jahre ergaben.

Wir können uns als Geologen nicht verhehlen, daß auch diese Bleiberechnungen noch mancherlei Unstimmigkeiten enthalten, aber deren Ursache liegt jedenfalls teilweise in der Unsicherheit der geologischen Altersbestimmung der untersuchten Gesteine. Ich will an anderer Stelle näher darauf eingehen, hier soll uns noch die Gesamtdauer der geologischen Formationen beschäftigen. Für diese aber kommt nun auch der paläontologisch kontrollierbare Teil der organischen Entwicklung also die Zeit seit dem Anfang des Kambrium in Betracht.

Auch diese untere Grenze der paläontologischen Überlieferung ist geologisch nicht genau klarzustellen. Die älteste Fauna, die wir einigermaßen beurteilen können, ist die des mittleren Kambrium, die des unteren zeigt uns bisher nur vereinzelt ähnliche Typen, wie sie uns im mittleren entgegnetreten namentlich unter den höchst entwickelten Trilobiten, auf die besonderer Wert gelegt wurde. Aus dem Kambrium liegen einige Bleirechnungen mit 640—1000 Millionen Jahren vor. Aus dem Präkambrium solche von 1100, 1200, 1300, 2000. Für diese gilt in noch viel höherem Maße die Unsicherheit relativer Schichtbestimmung. Wir können also nur approximative Werte für das absolute Alter der ältesten erhaltenen Organismen feststellen und können wohl diese untere Grenze des Kambriums etwa mit 1000 Millionen Jahren annehmen.

Diese Milliarde, die wir damit für den geologisch kontrollierbaren Zeitraum der organischen Entwicklung in Ansatz bringen, ist gewiß ein stattlicher Betrag, aber er kann nur ein minimaler Teil der gesamten Schichtbildungen und damit zugleich der Geschichte des organischen Lebens sein, das an den flüssigen Zustand des Wassers und damit auch an die Schichtbildung gebunden war. Für die zeitliche Beurteilung des organischen Lebens ist maßgebend dessen Stand an der unteren Grenze des Kambriums. In dieser Hinsicht haben die neuesten Forschungen von Walcott unsern Blick wesentlich vertieft. Während wir bisher nur Triboliten aus diesen Schichten als einzige höher organisierte Tiere kannten, lehrte uns Walcott nun eine Fülle hochspezialisierter Tierformen verschiedenster Klassen und Ordnungen namentlich von Arthropoden kennen, die in der Stufenleiter der Tiere eine sehr hohe Stellung einnehmen. Wenn wir uns jetzt die Fauna dieses einzigen Bezirks des Mt. Stephen in Kanada in ihrer Gesamtheit vorstellen, wird sie kaum wesentlich primitiver erscheinen als eine heutige marine Bodenfauna. Das einzige, was sie nach unserer Kenntnis von den lebenden unterscheidet, ist der Mangel an Wirbeltieren oder, wie wir zutreffender sagen sollten, skelettragender Wirbeltiere. Denn daß die Vorfahren der Wirbeltiere auch damals schon existierten, ist sehr wohl möglich und sogar sehr wahrscheinlich.

Nun ist die Frage, wie lang der Weg war, der von den einfachsten Formen organischen Lebens bis zu jener Höhe kambrischer Tierformen führte, und in welchem Verhältnis dazu die Wegstrecke steht, die von jenen kambrischen Typen bis zu ihren lebenden Verwandten führte. Nehmen wir zum Ausgangspunkt auch nur die gegenwärtig niedrigsten Typen von Organismen, so kann kein Zweifel bestehen, daß von solchen, wie etwa Bakterien oder selbst schon Amöben der Weg bis zu kambrischen Arthropoden fast unmeßbar sein muß. Wir wollen keineswegs in den einstigen Irrtum verfallen, daß die Klassen und Ordnungen des Systems eine einfache Stufenfolge

bilden, derart, daß jeder höhere Typus die niederen als Phasen durchlaufen habe. Wohl aber müssen wir uns klar machen, daß jedes Organ eines höheren Typus erst mit unzähligen Schritten seine Differenzierung erreichen konnte, und daß dieser Weg in der Regel viele Umwege einschloß, die wir auch zeitlich in Rechnung stellen müssen. Wir Paläontologen beurteilen die Organismen nur nach ihren Skelettbildungen, diese aber bedeuten, wie ich öfters betont habe, nur den Abschluß der organischen Differenzierung. Erst wenn diese in ihren wesentlichen Zügen gefestigt war, setzte die Ausprägung fester Stützgewebe ein. Bis das Gehirn, die Gliedmaßen oder Sekretionsorgane sich aus dem einfachsten Protoplasma oder gar dessen einstigen Vorstufen sich auch nur als einfachste Organe herausgebildet hatten, muß unendlich viel mehr Zeit vergangen sein, als z. B. zu den Fortschritten in der Differenzierung der Gliedmaßen, die wir etwa zwischen kambrischen Crustaceen und ihren lebenden Verwandten beobachten.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß dieser letzte Fortschritt als Wegeinheit genommen, viel weniger als $\frac{1}{100}$ des Gesamtweges der organischen Entwicklung sein muß. Gerade für die ersten Stadien der Entwicklung müssen wir sehr lange Zeiträume annehmen, denn die Biologisierung der Atome, die Komplikation der scheinbar einfachsten und unauffälligsten Träger der Lebensvorgänge im Organismus bilden die großen Phasen der Entwicklung — nicht die letzten kleinen Schritte, die wir noch an fossilen und rezenten Formen verfolgen können.

Ich glaube also, daß wir vom biologischen Standpunkt aus nicht zu hoch greifen, wenn wir den Weg der organischen Entwicklung bis zum untersten Kambrium für 500 bis 1000 mal größer halten, als die letzte Wegstrecke der Veränderungen, die seit dem Kambrium verstrich.

Das bedeutet aber, daß die Milliarde Jahre, die seit dem unteren Kambrium vergangen sein mag, mit 500 bis 1000 zu multiplizieren ist, wenn wir den ganzen Ablauf

der organischen Entwicklung und damit geologischer Schichtbildung zeitlich berechnen wollen.

Früher nahmen wir wohl allgemein an, daß die Temperatur an der Erdoberfläche zur Zeit des Kambriums noch wesentlich höher war als gegenwärtig, aber dieser Annahme widersprechen zahlreiche Erfahrungen und Erwägungen. Weder die Fauna noch die Flora des Kambriums läßt sich dafür ins Feld führen, und die kambrischen Eiszeiten in Australien und China deuten auf dieselben Verhältnisse hin, wie wir sie heute haben. Ja, die Physiker möchten uns am liebsten herausrechnen, daß der Zerfall der radioaktiven Elemente eine Steigerung der Erdwärme herbeiführen müsse. Nicht nur die verschiedenen Temperaturzustände der Sterne, sondern auch viele Verhältnisse in unserer Erde sprechen aber deutlich dafür, daß doch eine Abkühlung der Erdoberfläche eintrat, und so werden wir zwar eine solche annehmen müssen, aber ihr nun ein unfaßbar langsames Tempo zuschreiben dürfen.

Da nun das organische Leben höchst wahrscheinlich bald begann, nachdem die Temperatur an der Erdoberfläche dauernd unter 100° C. blieb, so würde uns bis zur Gegenwart nahezu eine Abkühlungsphase um etwa 90° C. für die Entwicklung des ganzen organischen Lebens zur Verfügung stehen.

Auch unsere Vorstellungen über das Tempo der organischen Umbildung haben mancherlei Wandlungen erfahren. Ch. Darwin rechnete bei seiner natürlichen Selektion mit Zehntausenden von Generationen zwischen meßbaren Beträgen in der Umbildung der Arten. Als ich 1901 auf Grund der plötzlichen Umbildung zahlreicher Crinoideentypen und zugleich 1901 de Vries auf Grund seiner „Mutationen“ von *Oenothera* sprungweise Umbildungsprozesse in die Entwicklungslehre einführten, konnte man neben langsamen auch schnelle Änderungen annehmen. Ich möchte indessen hierzu betonen, daß auch bei solchen sprungweisen Änderungen (Metakinesen) nicht plötzlich etwas total Neues entsteht, sondern daß dabei nur

lange vorbereitete Bildungen Raum und Gestalt gewinnen. Damit soll aber natürlich nicht geleugnet werden, daß die Umbildung der einzelnen Formenreihen in ganz verschiedenem Tempo erfolgt, daß neben scheinbar persistenten Typen wie *Lingula*, *Dipnoern*, *Skorpionen* andere unverhältnismäßig schnelle Fortschritte verzeichnen lassen. Gerade persistente Typen wie *Lingula* lassen aber auch ungeheure Zeiträume ihrer Vorentwicklung voraussetzen.

Alles in Allem dürfen wir also annehmen, daß die organische Entwicklung und die Schichtbildung, die wir seit dem Kambrium verfolgen können, und die etwa 1000 Millionen Jahre umfaßt, nur die allerletzte Phase der gesamten organischen Entwicklung und damit der ganzen „historischen“ Geologie auf unserer Erde bedeuten, und daß deren Zeitdauer höchst wahrscheinlich mit Hunderten von Milliarden Jahren nicht zu hoch geschätzt sein würde.

Sitzung vom 4. Juli 1923.

In der Julisitzung zeigte einleitend Herr Prof. G. W. Müller lebende Exemplare des *Gordius*, männlichen und weiblichen Geschlechts, und machte Mitteilungen über einige Beobachtungen bei der Kopulation dieser merkwürdigen Tiere. Anschließend daran sprach Herr Prof. Peter über „Rassenhygiene“. Der Vortragende legte zunächst den Begriff der Rassenhygiene und ihre Stellung zur Volkshygiene fest. Volkshygiene ist die Lehre von den Bedingungen der Erhaltung von Leben und Gesundheit der jetzt lebenden Menschen, Rassenhygiene die Lehre von der Verbesserung der Eröbedingungen, der Erhaltung von Leben und Gesundheit der kommenden Geschlechter, ist also eine planmäßige Rassenverbesserung, daher auch Eugenik oder Eugenetik genannt. Beide Formen der Hygiene wirken oft sich unterstützend, arbeiten aber auch vielfach gegeneinander. Eine Rassenhygiene ist notwendig, da z. B. allein in Deutschland etwa 30 000 Geisteskranke verheiratet sind, die ihre krankhafte Erbanlage auf ihre Nachkommen übertragen können; dies sucht die Rassen-

hygiene zu verhindern. Notwendig ist dazu erst eine eingehende Kenntnis der Vererbungsregeln und des Erbganges der guten und der krankhaften Eigenschaften. Die Rassenhygiene kann auf doppelte Weise wirken: eliminatorisch und elektiv. Die eliminatorische, negative Rassenhygiene sucht die Fortpflanzung der kranken Individuen zu verhindern durch Sterilisierung oder Eheverbote, wie dies in vielen amerikanischen Staaten bereits gehandhabt wird. Die elektive dagegen sucht die nützlichen Klassen eines Gemeinwesens zu veranlassen, durch eine möglichst große Zahl von Nachkommen ihre Eigenschaften auf die Nachwelt zu übertragen. Eine rassenhygienische Geburtenpolitik, die durch betreffende Besoldungs-, Steuer-, Erbschafts- und Siedlungsgesetze unterstützt wird, ist der Kardinalpunkt der Eugenik. Doch bedarf es noch einer ausgedehnten Belehrung des Volkes durch Lehr- und Forschungsinstitute. — Schließlich trug noch Herr Dr. Th a e r „Über Korrelation“ vor, d. h. über die zahlenmäßige Erfassung gewisser Abhängigkeiten zwischen meßbaren Erscheinungen wie sie uns vor allem in der Welt des Organischen entgegentreten. Durch wesentlich an einem Beispiel ausgeführte Beobachtungen und Überlegungen wurde gezeigt, daß neben den in der Fehlertheorie üblichen Begriffen noch ein weiterer, der des von Galton eingeführten, zur Charakterisierung solcher Abhängigkeiten herangezogen werden muß und daß die so gewonnenen Bestimmungsgrößen im Falle normaler Verteilung zur Beschreibung der Korrelation auch ausreichen. —

Sitzung vom 1. August 1923.

Der heutige Abend war dem Gedächtnis zweier bedeutender Naturforscher gewidmet. Zunächst gedachte Herr Prof. Krüger Röntgens. Nach einem kurzen Überblick über das Leben Röntgens schilderte der Vortragende sein wissenschaftliches Lebenswerk. Charakteristisch für alle Arbeiten Röntgens ist die außerordentliche Sorgfalt und absolute Zu-

verlässigkeit in seinen Messungen. Röntgen war kein Forscher mit überquellender Ideenfülle, brachte aber der theoretischen Seite der Physik, wenn er sie selbst auch nicht durch eigene Produktion pflegte, tiefes Verständnis entgegen. So ist die Entdeckung des sogenannten „Röntgenstroms“, der bei der Drehung eines Dielektrikums im Felde eines Kondensators entsteht, theoretischen Überlegungen entsprungen und noch heute für die theoretische Elektrodynamik von großer Bedeutung. Im übrigen sind die meisten Arbeiten Röntgens vor seiner großen Entdeckung meistens Präzisionsmessungen im besten Sinne des Wortes. Der Vortragende ging dann näher ein auf die Geschichte und die Bedeutung der Entdeckung der Röntgenstrahlen und besprach im Anschluß daran die Voraussetzungen für solche unerwartete Entdeckungen überhaupt. Wohl war die Entdeckung der neuen Strahlen durch Röntgen, die einen neuen Aufschwung der Physik hervorrief, ein „Glück“, aber das „Glück“ einer großen naturwissenschaftlichen Entdeckung bietet sich manchem, ohne daß er es findet. Die Voraussetzung für dieses Finden ist einmal eine scharfe Beobachtungsgabe, welche die geringste Abweichung von dem Normalen sofort erkennt, dann aber eine solche absolute Zuverlässigkeit der Messung, daß eine Abweichung von dem Normalen von einem Versuchsfehler mit voller Sicherheit unterschieden wird. Beides war bei Röntgen in höchstem Maße vorhanden. Bei der Durchsuchung der Entdeckung erwies sich dann Röntgen als ein unübertrefflicher Meister der Experimentierkunst, er untersuchte die Strahlen so erschöpfend, daß über ein Jahrzehnt hin niemandem eine neue Entdeckung auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen gelang. Jede wissenschaftliche Reklame, wie wir sie heute oft in so abstoßender Form beobachten können, lag ihm völlig fern, ja er floh geradezu vor ihr. So ist er das Vorbild eines deutschen Forschers, der mit überlegenen Gaben die ethisch-wissenschaftliche Veranlagung in idealer Harmonie vereinigte.

Hieran schloß sich das Referat von Herrn Dr. Klose über Nikolaus Kopernikus.

Die Lehransichten, welche Nikolaus Kopernikus (eigentlich Kopperrnigk) auf den Universitäten kennen gelernt hatte, stützten sich durchweg auf die Epizyklen-theorie des Claudius Ptolemäus. Diese Theorie läßt sich dahin charakterisieren, daß die scheinbar regellosen Bahnformen der Himmelskörper durch Überlagerung von Kreisbewegungen entstanden gedacht werden. Ein „mittlerer“ Planet bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf einem Kreis um die Erde. Der pendelnden Bewegung des wahren um den mittleren Planeten werden wir dadurch gerecht, daß wir einen zweiten kleineren Kreis annehmen, dessen Mittelpunkt mit dem mittleren Planet zusammenfällt, auf dessen Peripherie aber der wahre Planet eine gleichförmige Bewegung ausführt. Der große Kreis wird Deferent, der kleine wird Epizykel genannt. Indem man auf die Epizyklen weitere Epizyklen aufsetzte, konnte man schließlich jede Bewegungsanomalie rechnerisch erfassen. Wenn die Ptolemäische Epizyklen-theorie nicht restlose Befriedigung auslöste, so lag dies daran, daß die Regel für die Wahl der Epizyklen nicht einheitlich sein konnten, daß man Mars, Jupiter und Saturn anders behandeln mußte als Merkur und Venus und daß man jede Verfeinerung der Methode nicht immer dann einführen konnte, sobald sich Widersprüche zwischen Beobachtung und Planetentafel gezeigt hatten.

Eine einfache Koordinatentransformation, der Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen System, erfüllte, wie Nikolaus Kopernikus zeigen konnte, mit einem Schlage diese Forderung nach Einfachheit und Einheitlichkeit der Bahnregeln.

In eigenartiger Weise wird der Einfluß der Präzession der Nachtgleichen in die Theorie eingeführt: die Erde führt drei verschiedene Kreisbewegungen aus. „Die erste ist der eigentliche Kreislauf von Tag und Nacht, der um die Erdachse von Westen nach Osten ebenso vor sich geht, wie man

bisher geglaubt hat, daß die Welt sich in entgegengesetztem Sinne bewege. Die zweite ist die jährliche Bewegung des Mittelpunktes, welche den Tierkreis um die Sonne ebenfalls von Westen nach Osten, d. h. rechtläufig, zwischen Venus und Mars durchläuft. Es folgt die dritte Bewegung der Deklination, ebenfalls im jährlichen Kreislaufe, aber rückläufig, d. h. entgegengesetzt der Bewegung des Mittelpunktes.“ Kopernikus stellt sich also vor, daß die zweite Bewegung so vor sich geht, daß die Erdachse mit der Verbindungslinie Sonne—Erde stets denselben Winkel bildet. Fehlte die dritte Bewegung ganz, so hätten wir dauernd dieselbe Jahreszeit. Die Perioden der zweiten und der dritten Bewegung sind aber nur mit einer gewissen Annäherung gleich. Daraus eben erklärt Kopernikus das Zurückweichen des Frühlingspunktes.

Wesentlich anders ist die moderne mechanische Auffassung der Bewegungsvorgänge: Infolge ihrer Rotationsbewegung (der 1. Kopernikonischen Bewegung) besitzt die Erde gewisse Kreiseigenschaften. Die Rotationsachse behält daher in erster Annäherung die einmal eingenommene Richtung dauernd bei. Erst durch mechanische Asymmetrie und durch äußere Störungen werden langperiodische Schwingungen der Erdachse um eine unveränderliche Mittellage erzeugt, die Präzessionsbewegung.

Während bei Kopernikus alle drei Bewegungsvorgänge Schwingungen von derselben Größenordnung sind, treten in der mechanischen Auffassung lediglich zwei Schwingungsvorgänge auf, überlagert von Zusatzschwingungen wesentlich kleinerer Amplitude.

Sitzung vom 31. Oktober 1923.

In der ersten Sitzung des Wintersemesters sprach vor überfülltem Hörsaal Herr Prof. B u d e r über die Bewegungsorgane der Bakterien.

Die winzigen Bakterien führen ihre Schwimmbewegungen mit Hilfe sehr feiner Fäden, sogenannter Geißeln, aus, die an bestimmten Stellen des Körpers sitzen und äußerst dünn sind (schätzungsweise ein zwanzigtausendstel bis ein fünfzigtausendstel Millimeter), so daß man sie bei der gewöhnlichen Art der Beobachtung auch mit den besten Mikroskopen nicht im Leben erkennen kann. Die Methode der Dunkelfeldbeleuchtung hat es aber ermöglicht, diese feinen Organe sogar während ihrer Tätigkeit zu studieren und die Gesetzmäßigkeit ihrer Bewegung festzustellen. Der Vortragende erläuterte als Beispiele einige besonders klare Fälle. Die Geißelschraube ist aus einer Anzahl feiner Fibrillen zusammengesetzt, die wie die Fäden eines Taus miteinander verseilt sind. Da die Schraube nicht wie bei unseren Maschinen in einem Lager läuft, sondern mit einem Ende fest an den Körper angewachsen ist, kann die Rotation nur dadurch zustande kommen, daß die einzelnen Fibrillen sich in regelmäßigem Rhythmus kontrahieren. Als mechanische Konsequenz ergibt sich außer dem Vortrieb eine Rotation des Körpers um seine Längsachse. Bei den Spirillen wird durch die Schraubengestalt des Körpers auch diese Komponente der Bewegung für den Vortrieb dienstbar gemacht. Die Rotation der Geißeln erfolgt außerordentlich schnell, 40 bis 90 Umdrehungen in der Sekunde. Das entspricht etwa der Umdrehungsgeschwindigkeit eines rasch laufenden Motors.

Nicht so präzise wie die Spirillen bewegen sich diejenigen Stäbchenbakterien, bei denen die Geißeln rings um den ganzen Körper verteilt sind. Es besteht etwa ein ähnlicher Unterschied wie zwischen der Bewegung eines Motorbootes und eines Kahns, der von zahlreichen Rudern, aber nicht immer in gleichmäßigem Rhythmus, angetrieben wird.

Mit dem Bewegungsvermögen der Bakterien ist nun auch ein Orientierungsvermögen verbunden, eine Art primitiver „Witterung“, die es bewirkt, daß sie sich z. B. um winzige „Nahrungsbröckchen“ in dichten Scharen zusammenfinden und sich ganz allgemein an Orten günstiger

Lebensbedingungen ansammeln. Im Hinblick auf die einfache Art der Fortbewegung (nur Vorwärts- und Rückwärtsschwimmen) erscheint diese Fähigkeit höchst wunderbar. Da die Zeit aber schon zu weit vorgerückt war, begnügte sich der Vortragende mit nur wenigen Andeutungen und stellte in Aussicht, auf diese interessanten Fragen bei anderer Gelegenheit ausführlicher zurückzukommen.

Anschließend sprach Herr Prof. Krüger über die Entdeckung eines neuen Elements, des Hafniums und seiner Eigenschaften durch D. Coster und G. v. Hevesy in Kopenhagen. Wenn das Periodische System der Elemente seit seiner Aufstellung durch Lothar Meyer und Mendelejeff in vielen Fällen theoretische Voraussagungen über die chemischen Eigenschaften noch unbekannter Elemente erlaubt hat, versagt es doch gegenüber der Gruppe der seltenen Erden, mit denen der Chemiker bisher wegen der geringen Differentiertheit ihres chemischen Charakters wenig anzufangen gewußt hat. Dies Problem der seltenen Erden löste sich jedoch in einfachster Weise, als die Physiker dazu übergingen, die Reihe der Elemente nach der Zahl der Elektronen, nach der sogen. Ordnungszahl, in eine gerade Linie zu ordnen. Nach der Theorie von Bohr, die sich über den Bau der Atome dem Planetensystem entlehnte Vorstellungen macht, beruht die chemische Gleichartigkeit der seltenen Erden darauf, daß die Zahl der fünf- und sechsquantigen Elektronen, d. h. in diesem Fall der äußersten, der Valenzelektronen, die den chemischen Charakter eines Elementes bedingen, bei den seltenen Erden so lange unverändert bleibt, bis in den tieferliegenden Elektronenschalen die vorläufig abgeschlossenen Gruppen von 18 Elektronen, verteilt auf drei Untergruppen, umgebaut sind in endgültig abgeschlossene Gruppen von 32 Elektronen, verteilt in 4 Untergruppen. Erst wenn dieser Umbau der inneren Schalen mit Aufnahme je eines weiteren Elektrons für jedes nächste Element des Periodischen Systems beendet ist, tritt wieder eine Änderung in der Schale der fünf- und sechsquantigen Bahnen und damit eine Änderung des chemischen Charakters ein. Die

noch unklare Zugehörigkeit des bisher unentdeckten Elementes 72 am Ende der Reihe der seltenen Erden wurde erst hierdurch klargestellt, denn die Gesetzmäßigkeiten des Atombaus, die uns die Bohr'sche Theorie erkennen gelernt hat, lassen voraussagen, daß ein Sprung in den chemischen Eigenschaften erst beim Element 72 auftreten kann und muß, daß dieses mithin nicht, wie bisher allgemein vermutet, das letzte Element der seltenen Erden sein kann, sondern in die Gruppe der Zirkonhomologen gestellt werden muß.

Damit war ein Fingerzeig für den Weg seiner Entdeckung gegeben und tatsächlich ist es Coster und Hevesy gelungen, das Element 72 nach diesem Gedankengang durch röntgenspektroskopische Untersuchungen von Zirkonpräparaten aufzufinden und aus diesen auf chemischem Wege eine Anreicherung bis zu 50 Prozent dieses vierwertigen Elements, das sie nach dem Ort ihrer Arbeitsstätte „Hafnium“ benannt haben, zu bekommen. Die Bestimmung des prozentischen Gehalts an Hafnium geschah nach physikalischen Methoden.

Diese wissenschaftliche Großtat bedeutet einen um so schöneren Sieg der Bohr'schen Theorie, als man schon früher das Element in zahlreichen Präparaten unerkant in nicht unerheblichen Mengen unter den Händen gehabt hat und tatsächlich Dauvilliers das Element 72 aus Zirkon von Urbain als die seltene Erde „Celtium“ erkannt zu haben glaubte, was hiermit als falsch nachgewiesen ist. Das neue Element Hafnium kommt auf der Erde in überraschend reichen Mengen vor: bildet es doch nicht weniger als den hunderttausendsten Teil der Erdkruste und dürfte auch technische Bedeutung gewinnen.

Sitzung vom 26. November 1923.

Im November sprach Herr Prof. Posner über „Farbenphotographie“. Ausgehend von den chemischen Grundlagen des photographischen Prozesses an Chlor- und Bromsilber besprach der Vortragende ausführlich den

Entstehungsvorgang eines Bildes im Negativ- und Positivverfahren. Zum Verständnis der Dreifarbenphotographie, deren Klarlegung den Hauptinhalt des Vortrages bildete, holte der Redner weit aus, indem er die physikalischen Vorgänge bei der spektralen Zerlegung des weißen Lichtes ab ovo erläuterte und so erreichte, daß wohl niemand aus dem zahlreichen Publikum verschiedenster Vorbildung das Auditorium ohne volles Verständnis für die dem Laien oft kompliziert erscheinenden Vorgänge der Farbenphotographie verließ. Erklärt wurden die Komplementärfarben, die mögliche Wahl dreier symmetrischer Farben, die additive und subtraktive Farbensynthese, der Dreifarbendruck — ein Beispiel der subtraktiven Farbensynthese — die Dreifarbenprojektion — ein Beispiel der additiven Farbensynthese — und viele andere Fragen theoretischer und praktischer Bedeutung mehr. Erwähnt wurden noch die Wirkungsweise von Rastern und ihre Herstellung desgl. die Verwendung von Gelatineplatten als Druckstöcke, die Sensibilisierung der Bromsilberplatten, die Färbmethoden von Lumiere, der Agfa u. a. und schließlich auch noch im Gegensatz zu diesen indirekten Methoden der Gewinnung eines farbigen Bildes die direkte Methode von Lippmann, die auf die Interferenzwirkung durch stehende Wellen ausgeschiedener Silberteilchen beruht. Alle Ausführungen des mehrstündigen klaren Vortrages waren von Lichtbildern und Demonstrationen begleitet, die wesentlich dazu beitrugen, auch den dem Stoffe fremd Gegenüberstehenden Verständnis und Anschauung in gleicher Weise zu wecken.

Sitzung vom 12. Dezember 1923.

Es wurde zunächst der geschäftliche Teil erledigt. Der Beitrag für das Wintersemester wurde auf 2 \mathcal{M} festgesetzt (Studenten 0,50 \mathcal{M}). Ferner wurde beschlossen, nach Möglichkeit einen bestimmten Wochentag für die Sitzungen festzusetzen. Der alte Vorstand wurde durch Zuruf wiedergewählt. Der Vorsitzende, Herr Prof. Krüger erteilte sodann dem Redner des Abends, Herrn Prof.

P r a u s n i t z, das Wort. Prof. P r a u s n i t z trug neue Anschauungen über Krankheit und Tod der Bakterien vor. Er erinnerte zunächst an den am 11. Dezember in Berlin gefeierten 80. Geburtstag des verstorbenen Meisters in diesem Fach, Robert Koch. Dann führte er im Lichtbilde einige der wichtigeren Erreger von Infektionskrankheiten, z. B. Milzbrand, Cholera, Tuberkelbazillen vor und wies darauf hin, daß es offenbar noch eine ganze Reihe von Lebewesen gibt, die so klein sind, daß man sie mit den besten Mikroskopen nicht sehen kann, und die daher durch bakteriendichte Filter hindurchtreten können: solche Lebewesen kann man nur daran erkennen, daß sie, dem Tierkörper einverleibt, Krankheiten erzeugen. — Neuere Untersuchungen des kanadischen Forschers D'Herelle haben gezeigt, daß auch die Bakterien selber gewissen Krankheiten zum Opfer fallen können: man sieht dann, wie die ganzen Bakterienleiber zerplatzen und sich vollständig auflösen. Das Interessanteste an der Tatsache ist, daß diese Krankheit sich auf andere Kulturen der gleichen Bakterienart beliebig oft übertragen läßt. Es handelt sich also um eine vererbare Krankheit der Bakterien. Nach der Ansicht D'Herelles ist es sehr wahrscheinlich, daß diese Krankheit durch Lebewesen hervorgerufen wird, die durch bakteriendichte Filter hindurch treten und etwa 100 Mal kleiner sind, als die Bakterien selber. Ihre Größe scheint etwa 30 Milliontel Millimeter zu betragen. In einer angeregten Diskussion wurde darauf hingewiesen, daß es sich mit unseren bisherigen Vorstellungen schwer vereinigen läßt, Lebewesen von so geringer Größe anzunehmen; die Möglichkeit, daß D'Herelles Auffassung zutreffen könnte wurde aber zugegeben.

Über einen Fund von Geschiebemergel über Sanden bei Torneå.

Eine Mitteilung von 1922 von Prof. G. Braun-Greifswald. Auch gedruckt in G. F. F. Stockholm 1923. 164 und Zeitschr. D. Geol. Ges. 76. 1924 Mon. Ber. 5/7.

Ich hatte im August 1921 Gelegenheit, das nördliche Finnland und Lappland zu bereisen. Durch Zufall fand ich bei einer Begehung der Umgebung der finnischen Grenzstadt Torneå (Tornio) eine Sandgrube, in der Geschiebemergel über fluviatilen Sanden vorkommt.

Die normale Lagerung im nördlichen Österbotten (Norrbotten) ist die, daß über dem Felsgrund die Grundmoräne der letzten Vereisung anzutreffen ist, über welcher in der Nähe der Küste die Bildungen folgen, die der Abschmelzzeit und Nacheiszeit angehören. Die höchste marine Grenze im Torne-Fluß-Tal liegt¹⁾ am Pallakavara, ungefähr 60 km landeinwärts bei 216 m, am Avasaksa²⁾ in derselben Gegend etwa 203 m. Das Mündungsgebiet des Flusses lag also jedenfalls zeitweise vollständig unter Wasser. Das Schema der Entwicklung der Sedimentation in diesem Fall gab am Beispiel des Ångermanelf in Schwedisch Norrland R. Lidén³⁾ Der Felsgrund liegt hier überall in ganz geringer Tiefe, in Haparanda tritt er an der Volksschule zu Tage⁴⁾, auf Pirkkiö (Björkö) unterhalb Torneå ist er zu finden⁵⁾, bei der

1) A. G. Högbom: Nya bidrag till kännedom om de kvarära nivå förändringarna i norra Sverige G. F. F. 26. 1904. 469.

2) V. Hackman: Om i norra Finland iakttagna senglaciala strandmärken. Fennia 14. 1897/99.

3) R. Lidén: Geokronologiska studier över det finiglaciala skedet i Ångermanland. S. G. U. Ca. 9. 1913. Taf. 3.

4) F. Svenonias: Bidrag till Norrbottens Geologi: Stockholm 1880 S. 89.

5) K. A. Fredholm in G. F. F. 13 1891 S. 444.

Stadt Torneå selbst ist der Hauptarm des Flusses in den Fels eingeschnitten⁶⁾.

Die finnische Grenzstadt Torneå liegt auf der (Insel) Svenskaari im Torne-Fluß, dessen östlicher Arm der Hauptarm ist, während der westliche (Grenz-) Arm im Laufe der Zeiten fast völlig verwuchs. Die Svenskaari ist eine relativ hohe Insel; nördlich der Stadt, die alte Kirche tragend, erhebt sich ein niedriges Plateau, Kvarnbacken genannt (Mühlenberg). Auf demselben führt, von der westlichen Seite des Kirchhofs kommend, ein Weg entlang. Gleich nördlich der Umzäunung des Kirchhofs liegt rechts d. h. östlich des Weges eine große, tiefe Sandgrube, westlich flache Grabungen und Löcher:

Der obere Teil des Kvarnbacke besteht, wie r. und l. der Straße gleichmäßig sichtbar, aus Moräne. Unter dieser Moräne liegen wohl geschichtete, augenscheinlich fluviatile Sande.

Am besten aufgeschlossen ist die Nordwand der großen Grube östlich der Straße. Das Profil ist das folgende:

1 m: ausgewaschene Moräne;
kiesig; zersetzt; braune Farbe.

1 m: frische Moräne; grau; stellenweise etwas geschichtet (gepreßt). Zahlreiche gekritzte Geschiebe aller Größen und Arten, wenn trocken noch mit dem staubigen Gesteinsmehl der Moräne umgeben.

Scharfe Diskordanz

10 m sichtbar: Sande, grau bis weißlich; feinkörnig, mitunter mehr kiesig, stellenweise tonig. Gut geschichtet, stellenweise Kreuzschichtung.

Einfallen mit einigen Grad gegen Osten, wo in den tiefsten Teilen der Grube die Lagerung horizontal wird. Steinfrei.

6). J. E. Rosberg: *Bottenvikens finska deltan* Vet. Medd. Geogr. För. i. F. II. 1895 S. 11.

Das ist der Befund. Es handelt sich nunmehr um die Deutung. Es liegen in Nordschweden bereits einige Mitteilungen über Moränenfunde auf z. T. fossilführenden Ablagerungen vor.

Bei Luleå gibt K. A. Fredholm 1885 ein Vorkommen¹⁾, das nach seinen Ausführungen mit dem eben Geschilderten von Torneå große Ähnlichkeiten zeigt. Auch dort liegt Moräne über Sanden, die allerdings nicht ganz steinfrei sind. Er erwähnt auch eine weitere Fundstelle im Torne-Elf-Tal: „bei der Umlegung eines Weges bei Ruskola, südl. der Kirche von Ober-Torneå wurde auf eine kurze Strecke „Morängrus“ durchgraben, wobei geschichtete Kieslager zum Vorschein kamen“. Die Lokalität liegt 65 km oberhalb der Stadt Torneå und die Aufschlüsse gleichen danach vollständig meinem Befund.

Diese Fredholm'sche Angabe finde ich später nicht wieder erwähnt und nicht ausgedeutet. Bekannter wurde ein Fund von H. Munthe, fossilführende Gyttja (Schlamm) bei Hernösand²⁾, den der Autor als interglazial anspricht, während N. O. Holst und andere in der Bedeutung der zeitlichen Stellung schwanken³⁾. Später wurde bei Bollnäs in Hälsingland (südl. Norrland) etwas sehr Ähnliches gefunden⁴⁾ und von B. Erikson in Analogie mit Munthe ebenfalls als Interglazial gedeutet. Soweit ich derlei Dinge beurteilen kann, ist indessen nach dem Fossilgehalt ein postglaziales Alter d. h. nach der letzten Eiszeit stehend nicht a limine abzuweisen.

1) K. A. Fredholm: Morängrus på skiktade grusaflagringar i Norrbotten. G. F. F. VII. 1884 85 S. 673.

2) H. Munthe: Om den submoräna Hernögyttjan och dess ålder G. F. F. 26 1904 317.

3) H. Munthe in G. F. F. 31. 1910 S. 585.

4) B. Erikson: En submorän fossilförande aflagring vid Bollnäs i Hälsingland. G. F. F. 34. 1912. 500.

Schließlich sind in diesem Zusammenhang die sog. Interglazialbildungen Jämtlands zu erwähnen ¹⁾. Die Beschreibung, die A. G. Högbom gibt: die Moräne in Östersund oben braunfarbig, unten blaugrau, darunter scharf abgeschnitten geschichtete Sande mit einigen Grad Neigung — gleicht fast vollkommen dem, was ich oben ausführte. Hier fanden sich aber in den Ziegelgruben der Frösö außerdem noch Tonbildungen mit Fossilien (Moosresten). Die überlagernde Moräne zeigt deutlich östlichen Habitus. Högbom stellt auch diese Ablagerung von Sanden in die Zeit vor der letzten Vereisung.

Ich glaube nun das vorhandene Material vollständig dargelegt zu haben. Die Deutung ist in allen Fällen unsicher und das Problem, ob wirklich in Skandinavien vor der letzten Vereisung das Eis so weit abgeschmolzen sei, daß hier in Norrland eine so anspruchsvolle Flora leben konnte, wie sie in den Funden zu Tage tritt, finde ich in der schwedischen Literatur nur wenig ernsthaft diskutiert.

Man wird unter diesen Umständen doch wohl die Frage vielleicht mit besserem Recht so stellen können, ob es sich nicht bei allen diesen Vorkommnissen rings um das Zentrum der letzten Vereisung um einen nochmaligen kleinen Vorstoß, entsprechend einem der Schlußstadien der Vereisung in den Alpen handeln könne. Das horizontale Ausmaß desselben wurde im Torne-Fluß-Tal nach dem Fund von Fredholm und nunmehr dem meinen mindestens 70 km erreichen.

1) A. G. Högbom: *Om interglaciala aflagringar i Jemtland.*
G. F. F. 15. 1893 28

Die Elektrizitätsversorgung der Provinz Pommern unter besonderer Berücksichtigung der vorpommerschen Landesteile durch die Ueberlandzentrale Stralsund.

Von

Direktor Dr. phil. h. c. Hartlieb, Stralsund.

A. Allgemeiner Teil.

Durch die Entwicklung der Drehstromtechnik und der Fernkraftübertragung im ersten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts war der Technik die Möglichkeit gegeben, große Landstriche mit elektrischer Energie zu versorgen.

Die Absatzmöglichkeit für elektrischen Strom war in erheblichem Umfange vorhanden, denn das Bedürfnis, die immer teurer werdende menschliche und tierische Arbeitskraft durch maschinelle zu ersetzen, war in allen Kreisen der Bevölkerung, sowohl in der Industrie als auch in der Landwirtschaft und im Handwerk, gleich groß.

In allen Teilen unseres Vaterlandes zeigte sich aus diesem Grunde ein gewisses Gründungsfieber zur Errichtung von Überlandelektrizitätswerken.

Es wurden überall kleine und größere Kraftwerke und Fernleitungsanlagen errichtet, ohne daß auf die Wirtschaftlichkeit derselben die notwendige Rücksicht genommen worden wäre. Insbesondere versuchte die Privatindustrie sich überall Konzessionen zur Errichtung und zum Betriebe von Überlandwerken zu sichern. Auch in der Provinz Pommern waren in dieser Richtung erhebliche Kräfte am Werke und es drohte eine völlige Zersplitterung der Stromversorgung.

Diese kleineren Werke waren vornehmlich auf genossenschaftlicher Grundlage aufgebaut. So versorgte die Beßwitz'er Elektrizitäts-Genossenschaft, e. G. m. b. H. zu Bartin, die ihren Strom aus dem Wasserkraftwerk Beßwitz an der Wipper bezieht, den Kreis Rummelsburg und Teile des Kreises Stolp mit elektrischer Energie. Neben ihr wirkte im Kreise Stolp die Überlandzentrale Schojow e. G. m. b. H., die hauptsächlich aus dem Wasserkraftwerk Schojow an der Lupow gespeist wird. Im Kreise Neustettin war in Lottin eine elektrische Überlandzentrale als e. G. m. b. H. gegründet, die ihren Strom hauptsächlich aus einem dort erbauten Wasserkraftwerk an der Küddow erhielt und den Kreis Neustettin und Teile des westpreußischen Kreises Schlochau versorgte. Eine weitere elektrische Überlandzentrale war in Massow im Kreise Naugard als e. G. m. b. H. gegründet. Die elektrische Energie wurde hier lediglich durch ein Dampfkraftwerk in Massow erzeugt. Ihr Absatzgebiet erstreckte sich auf Teile der Kreise Naugard und Saatzig. Im westlichen Teile der Provinz hatte die „Vorpommersche Elektrizitäts- und Mühlenwerk-Aktiengesellschaft“ in Jarmen eine Überlandzentrale mit einem Dampfkraftwerk in Jarmen in Betrieb gesetzt und von dort Teile der Kreise Demmin, Greifswald und Anklam mit elektrischen Strom versorgt.

Es war vorauszusehen, daß diese innerhalb der Grenzen der Provinz bestehenden Überlandzentralen, von denen jede naturgemäß in den benachbarten Gebieten einen möglichst großen Konsumentenkreis zu gewinnen suchen mußte, im Laufe der Zeit miteinander in scharfe Konkurrenz treten würden, was selbstredend zum Schaden der Allgemeinheit ausschlagen mußte.

In Vorpommern war dieser Wettstreit schon dadurch akut geworden, daß mehrere außerhalb Pommerns errichtete Überlandzentralen ihre Leitungen nach Pommern gelegt hatten und in Pommern Anschlußnehmer suchten. So arbeiteten im Kreise Demmin gleichzeitig drei solcher Gesellschaften.

Die Wirtschaftlichkeit der Überlandversorgung war aber nur sicherzustellen, wenn die Unternehmungen auf größtmöglicher Basis errichtet und betrieben wurden.

Die vorhandene Gefahr konnte nur dann abgewendet werden, wenn es gelang, die Elektrisierung der ganzen Provinz nach einem einheitlichen gemeinnützigem Plane durchzuführen, dem die schon bestehenden und die künftig noch zu errichtenden Überlandzentralen eingeordnet werden konnten.

Ein Plan zu einer einheitlichen Versorgung der Provinz Pommern mit elektrischer Energie war allerdings aufgetaucht, indem eine der fabrizierenden Großfirmen die Absicht zu erkennen gab, ähnlich wie in der Provinz Brandenburg auch in Pommern mit finanzieller Beteiligung der öffentlichen Verbände, insbesondere des Provinzialverbandes, ein oder mehrere große Kraftwerke zu errichten, aus denen einer Anzahl von angeschlossenen Kreisen der Strom zugeleitet werden sollte.

Dieser Plan hatte selbstredend mehr den Vorteil der Unternehmergeellschaft als den allgemeinen Nutzen zum Ziele, und, da auch noch andere schwerwiegende Bedenken gegen seine Durchführung sprachen, bot er keine erwünschte Lösung der vorliegenden Probleme.

In diesem kritischen Stadium entschloß sich der seinerzeitige Landeshauptmann der Provinz Pommern, und nachmalige Landwirtschaftsminister Exzellenz von Eisenhart-Rothe, die Elektrisierung unter Führung des Provinzialverbandes in die Wege zu leiten und hat hierdurch der Provinz unschätzbare Dienste geleistet.

Die erste Voraussetzung war die, daß die dem Provinzialverband angegliederten Kommunalverbände von der Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der Elektrisierung auf kommunaler und gemeinnütziger Grundlage überzeugt wurden und daß diese auch bereit waren, für den gedachten Zweck die notwendigen finanziellen Opfer zu bringen. Diese Opfer brauchten allerdings nicht in Form von Ge-

schenken gebracht zu werden, sondern, da durch die Elektrisierung Überschüsse erwirtschaftet werden mußten, konnte ihre finanzielle Unterstützung durch Beihilfen unter Vorbehalt der Beteiligung am Gewinne erfolgen.

Ferner mußten aber auch die Abnehmerkreise interessiert und ihre finanzielle Beteiligung an der Elektrisierung sichergestellt werden.

Nach eingehenden Überlegungen wurde der Weg als der richtigste erkannt, daß der Provinzialverband, die beteiligten Kommunalverbände und die Abnehmer je ein Drittel der Kosten für die Durchführung der Elektrisierung aufbringen sollten.

Nachdem die diesbezüglichen Vorarbeiten ein entsprechendes Ergebnis gebracht hatten, faßte der Provinziallandtag am 17. März 1910 auf die Vorlage des Landeshauptmanns folgenden Beschluß:

- A. Der Provinziallandtag genehmigt die Beteiligung des Provinzialverbandes bei der Gründung und Erweiterung von elektrischen Überlandzentralen und bei dem Ausbau von Verteilungsnetzen mit höchstens einem Drittel der Baukosten, wenn sich die interessierten engeren Kommunalverbände zusammen mindestens in gleicher Höhe beteiligen.
- B. Im Falle der Beteiligung muß dem Provinzialverbande ein ausreichender Einfluß auf den Bau und den Betrieb der Zentralen, sowie ein seiner Beteiligung entsprechender Anteil an dem Reingewinn gesichert werden.
- C. Zur Beschaffung der erforderlichen Mittel ist eine Anleihe von vier Millionen Mark aufzunehmen.
- D. Der Provinzialausschuß wird ermächtigt, unter vorstehenden Bedingungen nach seinem Ermessen die Beteiligung der Provinz an der Gründung elektrischer Überlandzentralen zu bewirken, sowie den Zeitpunkt und die Bedingungen für die Aufnahme der Anleihe festzusetzen.

E Es ist ein besonderer Fonds für die Verwaltung der für elektrische Überlandzentralen zur Verfügung gestellten Mittel zu bilden.

Hierdurch war nunmehr die Elektrisierungsfrage gelöst, denn die Bekanntgabe dieses Landtagsbeschlusses hatte die unmittelbare Folge, daß alle noch schwebenden Projekte zur Gründung von neuen kleineren Überlandzentralen in Pommern fallengelassen wurden und auch die private Großindustrie von ihrem Vorhaben zurücktrat.

Es wurde hierbei sogleich ein einheitliches Programm für die Durchführung der Elektrisierung aufgestellt und festgesetzt, daß die Provinz zweckmäßig in 5 große Zonen einzuteilen sei, von denen jede von einer Kraftzentrale aus mit elektrischem Strom versorgt werden konnte. Jede Zone umfaßte ein Gebiet von mehreren Kreisen. Eine Abänderung des Zonenplanes konnte nur mit Genehmigung des Provinzialverbandes vorgenommen werden.

Um die ganze Elektrizitätsversorgung auf möglichst kaufmännisch-bewegliche Grundlage und nach außen hin völlig selbständig zu stellen, wurde ferner die Gründung von Aktiengesellschaften für die einzelnen Zonen beschlossen.

Im Zusammenhange hiermit erfolgte dann in kurzer Reihenfolge die Gründung folgender Gesellschaften:

1. für die Zone V o r p o m m e r n:
Die Gründung der Überlandzentrale Stralsund A.G., umfaßend die Kreise Rügen, Franzburg, Grimmen, Greifswald, Demmin, Anklam und Usedom-Wollin.
2. für die Zone S t e t t i n:
Die Gründung der Überlandzentrale Stettin A.G., für die Kreise Randow, Greifenhagen, Ückermünde und einen Teil des Kreises Pyriß, sowie den brandenburgischen Kreis Prenzlau.
3. für die Zone M a s s o w:
Die Gründung der Provinzial-Kraftwerk Massow G. m. b. H., für die Kreise Naugard, Saatzig, Dramburg, Cammin und Teile der Kreise Regenwalde und Pyriß.

4. für die Zone **Belgard**:

Die Gründung der Überlandzentrale Belgard A.G., für die Kreise Belgard, Kolberg-Körlin, Bublitz, Neustettin, Schivelbein, Greifenberg und einen Teil des Kreises Regenwalde.

5. für die Zone **Stolp**:

Die Gründung der Überlandzentrale Stolp A.G., für die Kreise Stolp, Schlawe, Lauenburg, Bütow und Rummelsburg.

Wenn auch anfänglich noch gewisse Widerstände für die Beteiligung der Kommunalverbände zu überwinden waren, so gelang es doch in verhältnismäßig kurzer Zeit die Kreistage der einzelnen Kreise zur Bewilligung der erforderlichen Mittel für den Ausbau der Werke zu gewinnen.

Die Beteiligung der Anschlußnehmer machte keine besonderen Schwierigkeiten und erfolgte nach dem Grundsatz, daß landwirtschaftliche Anschlußnehmer 2 *M* pro Morgen Acker unterm Pfluge und Städte und Gemeinden 5 *M* pro Kopf Einwohner an Aktien zu übernehmen hatten.

Das Programm für den Ausbau umfaßte folgende Arbeiten:

I. Für die Zone **Stralsund**:

Schaffung der Erzeugeranlagen für die gesamte erforderliche Kraft und zwar mußte bei der Ausdehnung des Gebietes und bei dem zu erwartenden starken Konsum die Errichtung von 2 Dampfkraftwerken ins Auge gefaßt werden, von denen das eine in Stralsund, das andere in Swinemünde stehen sollte.

Daneben war in dieser Zone das Leitungsnetz vollkommen neu auszubauen und Vorkehrungen zu treffen, daß die Netze der bereits mit Strom belieferten Gebietsteile in die allgemeine Versorgung aufgehen konnten.

II. Für die Zone **Stettin**

war die Errichtung eines Dampfkraftwerkes und der Ausbau des gesamten Leitungsnetzes durchzuführen.

III. Für die Zone M a s s o w

war der Ausbau des ganzen Leitungsnetzes im Anschluß an das vorhandene Dampfkraftwerk erforderlich und gleichzeitig wurde dort die Errichtung eines Wasserkraftwerkes an der Drage vorgesehen.

IV. Für die Zone B e l g a r d

war der Bau eines großen Dampfkraftwerkes und der Ausbau des gesamten Leitungsnetzes notwendig.

V. Für die Zone S t o l p

war der Ausbau des gesamten Leitungsnetzes im Anschluß an ein am Glambocksee zu errichtendes Wasserkraftwerk vorgesehen.

Als Oberspannung für die Speiseleitungen wurde die dortmals höchste Spannungsgrenze von 40 000 Volt gewählt, die Mittelspannungsleitungen wurden für einen Betrieb mit 15 000 Volt Spannung vorgesehen.

Die Bautätigkeit wurde an allen Stellen mit äußerster Energie aufgenommen, sodaß es möglich war, bereits im Jahre 1912 die Mehrzahl der Überlandzentralen in Betrieb zu nehmen.

Bei dem Ausbau der Überlandzentralen wurde von vornherein darauf Rücksicht genommen, daß ein Zusammenschluß benachbarter Leitungen zwecks gegenseitiger Aushilfe möglich war.

Die Anlagen der Überlandzentralen erstreckten sich bis zu den einzelnen Stromabnahmestellen und umfaßten auch die erforderlichen Transformatorstationen.

Der gesamte Aufbau wurde nach einheitlichen hierfür besonders festgesetzten Normalien erledigt.

Von den Transformatorstationen ab war die Errichtung der Verteilungsanlagen Sache der Anschlußnehmer. Diese Arbeiten wurden durch private Unternehmer

ausgeführt, die hierzu von den Überlandzentralen konzessioniert wurden. Außerdem waren bei den Überlandzentralen besondere Beratungsstellen eingerichtet und ferner wurden alle fertiggestellten Anlagen durch die Organe der Überlandzentralen einer Abnahmeprüfung unterzogen.

Während die angeschlossenen Gutsbezirke die Niederspannungsanlagen auf eigene Rechnung erstellten, übernahmen in den Städten und Gemeinden diese selbst die Errichtung der Verteilungsnetze und in den ländlichen Gemeinden wurden die Interessenten in sehr vielen Fällen zu Genossenschaften zusammengeschlossen, welche dann ihrerseits die Mittel für die Errichtung der Verteilungsnetze aufbrachten.

Nach Aufnahme des Betriebes in den einzelnen Überlandzentralen setzte eine erhebliche Zunahme der Anschlußbewegung ein. So erfreulich dies an sich war, so brachte es doch für die Gesellschaften den Zwang mit sich, schleunigst ihre Leitungen zu erweitern und die Maschinenleistung zu verstärken und zu ergänzen, um dem auftretenden Konsum gerecht zu werden.

Es mußten ferner sowohl vom Provinzialverband wie auch von den Kommunalverbänden weitere Mittel für die Vergrößerung der Anlagen bewilligt werden, die beispielsweise für die Beteiligung des Provinzialverbandes im März 1914 schon die Höhe von 13 Millionen Mark erreicht hatte.

Durch den Ausbruch des Krieges wurde selbstverständlich diese weitere Entwicklung in hohem Maße beeinflußt und zwar konnten die Wirkungen des Kriegszustandes zunächst nur ungünstige sein.

Der Bedarf an Elektrizität als Ersatz der menschlichen und tierischen Arbeitskräfte wurde aber durch die Kriegsverhältnisse und lange Dauer des Krieges ganz besonders gesteigert, und es gelang auch mit Unterstützung der militärischen Stellen fast alle notwendigen Erweiterungen der Anlagen durchzuführen, was für die Sicher-

stellung der Heeres- und Volksernährung in einer landwirtschaftlich so hoch entwickelten Provinz, wie sie Pommern darstellt, von ungemeiner Bedeutung war.

Erwähnt sei hier noch, daß besonders die Anlagen der Überlandzentrale Stralsund im erheblichen Umfange zu militärischen Zwecken im Interesse der Landesverteidigung durch Anschluß von U-Boot-Ladestationen und sonstigen Verteidigungsmitteln herangezogen wurde.

Ferner wurde zur Behebung der Kohlennot der beschleunigte Ausbau aller in der Provinz vorhandenen Wasserkräfte versucht.

Nach Beendigung des Krieges setzte zunächst wiederum ein kurzer Stillstand in der Entwicklung der Werke ein; derselbe war aber nur von kurzer Zeitdauer und machte forciert fortschreitendem Aufstieg Platz, der erst in der allerletzten Zeit durch die allgemeine Verarmung unseres Landes zum Stillstand kam.

Zum Schluß dieser allgemeinen Ausführungen sei noch hervorgehoben, daß die Bedeutung der Elektrisierung der Provinz für die Industrie, Landwirtschaft und Handwerk gleich groß war.

Dadurch, daß jedem Bewohner der Provinz zu günstigsten Bedingungen elektrische Energie an jedem Orte zur Verfügung steht, hat die frühere Wirtschaftsform eine zum Teil völlige Umgestaltung erfahren. An vielen Stellen haben sich kleine handwerksmäßige Betriebe zu Industrieunternehmungen entwickelt; die Industrie selbst hat unter Ausscheidung ihrer eigenen Kraftanlagen von dem wirtschaftlichsten elektrischen Antrieb ihrer Maschinen fast restlos Gebrauch gemacht und die Landwirtschaft hat veraltete Betriebseinrichtungen unter Benutzung menschlicher und tierischer Arbeitskräfte aufgegeben und sich völlig für elektrischen Betrieb ihrer Anlagen umgestellt.

Es sei hier noch hervorgehoben, daß insbesondere im letzten Jahre in der Herstellung von Kraftfutter auf elektrischem Wege große Fortschritte erzielt worden sind und

bereits viele Landwirte von dieser Errungenschaft Gebrauch machen.

Die Anlagen für die Verwertung der landwirtschaftlichen Produkte am Erzeugungsort haben ebenfalls einen ganz gewaltigen Umfang angenommen und sind überall neue Mühlen, Trocknungsanlagen und sonstige den Wirkungsgrad der Gesamtwirtschaft erheblich verbessernde Einrichtungen in größter Zahl geschaffen worden.

Dies hatte naturgemäß eine erhebliche Steigerung der Steuerkraft der ganzen Provinz zur Folge und ist der Zuwachs an Nationalvermögen deshalb auch ein ganz gewaltiger.

B. Technischer Teil.

1. Baustoffe.

Es sei hier zunächst die Aufgabe, die Baustoffe und Einrichtungen, die bei Errichtung der Werke zur Verwendung gelangten, näher zu schildern.

Die Dampfkraftwerke sind sämtlich mit den höchstvervollkommensten Erzeugermaschinen — nämlich den Dampfturbinen — ausgestattet.

Zur Herstellung und Lieferung derselben wurden die namhaftesten deutschen Firmen herangezogen.

Der erforderliche Dampf wird in allen Fällen mittels Hochleistungswasserröhrendampfkessel erzeugt, die mit einem Dampfdruck von 16 Atm. arbeiten.

Die Kessel und Dampfturbinen arbeiten im Zusammenhang mit wärmetechnischen Nebenanlagen, welche die bisher höchstmögliche Ausnutzung der Wärme gestatten.

Zur Erzeugung der Dampfmenge werden Steinkohlen, die oberschlesischen, westphälischen und englischen Gruben entstammen, verwendet.

Die Wasserkraftwerke sind sämtlich mit Hochdruckwasserturbinen entsprechend dem vorhandenen Gefälle ausgestattet.

Die 40 000 Volt-Speiseleitungen sind durchweg mit Kupfer von 50 und 35 qmm Stärke verlegt. Als Träger wurden fast durchweg Eisenbetonmasten von 15 m Höhe verwendet. Eisenmaste sind nur im geringeren Umfange aufgestellt worden.

Es sei hervorgehoben, daß hier zum ersten Male in der Technik von der Anwendung des Eisenbetonmastes in so erheblichem Umfange Gebrauch gemacht worden ist und besonders erwähnt, daß sich diese Maste bis heute außerordentlich gut bewährt haben.

Als Leitungsmaterial für die 15 000 Volt-Verteilungsnetze wurde zur Hälfte Kupfer und zur Hälfte Aluminium verwendet. Letzteres Material gelangte ebenfalls zum ersten Male in solch großem Umfange für Leitungszwecke zur Verwendung und hat sich bisher im Betriebe außerordentlich gut bewährt. Als Leitungsträger wurden fast durchweg Holzmaste, welche nach dem Rüppingteerölverfahren imprägniert sind, verwendet. Bei schwierigen Geländeverhältnissen gelangten auch Eisenmaste zur Aufstellung.

Sämtliche Hochspannungsleitungen, sowohl die für 40 000 Volt als auch die für 15 000 Volt Spannung sind durch Stützisolatoren getragen. Diese Isolatoren haben zu erheblichen Schwierigkeiten Veranlassung gegeben und mußten im Laufe der Zeit restlos ersetzt werden. Der Grund hierfür ist folgender:

Um eine möglichst hohe elektrische Sicherheit zu besitzen wurden diese Isolatoren je nach Höhe der Spannung aus 2 bzw. 3 Teilen zusammengesetzt. Die einzelnen Teile sind durch eingebrachten Zementkitt miteinander verbunden. Der Ausdehnungskoeffizient dieses Zementkitts ist nicht genau gleich dem des Porzellans. Dies hatte zur Folge, daß bei plötzlichen Temperaturschwankungen Spannungen in den Isolatoren auftraten, die bis zu einem Zerplatzen derselben führten. Leider hat sich diese Tatsache erst nach 8—10jähriger Betriebsdauer herausgestellt, da infolge der

Art des Einbringens dieses Kittes die endgültige Erhärtung desselben so lange Zeit erforderte.

Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen werden nunmehr in neuerer Zeit die 40 000 Volt Leitungen sämtlich auf Hängeisolatoren verlegt und bei den 15 000 Volt-Leitungen einteilige Isolatoren zur Anwendung gebracht, bei welchen sich die Verwendung von Kitt erübrigt.

Die vorher genannten Erscheinungen haben zu großen Schwierigkeiten in der Kraftübertragung auf der ganzen Welt geführt.

Die Transformatorenstationen bei den Stromabnehmern, in welchen der Strom auf eine Gebrauchsspannung von 380 Volt für Kraft und 220 Volt für Licht heruntertransformiert wird, sind sämtlich aus Steinen errichtet und enthalten die für den sicheren Betrieb der Anschlüsse erforderlichen Einrichtungen.

Die Niederspannungsanlagen sind vor dem Kriege durchweg in Kupfer- und Aluminiumleitungen errichtet worden. Während des Krieges wurden Zink und Eisen als Ersatzstoffe angewendet. Mit Ausnahme der Zinkleitungen haben sich auch hier alle verarbeiteten Baustoffe bis heute bestens bewährt.

2. Betriebsmittel.

In sämtlichen dem Provinzialverband von Pommern angegliederten Kraftwerken steht zur Zeit eine Maschinenleistung von insgesamt 104 402 Kilowatt zur Verfügung. Hiervon entfallen 95 750 Kilowatt auf Dampf- und 8 652 Kilowatt auf Wasserkraft.

Die Stromerzeugung hat sich vom 1. April 1922 bis 31. März 1923 auf insgesamt 150 886 554 Kwstd. gestellt.

Bei einer Einwohnerzahl der Provinz Pommern von 1 878 193 ergibt sich also pro Kopf Einwohner eine Stromerzeugung von über 80 Kwstd. jährlich.

Diese Zahl ist an und für sich gering, sie wird sich aber bei weiterer Popularisierung des elektrischen Verbrauches in der Folgezeit noch erheblich steigern lassen.

Die aufgetretene Maximalbelastung in sämtlichen Kraftwerken stellte sich auf rund 38 000 Kilowatt. Dies ergibt eine durchschnittliche Benützungsziffer von 3960 Stunden jährlich, woraus ersehen werden kann, daß die Belastung der Kraftwerke sich sehr wirtschaftlich gestaltet.

Der Kohlenverbrauch für die mit Dampfkraft erzeugten Kwstd. betrug im gleichen Jahre insgesamt 173 389 t. oder rund 1,15 kg pro erzeugte Kwstd.; der Reststrom wurde durch die Wasserkraftwerke geliefert.

In sämtlichen Kraftwerken wird der Strom mit 5000 Volt Maschinenspannung erzeugt und auf 40 000 Volt umtransformiert. Von den Kraftwerken führen Hauptspeiseleitungen zu einer Anzahl Hauptverteilungsstationen, in welchen der Strom von 40 000 auf 15 000 Volt transformiert und mit dieser Spannung in die Mittelspannungsverteilungsnetze geschickt wird.

Es wird hervorgehoben, daß sowohl die Speiseleitungs- als auch die Verteilungsspannung im gesamten Versorgungsgebiet der Provinz einheitlich ist.

C. Wirtschaftliche Betrachtungen.

Die Entwicklung der wirtschaftlichen Verhältnisse ist zur Zeit durch die Wirkung des Versailler Vertrages bestimmt

Die Leistungen des Kohlengebietes an der Ruhr sind infolge der Reparationslieferungen für den deutschen Verbrauch stark herabgemindert. Die oberschlesischen Gruben sind zu 90 Prozent vorläufig in polnischen Händen,

die Einfuhr von englischen Kohlen bedeutet eine erhebliche Schwächung unserer heimischen Wirtschaft und entzieht uns selbst dringend benötigte Mittel.

Aus diesen Überlegungen heraus ist der Provinzialverband dazu übergegangen, den Ausbau aller lohnenden Wasserkräfte in der Provinz so rasch als möglich zu vollenden.

Neben den bereits in Betrieb befindlichen Wasserkraftwerken, nämlich: Glambocksee, Roßnow, Heyka, Alt-Springe und Ließow befinden sich ferner Lebbin und Klaushof im Bau und Krien, Flederborn und Bethkenhammer im Stadium der Projektierung. Der Bau der letzteren wird sofort in Angriff genommen, sobald die erforderlichen Mittel zur Verfügung stehen.

In welchem außergewöhnlichen Maße die Energiewirtschaft der Provinz durch die Wasserkraftwerke beeinflusst wird, zeigt nachstehendes Schaubild I.

In demselben ist in A—B der Gesamtenergiebedarf der Provinz für eine Tagesleistung im Monat Mai 1923 angegeben.

In A—D ist der Anteil der Energie, den die bereits vorhandenen bzw. in Fertigstellung befindlichen Wasserkraftwerke zu liefern im Stande sind, verzeichnet.

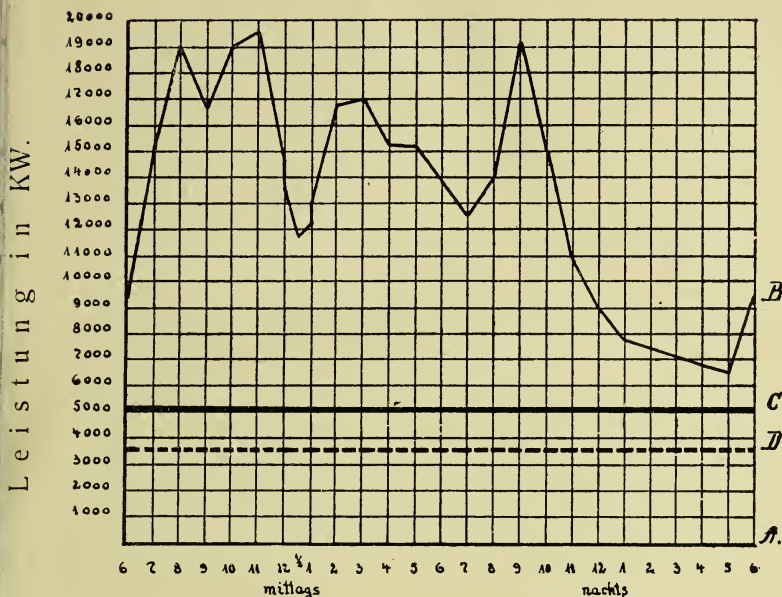
In A—C ist die Leistung wiedergegeben, welche nach Inbetriebnahme der noch projektierten Wasserkraftwerke zur Verfügung steht.

Die gleichen Werte sind im Schaubild II für einen Tag des Monats Dezember 1923 wiedergegeben.

Die Ermittlungen und Berechnungen erstrecken sich nur auf die jeweils vorhandene Mindestwassermenge, sind also sehr vorsichtig aufgestellt.

Zur Erläuterung sei noch erwähnt, daß im Mai die geringste und im Dezember die höchste Stromentnahme der Werke stattfindet.

Bild I.



Sämtliche Wasserkräfte liegen in Hinterpommern.

Die Überlandzentralen Belgard-Stolp und Massow sind nicht in der Lage, den gesamten Wasserkraftstrom aufzunehmen, da die Absatzgebiete entsprechend beschränkt sind.

Wenn also eine produktive Auswertung dieser Wasserkraftwerke stattfinden soll, muß der dortselbst erzeugte Strom nach den Industriegebieten Stettins und Vorpommerns übertragen werden.

Der für diese Zwecke zur Verfügung stehende Überschußstrom III—VI ist aus den folgenden Schaubildern ersichtlich.

Die Bilder III, IV, V und VI zeigen in A—C den Energiebedarf der Überlandzentralen Belgard, Stolp und Massow, in A—B die durch die vorhandenen Wasserkraftwerke Glambocksee, Roßnow, Heyka, Alt-Springe und

Bild II.

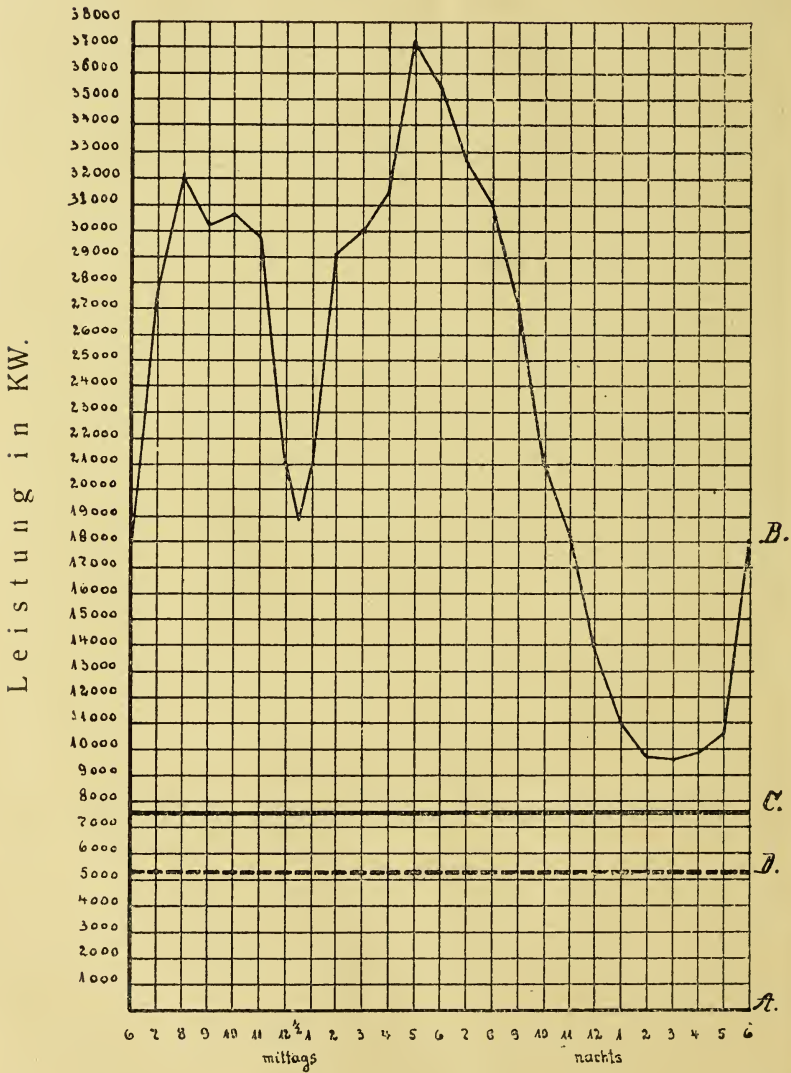


Bild III. Erstes Jahresviertel.

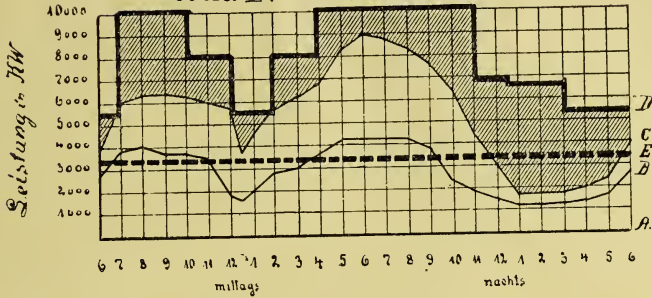


Bild II zweites Jahresviertel

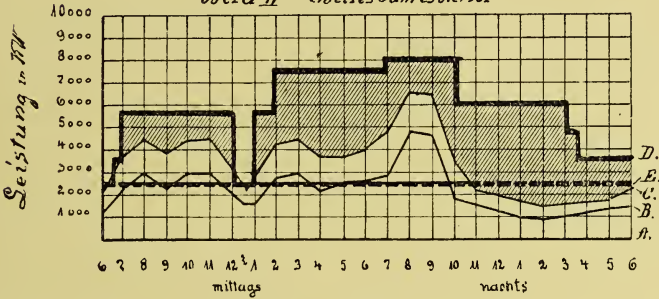


Bild V Drittes Jahresviertel.

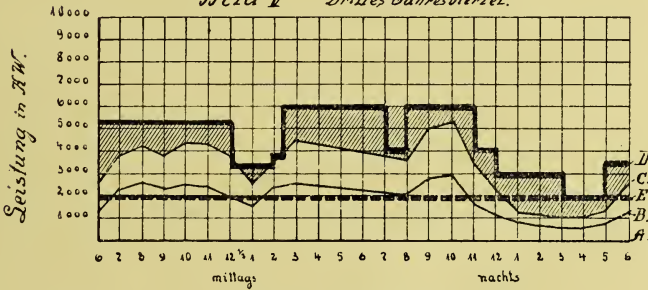
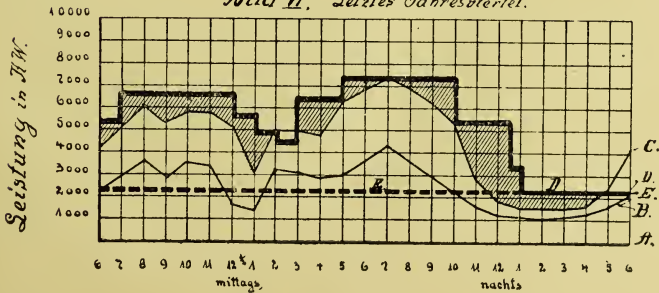


Bild VI. Letztes Jahresviertel.



Lieŕow erzeugte Leistung, B—C den durch die Dampfkraftwerke Belgard und Massow erzeugten Stromanteil und A—D die nach Ausbau der Wasserkraftwerke Klaus-hof, Krien, Lebbin sowie Flederbörn und Bethkenhammer vorhandene Gesamtleistung (einschließlich A—B) unter Berücksichtigung der Speichermöglichkeit; A—E die Leistung der Durchlaufwerke, Krien, Heyka, Alt-Springe, Lieŕow, Lebbin und Bethkenhammer.



zeigt die Überschulleistung an Wasserkraftstrom für die Zone Stettin und Vorpommern.

Die Werte sind sämtlich für den Tagesdurchschnitt je eines Vierteljahres und zwar

vom 1. Januar 1923—31. März 1923,

vom 1. April 1923—30. Juni 1923,

vom 1. Juli 1923—30. September 1923,

vom 1. Oktober 1923—31. Dezember 1923,

ermittelt und unter Berücksichtigung der vorhandenen Betriebsverhältnisse zusammengestellt.

Wie hieraus ersichtlich ist der Überschußstrom besonders im ersten und zweiten Jahresviertel sehr erheblich.

Um nun die Belastung nach Stettin bzw. Vorpommern übertragen zu können, ist die Erstellung besonderer Speiseleitungen in das Gebiet von Stettin und Swinemünde von Hinterpommern aus erforderlich.

Nach Fertigstellung dieser Stromzuführung wird es voraussichtlich möglich sein, das Kraftwerk Swinemünde vollständig stillzulegen, da der zur Verfügung stehende Wasserkraftstrom zur Deckung des im Kreise Usedom-Wollin vorhandenen Bedarfes völlig ausreicht.

Das Dampfkraftwerk Stettin wird ferner durch die Heranführung dieses Wasserkraftstromes entlastet.

Zwecks Errichtung der erforderlichen Speiseleitungen und Ausbau der noch vorstehend projektierten Wasserkräfte ist ein noch engerer Zusammenschluß der einzelnen Werke geplant.

D. Überlandzentrale Stralsund A.-G.

Wie bereits im ersten Teil der Ausführungen betont, dient die Überlandzentrale Stralsund zur Versorgung der Zone Vorpommern im Rahmen der gesamten Energiewirtschaft der Provinz. Sie ist eine Aktiengesellschaft gemischtwirtschaftlicher Art, deren Aktienkapital zur Zeit 950 Millionen Mark beträgt, von dem sich 80% in Händen der Provinz Pommern, $16\frac{2}{3}\%$ in Händen der versorgten Land- und Stadtkreise und $3\frac{1}{3}\%$ in Händen der angeschlossenen Städte, Gemeinden, Genossenschaften und sonstigen Stromabnehmer befinden, und wird nach gemeinnützigen Grundsätzen betrieben.

Ihr Versorgungsgebiet erstreckt sich auf den Regierungsbezirk Stralsund und umfaßt ferner die Kreise Demmin, Anklam und Usedom-Wollin des Regierungsbezirks Stettin. Außerdem werden von ihr noch Gebietsteile des Kreises Cammin, Greifenberg und Naugard, der gesamte Freistaat Mecklenburg-Strelitz und Teile des Freistaates Mecklenburg-Schwerin mit Strom versorgt. Die Fläche des Gebietes beträgt ca. 8000 qkm; das also ca. $\frac{1}{7}$ mehr als das gesamte Gebiet des Freistaates Hessen.

Zur Stromerzeugung sind vorhanden:

1. Das Dampfkraftwerk I Stralsund mit einer Leistung von 26 040 Kilowatt,
2. Das Kraftwerk II Swinemünde mit einer Leistung von 4 880 Kilowatt,
3. Das Reservekraftwerk Neubrandenburg mit einer Leistung von 1 350 Kilowatt.

Während die Kraftwerke Stralsund und Swinemünde dauernd in Betrieb gehalten werden, dient das Kraftwerk in Neubrandenburg nur zu Reservezwecken.

Der Strom wird als Drehstrom in allen Kraftwerken mit 5000 Volt Maschinenspannung durch Dampfturbinen mit Drehstromgeneratoren erzeugt und auf 40 000 Volt Speiseleitungsspannung transformiert.

Die Kesselanlagen sind in den Kraftwerken sämtlich für automatischen Betrieb eingerichtet, sodaß die Zahl

des Bedienungspersonals auf das äußerst geringste Maß beschränkt werden konnte.

Sämtliche Kessel sind für künstlichen Zug zur Erzielung einer möglichst vollkommenen Verbrennung ausgestattet und wird die Gesamtwärmewirtschaft durch eingebaute CO₂ und CO-Messer nach dem Prinzip der elektrischen Widerstandsmessung elektrisch-automatisch-zentral kontrolliert.

Die gesamten Kessel- nebst Nebenanlagen sind nach den neuesten Errungenschaften der Wärmetechnik vervollkommenet.

Die Brennstoffrückstände werden in einer elektromagnetischen Asche- und Schlackenaufbereitungsanlage verarbeitet und jeder brauchbare Bestandteil an Koks und halbverbrannter Kohle zurückgewonnen.

Die Kohleabeschickung der Kraftwerke erfolgt ebenfalls elektrisch-automatisch unter Ausschaltung jeglicher menschlicher Arbeit.

Die Kesselanlagen arbeiten mit einem Betriebsdruck von 16 Atm. und überhitztem Dampf von 360° Celsius.

Den Dampfturbinen wird dieser überhitzte Dampf direkt zugeführt.

Sämtliche Dampfturbinen sind mit Oberflächenkondensatoren ausgestattet, zu deren Betrieb die erforderliche Wassermenge (etwa 200 cbm pro 1000 PS und Stunde) aus der Ostsee entnommen wird.

Damit eine Verschmutzung der Kondensationsanlage verhindert wird, ist eine automatisch arbeitende Reinigungsanlage eingebaut.

Zur Erzielung höchsten Nutzeffekts und Verminderung des Kondensationskraftverbrauches arbeiten die Oberflächenkondensatoren unter Kraftschluß (Heberwirkung).

Die Generatoren werden zwecks Erzielung einer konstanten Maschinenspannung unabhängig von der Belastung derselben elektrisch-automatisch reguliert.

Die eingebauten 5000/40000-Volt-Haupttransformatoren besitzen zur Erzielung eines höchsten Nutzeffekts Wasserkühlung.

Um in den Kraftwerken die Wirkung des Seewassers und die hiermit verbundenen elektrolytischen Erscheinungen auszuschalten, sind sämtliche vom Seewasser berührten Teile aus Muntzmetall bezw. Bronze hergestellt.

Die Kohlenzufuhr erfolgt teils auf dem Bahn- und teils auf dem Wasserwege.

Der in den Kraftwerken erzeugte Strom wird über 40 000 Volt-Speiseleitungen, welche durch eingebaute automatische Oelschalter gesichert sind, in die einzelnen Hauptschalt- und Transformatorenstationen geschickt. Solche Stationen befinden sich in Greifswald, Jarmen, Anklam, Friedland, Neubrandenburg, Demmin, Grimmen, Swinemünde und Kenz b. Barth. Dortselbst wird der Strom wiederum durch Transformatoren von 40 000 Volt Spannung auf 15 000 Volt transformiert.

Aus Sicherheitsgründen sind sowohl die Kraftwerke als sämtliche Hauptschaltstationen mit Doppelsammelschienengruppen ausgestattet, die bei auftretenden Störungen eine entsprechende Unterteilung der Leitungen möglich machen.

Das 40 000 Volt-Speiseleitungsnetz umfaßt 330 km. Es ist gegen auftretende Überspannungen durch eingebaute Petersenspulen sowie Stern-Dreieck-Feinschutz mit Oelwiderständen geschützt.

Zur Erhöhung der Sicherheit gegen auftretenden Überstrom wird es zur Zeit durch einen selektiven Überstromschutz mit Distanzrelais nach dem System Biermanns vervollkommenet.

Außerdem befindet sich zur Unterstützung dieses Netzes eine neue Hauptspeiseleitung von 100 000 Volt Spannung von Stralsund nach Greifswald und Anklam im Bau.

Um eine größtmögliche Sicherheit im 15 000 Volt-Verteilungsnetz zu erreichen, wurde dieses in den letzten Jahren durch den Einbau von zehn 15 000 Volt-Schalt- und Verteilungshäusern erweitert. Solche Stationen befinden sich in Bergen a. Rüg., Tolkmitz a. Rüg., Sellin a.

R., Sagard a. Rüg., Trent a. Rüg., Müggenhall, Treptow, Wolgast, Bansin und Rehberg auf Wollin.

Diese Stationen sind ebenfalls sämtlich mit Doppelsammelschienengruppen ausgestattet.

Das 15 000 Volt-Verteilungsnetz ist in den Haupttransformatoren- und Schaltstationen gegen auftretende Überspannungen durch Stern-Dreieck-Feinschutz mit Öl widerständen gesichert.

Außerdem befinden sich in einer großen Anzahl von Netztransformatorenstationen Grobschutzanlagen, welche über Erdungswiderstände arbeiten.

Das 15 000 Volt-Verteilungsnetz umfaßt 2923 km.

Außerdem sind 46 km Land- und Seekabel in Betrieb.

Im ganzen Versorgungsgebiet wurden am 31. März 1924 einschl. der Leitungen in Mecklenburg 4299 km Hochspannungsleitungen mit 1953 angeschlossenen Netztransformatorenstationen, die eine Gesamtleistung von 57 289 KVA. Leistung besitzen, durch die beiden Kraftwerke gespeist.

Die eigenartige Gestaltung des Versorgungsgebietes der Überlandzentrale Stralsund, die eine Folge seiner geographischen Lage ist, bedingte eine Menge technisch interessanter Bauten.

Vor Allem ist hier zu erwähnen die Seekabelüberführung für die Versorgung der Insel Rügen vom Festlande aus. Es sind zwei 20 000 Volt-Kabel von je 3×25 qmm Querschnitt mit starker Stahldrahtarmatur verwendet worden. Der Kabelweg beträgt über 3 km, wobei die in Mitte des Strelasundes liegende Insel Dänholm als Stützpunkt benutzt wurde. Die größte Wassertiefe stellt sich auf 16 m. Die Kabel mußten, da die Fabriken ein Kabel von dieser Länge in einem Stück nicht liefern konnten, an der tiefsten Stelle zusammengesetzt und mit Muffen versehen werden. Die Kabelverlegung war seinerzeit die erste dieser Art und hat sich bis heute bestens bewährt.

Eine Reihe anderer Seekabelüberlieferungen mußten ferner noch am Durchfluß des Peenestromes bei Wolgast und im Wieker Bodden bei Wittower Fähre sowie im Hafen von Swinemünde durchgeführt werden.

Ferner mußten bei der Überkreuzung des Peenestromes bei Jarmen, Anklam und Demmin und dem Zusammenfluß des großen und kleinen Jasmunder Boddens bei Lietzow sowie bei der Überkreuzung der Dievenow bei Wollin Hochspannungsfreileitungs-Überführungen errichtet werden, deren tiefster Punkt 35 m über Mittelwasser liegt, damit die Durchfahrt der Segelschiffe nicht behindert wird. Die größte derartige Überführung und in ihrer Art auch von ganz Nordostdeutschland ist die des Peenestromes bei Zecheriner Fähre mit einer Spannweite von 435 m bei einer Durchfahrtshöhe der Schiffe von 35 m.

Der Gesamtwirkungsgrad der Energiewirtschaft im Versorgungsgebiet der Überlandzentrale Stralsund liegt seit ihrer Inbetriebnahme zwischen 73 und 77%, d. h. die gesamten Verluste einschl. der dreimaligen Transformierung von der Erzeugung bis zum Stromverkauf bei den Abnehmern betragen zwischen 23 und 27%. Diese Verlustziffer ist verhältnismäßig günstig; eine Verringerung derselben durch Vervollkommnung der Anlagen wird dauernd angestrebt.

Die Stromabgabe entfällt zu 21,4% auf den Großgrundbesitz, zu 8,4% auf den Kleingrundbesitz (Gemeinden und Genossenschaften) und zu 69,2% auf die angeschlossene Industrie, Elektrizitätswerke und Städte.

Im nachstehenden Schaubild VII ist die Entwicklung der Stromerzeugung (Kurve C), der nutzbar abgegebenen Kwstd. (Kurve B) und des Stromverkaufes (Kurve A) seit Inbetriebnahme der Überlandzentrale bis zum 31. März 1924 ersichtlich.

Bild VIII zeigt in Kurve A die jeweils vorhandene Höchstbelastung sowie in Kurve B den Anschlußwert in Kilowatt.

Aus Bild IX ist die Stromerzeugung am Tage der höchsten und niedrigsten Belastung des Betriebsjahres 1923/24 ersichtlich.

Bild X zeigt die Stromerzeugung dieses letzten Betriebsjahres im Monatsdurchschnitt.

Bild XI gibt den Umfang des Versorgungsgebietes wieder.

Bild VII.

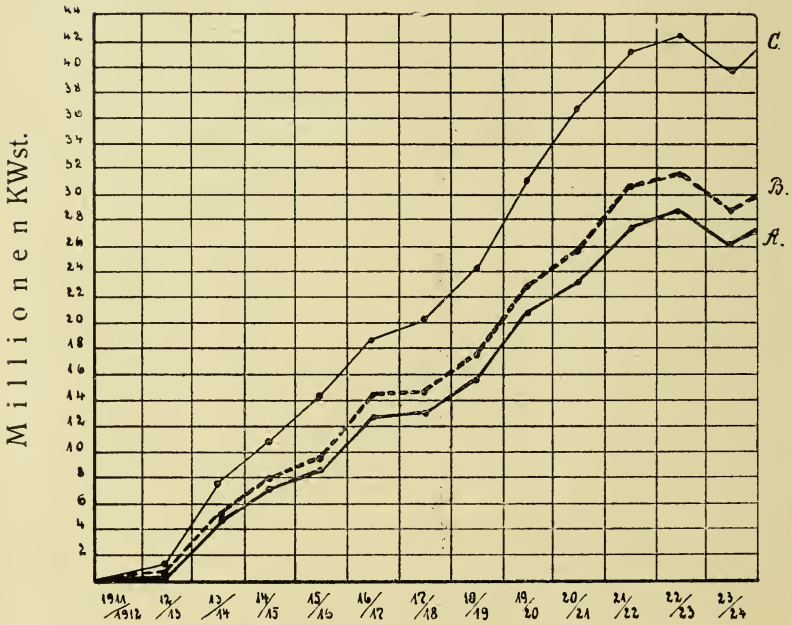


Bild VIII.

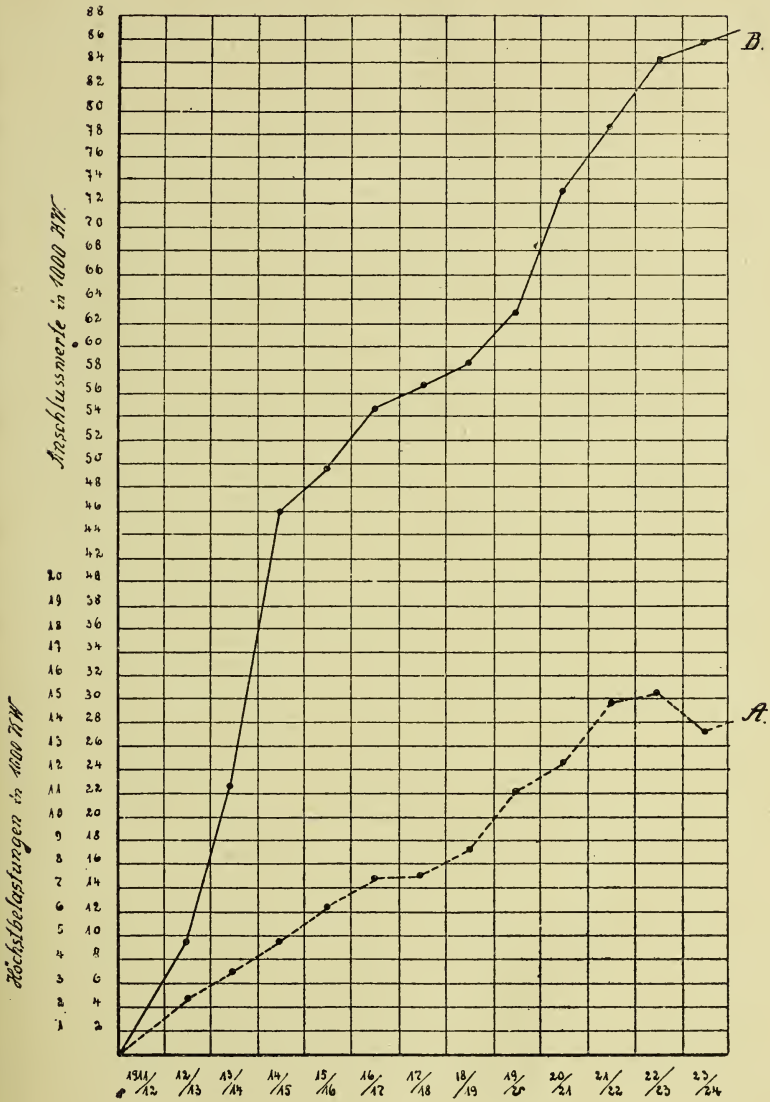
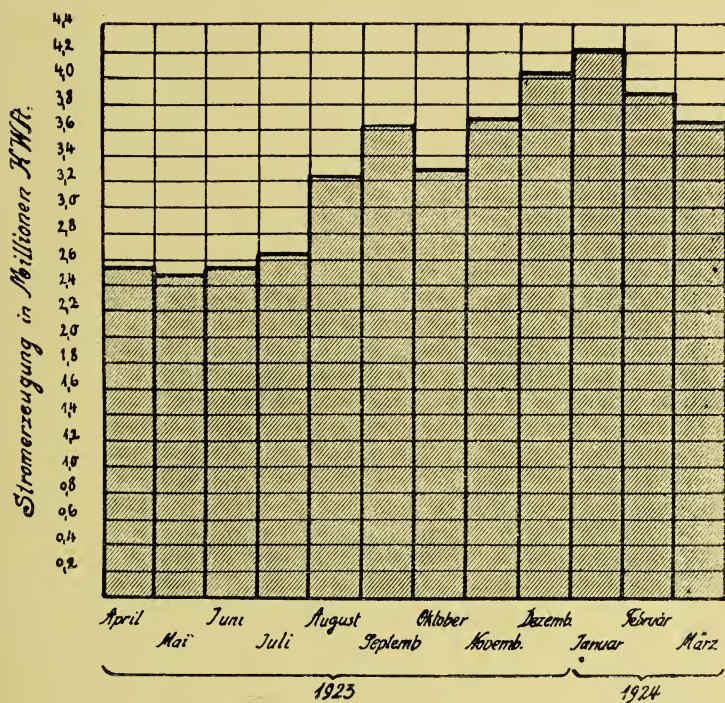


Bild IX.



Bild X.



Zum Schluß sei noch hervorgehoben, daß sich die Überlandzentrale Stralsund in stetiger Aufwärtsentwicklung befindet und auch unter den schwierigsten Verhältnissen in der Lage war, die Verzinsung des investierten Kapitals zu erwirtschaften.

Zusammenfassung.

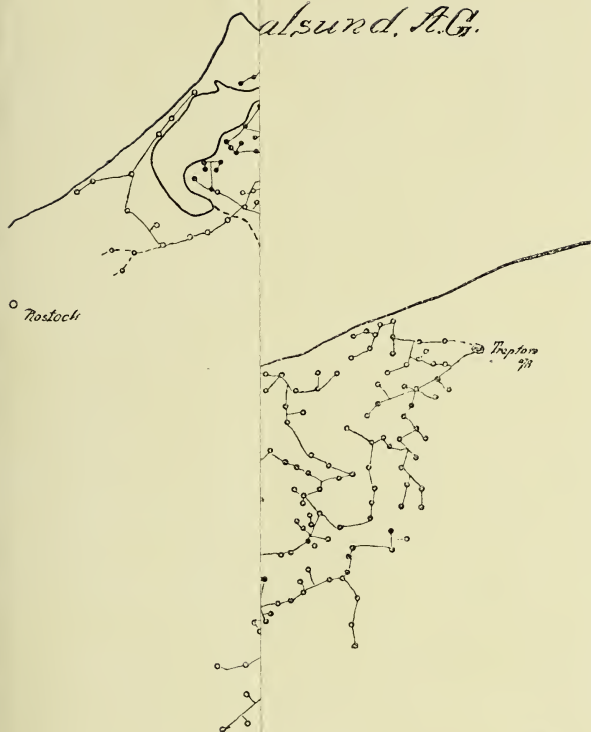
Wie aus vorstehenden Ausführungen ersichtlich ist, stellt die auf einheitlicher Grundlage unter Führung des Provinzialverbandes durchgeführte Energieversorgung der Provinz Pommern einen besonders wichtigen Faktor der Gesamtwirtschaft dar. Durch die vorhandene Organisation verbleibt jeder etwa erwirtschaftete Überschuß der Allgemeinheit und kommt schließlich letzten Endes den Stromabnehmern selbst wieder zu Gute.

Der nach einheitlichen Grundsätzen erfolgte Ausbau gestattet in der Betriebsführung eine weitgehendste gegenseitige Unterstützung der einzelnen Werke und sichert durch den möglichen Stromausgleich die Erzielung des höchsten wirtschaftlichen Wirkungsgrades.

Es verdient hier hervorgehoben zu werden, daß Pommern seinerzeit die erste preußische Provinz war, die sich zur Durchführung der Elektrizitätsversorgung im größtmöglichen Maßstabe entschloß und damit bahnbrechend für die weitere Gestaltung der Überlandversorgung gewirkt hat. Die guten Resultate dieses Vorgehens veranlaßten dann auch andere Provinzen und Länder diesem Beispiel zu folgen und ihre Elektrizitätswirtschaft nach dem Vorbild von Pommern zu organisieren. Diese Tatsache bedeutet einen großen Erfolg gegenüber anderen Staaten und wird sicher zum Vorteil unserer Gesamtwirtschaft dienen und den Wiederaufbau unseres Vaterlandes erheblich fördern.

biet

alsund, A.G.



Zeichenerklärung

--- 100 000 Volt

— 40 000 Volt

— 15 000 Volt

⊙ Kraftwerke

⊙ Hauptschaltstationen

⊙ Schaltstationen 150

• Netztransformatoren

Versorgungsgebiet
 der
 "Überlandzentrale Stralsund, A.G."



- Dezihenerklärung
- 100 000 Volt
 - 40 000 Volt
 - - - 15 000 Volt
 - ⊙ Kraftwerke
 - ⊙ Hauptschalterstationen 40 000 Volt
 - ⊙ Schaltstationen 15 000 Volt
 - Netztransformatorenstationen

Maßstab 1:50 000.

Über die Bewegungsverhältnisse in gewissen Problemen der Méchanik.

Von **A. Klose.**

Einleitung.

Bei seinen Untersuchungen über die Konstitution von Atomen und Molekülen gelangte der englische Physiker E. Rutherford zu Vorstellungen¹⁾, die ihre ideale Ausgestaltung schon lange vorher auf astronomischem Gebiete, in der Mechanik des Himmels erfahren hatten. Das Rutherfordsche Atommodell war sozusagen ein Planetensystem im Kleinen. Um einen positiv geladenen Kern großer Masse sollten sich leichte, negativ geladene Elektronen in mehr oder weniger großer Zahl bewegen. Die Bindung der Elektronen an den Kern erfolgte im Wesentlichen durch Coulombsche Anziehungskräfte der Art

$$K = \frac{E \cdot e}{r^2}$$

worin E und e die Ladungen von Kern und Elektron, r deren Abstand bedeuteten. Aus der formalen Identität dieser Kräfte mit der Newtonschen Attraktionskraft

$$K = \frac{M \cdot m}{r^2}$$

ergaben sich von selbst die Beziehungen zur Himmelsmechanik, die auch — teils mit, teils ohne Geschick — im reichsten Maße ausgenutzt wurden. Die Unvollkommenheiten des Rutherfordschen Atommodells beseitigte Niels Bohr²⁾ durch eine geniale Anleihe aus der Theorie der

1) E. Rutherford, *Phil. Mag.* **2.** 669. 1911.

2) N. Bohr, *Phil. Mag.* **26.** 1—25. 476—502. 857—875. 1913.

Wärmestrahlung, indem er versuchte, durch Einführung der Planckschen Quantenhypothese unter Beibehaltung der Rutherford'schen Grundidee den physikalischen Phänomenen gerecht zu werden. Wie wohl selten eine neue physikalische Theorie, hat die Bohrsche Quantentheorie der Linienspektren bald viele begeisterte Verfechter gefunden, die sich, an ihrer Spitze N. Bohr und A. Sommerfeld, die Weiterentwicklung der Hypothese und ihre Prüfung aus dem Tatsachenmaterial angelegen sein ließen.

Das Wasserstoffatom, um nur den einfachsten Fall zu erwähnen, setzt sich nach Bohr zusammen aus dem positiven Kern und einem einzigen, negativ geladenen Elektron. Dieses System gehorcht den Keplerschen Gesetzen mit der einzigen Ausnahme, daß die Energiekonstante nicht willkürlich gewählt werden darf. Schreiben wir das Integral der lebendigen Kraft in der in der Astronomie üblichen Weise

$$v^2 = K^2 \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

worin v die Geschwindigkeit des Elektrons, r seinen Abstand vom Kern, K^2 eine Konstante bedeutet, so legt Bohr der großen Halbachse a der Ellipse die Bedingung auf:

$$\frac{a}{n^2} = 0.55 \times 10^{-8}$$

wo für n eine beliebige ganze Zahl zu setzen ist. Die so definierten Ellipsen stellen die ausgezeichneten stationären Zustände des Wasserstoffatoms vor. Unter Hinzufügung weiterer Postulate über den Prozeß der Ein- und Ausstrahlung ist es Bohr wirklich gelungen, die Seriengesetze der Linienspektren bewundernswert scharf darzustellen. Fassen wir die Quantelung der großen Achse als Postulat auf, so bereitet die mathematische Behandlung des H-Atoms keinerlei Schwierigkeiten. Auch wenn wir gewisse äußere Störungen mit berücksichtigen, gelingt die vollständige Diskussion der Bewegungsverhältnisse. Setzen wir z. B. unser H-Atom dem Einfluß eines homogenen elektrischen Feldes aus, so wirkt

die störende elektrische Kraft wie ein im Unendlichen befindliches zweites Kraftzentrum. In diesem Sinne als Zweizentrenproblem aufgefaßt, läßt sich die beobachtete Aufspaltung der Spektrallinien, der Starkeffekt, wie zuerst von K. Schwarzschild³⁾ und P. S. Epstein⁴⁾ gezeigt wurde, theoretisch darstellen.

Angeregt durch den schönen Erfolg der Schwarzschild'schen Untersuchung, erschien eine ganze Reihe Abhandlungen, welche die Methoden der Himmelsmechanik für die verschiedenartigsten Probleme der Atomdynamik nutzbar zu machen suchten. Ich erwähne, um nur wenige zu nennen, Arbeiten von N. Bohr⁵⁾ selbst, von M. Born und seinen Mitarbeitern⁶⁾, von P. S. Epstein⁷⁾, T. Heurlinger⁸⁾, H. A. Kramers⁹⁾, H. A. Kramers und W. Pauly¹⁰⁾ und von A. Landé¹¹⁾. Nicht immer freilich haben die Resultate befriedigt. Während die Theorie des Wasserstoffatoms gut zu gelingen schien, waren alle Bemühungen, z. B. dem Heliumatom beizukommen, vergeblich. M. Born¹²⁾ hat in dem Bohrheft der Naturwissenschaften die Ursachen dieses Versagens der astronomischen Störungstheorien anzudeuten versucht: „Fragt man nun, woran es liegen mag, daß dieselben Gesetze, die beim Zweikörperproblem, dem Wasserstoffatom, sich so glänzend bewähren,

3) K. Schwarzschild, Berl. Akad. Sitzgsber. 1916. 548—568.

4) P. S. Epstein, Ann. d. Phys. (4) **50**. 489—520, 1916. **51**. 168—188. 1916.

5) N. Bohr, Kopenh. Akad. Skrifter (8) **4**. 1. 1918.

6) M. Born u. E. Brody, ZS. f. Phys. **6**. 132—139. 1921. **6**. 140—152. 1921. **8**. 205—207. 1922. M. Born u. W. Pauly jr., ZS. f. Phys. **10**. 137—158. 1922. M. Born u. W. Heisenberg. ZS. f. Phys. **14**. 44—55. 1923.

7) P. S. Epstein, Schweizer Naturf. Ges. Verhandl. **2**. 83—84. 1920. ZS. f. Phys. **8**. 211—228. 305—320. 1922. **9**. 92—110. 1922.

8) T. Heurlinger, Phys. ZS. **20**. 188—190. 1919.

9) H. A. Kramers, ZS. f. Phys. **3**. 199—223. 1920.

10) H. A. Kramers n. W. Pauly jr., ZS. f. Phys. **13**. 351—367. 1923.

11) A. Landé, Phys. ZS. **21**. 114—122. 1929.

12) M. Born, Die Naturwiss. **11**. 537—542. 1923.

beim Mehrkörperproblem ebenso deutlich versagen, so kann man die Gründe vorläufig nur in recht unbestimmter Fassung formulieren. Die Theorie ist offenbar immer erfolgreich, wenn das bewegte Elektron sich in einem statischen Felde (sei es dem des Kernes, sei es einem äußeren) bewegt; sie versagt, wenn die Bewegung des einen Elektrons in dem nicht-statischen Felde des andern vor sich geht. Diese Felder der Wechselwirkung sind ja äußerst kurzperiodisch, etwa von derselben Frequenz wie die des Lichtes; wir wissen aber aus den Grundvorstellungen der Quantentheorie über Emission und Absorption, daß bei solchen hochfrequenten Schwingungen die Gesetze der Mechanik nicht gelten. Man kann die Abgrenzung der Gültigkeit dieser Gesetze auch von einer Betrachtung der klassisch berechneten Ausstrahlung erwarten; nur wenn diese relativ klein ist gegen die vorhandenen Energien, verspricht die Anwendung der Mechanik Erfolg. Jedenfalls sehen wir, daß die Ähnlichkeit der Atome mit Planetensystemen ihre Grenzen hat. Die Übereinstimmung ist nur in den einfachsten Fällen genau vorhanden.“ Daß das Coulombsche Gesetz in Systemen mit mehreren Elektronen möglicherweise einer Korrektur bedarf, soll nicht geleugnet werden; diesen Schluß aus dem Versagen der Störungsrechnung zu ziehen, wie es Born offenbar tut, ist sicher nicht erlaubt. Dies würde zur Voraussetzung haben, daß die benutzten Methoden der Störungstheorie wirklich das zu leisten imstande sind, was man in der Atomphysik von ihnen verlangt.

Betrachten wir die Methoden der astronomischen Störungsrechnung genauer, so ist ihre Anwendbarkeit daran gebunden, daß die störende Kraft dauernd klein bleibt und daß wir ihre Einwirkung nur über eine gewisse, nicht zu große Anzahl von Umläufen verfolgen. Die Zahl der Umläufe, die wir z. B. bei der revolutorischen Erdbewegung mit Sicherheit diskutieren können, reicht kaum an 200 heran, bei den äußeren Planeten ist sie noch wesentlich kleiner. Innerhalb

eines Bereiches von wenigen tausend Umläufen bewegt sich die Gültigkeit der aus den klassischen Störungstheorien gewonnenen Stabilitätsbeweise von Laplace. Diese Beweise besagen, daß innerhalb von Zeiträumen der oben erwähnten Größenordnung 1. die großen Achsen der Planetenbahnen keine säkularen (d. h. fortschreitenden) Änderungen erleiden und daß 2. die Exzentrizitäten und Neigungen der Planetenbahnen nur relativ geringen periodischen Schwankungen um konstante Mittelwerte unterworfen sind. Nimmt man 3. die in demselben Umfange nachgewiesene Existenz mittlerer Bewegungen der Perihel- und der Knotenlängen hinzu, so ist tatsächlich die Stabilität des Planetensystems innerhalb beschränkter Zeit dargetan. Über die Entwicklung der Bahnverhältnisse nach Ablauf sehr langer Zeiten, oder richtiger gesagt, nach einer sehr großen Anzahl von Perioden, können die klassischen Stabilitätsbeweise nichts aussagen. Im Gegenteil deuten gewisse Beziehungen im System der vier äußeren großen Planeten darauf hin, daß die Gültigkeit der Laplace'schen Beweise an ganz bestimmte, nur in singulären Fällen erfüllte Voraussetzungen geknüpft ist¹³⁾. Neuere Untersuchungen haben dargetan, daß die Umgestaltung der Bahnen z. B. im Dreikörperproblem im Allgemeinen sehr tiefgehend ist. A. von Brunn hat, Gedankengänge von H. Poincaré und K. Schwarzschild weiterführend, den Nachweis erbringen können, daß abgesehen von singulären Fällen die Entwicklung eines Systems von drei Massenpunkten stets zum Zerfall oder zum Zusammenstoß führt. Die Bahnen des Dreikörperproblems sind also normalerweise keineswegs stationär.

In den Systemen der Atomdynamik nun handelt es sich stets um die Summation der störenden Einflüsse über eine sehr große Anzahl von Umläufen. Beispielsweise führt das Elektron in der innersten Quantenbahn des Wasserstoffatoms nach Bohr¹⁴⁾

$$6.2 \times 10^{15} \text{ Umläufe}$$

13) A. Klose, A. N. **220**, 129–136. 1924.

14) N. Bohr. Phil. Mag. **26**, 1–25. 1913.

in jeder Sekunde aus. Die Umwandlung der Bahnen in Atomen mit mehreren Elektronen wird also, zeitlich gemessen, ganz ungeheuer viel rascher vor sich gehen als z. B. in unserm Planetensystem. Während sich das letztere jahrtausendlang praktisch stationär verhält, erfolgen die Veränderungen in einem System von der Größenordnung der Atomverbände wahrscheinlich momentan. Hieraus folgen meines Erachtens nur zwei Möglichkeiten für die Behandlung der Probleme der Atomphysik. Entweder ist die Anwendung der Vorstellungen und der Methoden der Himmelsmechanik im Rahmen der Atomdynamik gänzlich zu verwerfen oder aber die stationären Zustände der Atome sind gerade unter den singulären Bahnformen des Mehrkörperproblems zu suchen. Eine Entscheidung nach der einen oder andern Seite soll und kann hier nicht getroffen werden. Zweck und Ziel der folgenden Zeilen besteht lediglich darin, auf astronomische Methoden hinzuweisen, die vielleicht einmal geeignet sind, Licht auf die oben aufgeworfene Frage zu werfen.

Ich behandle im Folgenden — der Anschaulichkeit halber an einem numerischen Spezialfall des restringierten Dreikörperproblems — die Frage, ob und inwieweit die stationären Zustände des mathematischen Dreikörperproblems in konkreten Fällen verwirklicht werden können. Der unübersehbare Reichtum an periodischen Lösungen des mathematischen Problems würde die vollständige Diskussion des Schwerfeldes zur Unmöglichkeit machen; die physikalisch-astronomischen Eigentümlichkeiten der in der Natur realisierbaren Fälle aber gestatten es, die Diskussion zu reduzieren auf die Erforschung der einfachsten periodischen Bahnen.

In einem ersten Kapitel werde ich die Methoden auseinandersetzen, die in der theoretischen Astronomie zur Aufsuchung periodischer Lösungen Verwendung gefunden haben. Das zweite Kapitel — der Hauptteil der vorlie-

genden Untersuchung — enthält eine Betrachtung über die Stabilitätskriterien, welche beim astronomischen Dreikörperproblem die Auswahl der stationären Zustände beeinflussen. Im dritten Kapitel bringe ich die Resultate der Kopenhagener numerischen Untersuchungen über das restringierte Dreikörperproblem als Anwendungsbeispiel der im ersten Kapitel auseinandergesetzten Theorie. Im vierten und letzten Kapitel schließlich wird die Bedeutung der aufgefundenen periodischen Lösungen für die Charakterisierung des Schwerefeldes auseinander gesetzt.

Die Untersuchung ist, wenn sie auch ein rein astronomisches Problem behandelt, ihrer ganzen Anlage nach für den der Himmelsmechanik ferner stehenden Naturwissenschaftler gedacht. Alles analytische Beiwerk ist daher nach Möglichkeit vermieden worden, nicht immer freilich ohne der Allgemeinheit und Strenge der Resultate Abbruch zu tun. Ich hoffe dafür die wesentlichen Punkte recht anschaulich hingestellt zu haben.

Es ist mir angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. F. Krüger in Greifswald für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Kapitel I.

Die Methoden zum Aufsuchen periodischer Lösungen.

Der Kopenhagener Spezialfall des Problems der drei Körper, der uns im dritten und vierten Kapitel beschäftigen soll, wird in der astronomischen Literatur als restringiertes Dreikörperproblem bezeichnet. Das restringierte ist aus dem allgemeinen Dreikörperproblem durch die folgenden Vereinfachungen entstanden:

1. Die Dimensionen der drei Massen sind unendlich klein, d. h. es sind durch Massenfaktoren charakterisierte mathematische Punkte.

2. Die Masse des Körpers P ist unendlich klein, d. h. die Bahnen der beiden andern Körper P_1 und P_2 erfahren durch P keinerlei Störungen, wohl aber unterliegt P der Anziehung von P_1 und P_2 .

3. Die Exzentrizitäten der Bahnen von P_1 und P_2 sind gleich Null. Die Bewegung dieser beiden Massenpunkte geht also in konzentrischen Kreisen um den gemeinsamen Schwerpunkt S vor sich.

4. Die Neigung der Bahnebene der unendlich kleinen Masse P gegen die Bahnebenen von P_1 und P_2 ist zu Anfang und dauernd gleich Null.

Die zu verwendenden Bezeichnungen haben die folgende Bedeutung. Es sind

$$m_1 \text{ und } m_2$$

die endlichen Massenfaktoren der beiden Körper P_1 und P_2 ;

$$r_1 \text{ und } r_2$$

die Abstände der unendlich kleinen Masse P von den Massen P_1 und P_2 . Den Koordinatenanfangspunkt legen wir in den Schwerpunkt S des Systems, im restringierten Problem also auf die Verbindungslinie $P_1 P_2$. Es sind

$$x, y$$

die Koordinaten von P, bezogen auf ein „ruhendes“ Koordinatensystem,

$$\xi, \eta$$

die Koordinaten von P, bezogen auf ein um den Schwerpunkt S rotierendes Koordinatensystem. Die Rotationsgeschwindigkeit des Systems wählen wir gleich der Revolutionsgeschwindigkeit der endlichen Massen, sodaß sich die Massen P_1 und P_2 in dem (ξ, η) System dauernd in Ruhe befinden. Wir wählen das Koordinatensystem derart, daß P_1 und P_2 auf die ξ -Achse zu liegen kommen. Es sind

$$\dot{x}, \dot{y}; \dot{\xi}, \dot{\eta}$$

die Geschwindigkeitskomponenten im festen, bzw. im rotierenden System,

$$\ddot{x}, \ddot{y}; \ddot{\xi}, \ddot{\eta}$$

entsprechend die Komponenten der Beschleunigung.

Sehen wir zunächst von jeder Annahme über das Massenverhältnis m_2/m_1 ab, so existieren offenbar stets die folgenden Grenzfälle periodischer Lösungen, die wir ohne Zuhilfenahme der Differentialgleichungen angeben können:

I. Es seien r_1 und r_2 sehr groß gegen den Abstand P_1P_2 . Die Massen m_1 und m_2 können im Schwerpunkt S konzentriert gedacht werden. Die erste Ausgangslösung ist daher ein Kreis von unendlich großem Radius. (Wir könnten auch von einer Ellipse ausgehen; in diesem Fall wäre aber die Periodizität der Lösung nur schwer herzustellen. Wir beschränken uns daher hier und in den übrigen Fällen darauf, Kreisbahnen zu betrachten).

II. Es sei r_1 sehr klein gegen r_2 . Der Einfluß der Masse m_2 kann zunächst vernachlässigt werden. Die zweite Ausgangslösung ist also ein Kreis von unendlich kleinem Radius um m_1 .

III. Es sei r_2 sehr klein gegen r_1 . Entsprechend ergibt sich als Ausgangslösung ein Kreis von unendlich kleinem Radius um m_2 .

Ist $m_2 \leq m_1$, so bezeichnen wir sinngemäß Fall I als periodische Fixsternbahn, Fall II als periodische Planetenbahn, Fall III als periodische Satellitenbahn. Je nach dem Vorzeichen des Geschwindigkeitsvektors ist die Bewegung direkt (+) oder retrograd (-). Wir nennen die Bewegung direkt, wenn sie in demselben Sinne wie die der endlichen Massen vor sich geht, retrograd, wenn sie dem Drehsinn entgegengesetzt verläuft.

Hierzu treten die folgenden, schon von Lagrange¹⁵⁾ aufgefundenen strengen Lösungen des Dreikörperproblems. Erteilen wir einem dynamischen System eine gleichförmige Rotation um seinen Schwerpunkt, so tritt — von einem mitrotierenden Koordinatensystem aus betrachtet — zu den übrigen Kräften noch eine Zusatzkraft, die Zentrifugalkraft,

15) Lagrange, Oeuvres 6. 230.

deren Richtung vom Schwerpunkt weg weist und deren Größe proportional der Entfernung vom Schwerpunkt wächst. Nehmen wir daher im ruhenden Koordinatensystem die Anfangskonstellationen unserer drei Massenpunkte so an, daß die Resultanten der anziehenden Kräfte durch den Schwerpunkt gehen und in Bezug auf ihre Größe proportional der Entfernung Massenpunkt — Schwerpunkt sind, kompensieren wir dann weiter diese Resultanten, indem wir das System in seiner Ebene mit passender gleichförmiger Geschwindigkeit rotieren lassen, so wird die Ausgangskonstellation der drei Massenpunkte nach einer vollen Umdrehung des Koordinatensystems wieder erreicht worden sein. Das aber würde bedeuten, daß die Bewegung — im ruhenden wie im rotierenden Koordinatensystem — streng periodisch verläuft. Die Ausrechnung der Bedingungsgleichungen ergibt für die unendlich kleine Masse P fünf Konstellationen, die auf streng periodische Lösungen führen. Wir unterscheiden sie als Dreieckslösungen und als geradlinige Lösungen. In der ersten Gruppe befinden sich die drei Körper an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks und zwar kommt für P sowohl der vorangehende als auch der nachfolgende Dreieckspunkt in Frage. Die beiden Dreieckspunkte führen in der astronomischen Literatur die Bezeichnung L_4 bzw. L_5 . In der zweiten Gruppe liegen die Ausgangskonstellationen auf der Verbindungslinie $P_1 P_2$. Es ergeben sich für P drei Koordinatenwerte, die lediglich von dem Verhältnis der beiden Massen m_1 und m_2 abhängen. Der eine, L_1 , liegt zwischen den endlichen Massen, die beiden andern, L_2 und L_3 , außerhalb derselben. Ist m_2 sehr klein gegen m_1 , so rücken die Lagrangeschen Punkte L_1 und L_2 in die Nähe der kleineren Masse P_2 ; im Grenzfall, für $m_2 = 0$ wird

$$L_1 P_2 = L_2 P_2 = 0$$

der dritte Lagrangesche Punkt L_3 , jenseit der größeren Masse gelegen, entfernt sich mit abnehmendem m_2 von der Masse P_1 ; im Grenzfall, für $m_2 = 0$ ist hier

$$|L_3 P_1| = |P_1 P_2|$$

Werden m_1 und m_2 von derselben Größenordnung, so rückt L_1 nach dem Schwerpunkt S hin, mit dem es für $m_2 = m_1$ zusammenfällt; L_2 und L_3 gruppieren sich für $m_2 = m_1$ symmetrisch zum Schwerpunkt in den äußeren Intervallen der Linie $P_1 P_2$. Einige Zahlenwerte werden die Abhängigkeit vom Massenverhältnis noch deutlicher machen. Für die Massen unserer großen Planeten entnehme ich die Zahlen dem Lehrbuch von C. V. L. Charlier¹⁶⁾, für $m_2/m_1 = 1/10$ hat G. H. Darwin¹⁷⁾ die Lage der Lagrangeschen Punkte berechnet, für $m_2/m_1 = 1$ habe ich die Arbeiten von C. Burrau¹⁸⁾ und T. N. Thiele¹⁹⁾ herangezogen. Als Längeneinheit habe ich die Strecke $P_1 P_2$ genommen. Ich gebe r_1 , also den Abstand des Lagrangeschen Punktes von der Masse m_1 . Positives Vorzeichen (+) bedeutet, daß der Lagrangesche Punkt nach der Seite der Masse m_2 hin liegt, negatives Vorzeichen (—), daß er sich auf der entgegengesetzten Seite befindet.

Abstand der Lagrangeschen Punkte von m_1

$m_2 : m_1$		L_1	L_2	L_3
1: 6000 000	Merkur	+ 0.9966	+ 1.0034	— 0.999 999 93
1: 408 000	Venus	+ 0.9907	+ 1.0093	— 0.999 998 57
1: 329 390	Erde	+ 0.9899	+ 1.0101	— 0.999 998 22
1: 3093 500	Mars	+ 0.9952	+ 1.0048	— 0.999 999 81
1: 1047,35	Jupiter	+ 0.9332	+ 1.0698	— 0.999 443
1: 3501,6	Saturn	+ 0.9550	+ 1.0464	— 0.999 833
1: 22869	Uranus	+ 0.9758	+ 1.0246	— 0.999 974
1: 19700	Neptun	+ 0.9743	+ 1.0261	— 0.999 970
1: 10		+ 0.7175	+ 1.3470	— 0.9469
1: 1		+ 0.5000	+ 1.6984	— 0.6984

16) C. V. L. Charlier, *Mechanik des Himmels* 2. 102. 1907.

17) G. H. Darwin, *Acta math.* 21. 99—242. 1897.

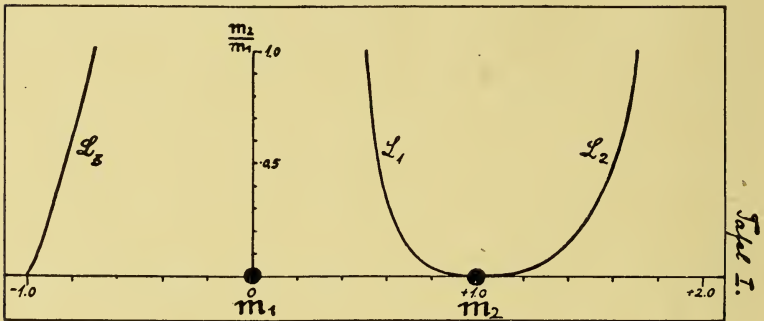
18) C. Burrau, *A. N.* 136. 161—174. 1894. C. Burrau u. E. Ström-gren, *A. N.* 197. 273—286. 1914.

19) T. N. Thiele, *A. N.* 138. 1—10. 1895.

Für die Werte des Massenverhältnisses

$$0 < \frac{m_2}{m_1} < 1$$

ist die Beziehung zwischen Massenverhältnis und Lage der Lagrangeschen Punkte in Tafel I graphisch wiedergegeben.



Man bezeichnet die fünf Lagrangeschen Punkte L_1 , L_2 , L_3 , L_4 und L_5 nach dem Vorgange von Gylden meist als Librationszentren, weil in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft Librationsbahnen existieren. Gerade diese Eigenschaft ist es, welche die Lagrangeschen Punkte tauglich macht, als Grenzfälle periodischer Lösungen aufgefaßt zu werden.

Es empfiehlt sich, bei der Aufsuchung der periodischen Lösungen von vornherein ein Koordinatensystem zugrunde zu legen, das den Übergang von den eben erwähnten Grenzlösungen zu den anschließenden Lösungsgruppen in besonders einfacher Weise erlaubt. Nehmen wir z. B. den Satellitenfall: In der Grenzlösung bewegt sich der Satellit in einer Kreisbahn von unendlich kleinem Radius um seinen Planeten. Bezogen auf das ruhende Koordinatensystem (x, y) wäre auch schon diese Grenzbahn eine Art Zykloide, die sich nur in Ausnahmefällen schließen und daher im Allgemeinen keine periodische Lösung mehr repräsentieren würde. Es liegt da-

her in der Natur der Sache, wenn wir anstelle des festen Koordinatensystems das rotierende System (ξ, η) einführen, in welchem, wie oben auseinandergesetzt wurde, die Massen P_1 und P_2 dauernd auf Ruhe transformiert sind. Wir erreichen dadurch nicht nur, daß die Grenzbahnen kreisförmig bleiben, vielmehr wird auch die Zahl der periodischen Bahnen wesentlich größer. Es verhält sich die Zahl der in einem festen Koordinatensystem existierenden periodischen Lösungen zu derjenigen eines rotierenden Systems wie die Mannigfaltigkeit der rationalen zu derjenigen der irrationalen Zahlen.

Die Untersuchung der sich an die Grenzbahnen anschließenden Lösungsgruppen läßt sich leider in allgemeiner Form nicht durchführen. Wir müssen Annahmen über das Massenverhältnis m_2/m_1 machen und je nach der Größenordnung des Quotienten die Methode wechseln; wir können uns dabei auf das Intervall

$$0 < \frac{m_2}{m_1} < 1$$

beschränken. Für kleine Werte des Quotienten kommen die analytischen Methoden in Betracht, für größere Werte müssen die Bewegungsgleichungen mit Hilfe von numerischer Integration (mechanischer Quadratur) gelöst werden.

Die Methoden der mechanischen Quadratur zuerst in größerem Umfange auf das Dreikörperproblem angewandt zu haben, ist das Verdienst von G. H. Darwin²⁰⁾. Das Verhältnis der Massen setzte er zu $m_2/m_1 = 1/10$ an. In der berühmten Untersuchung „Periodic orbits“ veröffentlichte Darwin mehrere Gruppen periodischer Satellitenbahnen sowie eine Achterbahn um beide Massen. Der Fall gleicher Massen ist hauptsächlich auf der Kopenhagener Sternwarte untersucht worden. Angeregt durch eine von T. N. Thiele in der dä-

20) G. H. Darwin, *Acta math.* **21.** 99–242. 1897.

nischen Gesellschaft der Wissenschaften formulierten Preis-aufgabe entdeckte C. Burrau²¹⁾ im Jahre 1892 eine Gruppe periodischer Librationsbahnen um L_2 mit der dieselben abschließenden Ejektionsbahn. In Gemeinschaft mit E. Ström-gren und anderen sind diese Nachforschungen nach pe-riodischen Bahngruppen bis zum heutigen Tage fortgesetzt worden²²⁾. Nur der intensiven Arbeit der Ström-grenschen Schule ist es zu danken, wenn wir heute eine einigermaßen klare Vorstellung von den Bewegungsverhältnissen im Drei-körperproblem besitzen. In demselben Sinne wie Ström-gren hat der Amerikaner F. R. Moulton²³⁾ und seine Schule ge-wirkt. Auch Moulton hat gelegentlich das Massenverhältnis $m_2/m_1 = 1$ benutzt.

Die numerischen Methoden zum Aufsuchen der perio-dischen Bahnen beruhen auf der Variation einer bestimmten Integrationskonstanten. Beschränken wir uns auf die ein-fachsten periodischen Bahnen, d. h. auf diejenigen, welche sich bereits nach einem Umlauf schließen, so wählen wir die Anfangsstellung zweckmäßig auf der ξ -Achse und die Geschwindigkeit senkrecht dazu. Darwin hält die Konstante des Jacobischen Integrals²⁴⁾ fest und variiert die Anfangslage ξ_0 solange, bis die Bewegung periodisch wird, wogegen Ström-gren bei festgehaltenem ξ_0 die Jacobische Konstante verändert. Für die vorliegende Untersuchung erscheint die Ström-grensche Methode als die zweckmäßigere. Die Wahl der Anfangskonstellation $\eta_0 = 0$, $\xi_0 = 0$ hat zur Folge, daß

21) C. Burrau, A. N. **135**. 233–240. 1894. **136**. 161–174. 1894.

22) Zur Geschichte der Kopenhagener Arbeiten über das restrin-gierte Dreikörperproblem siehe E. Ström-gren, *Kop. Publ.* **39**. 1922. E. Ström-gren, *Tree aartier celest mekanik paa Kobenhavns Obser-vatorium*, Kap. V. Universitetets Festskrift. Kobenhavn 1923.

23) F. R. Moulton, *Periodic orbits*. Carnegie Instit. Publ. **161**. Washington 1920.

24) Das Jacobische Integral entspricht etwa dem Energiein-tegral im ruhenden Koordinatensystem.

wir die numerische Rechnung nur wenig über den Zeitpunkt fortzusetzen brauchen, in dem der Körper P die ξ -Achse wieder schneidet, d. h. es genügt vollkommen, wenn wir einen halben Umlauf rechnen. Verschwindet im Moment des Durchganges durch die ξ -Achse die ξ -Komponente der Geschwindigkeit, so ist die Bahn aus Symmetriegründen sicher einfach periodisch. Praktisch verfährt man so, daß man die Jacobische Konstante solange variiert, bis die ξ -Komponente beim zweiten Durchgang durch die ξ -Achse ihr Vorzeichen wechselt. Durch Interpolation zwischen die dem Werte $\xi = 0$ am nächsten liegenden Bahnen erhält man dann die gesuchte periodische Lösung. Auf die Besonderheiten der numerischen Methoden, wie auf die Transformation von Koordinaten und Zeit bei Einsturzbahnen, kann hier nicht eingegangen werden.

In den Fällen sehr kleiner Werte des Massenverhältnisses m_2/m_1 hat man mit größtem Erfolg die analytischen Methoden angewandt, die zuerst von H. Poincaré²⁵⁾ im Zusammenhang entwickelt und diskutiert worden sind. Die periodischen Bahnen unseres Problems bezeichnet Poincaré als Lösungen der ersten Sorte. Die Aufsuchungsmethode läßt sich, soweit es überhaupt ohne Bezugnahme auf den Formelapparat möglich ist, etwa so charakterisieren. Nehmen wir zunächst das Massenverhältnis $\mu = \frac{m_2}{m_1}$ als verschwindend klein an, d. h. setzen wir in der Grenze $\mu = 0$, so wird in den von uns betrachteten Fällen die Bewegung des Systems der drei Massenpunkte im rotierenden Koordinatensystem stets periodisch sein, weil das Problem in zwei von einander unabhängige Zweikörperprobleme (P_1, P_2) und (P_1, P) zerfallen ist. Die Periode des Systems (P_1, P_2) ist dabei willkürlich, weil im rotierenden Koordinatensystem P_1 und

25) H. Poincaré, *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste.* 3 vol. Paris 1892–99.

P_2 dauernd in Ruhe bleiben. Mithin ist die Periode des Systems aller drei Massen gleich derjenigen des Systems (P_1, P). Die Bahn des dritten Körpers P sei ein Kreis. Wie sind die Anfangskonstellationen zu modifizieren, damit bei sehr kleinem, aber nicht mehr verschwindendem μ und bei gleichbleibender Periodendauer die Bewegung noch immer periodisch abläuft? Wir denken uns auch hier wieder, wie in dem Falle nahezu gleicher Massen, die drei Körper zum Beginn der Bewegung in symmetrischer Konjunktion bezw. Opposition zu einander. Der Übergang vom Zwei- zum Dreikörperproblem läßt sich dann in der Weise anschaulich machen, daß wir die Kreisbahn des dritten Körpers P im ersten Moment ersetzen durch eine Ellipse, deren Exzentrizität und Perihelie so zu wählen ist, daß die Bewegung für $\mu \neq 0$ periodisch abläuft.

K. Schwarzschild²⁶⁾ hat die Poincaréschen Resultate noch wesentlich allgemeiner gestalten können. Er zeigt z. B., daß auch solche Bahnen von P auf periodische Lösungen führen, die im ungestörten Zustande (für $\mu = 0$) Ellipsen von beliebiger Exzentrizität vorstellen. Dabei verschwindet gleichzeitig die Sonderstellung, welche die Periodendauer in den Poincaréschen Untersuchungen noch einnimmt, denn auch die Periodendauer wird in der gestörten Bewegung der Variation unterworfen. Als neue Eigenschaft kommt bei den Schwarzschild'schen Bahnen weiter hinzu, daß sie eine Perihelbewegung aufweisen. Ein anschauliches Bild der Bewegungsverhältnisse gewinnt man aus dem ebenfalls von Schwarzschild²⁷⁾ gerechneten Spezialfall im System Sonne-Jupiter. Die periodischen Lösungen Schwarzschild's sind wohl die allgemeinsten, die man im restringierten Dreikörperproblem erwarten kann. Sie schließen die Poincaréschen Lösungen als spezielle Fälle in sich.

26) K. Schwarzschild. A. N. **147**. 16 – 24. 1898.

27) K. Schwarzschild. A. N. **160**. 385 – 400. 1903.

Kapitel II. Über Stabilitätskriterien.

Die Poincaréschen Methoden zur Aufsuchung periodischer Lösungen haben bei ihrer Anwendung auf das restringierte Dreikörperproblem einen unübersehbaren Reichtum an periodischen Lösungen enthüllt. P. Stäckel²⁸⁾ konnte beweisen, daß es im Allgemeinen keinen Punkt der Bahnebene gibt, der nicht als Ausgangspunkt einer periodischen Bahnbewegung genommen werden kann, und daß die brauchbaren Bewegungsrichtungen in jedem Winkel überall dicht liegen. Poincaré²⁹⁾ ging noch weiter, indem er die Vermutung aussprach, daß sich jede Bahn durch periodische Lösungen approximieren lassen müsse. „Man kann — im restringierten Problem — immer eine periodische Lösung angeben (deren Periode freilich unter Umständen sehr lang sein wird) von der Art, daß die Differenz zwischen den beiden Lösungen während beliebig langer Zeit so klein wird, wie man will.“ Für Poincaré liegt die Bedeutung der periodischen Lösungen darin, daß sie sämtliche Bewegungsformen des restringierten Problems zu erfassen gestatten. Mit gewissen Einschränkungen hat K. Schwarzschild³⁰⁾ die Richtigkeit der Poincaréschen Vermutung erweisen können: „Es kann daher die Existenz einer begrenzten Anzahl periodischer Lösungen behauptet werden, bei denen die Umlaufzeiten des Perihels und des Knotens in einer niederen Kommensurabilität stehen, sodaß die ganze Periode nur wenige ihrer Umläufe enthält. Nimmt $\mu = \frac{m_2}{m_1}$ ab, so wächst

28) P. Stäckel, Math. Ann. **54**. 86. 1901.

29) H. Poincaré, Méth. nouv. **1**. 82.

30) K. Schwarzschild, A. N. **147**. 289–298. 1898.

das Konvergenzbereich wie $\mu^{-5/4}$, die Umlaufszeit von Perihel und Knoten aber nur wie μ^{-1} . Je kleiner also μ wird, umso mehr Umläufe von Perihel und Knoten wird das Konvergenzbereich umfassen, umso höhere Kommensurabilitäten sind also zulässig, umso zahlreichere periodische Lösungen müssen existieren und umso dichter sind die Anfangslagen gesät, die zu periodischen Bewegungen führen. Auf jeden Fall sind auch die periodischen Bewegungen langer Periode, deren Existenz streng bewiesen ist, so zahlreich und die Anfangslagen, die dabei vorkommen, so wenig speziell, daß man die periodischen Lösungen nicht mehr als Ausnahmefälle, als Curiositäten, betrachten kann.“

Diesen Resultaten stelle ich einen Satz gegenüber, dessen Beweis ebenfalls auf Schwarzschild³¹⁾ zurückgeht. „Ist ein Komet, der sich in parabolischer oder hyperbolischer Bahn dem Sonnensystem genähert hat, durch Jupiter in eine elliptische Bahn geworfen worden, so bewirken im Allgemeinen die Jupiterstörungen selbst, daß der Komet auf die Sonne oder auf Jupiter stürzt oder sich wieder in parabolischer oder hyperbolischer Bahn vom Sonnensystem entfernt. Tritt das ausnahmsweise nicht von selbst ein, so kann es doch zu Wege gebracht werden, indem man dem Kometen irgend wann einen beliebig kleinen Stoß erteilt, d. h. indem man seine oskulierenden Elemente beliebig wenig ändert.“ In einer Anmerkung kündigt Schwarzschild den Beweis auch für den Fall des allgemeinen n -Körperproblems an. Schwarzschild hat allerdings diesen Nachweis nirgends veröffentlicht; doch ist von A. v. Brunn³²⁾ unter der Annahme $n = 3$ in neuerer Zeit diese Lücke ausgefüllt worden, indem gezeigt wurde, daß, von singulären Fällen abgesehen, die Bahnkurven des Dreikörperproblems stets ins Unendliche gehen.

31) K. Schwarzschild, A. N. **141**. 1—8. 1896.

32) A. v. Brunn, Danzig Naturf. Ges. (N. F.) **15**. 1920.

Es liegt auf der Hand, wie die Resultate der beiden Beweisreihen theoretisch miteinander zu vereinen sind. Um den Kern nochmals zusammenzufassen: Die Gedankengänge der *Méthodes nouvelles* erstreben eine Zurückführung aller Bewegungsformen auf stationäre Zustände, wogegen der Schwarzschild-v. Brunnsche Beweis gerade die Existenz derartiger Zustände — in allen praktisch realisierbaren Fällen leugnet. Den Poincaréschen Tendenzen kommt lediglich formale Bedeutung zu. Sie sind etwa so zu verstehen: Wenn sich auch z. B. die unendlich kleine Masse immer weiter und weiter von den beiden endlichen Massen entfernt, ohne die Neigung zu einer Umkehr zu zeigen, so wird doch immer eine periodische Lösung aufzufinden sein, welche die Bewegung bis zu einem bestimmten Moment genau darstellt. Verlangen wir Übereinstimmung für noch längere Zeit, so müssen wir im Allgemeinen die Vergleichsbahn durch eine andere von längerer Periodendauer ersetzen. Wir erreichen auf diese Weise zwar dauernd eine beliebig genaue analytische Darstellung der Bewegungsverhältnisse. Keineswegs aber kann die jeweilig benutzte periodische Lösung als anschauliches Bild der vollständigen Bahnkurven angesehen werden. Ebenso sicher, wie sie bis zu einem bestimmten Moment die wirkliche Bahn ersetzen kann, ebenso sicher wird sie von einem bestimmten Zeitpunkt an die Bewegung nicht mehr darzustellen vermögen. Die mathematisch anschauliche Wahrheit steckt in dem Satze von A. v. Brunn: Abgesehen von singulären, praktisch nicht realisierbaren Fällen besitzt das Dreikörperproblem keine stationären Zustände.

Dieses Resultat erfährt eine gewisse Modifikation, wenn wir anstelle des abstrakt-mathematischen Problems ein in der Natur realisiertes betrachten. Jede Beobachtung eines physikalischen Vorganges ist ungenau, sodaß wir zwei Ereignisse auch dann als gleich wahrnehmen, wenn sie in Wahrheit nur angenähert einander gleich sind. Verfolgen wir die Bewegung der unendlich kleinen Masse, wie es

immer der Fall sein wird, nur über eine endliche, wenn auch vielleicht große Anzahl von Umläufen, so sprechen wir die Bewegung solange als stationär an, wie die Abweichungen von dem mittleren Zustand noch im Bereich der Beobachtungsgenauigkeit liegen. Bei dem Studium konkreter Probleme genügt es daher nicht festzustellen, daß die stationären Zustände, in unserem Fall die periodischen Lösungen praktisch nicht realisierbar sind. Vielmehr muß auch die Frage geklärt werden, wie die Bewegung verläuft, wenn die Voraussetzungen für das Eintreten streng periodischer Lösungen angenähert erfüllt sind.

Als analytisches Hilfsmittel für derartige Untersuchungen kommt die Methode der charakteristischen Exponenten in Betracht, deren Grundlagen H. Poincaré³³⁾ im ersten Bande der *Méthodes nouvelles* gegeben hat. Ich muß mich darauf beschränken, die Idee dieser überaus fruchtbaren Methode in groben Zügen wiederzugeben.

Die Gleichungen der Bewegung schreiben wir in der Form

$$\frac{dE_i}{dt} = F_i \quad (i = 1, 2, 3, 4);$$

die Gleichungen der benachbarten periodischen Bewegung seien entsprechend

$$\frac{dE_{i,0}}{dt} = F_{i,0} \quad (i = 1, 2, 3, 4),$$

wobei die Variablen der beiden Systeme durch die Gleichungen

$$E_i = E_{i,0} + \delta E_i$$

verbunden sein mögen. Dann ergibt sich, vorausgesetzt daß die Variationen δE_i dauernd klein sind, durch Entwicklung nach Potenzen von δE_i

$$\frac{d(E_{i,0} + \delta E_i)}{dt} = F_{i,0} + \sum_j \left(\frac{\delta F_i}{\delta E_j} \right)_0 \delta E_j + \dots$$

mithin bei Beschränkung auf die linearen Glieder

$$\frac{d\delta E_i}{dt} = \sum_j \left(\frac{\delta F_i}{\delta E_j} \right)_0 \delta E_j$$

33) H. Poincaré, *Meth. nouv.* 1. 162–232.

die Integrale dieser Variationsgleichungen haben die Form

$$\delta E_i = \sum C_k e^{s_k t}$$

Treten in diesen Gleichungen reelle Exponenten s auf, so ist die Bewegung instabil, sind dagegen alle Exponenten s_k imaginär oder verschwinden die Koeffizienten der Exponentialglieder, so unterscheidet sich die Bewegung nur um kleine Beträge von der periodischen Ausgangslösung, indem

$$|\delta E_i| \leq \sum_k |C_k|$$

Man bezeichnet diese Art Variationslösungen auch als Librationsbahnen. Ist die Verwandtschaft mit der streng periodischen Lösung nahe genug, d. h. sind die anfänglichen Abweichungen von den Voraussetzungen für das Zustandekommen einer periodischen Bewegung nur klein genug, so bewirkt der Librationscharakter eine scheinbare Bevorzugung gerade der strengperiodischen Bahn. Betrachten wir z. B. die unendlich kleine Masse in geeigneter Anfangsstellung und erteilen wir ihr nach einander alle möglichen Anfangsgeschwindigkeiten, so wird sie sich im Allgemeinen mehr oder weniger schnell von dem System der beiden endlichen Massen loslösen. In den Fällen aber, in denen die Anfangsgeschwindigkeit in einem bestimmten Intervall liegt, wird die kleine Masse Librationen um die stabile periodische Lösung ausführen. Wählen wir die Intervallbreite nur klein genug, so wird die Bewegung der Beobachtung als streng periodisch erscheinen. Wir sehen also, daß es in der Natur praktisch realisierbare stationäre Zustände gibt: die strengperiodischen Lösungen mit Anschlußbahnen von Librationscharakter.

Allerdings ist die Methode des charakteristischen Exponenten nicht für beliebig große Zeiträume anwendbar, weil die Berücksichtigung höherer Potenzen der Variationen bei der Integration auf Glieder führt, die mindestens der Zeit proportional wachsen. Für beliebig lange Zeiträume

können wir aber auch garnicht verlangen, daß unsere Librationsbahnen die tatsächliche Bewegung darzustellen vermögen. Denn wenn wir die auf eine strengperiodische Bahn führenden Anfangswerte unendlich wenig variieren, kommen wir auf eine nichtperiodische Bahn, welche nach dem v. Brunnschen Satze sicher durch das Unendliche führt, also nicht stabil ist. Absolute Stabilität wie beim mathematischen Pendel gibt es, von trivialen Fällen abgesehen, im Dreikörperproblem nicht. Worüber die Methode des charakteristischen Exponenten in Wirklichkeit Auskunft gibt, das ist über die Geschwindigkeit, mit welcher die Entfremdung der Bahnkurven von der periodischen Nachbarbahn vor sich geht. Je kleiner die charakteristischen Exponenten, ihrem absoluten Betrage nach, ausfallen, umso langsamer entfernt sich die kleine Masse aus dem Bereich der periodischen Lösung.

Der stationäre Charakter der periodischen Bahnen in physikalischem Sinne bleibt also nur während einer bestimmten Anzahl von Umläufen erhalten. Die Zahl der Umläufe hängt in gesetzmäßiger Weise von der absoluten Größe des charakteristischen Exponenten ab. Aber auch mit dieser neuen Einschränkung behält das abgeleitete Resultat praktisches Interesse. Wir hatten der unendlich kleinen Masse in einer bestimmten Ausgangsstellung nach einander alle möglichen Geschwindigkeiten erteilt und wir hatten gesehen, daß in einem bestimmten Geschwindigkeitsintervall Librationsbahnen resultieren, oder, drücken wir uns vorsichtiger aus, daß die Bewegung ganz in einem schmalen Streifen zu beiden Seiten der periodischen Bahn verläuft. Wir verbessern uns jetzt dahin, daß wir dieser Erscheinung zeitlich beschränkte Gültigkeit zuschreiben. Ist ein gewisser Zeitpunkt erreicht, so überschreitet die kleine Masse den Librationsstreifen, um sich schließlich beliebig weit davon zu entfernen.

Wir nehmen unser Beispiel wieder auf; doch denken wir uns unser System von drei Massenpunkten in unendlich vielen Exemplaren — unabhängig das eine vom andern — vorhanden. Erteilten wir vorhin der unendlich kleinen Masse nacheinander alle möglichen Anfangsgeschwindigkeiten, so verteilen wir jetzt, bei genau gleicher Anfangslage, diese Geschwindigkeiten gleichmäßig auf alle Systeme. Im allgemeinen lösen sich die unendlich kleinen Massen relativ rasch von ihren Ursprungssystemen, bis schließlich nur noch diejenigen Massen übrigbleiben, welche sich in den sogenannten Librationsstreifen befinden. Voraussetzungsgemäß sind es immer noch unendlich viele Massen, welche diese Eigenschaft haben. Zwar wird schließlich auch der letzte Körper den Librationsstreifen verlassen haben; da aber auch solche Massen vorhanden sein sollen, deren Anfangsgeschwindigkeit beliebig wenig Unterschied von der auf periodische Bewegung führenden Geschwindigkeit zeigt, so dauert es unendlich lange, bis die Erscheinung völlig abgeklungen ist, bis sämtliche Systeme ihrer Trabanten beraubt sind. Da der physikalischen Beobachtung immer nur endliche Zeiträume zugänglich sein können, so folgt, daß unter allen möglichen periodischen Lösungen diejenigen als physikalisch stationär zu bezeichnen sind, bei denen der Librationskoeffizient absolut genommen möglichst klein ist.

Es bleibt noch übrig, die Stabilität der ausgezeichneten stationären Zustände gegenüber äußeren Störungen zu betrachten. Die in der Natur verwirklichten Probleme unterscheiden sich von den abstrakten Ausgangsbetrachtungen dadurch, daß die mathematischen Voraussetzungen nicht in Strenge, sondern nur mit mehr oder weniger großer Annäherung erfüllt sind. Nehmen wir an, daß die abstrakt-mathematische Seite der Theorie abgeschlossen ist, daß alle „systematischen“ Abweichungen, wie z. B. Ungenauigkeiten des zugrundegelegten Attraktionsgesetzes in Rechnung ge-

zogen worden sind, so werden die reellen Bahnen dennoch nicht in allem den Voraussagen entsprechen. Jedes konkrete astronomische oder physikalische Problem zeigt Abweichungen, die wir in Anlehnung an die Terminologie der Fehlertheorie als „zufällige“ bezeichnen könnten. Wie diese zufälligen Störungen zu verstehen sind, geht vielleicht am deutlichsten aus dem folgenden Beispiel hervor. Unser System von drei Massenpunkten wird, realisiert, nie für sich allein bestehen. Wir wollen uns denken, daß unser Speziaisystem zu einem sehr ausgedehnten Fixsternsystem gehört. Die beiden endlichen Massen bilden einen Doppelstern, die unendlich kleine Masse ist der Trabant dieses Doppelsternsystems, das große System sei die Milchstraße. Ähnlich wie in dem uns umgebenden Sternsystem soll die mittlere Dichte der Milchstraße so gering sein, daß der Einfluß der Gesamtanziehung aller Sterne auf unser Doppelsternsystem und seinen Trabanten zu vernachlässigen ist (bezw. als systematische Abweichung in geeigneter Weise in Rechnung gezogen wurde). Die mittlere relative Entfernung der einzelnen Sterne der Milchstraße soll sehr groß sein gegen die relative Entfernung der beiden Massen des betrachteten Doppelsternes, so groß, daß auch die Sterne der Umgebung im Allgemeinen keinen merklichen Einfluß auf die Bahnbewegung des Trabanten ausüben. Abweichungen von diesem „normalen“ Zustand sind um so eher zu erwarten, je schwächer die mechanische Bindung des Trabanten an die beiden Hauptkörper ist. Die mechanische Bindung nimmt aber in unsern Problemen wesentlich mit wachsender Entfernung vom Schwerpunkt ab. Ist die mechanische Bindung unter ein gewisses Maß gesunken, so genügen unter Umständen sehr kleine äußere Störungen, um eine völlige Umwandlung der Trabantenbahn hervorzurufen. So kann z. B. der Trabant in das Wirkungsbereich eines fremden Fixsternes geraten und von diesem eingefangen werden. Störungen dieser Art wird man als

zufällige bezeichnen, weil ihre Vorausberechnung im Einzelfall mit beträchtlicher Unsicherheit verbunden ist.

Der Begriff des Wirkungsbereiches (*sphère d'activité*) ist von Laplace³⁴⁾ in die Störungstheorie eingeführt worden. Laplace versteht darunter ein räumliches Bereich um das ungestörte System, dessen Grenzfläche durch die Bedingung definiert ist, daß die äußeren Störungskräfte gerade der Resultanten der inneren Kräfte das Gleichgewicht halten. In anderer Weise formuliert W. Ebert³⁵⁾ die Grenzbedingung, ohne daß hierauf näher einzugehen ist. Ganz allgemein hängt die Formulierung in starkem Maße ab von der Natur der störenden Kräfte. Für unser Problem würde sich vielleicht die folgende Definition der Grenzfläche des Wirkungsbereiches ergeben: Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten kleiner, eben merklicher Störungen soll einen bestimmten kleinen Wert haben. Verläuft ein stationärer Zustand während der in Frage stehenden Zeit ganz im Innern des Wirkungsbereiches, so bleibt der Zustand im Allgemeinen ungestört. Verläßt aber der Trabant, wenn auch nur vorübergehend, das Wirkungsbereich, so wird die Gefahr einer Loslösung oder tiefgreifenden Störung umso größer, je länger das außerhalb des Wirkungskreises liegende Bahnstück und je größer die Entfernung des Trabanten von den Komponenten des Doppelsternsystems im Maximum wird. Umgekehrt sind also diejenigen stationären Zustände am stabilsten gegenüber äußeren Störungen, welche ganz in unmittelbarer Nähe der beiden endlichen Massen ablaufen.

Schließlich ist noch eine Abhängigkeit der Stabilität von der Periodendauer zu erwarten. Die Bewegung konnte als ungestört angesehen werden, solange die Bahn des Trabanten innerhalb des Librationsstreifens verlief. Wir dürfen daher kleine momentane Störungsimpulse zulassen, wie sie

34) P. S. Laplace, *Mécanique céleste* 4. 218.

35) W. Ebert, *Inaug. Diss. München* 37. 1895.

z. B. durch den Vorübergang rasch bewegter Fixsterne in geeigneter Entfernung hervorgerufen werden. Treten diese Impulse selten genug auf, so hat der Trabant, kurze Periodendauer vorausgesetzt, genügend Zeit, um eine größere Anzahl ungestörter Umläufe zu vollenden, ehe durch Superposition der Impulse eine merkliche Veränderung des Bahnbildes eingetreten ist. Anders bei langer Periodendauer. Hier superponieren sich bereits während einer einzigen Periode die Störungsimpulse, so daß der stationäre Charakter der Bahn wenig oder garnicht in Erscheinung tritt.

Es sind also — um nochmals zusammenzufassen — die folgenden Eigenarten bei der Behandlung konkreter Probleme in Rücksicht zu ziehen: Wohl ist es physikalisch unausführbar, die Bedingungen zu realisieren, welche auf streng periodische Lösungen des Dreikörperproblems führen; dennoch existieren gewisse Lösungen, die in konkret-physikalischem Sinn als stationär zu bezeichnen sind. Als stationär treten diejenigen periodischen Lösungen in Erscheinung, welche Librationscharakter besitzen und zwar umso deutlicher, je kleiner der charakteristische Exponent, absolut genommen, ist. Die in unserem Problem zu erwartenden äußeren Störungen zufälliger Art bewirken eine weitere Auswahl unter diesen Lösungen, in dem Sinne, daß die periodischen Bahnen mit umso größerer Wahrscheinlichkeit zustande kommen, je geringer die Maximalentfernung der unendlich kleinen Masse von den beiden endlichen Massen und je kleiner die Dauer der Bahnperiode ist.

Kapitel III.

Der Kopenhagener Spezialfall des restringierten Dreikörperproblems.

Die Verteilung der wichtigsten periodischen Lösungen des restringierten Dreikörperproblems soll für den Fall gleicher

Massen diskutiert werden. Quantitativ gelten die erlangten Resultate selbstredend nur für das angenommene Massenverhältnis, qualitativ aber bleibt ihre Gültigkeit innerhalb eines gewissen Intervalls erhalten, wie dies aus einem Satze von F. R. Moulton³⁶⁾ hervorgeht. Die numerische Erfahrung zeigt außerdem, daß dieses Gültigkeitsintervall ganz beträchtlich groß sein kann. Vergleichen wir nämlich die von G. H. Darwin³⁷⁾ für ein Massenverhältnis $m_2/m_1 = 1/10$ gerechneten periodischen Bahnen mit den Strömgrenschen Bahngruppen³⁸⁾ ($m_2/m_1 = 1$), so finden wir qualitativ vollständige Übereinstimmung. Aus dieser Tatsache heraus rechtfertigt sich die weitgehende Spezialisierung unserer Aufgabe. Die Wahl des Massenverhältnisses $m_2/m_1 = 1$ empfiehlt sich ganz besonders, weil dieser Fall wie kein anderer zusammenhängend untersucht worden ist. Seit etwa 30 Jahren sind an der Sternwarte Kopenhagen, zuerst von T. N. Thiele angeregt, später unter der Führung von C. Burrau und E. Strömgren erfolgreiche Nachforschungen nach periodischen Bahnen angestellt worden. Berücksichtigt man den großen Zahlenverbrauch, der jeder Auffindung einer periodischen Lösung vorausgeht, und bedenkt man, daß dieser Verbrauch mit wachsender Kompliziertheit der Lösung ganz unverhältnismäßig zunimmt, so dürfte es wohl verständlich erscheinen, wenn uns bisher erst die einfachsten der periodischen Bahnen bekannt geworden sind.

Wir legen aus den S. 46 ausgeführten Gründen ein gleichförmig rotierendes Koordinatensystem zugrunde. Über die Einheiten der Länge, Zeit und Masse verfügen wir derart, daß die mittlere Bewegung der endlichen Massen im festen Koordinatensystem, oder was dasselbe ist, die mittlere Be-

36) F. R. Moulton, *Periodic Orbits.* Carnegie Instit. Publ. **161.** 487. 1920.

37) G. H. Darwin, *Acta math.* **21.** 99–242. 1897.

38) E. Strömgren, *Kop. Publ.* **39.** 1922.

wegung des rotierenden Koordinatensystems gleich 1, die endlichen Massen $m_1 = m_2 = 1$, der Abstand dieser Massen vom Schwerpunkt $P_1S = P_2S = 1$ gesetzt wird. Der Abstand der Massen P_1 und P_2 ist dann gleich 2, die Quadrate der Entfernungen PP_1 bzw. PP_2 schreiben sich

$$r_1^2 = (\xi - 1)^2 + \eta^2$$

$$r_2^2 = (\xi + 1)^2 + \eta^2$$

sodaß die Bewegungsgleichungen im rotierenden Koordinatensystem die Form annehmen:

$$\ddot{\xi} - 2\dot{\eta} - \xi = -4 \left(\frac{\xi - 1}{r_1^3} + \frac{\xi + 1}{r_2^3} \right)$$

$$\ddot{\eta} + 2\dot{\xi} - \eta = -4 \left(\frac{\eta}{r_1^3} + \frac{\eta}{r_2^3} \right)$$

diese Gleichungen besitzen das Jacobische Integral

$$\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2 - \xi^2 - \eta^2 = 8 \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) - K$$

mit der willkürlichen Konstanten K , der sog. Jacobischen Konstanten. Entsprechend den eingangs aufgestellten Grenzfällen periodischer Lösungen ergaben sich für Strömgren³⁹⁾ die folgenden Gruppen periodischer Bahnen

- a. Periodische Bahnen um den Librationspunkt L_2 .
- b. Periodische Bahnen um den Librationspunkt L_3 .
- c. Periodische Bahnen um den Librationspunkt L_1 .
- d. Periodische Bahnen um den Librationspunkt L_4 .
- e. Periodische Bahnen um den Librationspunkt L_5 .
- f. Retrograde periodische Bahnen um die Masse m_2 .
- g. Direkte periodische Bahnen um die Masse m_2 .
- h. Retrograde periodische Bahnen um die Masse m_1 .
- i. Direkte periodische Bahnen um die Masse m_1 .
- k. Direkte periodische Bahnen um beide endlichen Massen.
- l. Retrograde periodische Bahnen um beide endlichen Massen, (Bewegung im absoluten Koordinatensystem direkt).

39) E. Strömgren, *Tre aartier celest mekanik* 34.

- m. Retrograde periodische Bahnen um beide endlichen Massen, (Bewegung im absoluten Koordinatensystem retrograd).
- n. Retrograde periodische Bahnen um den Librationspunkt L_1 (zur η -Achse unsymmetrisch).
- o, p, q, r, s, . . . Periodische Bahnen von komplizierterem Charakter.

Die Kopenhagener Untersuchungen sind hauptsächlich in den Astronomischen Nachrichten erschienen, in späterer Zeit auch zugleich in den Publikationer og mindre Meddelelser fra Københavns Observatorium. Eine zusammenfassende Darstellung hat E. Strömghren gelegentlich des inter-skandinavischen Mathematikerkongresses in Helsingfors⁴⁰⁾ gegeben; auch in der Kopenhagener Universitätsfestschrift vom November 1923⁴¹⁾ widmet Strömghren das Hauptkapitel den Untersuchungen über das Dreikörperproblem. In den beiden letzteren hauptsächlich referierenden Charakter tragenden Arbeiten sind die aufgefundenen periodischen Bahnen durch viele Zeichnungen anschaulich gemacht, während bezüglich der Zahlenangaben auf die Originalarbeiten zurückgegriffen werden muß. Die Kopenhagener Bahnen werden durchweg, nachdem $\eta_0 = 0$ gesetzt wurde, durch Angabe der Werte ξ_0 und K charakterisiert. Für unsere Zwecke erschien es ratsamer, anstelle der Jacobischen Konstanten K die Geschwindigkeit im Moment des Durchganges durch die ξ -Achse zu wählen. Da alle periodischen Bahnen um Punkte der ξ -Achse (Bahnen um L_1, L_2, L_3, m_1, m_2) symmetrisch zur ξ -Achse liegen, so schneidet die Bahnkurve die ξ -Achse senkrecht, sofern nur der Schnittpunkt kein Knotenpunkt der Kurve ist. Es ist also, außer an den singulären Stellen, $\dot{\xi}_0 = 0$. Wir charakterisieren daher die periodischen Bahnen durch Angabe der

40) E. Strömghren, Kop. Publ. **39**. 1922.

41) E. Strömghren, Tre aartier celest mekanik, 29—50. 1923.

Werte $\xi_0, \dot{\eta}_0$. Die Anfangsgeschwindigkeit $\dot{\eta}_0$ ergibt sich aus dem Jacobischen Integral, indem

$$\dot{\eta}_0^2 = \Xi - K$$

Hierin ist Ξ lediglich von ξ_0 abhängig und zwar ist

$$\begin{aligned} \text{für } |\xi_0| < 1 & \quad \Xi = \xi_0^2 + \frac{16}{1 - \xi_0^2} \\ \text{für } |\xi_0| > 1 & \quad \Xi = \xi_0^2 + \frac{16}{\xi_0^2 - 1} \end{aligned}$$

Über das Vorzeichen von $\dot{\eta}_0$ geben die Zeichnungen der Kopenhagener Publikationen Auskunft. Die numerische Rechnung ist im Allgemeinen nur bei denjenigen Gruppen durchgeführt worden, bei denen das Zahlenmaterial für eine Diskussion ausreichte. In den folgenden Tabellen ist die zweite und dritte Spalte direkt den Kopenhagener Originalarbeiten entnommen oder durch Interpolation bestimmt worden. ξ_0 bezeichnet den Abstand der Anfangsstellung vom Schwerpunkt S des Systems, K die Jacobische Konstante. Da die hier untersuchten periodischen Bahnen die ξ -Achse zweimal schneiden, so ergeben sich für jede Kopenhagener Lösung zwei im Allgemeinen von einander verschiedene Werte ξ_0 . Um die Zugehörigkeit der Werte zu derselben periodischen Bahn anzudeuten, enthält die erste Spalte eine entsprechende Numerierung. Die kleinen Buchstaben weisen auf die Gruppe, die Ziffern auf die Bahn hin. Die vierte Spalte enthält den errechneten Wert der Anfangsgeschwindigkeit $\dot{\eta}_0$. In den letzten Spalten sind Bemerkungen aufgenommen worden über den Charakter der betreffenden Bahn. Burrau und Strömgren haben ihre Bahngruppen zunächst stets bis zu der periodischen Ejektionsbahn verfolgt und dieselbe als Abschluß der Gruppe verwandt. Praktisch lassen sich diese Ejektionsbahnen schon aus dem Grunde nicht realisieren, weil die beiden endlichen Massen in der Natur nicht punktförmig konzentriert sind. In der Tafel II habe ich die Resultate der numerischen Rechnung für einige Bahngruppen graphisch wiedergegeben.

Gruppe a
Periodische Bahnen um L_2

Bahn	ξ_0	K	$\dot{\eta}_0$	Bemerkungen
a,3	+ 1.0000	9.0112	+ ∞	Ejektionsbahn
a,2	+ 2.0000	13.1900	+ 1.2152	Lagrangesche Lösung
a,1	+ 2.39681	13.8272	0.0000	
a,2	+ 2.7425	13.1900	- 1.0297	
a,3	+ 4.0079	9.0112	- 3.3629	Ejektionsbahn

Literatur:

C. Burrau, A. N. **135**. 233–240. 1894.

A. N. **136**. 161–174. 1894.

T. N. Thiele, A. N. **138**. 1–10. 1895.

Gruppe b
Periodische Bahnen um L_3

Bahn	ξ_0	K	$\dot{\eta}_0$	Bemerkungen
b,3	- 1.0000	9.0112	- ∞	Ejektionsbahn
b,2	- 2.0000	13.1900	- 1.2152	Lagrangesche Lösung
b,1	- 2.39681	13.8272	0.0000	
b,2	- 2.74252	13.1900	+ 1.0297	
b,3	- 4.0079	9.0112	+ 3.3629	Ejektionsbahn

Literatur:

wie bei Gruppe a.

Gruppe c
Periodische Bahnen um L_1

Bahn	ξ_0	K	$\dot{\eta}_0$	Bemerkungen
c,2	+ 1.0000	8.7316	- ∞	Doppel-Ejektionsbahn
c,1	0.0000	16	0.0000	Lagrangesche Lösung
c,2	- 1.0000	8.7316	+ ∞	Doppel-Ejektionsbahn

Literatur:

C. Burrau u. E. Strömghren, A. N. **197**. 273–286. 1914.

Gruppe d
Periodische Bahnen um L_4

Gruppe e
Periodische Bahnen um L_5

Die periodischen Bahnen der Gruppen d und e schneiden nur in Ausnahmefällen die ξ -Achse senkrecht.

Literatur:

F. R. Moulton, Carnegie Inst. Publ. **161**. 507–510. 1920.

E. Strömghren, Kop. Publ. **39**. 13–15. 1922.

Gruppe f
Retrograde periodische Bahnen um m_2

Bahn	ξ_0	K	$\dot{\eta}_0$	Bemerkungen	
f,9	- 1.0000	7.1776	+ ∞	Ejektionsbahn	
f,8	- 0.9710	7.7233	+ 16.529		
f,7	- 0.5885	4.191	+ 4.5423		
f,6	+ 0.0707	5.4009	+ 3.2688		
f,5	+ 0.6040	12.5	+ 3.6132		
f,4	+ 0.8076	24	+ 4.7601		
f,3	+ 0.9334	64	+ 7.8184		
f,2	+ 0.9796	200	+ 14.039		
f,1	+ 1.0000	∞	+ ∞		Grenzlösung für $r_2 = 0$
f,2	+ 1.0202	200	- 14.17		
f,3	+ 1.0664	64	- 7.8415		
f,4	+ 1.1920	24	- 4.7682		
f,5	+ 1.4020	12.5	- 3.5632		
f,6	+ 2.0395	5.4009	- 3.0144		
f,7	+ 3.3403	4.191	- 3.4968		
f,8	+ 4.5218	7.7233	- 4.0551		
f,9	+ 4.6475	7.1776	- 4.2464	Ejektionsbahn	

Literatur:

- C. Burrau u. E. Strömgen, A. N. **202**. 185-200. 1916.
J. Fischer-Petersen, A. N. **202**. 201-204. 1916.

Gruppe g
Direkte periodische Bahnen um m_2

Bahn	ξ_0	K	$\dot{\eta}_0$	Bemerkungen		
g,7	+ 1.0000	13.9442	+ ∞	Ejektionsbahn		
g,6	+ 1.1983	15.3485	+ 5.4834			
g,5	+ 1.4287	14.955	+ 3.0069			
g,4	+ 1.2329	24	+ 3.9307			
g,3	+ 1.0677	64	+ 7.6920			
g,2	+ 1.0204	200	+ 14.042			
g,1	+ 1.0000	∞	+ ∞		Grenzlösung für $r_2 = 0$	
g,2	+ 0.9794	200	- 13.9053			
g,3	+ 0.9305	64	- 7.4922			
g,4	+ 0.7648	24	- 3.8900			
g,5	+ 0.3624	14.955	- 1.8962			
g,6	+ 0.1896	15.3485	- 1.1332			
g,7	+ 0.1620	13.9442	- 1.5852			Ejektionsbahn

Literatur:

- C. Burrau u. E. Strömgen, A. N. **200**. 313-330. 1915.
J. Fischer-Petersen, A. N. **200**. 385-404. 1915.

Gruppe h
Retrograde periodische Bahnen um m_1

Bahn	ξ_0	K	η_0	Bemerkungen	
h,9	+ 1.0000	7.1776	- ∞	Ejektionsbahn	
h,8	+ 0.9710	7.7233	- 16.529		
h,7	+ 0.5885	4.191	- 4.5423		
h,6	- 0.0707	5.4009	- 3.2688		
h,5	- 0.6040	12.5	- 3.6132		
h,4	- 0.8076	24	- 4.7601		
h,3	- 0.9334	64	- 7.8184		
h,2	- 0.9796	200	- 14.039		
h,1	- 1.0000	∞	+ ∞		Grenzlösung für $r_1 = 0$
h,2	- 1.0202	200	+ 14.17		
h,3	- 1.0664	64	+ 7.8415		
h,4	- 1.1920	24	+ 4.7682		
h,5	- 1.4020	12.5	+ 3.5632		
h,6	- 2.0395	5.4009	+ 3.0144		
h,7	- 3.3403	4.191	+ 3.4968		
h,8	- 4.5218	7.7233	+ 4.0551		
h,9	- 4.6475	7.1776	+ 4.2464	Ejektionsbahn	

Literatur:
wie bei Gruppe f.

Gruppe i
Direkte periodische Bahnen um m_1

Bahn	ξ_0	K	η_0	Bemerkungen	
i,7	- 1.0000	13.9442	- ∞	Ejektionsbahn	
i,6	- 1.1983	15.3485	- 5.4834		
i,5	- 1.4287	14.955	- 3.0069		
i,4	- 1.2329	24	- 3.9307		
i,3	- 1.0677	64	- 7.6920		
i,2	- 1.0204	200	- 14.042		
i,1	- 1.0000	∞	+ ∞		Grenzlösung für $r_1 = 0$
i,2	- 0.9794	200	+ 13.9053		
i,3	- 0.9305	64	+ 7.4922		
i,4	- 0.7648	24	+ 3.8900		
i,5	- 0.3624	14.955	+ 1.8962		
i,6	- 0.1896	15.3485	+ 1.1332		
i,7	- 0.1620	13.9442	+ 1.5852		
				Ejektionsbahn	

Literatur:
wie bei Gruppe g.

Gruppe k
Direkte periodische Bahnen um beide Massen

Bahn	ξ_0	K	$\dot{\eta}_0$	Bemerkungen
k,6	+ 1.0000	13.6763	+ ∞	Doppel-Ejektionsbahn
k,5	+ 1.0008	13.968	+ 100.8	
k,4	+ 1.0050	14.2086	+ 39.65	
k,3	+ 1.0454	14.4795	+ 12.914	
k,2	+ 1.1276	13.2868	+ 7.3787	
k,1	+ 1.1276	11.8055	+ 7.4784	
k,1	- 1.1276	11.8055	- 7.4784	Doppel-Ejektionsbahn
k,2	- 1.1276	13.2868	- 7.3787	
k,3	- 1.0454	14.4795	- 12.914	
k,4	- 1.0050	14.2086	- 39.65	
k,5	- 1.0008	13.968	- 100.8	
k,6	- 1.0000	13.6763	- ∞	

Literatur:

C. Burrau u. E. Strömgnren A. N. **203**. 277—284. 1917.K. Lous, A. N. **209**. 241—254. 1919.

Gruppe l
Retrograde periodische Bahnen um beide Massen

Bahn	ξ_0	K	$\dot{\eta}_0$	Bemerkungen
l,5	+ 5.0321	14.4361	- 3.7678	
l,4	+ 3.5638	12.6082	- 2.2283	
l,3	+ 3.5532	11.7672	- 2.3976	
l,2	+ 3.5940	11.3066	- 2.5371	
l,1	+ 3.6276	11.1349	- 2.6072	
l,1	- 3.6276	11.1349	+ 2.6072	
l,2	- 3.5940	11.3066	+ 2.5371	
l,3	- 3.5532	11.7672	+ 2.3976	
l,4	- 3.5638	12.6082	+ 2.2283	
l,5	- 5.0321	14.4361	+ 3.7678	

Literatur:

E. Strömgnren u. J. Fischer-Petersen, A. N. **207**. 289—298. 1918.F. R. Moulton, Amer. Math. Soc. Transact. **3** 96—108.P. Pedersen, A. N. **207**. 297—304. 1918.

Gruppe m

Retrograde periodische Bahnen um beide Massen

Literatur:

E. Strömngren, *Kop. Publ.* **39**. 21. 1922.

F. R. Moulton, *Amer. Math. Soc. Transact.* **3**. 96—108.

P. Pedersen, *A. N.* **207**. 297—304. 1918.

H. Samter, *A. N.* **220**. 161—166. 1924.

Gruppe n

Retrograde periodische Bahnen um den Librationspunkt L_1

Literatur:

E. Strömngren u. J. Fischer-Petersen, *A. N.* **203**. 411—424. 1916.

Kapitel IV.

Über die Diskussion des Schwerefeldes im Kopenhagener Dreikörperproblem.

Es ist bisher noch von keiner Seite der Beweis erbracht worden, daß mit den im vorigen Kapitel aufgeführten Lösungen die Zahl der Gruppen periodischer Bahnen einfachster Art erschöpft ist. Die unerwartete Auffindung der Gruppe n durch E. Strömngren und J. Fischer-Petersen⁴²⁾ legt den Gedanken nahe, daß noch weitere derartige Bahngruppen existieren. Die Diskussion dieser Frage soll einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben. Soviel aber läßt sich schon übersehen, daß, wenn überhaupt noch weitere Bahngruppen dieser Art existieren sollten, die weitere Ausbeute an periodischen Bahnen, die sich bereits nach einem einzigen Umlauf wieder schließen, sehr gering sein wird.

Bahnen, welche unsymmetrisch zur ξ -Achse liegen, erhalten wir, wenn wir von den Lagrangeschen Dreieckspunkten L_4 und L_5 ausgehen. Strömngren hat diesen Fall nicht untersucht⁴³⁾, weil unendlich kleine Librationen um die Lagrangeschen Punkte L_4 und L_5 nur für Massenverhältnisse m_2/m_1

42) E. Strömngren u. J. Fischer-Petersen, *A. N.* **203**. 411—424. 1916.

43) E. Strömngren, *Kop. Publ.* **39**. 13—15. 1922.

< 0.0401 existieren⁴⁴⁾, endliche Librationen also zunächst auch nur für kleine Werte von m_2/m_1 , nicht aber für $m_2/m_1 = 1$ zu erwarten waren. Neuerdings hat allerdings F. R. Moulton⁴⁵⁾ eine Reihe periodischer Bahnen um L_4 bzw. L_5 unter der Voraussetzung $m_2 = m_1$ gerechnet. Wie der Widerspruch zwischen der Nichtexistenz unendlich kleiner Librationen für $m_2 = m_1$ und dem Auftreten endlicher Librationen in demselben Fall zu erklären ist, ist zunächst noch ein ungelöstes Problem. Nehmen wir an, daß die Moultonschen Bahnen zu Recht bestehen, so wäre damit die Existenz von Bahnen, die unsymmetrisch zur ξ -Achse liegen, erwiesen. Ob noch weitere derartige Bahngruppen vorhanden sind, läßt sich ohne eingehende Untersuchungen nicht entscheiden. Ich halte freilich die Existenz einer größeren Anzahl periodischer, zur ξ -Achse unsymmetrischer Bahngruppen für sehr unwahrscheinlich. Für uns kommen sie auch schon aus dem Grunde nicht in Betracht, weil, wenn die Kurven überhaupt Schnittpunkte mit der ξ -Achse gemein haben, die Bewegungsrichtung beim Durchgang durch diese Achse nur in Ausnahmefällen senkrecht darauf stehen wird.

Als Fortsetzung der Bahngruppen über die Ejektionsbahnen hinaus hat Strömgrén Bahnen von komplizierterem Charakter aufgefunden. Die Spitze der periodischen Ejektionsbahn geht jenseit derselben in eine Schleife um die kritische Masse über. Derartige Bahnen besitzen auf der ξ -Achse einen Knotenpunkt, in welchem die beiden Geschwindigkeitsvektoren nicht mehr senkrecht auf der ξ -Achse stehen. Auch Darwin⁴⁶⁾ hat eine Gruppe von Schleifenbahnen entdeckt, die ∞ -Bahnen um m_2 und L_2 bzw. um m_1 und L_3 , welche von Strömgrén⁴⁷⁾ in seiner Zusammenstellung als Gruppen p und q aufgeführt werden.

44) C. L. Charlier, *Mechanik des Himmels* 2. 122. Leipzig 1907.

45) F. R. Moulton, *Carnegie Inst. Publ.* 161. 507–510. 1920.

46) G. H. Darwin, *Acta math.* 21. 99–242. 1897.

47) E. Strömgrén, *Tre aartier celest mekanik.* 34. 1923.

Diese Bemerkungen zeigen einen Weg, auf welchem die vollständige Diskussion des Schwerfeldes erfolgen könnte. Praktisch ist dieser Weg freilich nicht begehbar wegen des schier unerschöpflichen Reichtums an periodischen Lösungen. Auch verursacht die Aufsuchung von periodischen Bahnen mit mehreren Knotenpunkten derart umfängliche Rechnungen, daß die Entdeckung neuer periodischer Bahnen mit wachsender Zahl der Knotenpunkte immer unwahrscheinlicher wird.

Das Interesse an einer vollständigen Diskussion aller mathematisch möglichen stationären Zustände ist aber in Wirklichkeit nur gering. Im Gegenteil würden durch eine vollständige Diskussion die tatsächlichen Verhältnisse nur verschleiert werden. Wie wir im zweiten Kapitel gesehen haben, sind es lediglich die kürzer periodischen Lösungen von möglichst einfachem Verlauf, welche als stationäre Zustände astronomische Bedeutung erlangen können. Die Resultate der Kopenhagener Untersuchungen bilden daher, in der Form wie sie Tafel II gibt, eine geeignete Grundlage für die Diskussion der Bahnverhältnisse im restringierten Dreikörperproblem. Wenn auch das Bild durch die bisher nicht entdeckten Bahngruppen noch vielgestaltiger werden wird, so gestattet doch auch schon das geringe zur Verfügung stehende Material einen Einblick in die Eigenschaften des Schwerfeldes.

Das wichtigste Resultat dieser Diskussion des Schwerfeldes, das wir unmittelbar aus der Tafel II ablesen können, ist das folgende: Jeder Punkt der ξ -Achse kann als Ausgangspunkt einer stationären Lösung gewählt werden. Mit Rücksicht auf die mit wachsender Entfernung vom Schwerpunkt immer schwächer werdende mechanische Bindung kommt praktisch nur ein gewisses endliches Stück der ξ -Achse zu beiden Seiten des Schwerpunktes in Frage. In soweit besteht also Übereinstimmung mit den Verhältnissen beim Zweikörperproblem. Während wir aber beim Zweikörperproblem auch die einem bestimmten Werte ξ_0 zuzu-

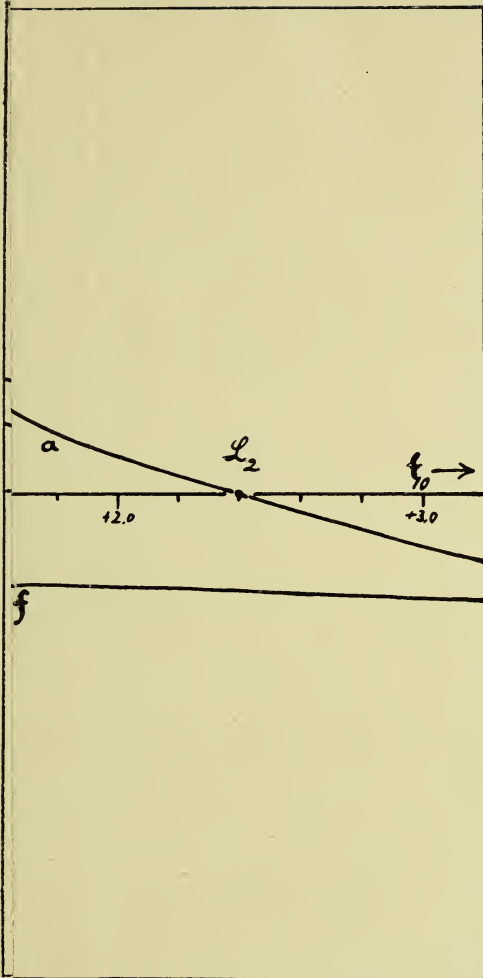
ordnende Anfangsgeschwindigkeit $\dot{\eta}_0$ innerhalb weiter Grenzen stetig variieren dürfen, ohne daß die Bewegung aufhört stationär zu sein, ist dies in dem hier betrachteten restringierten Dreikörperproblem nicht mehr möglich. Vielmehr sind hier, zu einem bestimmten Werte ξ_0 gehörig, nur gewisse isolierte Geschwindigkeitsbeträge $\dot{\eta}_0$ zulässig. Variieren wir die als Parameter aufzufassende Größe ξ_0 stetig, so ergibt sich ein Kurvengitter, analog dem in Tafel II gezeichneten.

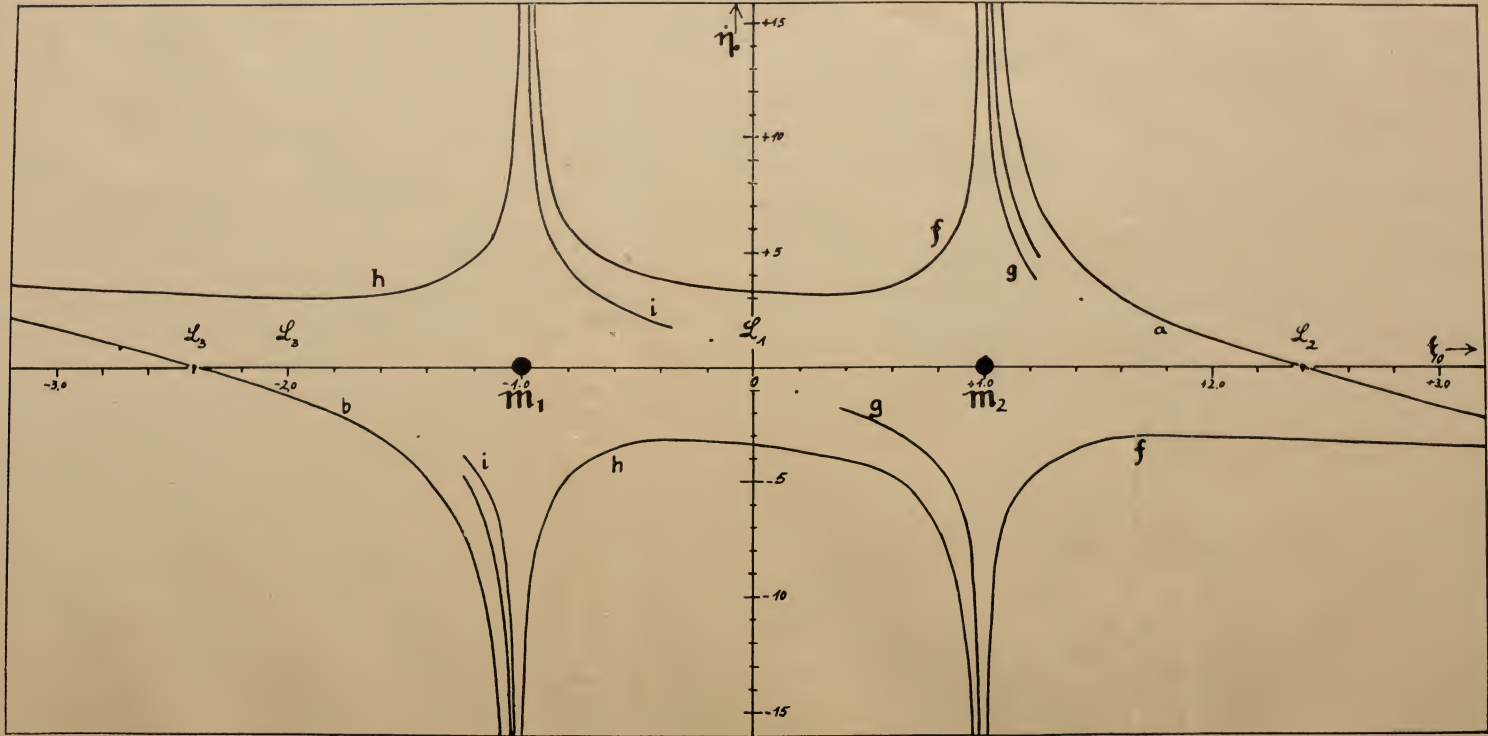
Zusammenfassung.

Zum Schluß sollen die wichtigsten Punkte der vorliegenden Untersuchung nochmals herausgehoben werden. Wir hatten gesehen, daß die klassischen, auf Lagrange und Laplace gegründeten Methoden der Himmelsmechanik versagen, sobald wir ein anschauliches Bild von den charakteristischen Eigenschaften des Schwerefeldes astronomischer Probleme verlangen. Sie in diesem Punkte zu ersetzen bzw. zu ergänzen, erscheinen diejenigen Methoden als geeignet, welche in der Aufsuchung der periodischen Lösungen des Problems bestehen. Aus der großen Zahl der periodischen Lösungen lassen sich diejenigen aussondern, die auf Grund ihrer Stabilitätseigenschaften besondere Beachtung verdienen. Die ausgezeichneten Lösungen gehorchen den folgenden Bedingungen.

1. Die periodische Bahn muß Librationscharakter besitzen, oder, genauer ausgedrückt, die einer streng periodischen Lösung anfänglich benachbarten Bahnkurven müssen während gehörig langer Zeit ganz innerhalb eines schmalen Librationsstreifens zu beiden Seiten der periodischen Bahn liegen;
2. Die periodische Bahn darf die Grenze eines bestimmt zu definierenden Wirkungsbereiches nirgends überschreiten;
3. Die Periode der Bahn muß unterhalb einer gewissen Größe liegen.

Tafel II





Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so stellt die Bahn einen in physikalischem Sinne stationären Zustand vor. Je kleiner der charakteristische Koeffizient der Librationsbahn, je kleiner die Maximalentfernung des Trabanten von den endlichen Massen und je kürzer die Umlaufperiode ist, umso eher steht zu erwarten, daß der stationäre Zustand realisiert wird. Aus diesen Eigenschaften folgt eine sehr wesentliche Verkürzung der Diskussion des Schwerefeldes: Es genügt, wenn wir die kurzperiodischen Lösungen des Problems aufsuchen. Unter der Annahme gleicher Massen ist diese Diskussion bei dem restringierten Problem der drei Körper im Wesentlichen durch die numerischen Untersuchungen der Kopenhagener Sternwarte geleistet.

Diese Resultate unterscheiden sich in sehr wesentlichen Punkten von den Ergebnissen der klassischen Himmelsmechanik, die in dem Stabilitätsbeweise von Laplace gipfelte. Es sollten uns diese Differenzen zu großer Vorsicht bei der Verwendung der klassischen Methoden veranlassen, zu größter Vorsicht aber bei der Übertragung der astronomischen Störungstheorie auf die Probleme der Atomphysik. Positive Vorschläge für die Behandlung atomarer Probleme zu machen, Vorschläge zur Wiederholung der fehlgeschlagenen Versuche Borns mit den in der vorliegenden Untersuchung skizzierten Methoden, wäre nach meiner Ansicht verfrüht; denn noch ist die Bohrsche Atomtheorie weit von dem Punkte entfernt, wo sie bis in die entscheidenden Einzelheiten Gegenstand der exakten Forschung sein könnte.

1924 Januar.

Berichtigung: In Tafel II ist der bei der Abszisse — 2.0 stehende Buchstabe L_3 zu streichen.

Beitrag zur Libellen-Fauna Pommerns.

Von Gerhard Joecks, Stettin.

Für die vorliegende Arbeit wurde das Libellenmaterial des Stettiner Naturwissenschaftlichen Museums benutzt, das ich vor etwa 2 Jahren während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter an diesem Institut kennen lernte. Die wenigen Angaben über pommersche Libellen, die ich in der entomologischen Literatur vorfand, ließ ich unberücksichtigt. Besondere Sorgfalt wurde auf die Angaben über Zeit und Ort des Vorkommens der einzelnen Arten verwendet, doch mußte ich mich bei einer Anzahl von älteren Stücken aus der Sammlung mit der Angabe „Pommern“ begnügen.

Die Bestimmung der Arten habe ich nach Ris, Odonata (Süßwasserfauna Deutschl. v. Brauer 1909) vorgenommen. Zu Rate gezogen wurden ferner Ris, Libellulinen (Coll. zool. Selys-Longchamps 1909–12); Martin Cordulires (Ebd. 1906) u. Aeschnines (Ebd. 1908–09) sowie Selys-Longchamps u. Hagen, Revue des Odonates 1850. Die systematische Anordnung habe ich ebenfalls Ris, Odonatas entlehnt.

Calopterygidae.

1. *Calopteryx virgo* L. Pommern; 30. 5. 11 Falkenwalde (Noack); Arnimswalde; Gollnow (Lüderwaldt). Greifswald, Wolgast.
2. — *splendens* Harris. Pommern; Buchheide; 21. 5. 16 Gartz a. d. O., 12. 6. 16 Colbatz u. 9. 10. 16 Barnsee b. Polchow (Prof. Krüger); 5. 6. 21 Greifenhagen (O. Richter); Stolp (O. Karl). Wolgast.

Agrionidae-Lestinae.

3. *Lestes fuscus* Vanderl. Pommern; Stettin (Krüger); 22. 4. 188? Altdamm (Hermes).
4. — *barbarus* Fabr. Pommern.
5. — *viridis* Vanderl. Pommern.

6. — *dryas* Kirby. Pommern; Stettin (Krüger); Heidebrink (G. Schröder); Juli 1914 Zempin (Henry). Greifswald (Gerstäcker).
7. — *sponsa* Hansem. Pommern; Stettin (Krüger); 31. 7. u. 16. 8. 22 Stettin-Eckerberg (Joecks); 9. 7. 21 Julo u. 12. 7. 21 Wolfshorst (Richter); 20. 7. 08 Carpin (E. Schmidt); Juli 1914 Zempin (Henry). Rügen, Stettin, Greifswald (Gerstäcker).

Agrioninae.

8. *Platycnemis pennipes* Pall. 6. 6. 16 Stettin u. 12. 6. 16 Colbatz (Krüger); 5. 6. 21 Greifenhagen (Richter).
9. *Nehalennia speciosa* Charp. Pommern; Stettin (Krüger).
10. *Ischnura elegans* Vanderl. Stettin und Umgegend. Greifswald.)
11. *Enallagma cyathigerum* Charp. Mai—August bei Stettin (Krüger, Ule, Joecks); 16. 5. 15. Grambow (Noack); Juli 1921 Wolfshorst (Richter). Rügen, Greifswald (Gerstäcker).
12. *Agrion pulchellum* Vanderl. Stettin (Krüger, Schmidt, Joecks); 16. 5. 21 u. 12. 7. 21 Wolfshorst (Richter); 21. 5. 21 Gartz a. d. O. (Krüger). Greifswald.
13. — *hastulatum* Charp. Stettin u. Buchheide (Krüger); 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter, Ule). Rügen, Greifswald (Gerstäcker).
14. — *lunulatum* Charp. Pommern; 16. 5. 11 Stettin-Sandsee. (Schmidt). Greifswald (Wachholz).
15. — *puella*, L. Im Juni bei Stettin u. Messenthin (Krüger, Joecks); 9. 6. 188? Altdamm (Hermes); 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter); 21. 5. 21. Gartz a. d. O. (Krüger). Greifswald (Gerstäcker).
16. *Erythromma najas* Hansen. Pommern; 5. 6. 16 Stettin (Krüger); 16. 5. 21 Wolfshorst (Ule). Greifswald (Gerstäcker).

17. *Pyrrhosoma nymphula* Sulzer. Pommern; Stettin (Krüger); 15. 5. 21 Hohenlesse (Ule); 13. 5. 21 Misdroy-Jordensee (Joecks); Stolp (Karl). Greifswald (Gerstäcker).

Aeschnidae-Gomphinae.

18. *Gomphus flavipes* Charp. Stettin; 15. 5. 17 Stettin-Braunsfelde (Hahne).
 19. — *vulgatissimus* L. Stettin (Krüger); 25. 5. 21 Buchheide (Ule); Stolp (Karl).
 20. *Ophiogomphus serpentinus* Charp. Stettin (Krüger); Stolp (Karl). Danzig (Siebold).

Aeschninae.

21. *Brachytron hafniense* Müll. Stettin; 1. 6. 22 Julo (Joecks); 9. 6. 18 Barmsee (Krüger); 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter); 17. 5. 21 Gothensee a. Usedom (Krüger). Greifswald (Gerstäcker).
 22. *Aeschna grandis* L. Stettin. Greifswald.
 23. — *viridis* Eversm. Stettin; 12. 7. 21 Wolfshorst (Richter). Greifswald.
 24. — *juncea* L. Stettin; 5. 8. 22 Stettin-Sandsee (Joecks). Greifswald.
 25. — *mixta* Latr. Stettin; August 1922 Stettin u. 26. 7. 14 Zempin (Henry). Greifswald.
 26. — *cyanea* Müller. Stettin; Gollnow (Lüderwaldt). Greifswald.
 27. — *isosceles* Müller. Stettin; 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter). Greifswald.
 28. *Anax parthenope* Selys. Buchheide.

Libellulidae-Cordulinae.

29. *Epitheca bimaculata* Charp. Stettin (Krüger).
 30. *Somatochlora metallica* Vanderl. 25. 5. 21 Buchheide (Noack). Rieshof.

31. — *flavomaculata* Vanderl. 10. 6. 21 Stettin (Joecks); Reishof 17. 7. 21 Buchheide (Richter); 28. 7. 14 Zempin (Henry).
32. *Cordulia aenea* L. 16. 5. 15 Grambow (Noack); 15. 5. 21 Hohenleese (Ule); 1. 6. 22. Julo (Joecks); 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter). Greifswald (Gerstäcker) Wolgast.

Libellulinae.

33. *Orthetrum cancellatum* L. Pommern; Stettin (Krüger) Juli 1914 Zempin (Henry). Wolgast.
34. *Libellula quadrimaculata* L. Pommern; 5. 5. 21 Stettin-Warsow (Ule); 1. 6. 22 Julo (Joecks); 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter); Juli 1914 Zempin (Henry). Greifswald.
35. — *fulva* Müller. Buchheide (Krüger); 5. 6. 21. Greifenhagen (Richter).
36. — *depressa* L. Stettin; 5. 6. 22 Wolfshorst (Richter). Greifswald.
37. *Sympetrum striolatum* Charp. 5. 9. 22 Stettin-Eckerberg (Joecks). Von dieser Art habe ich bisher nur ♀ gefangen. Unter den im Museum befindlichen, von mir durchbestimmten Stücken habe ich *S. striolatum* nicht gefunden. Sie scheint seltener zu sein wie die folgende Art.
38. *Sympetrum vulgatum* L. Pommern; im August u. September bei Stettin (Krüger, Joecks); 12. u. 31. 7. 21 Wolfshorst (Richter); 31. 7. 1892 u. 10. 9. 93 Gollnow (Lüderwaldt); Heidebrink (Schröder); Juli 1914 Zempin (Henry). Greifswald.
39. — *Fonscolombei* Selys. Pommern.
40. — *flaveolum* L. Pommern; Stettin (Krüger); 31. 7. 92, 10. 9. 93 u. 2. 8. 96 Gollnow (Lüderwaldt); Juli 1914 Zempin (Henry). Greifswald.
41. — *pedemontanum* All. 1 ♂^x am 15. 8. 188? Altdamm (Hermes).

42. — *sanguineum* Müll. Pommern; Stettin (Krüger); 23. 7. 93 Gollnow (Lüderwaldt).
43. — *danae* Sulzer. Pommern; Stettin (Krüger); Gollnow (Lüderwaldt); 27. 7. 14 Zempin (Henry); Kolberg. Greifswald.
44. *Leucorrhinia caudalis* Charp. Pommern.
— var. ♀ *apicalis* Selys. 6. 6. 14 Buchheide (Krüger).
45. — *albifrons* Burm. Pommern; Stolp (Karl).
46. — *dubia* Vanderl. Pommern; Stolp (Karl).
47. — *rubicunda* L. Pommern; 14. 5. 14 Hohenkrug (Schröder); 5. 5. 21 Warsow (Ule); 15. 5. 10 Carpin (Schmidt); 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter, Ule); Stolp (Karl). Greifswald.
48. — *pectoralis* Charp. Pommern; 16. 5. 21 Wolfshorst (Richter, Ule); Stolp (Karl). Wolgast.

Weitere Berichte über Vorkommen der Sumpfschildkröte in Pommern

(vergl. Mitteilungen des Vereins für 1921).

In der Greifswalder Zeitung v. 15. Juli 1924 wird berichtet:

Nörenberg. Einen seltenen Fund machten Schulkinder. Sie fanden nicht weit von einem Torftümpel ein stattliches Exemplar einer europäischen Teichschildkröte, etwa 35 cm lang. Auch an anderen Stellen der näheren Umgebung ist die Teichschildkröte in diesem Jahre festgestellt worden. Sie liebt stehendes oder langsam fließendes, trübes und seichtes Gewässer. Findet der Fischzüchter auf seinem Teiche häufiger treibende Schwimmblasen von kleineren Fischen, so kann er mit ziemlicher Sicherheit auf die Anwesenheit der Schildkröte schließen. Treibende Schwimmblasen von Fischen, die auf die Gegenwart der Sumpfschildkröte schließen lassen, hat der Unterzeichnete im Neuenkirchener Moor beobachtet, doch ist es ihm nie gelungen, die Sumpfschildkröte selbst zu finden.

G. W. Müller.

Beitrag zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse des Kieshofer Moores.

(Greifswalder Naturschutzgebiet).

Von

Hans Rabbow.

Vorbemerkung.

Greifswald besitzt seit dem Jahre 1921 in dem Kieshofer Moor ein zwar kleines, aber nach verschiedenen Richtungen hin recht beachtenswertes Naturschutzgebiet. Es ist bereits Gegenstand einer geologischen Untersuchung(6) gewesen und hat auch schon eine Bearbeitung von botanischer Seite erfahren (30), bei der es sich allerdings in der Hauptsache um die Algen des Moores, und zwar im Rahmen einer Algenflora der Umgegend Greifswalds handelt.

Die vorliegende Arbeit verfolgt verschiedene Aufgaben. Zunächst schildert sie den jetzigen Zustand des Reservates sowohl in rein floristischer als auch vor allem in ökologisch-pflanzengeographischer Beziehung, um so eine zeitlich fixierte, möglichst genaue Grundlage für das Studium der im Laufe der Zeit eintretenden Veränderungen der Pflanzendecke des Reservates zu schaffen. Weiter bemüht sie sich, den Entwicklungsgang des Moores, wie er sich namentlich in den letzten Jahrhunderten gestaltet hat, soweit irgend zugänglich klarzulegen. Sie stützt sich dabei nicht nur auf die Resultate der bereits abgeschlossenen geologischen Untersuchungen und auf die historischen Quellen, wie sie uns in Karten, Akten und älteren botanischen Schriften vorliegen, sondern ist auch bestrebt, durch Untersuchung von Torfproben das bis dahin gewonnene Bild zu ergänzen. Schließlich

diskutiert sie auf Grund der vorliegenden Verhältnisse die wichtigsten in Frage kommenden Standortsfaktoren und läßt es sich angelegen sein, ausgehend von dem besonderen Falle eine Stellungnahme zu den allgemeinen Bedingungen der Moorbildung im norddeutschen Küstenlande zu gewinnen. Die Folge davon ist, daß die Erörterung der klimatischen Verhältnisse Greifswalds, die mit denen der Heidegebiete im Westen und mit denen der Hochmoorgebiete im Osten Deutschlands verglichen werden, einen ziemlich breiten Raum einnimmt.

Die Schilderung der Vegetationsverhältnisse wird durch eine Kartenskizze des Naturschutzgebietes ergänzt, die ich unter Benutzung einer Karte der hiesigen akademischen Forstverwaltung angefertigt habe. Ich war bestrebt, auf ihr das Ineinandergreifen der verschiedenartigen Assoziationen möglichst klar zur Anschauung zu bringen, mußte mir aber im Detail eine gewisse Zurückhaltung auferlegen, um der Übersichtlichkeit nicht Abbruch zu tun. Die der Arbeit von M. Voss (30) beigegebene Karte konnte für unsere Zwecke nicht verwendet werden, da sie nur einen Teil des Gebietes umfaßt. Sonst kommt für das Naturschutzgebiet noch das Meßtischblatt 514 „Neuenkirchen“ in Betracht.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle folgenden Herren zu danken: Herrn Prof. Buder, der mir die Hilfsmittel des Instituts zur Verfügung stellte, Herrn Geheimrat Jaekel für Überlassung des Bohrgerätes, Herrn Dr. Lange für die Anfertigung der Lichtbilder und Herrn Prof. Dr. R. Timm in Hamburg für die Bestimmung einer Reihe von Torfmoosen.

Ganz besonderen Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. Erich Leick, von dem die Anregung zu dieser Arbeit ausging, und der nicht nur die Richtlinien angab, sondern mich auch in jeder Hinsicht weitgehend unterstützte.

Inhaltsübersicht.

	Seite
1. Allgemeiner Überblick über das Gebiet	80
2. Das Greifswalder Klima in seiner Beziehung zur Hochmoorbildung	83
Vergleich mit dem Klima nordostdeutscher Hochmoorgebiete und der Heide in Nordwestdeutschland	83
Terminologie	101
3. Der frühere Zustand des Kieshofer Moores	105
Ergebnis der geologischen Untersuchung	105
Das Kartenmaterial	109
Akten	116
Der Aufsatz Hornschuchs	118
Die Zyklusfrage	123
4. Darstellung der heutigen Pflanzendecke des Kieshofer Moores nach ökologischen und floristischen Gesichtspunkten	126
Die einzelnen Teile	126
Zusammenfassung	165
5. Das Ergebnis der Untersuchung einiger Torfproben	169
6. Systematisches Verzeichnis der gefundenen Pflanzen	175
Systematisches Verzeichnis	175
Die pommerschen Floren	183
7. Die Verdunstungsgröße einer Sphagnumfläche verglichen mit derjenigen einer offenen Wasserfläche	190
8. Schlußbetrachtung	193
9. Angeführte Literatur	197

Allgemeiner Überblick über das Naturschutzgebiet.

Das Naturschutzgebiet Kieshof liegt nahe der Chaussee Stralsund—Greifswald, nordöstlich vom Gute Kieshof und 4 km nordwestlich von Greifswald.

Das eigentliche Naturschutzgebiet umfaßt das 19,4 ha große Jagen 153 der Greifswalder Universitätsforst. Im Osten und Süden wird es von einem 100 m breiten bewaldeten Schutzstreifen umgeben, der unmittelbar in den forstlich bewirtschafteten Nutzwald übergeht. Der Teil der Schutzzone, der sich an Jagen 153 anschließt, bleibt in einer Breite von 50 m von jedem forstlichen Eingriff verschont, während die äußere Hälfte des 100 m-Streifens unter Vermeidung von Kahlschlägen bewirtschaftet wird. An diesen Streifen schließt sich im Süden ein Eichenbestand mit etwa 100jährigen Stämmen an (vgl. 5, S. 27), der bis an den Landweg Kieshof—Neuenkirchen heranreicht. Zwischen der Chaussee im Osten, dem Naturschutzgebiet und dem Eichenwald im Westen erstreckt sich ein mit Laubholz untermischter Kiefernwald, dessen Südgrenze ebenfalls der Landweg von Kieshof nach Neuenkirchen bildet.

Von den Gebäuden des Gutes Kieshof trennt das Reservat nur ein schmaler Wiesenstreifen. Im Nordwesten grenzt das Schutzgebiet an ein stark vernäßtes Gelände, das alljährlich bis in den April hinein unter Wasser steht und daher brach liegt; neben den an solchen Stellen üblichen Pflanzen wachsen hier in außerordentlicher Menge *Hottonia palustris* und *Juncus effusus*. Die auf dem 1920 berichtigten Meßtischblatt angegebenen Torfstiche sind nicht mehr als solche zu erkennen. Der anmoorige Wiesenplan, der im Norden an das Reservat anschließt und als Viehweide dient, gehört geologisch — ebenso wie ein Teil des im Süden und Osten angrenzenden Waldes — zum Kieshofer Moor. Die Moderschicht der Wiese hat allerdings nur eine Mächtigkeit von ungefähr

20 cm, wie ich an einem frisch aufgeworfenen Graben beobachten konnte.

Das Moor wird von einem in Richtung SW—NO verlaufenden Graben durchschnitten, der heute zum größten Teil zugemoort ist; diesen Graben bezeichne ich in der folgenden Darstellung als Hauptgraben. Ungefähr in der Mitte dieses Hauptgrabens zweigt ein anderer Graben ab, der in Richtung NW—SO verläuft und außerhalb des Naturschutzgebietes im angrenzenden Mischwalde mit dort befindlichen Gräben in Verbindung steht. Ich verwende für ihn die Bezeichnung Quergraben. Im Osten und Süden wird die Schutzzone durch einen ungefähr 1 m breiten Grenzgraben vom eigentlichen Reservat abgetrennt. Auch die Viehweide im Norden des Naturschutzgebietes ist durch einen Graben vom Moor geschieden.

Die ausgedehnten Stichlöcher des Moores befinden sich teils nördlich vom Hauptgraben, teils innerhalb des vom Haupt- und Quergraben gebildeten, nach Osten zu geöffneten Sektors, der auf der Karte mit O bezeichnet ist. Die ältesten Stiche sind, falls vor der großen Entwässerung kein Torf gestochen worden ist, rund 100 Jahre alt¹⁾; in Betrieb sind sie schon seit Jahrzehnten nicht mehr. In dem Sektor, der sich zwischen Haupt- und Quergraben nach Süden zu öffnet — seine Bezeichnung auf der Karte ist S —, scheint niemals Torfnutzung stattgefunden zu haben. Außer den genannten Sektoren O und S sind auf der beigegeführten Karte der leichteren Übersicht wegen nördlich vom Hauptgraben ebenfalls zwei Sektoren W und N unterschieden worden. Während N fast ganz und gar von größeren und kleineren Stichen erfüllt ist, findet sich in W nur ein einziger größerer Stich. Die ehemaligen Torfstiche — offene wie geschlossene — sind in der folgenden Schilderung ebenso wie auf der beigegeführten Karte mit dem Buchstaben des Sektors, in dem sie liegen, und mit fortlaufenden kleinen Buchstaben bezeichnet; im Gegensatz dazu sind bemerkenswerte Partien der alten Moorfläche

1) Daß gelegentlich die Anwohner Torf gestochen haben, ist nicht ausgeschlossen; in größerem Umfange aber ist vor 1823 sicher kein Torf abgebaut worden.

durch den Buchstaben des betreffenden Sektors und eine beigefügte Ziffer gekennzeichnet.

Die gegenwärtig in verschiedenen Stadien der Verlandung befindlichen Stiche verleihen dem Moor ein fast mosaikartiges Aussehen. Die Vegetation in den Stichen setzt sich scharf gegen die alte Hochmoorfläche und die Torfdämme ab. Eine annähernd zonale Anordnung der Pflanzenbestände, wie wir sie bei einem vermoorenden See gewöhnlich beobachten können, ist bei den Stichen selbstverständlich nicht zu erwarten, weil die dafür notwendige Voraussetzung, eine allmähliche Zunahme der Wassertiefe, hier nicht erfüllt ist. So finden wir z. B. in einem Torfstich (Nh) bunt durcheinander *Typha latifolia*, *Arundo phragmites*, große *Carex-paniculata*-Bulten, *Eriophorum polystachyon*, *Juncus effusus*, *Iris pseudacorus*, *Comarum palustre*, *Lysimachia vulgaris* und *Solanum dulcamara*, während auf dem wesentlich höher gelegenen Torfdamm *Calluna vulgaris* und *Molinia coerulea* wachsen. Dieses Nebeneinander der verschiedenen Pflanzengemeinschaften angehörenden Arten rechtfertigt den von Schroeter (21, Bd. II. S. 136) vorgeschlagenen Namen Wechselmoor für Moorflächen, die sich ganz oder doch zu einem beträchtlichen Teil in einem derartigen Zustand befinden. Mit zunehmendem Alter ändert sich natürlich die Vegetation eines solchen Wechselmoores derart, daß schließlich eine von urwüchsiger Moorvegetation nicht zu unterscheidende Pflanzendecke entsteht.

Innerhalb des Wechselmoorgebietes liegt in N ein kleiner, zwar nicht ursprünglicher, aber in seiner Zusammensetzung recht instruktiver Flachmoorwald. Wie schon erwähnt, ist nur ein Teil des Moores, schätzungsweise $\frac{1}{3}$ der Fläche, durch kulturelle Maßnahmen in ein Wechselmoor verwandelt worden. Von den noch übrig bleibenden $\frac{2}{3}$ des Gebietes ist ungefähr die Hälfte als Heide- und Zwischenmoor erhalten geblieben. Daß diese Formationen hier keinen ursprünglichen Charakter haben, erkennt man sofort an den Spuren, welche die Entwässerung hinterlassen hat. Am deutlichsten prägt sich das in dem Vorkommen von *Molinia coerulea* mitten im Moor aus. Das restliche Drittel des Reservates trägt Wald, der auf altem Moorboden steht, an dessen

Unterwuchs heute jedoch keine Moorpflanzen mehr beteiligt sind.

Schon vor der Schaffung des Reservates hat im Jagen 153 keine regelmäßige forstliche Nutzung bestanden, vielmehr wurden nur gelegentlich ältere abgängige, ausschließlich durch Samenanflug entstandene Bäume geschlagen. So erklärt es sich, daß die Bäume, die man heute vorfindet, nur selten ein Alter von 50 Jahren oder gar darüber haben. Der Charakter des außerhalb des Jagens 153 liegenden Moorgeländes dagegen ist durch forstwirtschaftliche Maßnahmen stark beeinträchtigt worden. In einem von der Forstverwaltung abgegebenen Gutachten heißt es: „Die erste (gemeint ist die jetzige 100 m breite) wie die zweite sogen. Schutzzone (geplant war eine weitere 100 m breite Zone) ist eine von Menschenhand gebaute Forst, in der nur das wächst, was geeignet ist, möglichst viel Nutzen zu bringen, und außerdem das, was forstlich nicht schädlich und daher in diesem Sinne nicht weiter von Bedeutung ist.“ Diese Angabe ist allerdings nicht für die innere Schutzzone im Süden des Reservates zutreffend; diese setzt sich nämlich, sowohl was den Baumbestand, als auch was das Unterholz anbetrifft, deutlich gegen den südlich daranschließenden Eichenwald ab.

Das Greifswalder Klima in seiner Beziehung zur Hochmoorbildung.

Eine eingehende Bearbeitung der Greifswalder meteorologischen Daten bringt *Hahndorf* 1911 (13). Seine Ergebnisse verwertet *Dreyer* (8) bei Untersuchung der klimatischen Bedingtheit der pommerschen Moore, und auf die *Hahndorf*sche Arbeit stützt sich auch *v. Bülow* (5 und 6) bei Beurteilung der Frage, wie weit die nötigen Voraussetzungen für die Moorbildung in Greifswalds Umgebung erfüllt sind. Wenn hier trotzdem ein besonderer Abschnitt dem Klima gewidmet wird, so geschieht es deshalb, weil einige Faktoren, die mir für die Hochmoorbildung von besonderer Wichtigkeit zu sein scheinen, von *v. Bülow* und *Dreyer* nur gestreift wurden. Bevor ich aber auf die speziellen Punkte näher ein-

gehe, will ich auf Grund der H a h n d o r f'schen Zusammenstellung eine gedrängte Übersicht über den Klimacharakter Greifswalds geben.

Jahresmittel der Lufttemperaturen (1879—1908)	7,9° C.
Mittlere periodische Jahresschwankung	18,5° C.
Jahresmittel der absoluten Luftfeuchtigkeit (1899—1908)	7,1mm.
Jahresmittel der relativen Luftfeuchtigkeit (1899—1908)	83 %.
Jahresmittel des Bewölkungsgrades (1899—1908)	66 %.
Jahresmittel des Luftdrucks (1879—1908)	761,3 mm.
Mittlere Jahressumme des Niederschlags (1891—1908)	593,6 mm.

Derartige aus der meteorologischen Statistik gewonnene Klimadaten geben nur ein ungefähres Bild von den Vegetationsbedingungen eines Gebietes. Für das Studium der Ökologie bestimmter Pflanzenvereine bedarf es eigentlich viel speziellerer Beobachtungen (z. B. Bodentemperatur, Feuchtigkeitsgehalt verschiedener Luftschichten, Ausgiebigkeit der Taubildung usw.). An systematischen Untersuchungen in dieser Richtung fehlt es noch ganz und gar. Erst die Einrichtung besonderer pflanzengeographischer Beobachtungsstationen wird erweisen, wie groß die lokalen Unterschiede selbst in kleinen, dem Meteorologen einheitlich erscheinenden Klimagebieten sind. Aber auch bei der Verarbeitung der an den jetzt vorhandenen Wetterstationen gemachten Beobachtungen wird der Pflanzengeograph anders verfahren als der Klimatologe. Dem letzteren kommt es in der Hauptsache auf die Gewinnung von Mittelwerten an, dem ersteren dagegen viel mehr auf die täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen der einzelnen Faktoren. Solange zuverlässige, durch Jahre fortgesetzte Spezialbeobachtungen fehlen, tut man gut, um einen Einblick in die klimatischen Bedingtheiten einer bestimmten Pflanzenformation zu gewinnen, die klimatisch verschiedenen Örtlichkeiten, an denen sich der betreffende Verein vorfindet, miteinander zu vergleichen.

Für meine besonderen Zwecke habe ich nun Tabellen von Memel, Königsberg, Bremen, Lüneburg, Stettin und Greifswald zusammengestellt, welche nur die klimatischen Momente enthalten, die für Hochmoore von besonderer Wich-

tigkeit sind. Dabei muß man sich allerdings bewußt sein, daß die von mir benutzten Zahlen nur mit mehr oder minder großer Annäherung den tatsächlichen klimatischen Verhältnissen der in den betreffenden Gebieten vorkommenden Formationen entsprechen; denn sie sind an Stationen ermittelt, die mitunter viele Kilometer von dem in Frage stehenden Pflanzenverein entfernt sind. Das ist ein Übelstand, der vorläufig kaum behoben werden kann.

Die Zahl der Orte, die ich zum Vergleich heranziehen konnte, ist sehr beschränkt. Dieser Mangel hat seinen Grund darin, daß nur von einigen wenigen der in Betracht kommenden Stationen langjährige und vollständige Beobachtungen veröffentlicht sind. Gewöhnlich hat man nur die Lufttemperatur und die Niederschlagsmenge festgestellt (Stationen 3. Ordnung) und die Messung der relativen Luftfeuchtigkeit unterlassen. Ein brauchbares Bild für pflanzengeographische Fragen ist jedoch nur zu gewinnen, wenn man mindestens jene drei Klimaelemente nebeneinander zu stellen vermag.

Wiederholt ist darauf hingewiesen worden, daß das Gedeihen eines Hochmoores nicht allein von der jährlichen Niederschlagshöhe und der Regenhäufigkeit abhängt, sondern vor allem von der Differenz der Niederschlagsmenge und der von der Pflanzendecke und dem Substrat abgegebenen Menge Wasser. Wie groß tatsächlich die Wasserabgabe für den qm bewachsener Bodenfläche ist, läßt sich nur sehr schwer einwandfrei bestimmen. Es muß also der Versuch gemacht werden, diese Größe durch eine ihr proportionale oder wenigstens annähernd proportionale, leichter zu ermittelnde, in der Rechnung zu ersetzen. Unschwer ist die Verdunstung einer freien Wasserfläche zu messen; bedauerlicherweise sind jedoch unsere meteorologischen Stationen nicht mit Verdunstungsmessern ausgerüstet. So fehlt es an Daten, um die Wasserbilanz als Differenz zwischen Niederschlagsmenge und abgegebener Dampfmenge darzustellen. Es bleibt daher nur die Möglichkeit, den Niederschlag in Beziehung zu setzen zu einer Größe, deren Gang eine möglichst weitgehende Übereinstimmung mit der Transpiration oder Evaporation aufweist. Wichtig in dieser Beziehung ist der Befund *S t o c k e r s*

(26, S. 8), daß sowohl der Transpirationsprozeß, wie der Evaporationsprozeß, in erster Linie vom Sättigungsdefizit der Luft abhängt¹⁾.

Die Evaporationskraft, d. h. die Fähigkeit der Luft, Wasser zu verdampfen — die potentielle Verdunstung sagt *Brueckner*²⁾ — ist zwar dem Sättigungsdefizit weitgehend proportional, aber geradezu als sicheres Maß der Verdunstungsgeschwindigkeit darf man das Sättigungsdefizit, wie *Hann* (15, S. 221) an einem Beispiel erläutert, doch nicht ansehen. Mangels eines geeigneteren Wertes habe ich mich trotzdem entschlossen, das Sättigungsdefizit als Maßstab für die Verdunstungsgeschwindigkeit in den nachstehenden Tabellen zu verwenden. Das ist immerhin richtiger, als wenn man, wie es oft geschehen ist, die Stärke der Verdunstung nach der relativen Luftfeuchtigkeit zu beurteilen versucht. Sehr treffend äußert *Ramann* (22, S. 351), man schriebe der relativen Feuchtigkeit — einem Begriff, der besonders in der Biologie viel zu Mißverständnissen beigetragen — irrtümlich die Bedeutung zu, die lediglich der Verdunstung eigen sei, um wenigstens etwas über diese auszusagen.

Um nun einen zahlenmäßig vergleichbaren Ausdruck für das Verhältnis des der Pflanzendecke (einschl. des Substrates) gebotenen Wassers zu dem von beiden abgegebenen Wasserdampf zu bekommen, erscheint mir als ein wenigstens vorläufig gangbarer Ausweg, das Verhältnis Niederschlag zu Verdunstung dadurch auszudrücken, daß ich den Zahlenwert der Niederschlagshöhe durch den des Sättigungsdefizits dividiere. Die so erhaltene Zahl, die man als Wasserbilanzquo-

1) Ich verweise auf die bei *Stocker* besprochene Literatur, ferner auf *Stocker* (27) und auf *D. Szymkiewicz* „Sur l'importance du déficit hygométrique pour la phytogéographie écologique 1923“. Die Arbeit war mir nicht zugänglich; nach dem Referat im Bot. Zentralblatt 1923 N. F. Bd. III H. 2 u. 3 S. 88 tritt auch *S.* dafür ein, das Sättigungsdefizit für die Pflanzengeographie zu verwenden. Erstaunlich ist, daß *Burgerstein* in seinem bekannten Werk „Die Transpiration der Pflanzen“ (1904 u. 1920) das Sättigungsdefizit nur flüchtig erwähnt.

2) Geographische Zeitschrift, herausgeg. von *A. Hettner*, 6. Jahrg. Heft 2 S. 90.

tienten bezeichnen könnte; sagt zwar für sich allein betrachtet wenig, gewinnt aber sofort Bedeutung, wenn wir die Quotienten solcher Gebiete mit einander vergleichen, deren Formationen hinsichtlich der übrigen klimatischen und edaphischen Faktoren ungefähr gleich gestellt sind.

Ich habe nun den Quotienten N/Sd für die oben genannten Orte berechnet. Sehen wir einmal zu, inwiefern dadurch eine schärfere Formulierung der Vegetationsbedingungen der Hochmoore und verwandten Formationen erreicht werden kann.

Tab. 1. Mittlere jährliche Lufttemperatur T in ° C, relative Feuchtigkeit F in % mittleres jährliches Sättigungsdefizit Sd in g/cbm, mittlere jährliche Niederschlagshöhe N in cm und Quotient N/Sd*).

Ort	T	F	Sd	N	N/Sd
Memel	6,8	83	1,3	70	54
Königsberg	7,0	81	1,5	68	45
Bremen	8,4	81	1,6	66	41
Lüneburg	8,2	81	1,6	60	38
Greifswald	8,0	82	1,5	59	39
Stettin	8,2	80	1,7	54	32

Wir ersehen aus der Tabelle, daß der Wasserbilanzquotient am größten für Memel und Königsberg, dem Gebiet

*) Die Angaben über Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Niederschlagshöhe sind dem Klimaatlas von Deutschland (16) entnommen. In ihm sind die für Greifswald gültigen Zahlen nicht erhalten. Diese habe ich als Mittelwerte für die Jahre 1902—21 errechnet. Als Grundlage diente mir das in den „Mitteilungen aus dem Naturwissenschaftlichen Verein für Neuvorpommern und Rügen“ veröffentlichte Material. Eine Abschrift der seit 1914 nicht mehr veröffentlichten Daten verdanke ich dem Preußischen Meteorologischen Institut.

Das Sättigungsdefizit wurde aus den angegebenen Werten berechnet nach der Formel $100 \text{ Sd} = f \cdot (100 - F)$, wo f die Masse des gesättigten Wasserdampfes in 1 cbm, und F die relative Feuchtigkeit bedeutet; benutzt wurde Tab. 13 in F. Kohlrausch: Lehrbuch der praktischen Physik (12. Aufl. 1914).

Über die Zuverlässigkeit der Thermometer- und Psychrometerangaben der Greifswalder Meteorologischen Station vgl. F. Richarz „Die Ablesungen der amtlichen meteorologischen Station Greifswald seit dem 1. April 1898“. Mitt. a. d. Naturwiss. Verein f. Neuvorpommern u. Rügen in Greifswald, 32. Jahrgang, 1900 (Berlin 1901).

der großen ostpreußischen Hochmoore ist. Bremen, das pflanzengeographisch den Übergang vermittelt zwischen den nordwestdeutschen Mooren und der Heide, folgt in einigem Abstand. Es schließen sich Greifswald und Lüneburg an, deren Quotienten nur wenig von einander abweichen. Trotz seiner geringeren Niederschläge steht Greifswald um ein Weniges günstiger da als Lüneburg, dessen Klima nach *S a a l f e l d*¹⁾ im großen und ganzen dem der Lüneburger Heide entspricht. In Übereinstimmung damit fehlen in der Umgebung Lüneburgs die Moorflächen völlig. Daß wir uns hier aber tatsächlich an der klimatischen Grenze der Existenzmöglichkeit für Hochmoore befinden, geht daraus hervor, daß in dem ganzen Heidegebiet überall dort, wo ein ganz geringes Plus an Gunstfaktoren besteht, sich Moorflächen in die Heidebestände einschieben. So hebt z. B. *S c h l a f f n e r* (25, S. 41) ausdrücklich hervor, daß in der Lüneburger Heide und besonders an ihrem Rand die typische Heide und das Hochmoor häufig ineinander übergehen. Es darf also aus dem Umstande, daß der Regierungsbezirk Lüneburg 23 737 ha Hochmoor aufzuweisen hat (*G r a e b n e r*, 12, S. 94), während Lüneburgs Umgebung selber moorfrei ist, keineswegs gefolgert werden, daß der Wasserbilanzquotient nicht von maßgebender Bedeutung sei. Sehr lehrreich ist in dieser Beziehung Stettin. Hier sinkt der Wasserbilanzquotient auf 32 herab. Die Existenz von Hochmooren erscheint damit ausgeschlossen. In der Tat fehlen auch derartige Bildungen in Stettins näherer Umgebung. Daß in dem 60 km entfernten Mündungsgebiet der Swine Hochmoorflächen vorhanden sind²⁾, kann auf den ersten Blick befremdlich erscheinen. Es wird dies aber sofort verständlich, wenn wir die erheblichen klimatischen Abweichungen der Küstenzone berücksichtigen. So konnte ich nach dem Zahlenmaterial des Klimaatlasses den Wasserbilanzquotienten von Swinemünde zu 39 berechnen.

1) Über Heidewirtschaften in Schleswig-Holstein und Jütland. Landwirtsch. Jahrb. Bd. 12 Heft 3, 1883.

2) Swinemoor in der Oberförsterei Friedrichsthal bei Swinemünde, 140 ha Grünlandmoor und 240 ha Hochmoor. Beitr. zur Naturdenkmalpflege, Bd. 6 1917; Bericht über die 8. Konferenz S. 25.

Mit dem Kleinerwerden des Wasserbilanzquotienten geht also eine Änderung der Formationen Hand in Hand. Einem günstigen Verhältnis des Regenfalls zum Sättigungsdefizit der Luft entsprechen die Seeklimahochmoore *Potonies* (wegen der Terminologie verweise ich auf den besonderen Abschnitt); wird der Quotient kleiner, dann werden die Lebensbedingungen für *Sphagnum* ungünstiger, sodaß sein Wachstumstempo nicht mehr das Aufkommen verschiedener Ericaceen, besonders von *Calluna vulgaris*, zu verhindern vermag. Die *Sphagnum*moore werden zu Heidemooren. Sinkt schließlich der Quotient unter einen gewissen Betrag herab, dann verschwindet *Sphagnum* gänzlich und wir haben die Heide (*Calluna*- bzw. *Tetralix*heide) vor uns. In der Nähe des für Lüneburg geltenden Zahlenwertes muß innerhalb der Gesamtstruktur unseres norddeutschen Klimas der Wasserbilanzquotient zu suchen sein, der das Existenzminimum für Hochmoore darstellt.

Der Anschluß der Heide an das Hochmoor stimmt gut mit den Untersuchungen *Graebners* (11 und 12) über die Vegetationsbedingungen der Heide überein, auf die ich hier nur andeutungsweise eingehen kann¹⁾. Die meisten Ericaceen bedürfen zum normalen Gedeihen einer feuchten Luft; keine der Heideericaceen kann ein starkes Austrocknen des Bodens — namentlich wenn es häufiger geschieht — vertragen. Dementsprechend hat auch der trockenste Heideboden in seiner oberen humosen Schicht immer noch einen gewissen Grad von Feuchtigkeit. Ferner ist jedem Gärtner wohlbekannt, daß eine Ericacee gewöhnlich schnell abstirbt, wenn sie auch nur einmal ballentrocken geworden ist.

Die Tab. 1 verstößt gegen einen wichtigen Grundsatz vergleichender klimatologischer Untersuchungen (16): es besteht keine Gleichzeitigkeit der verwerteten Beobachtungen! Die meteorologischen Daten für Greifswald sind Mittelwerte für den Zeitraum von 1902—21, während die Daten für die anderen Orte dem Klimaatlas von Deutschland (16) entnom-

1) *Stocker* (27, S. 150) „Es läßt sich nun aber zeigen, daß . . . *Calluna* unter die Mesophyten und zwar nach der Seite der Hygrophyten hin einzureihen ist“.

men sind, der in den meisten Fällen die Jahre von 1881—1915 berücksichtigt. Greifswald nämlich ist meteorologische Station 2. Ordnung erst seit dem 1. März 1898. Um einen Anhaltspunkt über die Tragweite dieser Fehlerquelle zu bekommen, habe ich noch eine zweite Aufstellung gemacht, die sich für alle Orte auf dieselben 10 Jahre (1904—13) bezieht. Dabei mußte allerdings der Nachteil der kurzfristigen Reihe mit in den Kauf genommen werden.

Tab. 2. (Bedeutung der Buchstaben die gleiche wie in Tab. 1*).

Ort	T	F	Sd	N	N/Sd
Memel	7,0	81	1,5	69,5	46
Königsberg	7,3	80	1,6	69,3	43
Bremen	9,2	80	1,8	65,0	36
Lüneburg	8,6	80	1,5	58,8	39
Greifswald	7,9	83	1,4	58,8	42
Stettin	8,5	78	1,9	54,9	29

Wie zu erwarten, ergeben sich etwas andere Zahlen, die aber mit Ausnahme des zu stark nach unten abweichenden Bremer Quotienten in ihren Abstufungen ziemlich genau denen der vorhergehenden Tabelle entsprechen¹⁾.

Die Tabellen 1 und 2 zeigen jedenfalls zur Genüge, daß ein Blick auf die Regenkarte keineswegs zur Beurteilung der Frage ausreicht, ob in diesem oder jenem Strich die Bildung von Hochmooren möglich ist.

*) Angaben über Temperatur, relative Feuchtigkeit und Niederschläge sind für Greifswald den „Mitt. a. d. Naturw. Verein f. Neuvorpommern u. Rügen“ (36.—45. Jahrg.) entnommen, die entsprechenden Werte für die anderen Orte dem „Deutschen Meteorologischen Jahrb. für 1904—13 (Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen 2. u. 3. Ordnung. Veröffentl. d. Kgl. Preuß. Meteorol. Instituts Nr. 210, 220, 226, 233, 246, 255, 269, 275, 281; 301). Über Greifswald enthielt das DMJ. keine Angaben.

1) Da das Auftreten von günstigen und ungünstigen Perioden örtlich oft viel enger begrenzt ist, als man anzunehmen pflegt, so dürfte hierin wohl die Ursache für die Abweichung zu suchen sein. Eine derartige Annahme wird auch durch den für Bremen besonders beträchtlichen Schwankungsquotienten nahegelegt. —

Der Hauptnachteil, der dem hier eingeführten Wasserbilanzquotienten anhaftet, besteht darin, daß er aus Mittelwerten errechnet ist und daher weder etwas über die Schwankung der Niederschlagsmenge von Jahr zu Jahr noch über die Verteilung der Niederschläge innerhalb eines Jahres auszusagen vermag. Es liegt aber auf der Hand, daß das Gedeihen der Hochmoore umsomehr gewährleistet wird, je regelmäßiger eine Befeuchtung durch Regen und Tau stattfindet. Es ist also noch notwendig, innerhalb des durch den Wasserbilanzquotienten gegebenen Rahmens — soweit es möglich ist — eine Detaillierung unter Berücksichtigung der Schwankungen in der Wasserversorgung vorzunehmen. Diesem Ziele sollen die nachstehenden Zahlen dienen.

Tab. 3. Schwankungen der Niederschlagsmenge (1904—13*).

M bedeutet den Mittelwert der jährlichen Niederschläge in cm, D den Unterschied zwischen dem Maximum und dem Minimum der aufeinanderfolgenden Jahre in cm und Q. den Schwankungsquotienten.

Ort	M	D	Q
Memel	69,5	41,1	1,22
Königsberg	69,3	29,5	1,53
Bremen	65,0	32,7	1,70
Lüneburg	58,8	22,6	1,46
Greifswald	58,8	20,4	1,42
Stettin	54,9	30,2	1,70
Greifswald (1902—21) .	59,0	22,0	1,46

Die Größe des Schwankungsquotienten¹⁾ der jährlichen Niederschlagsmenge, d. h. also das Verhältnis zwischen Maximum und Minimum, belehrt uns, daß nach dieser Richtung hin Memel außerordentlich günstig dasteht; aber auch Greifswald schneidet recht gut ab; das nasseste Jahr hat nur 1,42 mal

*) Die Werte für die Niederschläge und Niederschlagshäufigkeiten (Tab. 4) wurden den „Ergebnissen der Beobachtungen an den Stationen 2. und 3. Ordnung (1904—13) und den „Mitt. d. Naturwiss. Vereines für Neuvorpommern u. Rügen“ (1905—14) entnommen.

1) Hellmann „Untersuchungen über die Schwankungen der Niederschläge“. Veröffentlicht. d. Kgl. Preuß. Meteorol. Instituts Nr. 207, Abhandl. Bd. III Nr. 1, 1909.

so viel Niederschläge wie das trockenste. Greifswald ganz nahe steht Lüneburg, während Königsberg erst in etwas größerem Abstände folgt. Besonders ungünstig liegen die Verhältnisse in Stettin und überraschenderweise auch in Bremen. Ob hier die Beobachtungszeit mit einer besonders ungünstigen Periode zusammenfiel, kann erst entschieden werden, wenn Berechnungen auf Grund eines umfangreicheren Materials durchgeführt würden. Überhaupt möchte ich hervorheben, daß Tab. 3 nur eine Vorstellung von dem Verhältnis der Schwankungsquotienten zu einander geben soll. Absolute Werte für diesen Quotienten können erst aus genügend langen Beobachtungsreihen ermittelt werden; sie würden größer sein, als die der Tab. 3; denn *Hellmann* (l. c. S. 47) sagt: „Soweit ich nach dem bisher benutzten Beobachtungsmaterial urteilen kann, dürfte der Quotient Maximum durch Minimum in Wirklichkeit nicht unter 1,5 hinabgehen, vorausgesetzt natürlich, daß man ziemlich lange Reihen in Betracht zieht.“

Tab. 4. Zahl der Regentage mit 1 mm Niederschlag im Jahr (1904–1913).

Spalte N gibt die mittlere jährliche Niederschlagshöhe in cm an, Z den Mittelwert der jährlichen Regentage mit mindestens 1 mm Niederschlag, Min. das Minimum an Tagen mit mindestens 1 mm Niederschlag in einem der Jahre 1904–13.

Ort	N	Z	Min.
Memel	69,5	122	112
Königsberg	69,3	120	102
Bremen	65,0	127	107
Lüneburg	58,8	118	95
Greifswald	58,8	117	97
Stettin	54,9	109	88

Tab. 4 ergibt die beachtenswerte Tatsache, daß Bremen zwar hinsichtlich der Niederschlagsmenge hinter Memel und Königsberg zurückbleibt, an Regenhäufigkeit aber beide Orte übertrifft. Lüneburg und Greifswald stehen zwar an Regenhäufigkeit hinter Memel und Königsberg zurück, aber nicht so, wie es ihrer geringeren Niederschlagshöhe entsprechen würde. Die verhältnismäßig größere Regenhäufigkeit in

Lüneburg und Greifswald ist aber natürlich verbunden mit dem Nachteil einer geringeren Ausgiebigkeit des Niederschlags.

Da sich die Wasserversorgung der Hochmoore umso günstiger gestaltet, je größer die Anzahl der Regentage und je kleiner der Schwankungsquotient ist, so kann man zum Zwecke größerer Übersichtlichkeit einen „Niederschlagsausgleichsquotienten“ errechnen dadurch, daß man die Anzahl der Regentage durch den Schwankungsquotienten dividiert. Es ergeben sich dann folgende Werte:

Tab. 5. Zahl der Regentage mit mindestens 1 mm Niederschlag, dividiert durch den Schwankungsquotienten (s. auch Tab. 3 und 4).

Ort: Memel	100
Königsberg	78
Bremen	75
Lüneburg	81
Greifswald	82
Stettin	64.

Auch hier wieder beruht die Bedeutung des Ausgleichsquotienten nicht auf seiner absoluten, sondern nur auf seiner relativen Größe. Im Verein mit dem Wasserbilanzquotienten kann man jetzt ein wenigstens einigermaßen zuverlässiges Bild über die klimatische Gunst bzw. Ungunst eines bestimmten Ortes für die Hochmoorbildung gewinnen, allerdings unter der Voraussetzung, daß die Berechnung sich auf langjährige Beobachtungen stützt. Die Betrachtung beider Quotienten nebeneinander zeigt uns, daß von den angeführten Orten Memel bei weitem am besten gestellt ist. Königsberg zeigt zwar noch hinsichtlich der Wasserbilanz recht günstige Verhältnisse, bleibt aber bezüglich des Ausgleichsquotienten erheblich hinter Memel zurück. Bremen nähert sich — vorausgesetzt, daß die Zahlen nicht zu sehr durch eine längere Ungunstperiode gefälscht sind, — schon den Grenzbedingungen, die dann von Lüneburg erreicht und von Stettin unterschritten werden. Greifswald übertrifft an klimatischer Gunst für Hochmoorbildung, sowohl was den Wasserbilanzquotienten, als auch was den Niederschlagsausgleichsquotienten anbelangt, Lüneburg um ein Weniges, sodaß wir in Greifswalds Umgebung bei sonst

günstigen topographischen und edaphischen Bedingungen Hochmoorbildungen vom Typ der Heidemoore erwarten können.

Die Überlegung, daß auch durch den hier eingeführten Ausgleichsquotienten die jahreszeitliche Regenverteilung nicht voll erfaßt und veranschaulicht wird, nötigt zur weiteren Zergliederung des klimatischen Bildes, zum Eingehen auf die monatlichen Mittelwerte. Diesem Zwecke sollen die folgenden Tabellen (6—9) dienen.

Tab. 6. Monatsmittel der Lufttemperatur*).

Ort	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Memel	-2,7	-2,3	-0,2	5,1	10,9	14,8	17,0	16,1	12,8	7,8	2,8	-1,0
Königsberg	-2,7	-1,9	0,6	5,8	11,8	15,5	17,5	16,2	12,8	7,7	2,4	-1,2
Bremen	0,4	1,4	3,5	7,1	12,0	15,4	16,6	15,9	13,2	8,7	4,5	1,9
Lüneburg	-0,4	0,8	3,0	7,1	12,4	16,0	17,1	16,0	13,0	8,5	3,9	1,1
Greifswald	0,5	0,7	3,2	6,6	11,7	15,1	16,9	15,9	12,8	8,2	3,3	1,2
Stettin	-1,2	0,0	2,7	7,2	12,7	16,4	18,1	16,8	13,6	8,5	3,6	0,3

Tab. 6 gibt eine Übersicht über die Monatsmittel der Lufttemperatur. Sie ist — da Temperaturschwankungen keinen wesentlichen Einfluß auf das Gedeihen der Hochmoore ausüben — hauptsächlich der Vollständigkeit wegen aufgenommen worden. Allerdings werden wir später auf sie zurückgreifen. Außerdem veranschaulicht sie uns recht deutlich, wie wichtig es ist, solche Mittelwerte nur aus langfristigen Beobachtungen herzuleiten. Die von *H a h n d o r f* (13) für Greifswald aus den Jahren 1879—1908 gewonnenen Werte weichen

*) Die Tabellen 6—9 sind Mittelwerte längerer geschlossener Beobachtungsreihen. Die Greifswalder Reihe reicht von 1902—21, die für den Klimaatlas benutzten Reihen sind noch länger. Den schon bei Tab. 1 erwähnten Quellen, also dem Klimaatlas, den *Mitteil. a. d. Naturwissensch. Verein* und dem handschriftlichen Auszug entnahm ich die Werte der Temperatur und der monatlichen Niederschlagshöhen (1881—1915), dargestellt in Prozentwerten, und berechnete daraus die mittlere Niederschlagsmenge für den Monatstag mit Berücksichtigung der verschiedenen Länge der einzelnen Monate.

von den hier angeführten zum Teil ziemlich stark ab, die von mir aus den Daten der Jahre 1902—21 errechnet wurden. Derartige Abweichungen sind jedoch keineswegs überraschend; wegen der Klimaperioden (15, S. 644ff.), z. B. des elfjährigen Zyklus und der 35 jährigen (richtiger wohl 33) Schwankung Brueckners (3), müssen die Mittelwerte verschieden langer Zeitspannen verschieden ausfallen, wenn sie nicht mindestens eine volle große Periode umfassen.

Tab. 7. Monatsmittel des Sättigungsdefizits.

Ort	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Memel	0,39	0,44	0,67	1,4	2,5	3,0	3,2	2,7	2,0	1,2	0,77	0,45
Königsberg	0,47	0,58	0,85	1,7	3,1	3,6	3,8	2,9	2,1	1,2	0,70	0,48
Bremen	0,65	0,86	1,2	1,9	2,9	3,3	3,1	2,8	2,2	1,2	0,86	0,67
Lüneburg	0,52	0,66	1,1	2,0	3,1	3,8	3,5	3,0	2,2	1,2	0,77	0,52
Greifswald	0,55	0,66	0,98	1,5	2,8	3,2	3,2	2,7	2,1	1,2	0,79	0,53
Stettin	0,48	0,72	1,1	2,1	3,4	4,3	4,2	3,6	2,5	1,3	0,74	0,45

Tab. 8. Mittlere Niederschlagsmenge in mm pro Monatstag.

Ort	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Memel	1,63	1,46	1,25	1,17	1,40	1,59	2,19	2,75	2,38	2,53	2,33	2,26
Königsberg	1,36	1,23	1,18	1,22	1,58	2,04	2,72	2,79	2,49	1,97	1,88	1,83
Bremen	1,53	1,43	1,66	1,32	1,70	2,05	2,68	2,28	1,72	1,89	1,63	1,72
Lüneburg	1,39	1,30	1,53	1,20	1,55	1,86	2,44	2,07	1,56	1,72	1,48	1,57
Greifswald	1,58	1,12	1,18	1,23	1,41	1,91	2,22	2,42	1,46	1,48	1,41	1,92
Stettin	1,17	1,03	1,31	1,08	1,45	1,71	2,40	2,02	1,44	1,52	1,22	1,34

Aus den Tabellen 7 und 8 ersehen wir, daß von einer Proportionalität zwischen dem Sättigungsdefizit und der Niederschlagsmenge in den einzelnen Monaten gar keine Rede sein kann. Das Maximum des Sättigungsdefizits ist in Memel und Königsberg 8 mal, in Lüneburg 7 mal und in Bremen 5 mal so groß wie das Minimum; in Stettin besteht sogar das Verhältnis 9 zu 1. In Bremen und Lüneburg ist die Ausgiebigkeit des Regens im nassesten Monat etwa doppelt so groß als im trockensten, während in Memel, Königsberg und Stettin

noch etwas größere Schwankungen erreicht werden. Für Greifswald ergibt sich, daß das Sättigungsdefizit im Maximalfalle das Sechsfache des minimalen Wertes darstellt, und daß der feuchteste Monat (August) etwa das Doppelte täglich an Regen spendet als der trockenste (Februar). Da ein Vergleich der errechneten Zahlen miteinander durch eine graphische Darstellung wesentlich erleichtert wird, füge ich auf den beigegebenen Tafeln eine solche an. Je weniger sich die Kurve des Sättigungsdefizits über die den Niederschlag pro Monatstag darstellende Kurve erhebt, und je höher letztere liegt, desto günstiger ist das Klima des betreffenden Ortes einer Hochmoorbildung. In diesen graphischen Darstellungen tritt der Unterschied zwischen Lüneburg und Bremen einerseits und zwischen Lüneburg und Greifswald andererseits deutlich hervor. Der Gegensatz zwischen Memel und Stettin ist so auffällig, daß darüber kaum noch ein Wort zu verlieren ist.

Gegenüberstellungen wie die eben gebrachten können leicht zu einem Trugschluß verleiten, wenn man vergißt, daß es für das Moor gleichgültig ist, ob das Maximum des Sättigungsdefizits mit dem Minimum des Niederschlags zusammentrifft, wenn nur die Regenmenge zur Deckung des Wasserverlustes der Pflanzendecke und des Substrates in dem betreffenden Monat ausreicht. Klarheit hierüber bringen allein die Monatswerte des Wasserbilanzquotienten. (s. Tab. 9).

Tab. 9. Monatswerte des Wasserbilanzquotienten.

Ort	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Memel	153	121	68	31	20	19	25	37	43	77	110	183
Königsberg	106	77	51	26	19	21	26	35	43	60	98	139
Bremen	86	61	51	25	21	23	32	30	29	57	69	94
Lüneburg	98	72	51	22	23	18	25	25	26	5 ²	70	110
Greifswald	105	62	44	30	18	22	26	33	25	45	65	133
Stettin	89	52	43	19	16	15	21	20	21	43	60	91

Bei Betrachtung der Tabelle 9 fällt sofort die Kluft zwischen dem Maximum und Minimum des monatlichen Wasserbilanzquotienten desselben Ortes in die Augen; im Vergleich

zu dieser Kluft scheinen die Minima der verschiedenen Orte ziemlich nahe bei einander zu liegen. Stettin hat, wie zu erwarten, das absolute Minimum. Die Moorgegenden zeichnen sich nicht etwa in allen Monaten durch einen besonders hohen Wasserbilanzquotienten aus; die Verschiedenheit macht sich vielmehr in anderer Hinsicht geltend, nämlich in der Länge der Zeit, über die sich eine Ungunstperiode, d. h. eine durch einen niedrigen Wasserbilanzquotienten ausgezeichnete Periode, erstreckt. Unter 30 bleibt der Wasserbilanzquotient in Memel 3, in Königsberg, Bremen und Greifswald 4, in Lüneburg und Stettin sogar 6 Monate lang. Der Unterschied zwischen Lüneburg und Bremen einerseits, Lüneburg und Greifswald andererseits tritt hier handgreiflich in die Erscheinung. Die klimatischen Verhältnisse in Lüneburg weichen also doch erheblicher von denen Greifswalds ab, als es nach Tab. 1 erschien. Fassen wir als einen für die Hochmoorbildung recht günstigen Wert des Wasserbilanzquotienten, etwa den Wert 60, ins Auge, dann ergibt sich folgendes: den Wert 60 erreicht und überschreitet der Wasserbilanzquotient in Memel 6 mal, in Königsberg 5 mal, in Bremen, Lüneburg und Greifswald je 4 mal und in Stettin nur 3 mal im Jahre. Die Zeit also, in der sich das Moor wieder erholen — voll Wasser saugen — kann, ist in Memel um 50% länger als in Bremen und Greifswald und sogar doppelt so lang wie in Stettin. Nach jeder Richtung hin schneidet Memel am günstigsten, Stettin am schlechtesten ab.

Auf die Temperaturverhältnisse der verglichenen Orte ist bisher nicht eingegangen worden, denn ihnen kommt, für sich betrachtet, nur eine ganz untergeordnete Bedeutung für die Hochmoore zu. Zur Bewertung der graphischen Darstellung muß die Temperatur jedoch herangezogen werden; so übersichtlich diese auch erscheint, ihr haftet trotzdem ein gewisser Nachteil an. Liegt nämlich die mittlere Monatstemperatur unter Null, dann wird ein großer Teil des in dem betreffenden Monat fallenden Niederschlages als Schnee liegen bleiben; das Schmelzwasser kommt in diesem Falle den folgenden wärmeren Monaten zugute. Diesen Vorzug genießen beispielsweise die ostpreußischen Moore. Das Monatsmittel

der Lufttemperatur (s. Tab. 6) liegt für Memel 4 Monate, für Königsberg 3 Monate unter Null, während Lüneburg nur im Januar eine mittlere Monatstemperatur unter Null hat, und in Bremen das Monatsmittel überhaupt nicht unter 0° sinkt. Greifswald gleicht hierin nach meiner Zusammenstellung Bremen (vgl. 13, S. 10).

Ein Hochmoor, das jährlich eine zeitlang mit Schnee bedeckt ist, steht ohne jeden Zweifel günstiger da, als ein solches, das bei gleich tiefer Temperatur einer Schneedecke entbehrt und dementsprechend zahlreichen Schädigungen, besonders den durch Insolation, Frost und Sturm bedingten, ausgesetzt ist. Die vereinzelt laut gewordene Meinung, eine jährliche Kälteperiode sei notwendige Voraussetzung für die Torfbildung (Näheres bei Dreyer, 8, S. 5), wird heute wohl kaum noch Verteidiger finden. Die Verhältnisse liegen vielmehr so, daß Hochmoore in einer Gegend, deren mittlere Monatstemperaturen stets über Null liegen, zweifellos lebenskräftiger und ausdehnungsfähiger sind als solche, bei denen unter sonst gleichen Bedingungen das Wachstum des Sphagnum auf eine kürzere Zeit im Jahr beschränkt ist.

In unseren bisherigen Betrachtungen hat ein Faktor, der wenigstens lokal von nicht unerheblichem Einfluß auf die Hochmoorbildung sein kann, nämlich der Tau, noch keine Berücksichtigung gefunden. Über ihn läßt sich leider nur sehr wenig aussagen; denn es fehlt an vergleichbaren Zahlenangaben, und gelegentliche Einzelmessungen können lediglich über die Größenordnung der Taumenge unterrichten. Eine jährliche Taumenge von 30 mm, die Wollny (15, S. 253) als Mittel von zwei Jahren für München angibt, wäre für die Niederschlagsverhältnisse Greifswalds nicht belanglos; sie würden bereits 5% der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe ausmachen.

Schließlich muß noch eines Faktors gedacht werden, dem keine geringe, aber im einzelnen schwer abschätzbare Bedeutung innewohnt, und der daher — ebenso wie der Tau — vorläufig keine zahlenmäßige Berücksichtigung bei der Formulierung der klimatischen Existenzbedingungen der norddeutschen Hochmoore finden kann; das ist der Wind. Auf Anga-

ben über Windstärke habe ich hier ganz verzichtet; denn es liegen viel zu wenig wirkliche Messungen der Windgeschwindigkeiten vor, und selbst die vorhandenen Anemometerangaben können wegen der ungleichen Art und Höhe der Aufstellung der Instrumente nicht einwandfrei mit einander verglichen werden (16).

Die Wirkung eines mäßig starken Windes auf die Vegetation ist ganz verschieden, je nachdem der Wind vorher über eine ausgedehnte Landmasse oder über eine Wasserfläche hinweggeflossen ist. Dementsprechend sind Seewinde für solche Formationen, die auf große Feuchtigkeit angewiesen sind, ungleich günstiger als Landwinde. Eine ausführliche Diskussion der lückenhaften Angaben über die Windverhältnisse der hier in Vergleich gestellten Örtlichkeiten würde zu keinem wesentlichen Ergebnis führen. Ich begnüge mich daher mit einem kurzen Hinweis auf die Windverhältnisse Greifswalds und Memels in den Sommermonaten. Ein Vergleich der Windhäufigkeit an den beiden genannten Orten in den Monaten mit hohem Sättigungsdefizit (Juni, Juli, August) ergibt folgendes lehrreiches Bild:

Tab. 10. Häufigkeit der SW-, W- und NW-Winde in % der Gesamtwinde. Memel.

Windrichtung	Juni	Juli	August
Südwest	11,1	11,6	9,5
West	26,8	29,8	30,6
Nordwest	10,3	12,7	13,3
Summe	48,2	54,1	53,4

Tab. 11. Häufigkeit der SW-, W und NW-Winde in % der Gesamtwinde. Greifswald (1899—1908).

Windrichtung	Juni	Juli	August
Südwest	11,7	14,6	9,3
West	24,4	26,7	30,7
Nordwest	13,2	13,2	22,9
Summe	49,3	54,5	62,9

In den Sommermonaten wehen also in Memel 52% Winde aus Südwest, West und Nordwest, in Greifswald aber 56%. Trotzdem besteht ein großer Unterschied in der Wir-

kung dieser Winde in Memel und Greifswald. Während es sich für Memel in den genannten Fällen tatsächlich um Seewinde handelt, trifft das für Greifswald keineswegs zu, wo nur die aus NO kommenden Winde, die in den Sommermonaten kaum 10% der Winde ausmachen, ihren Weg unmittelbar über die Ostsee genommen haben. Daraus geht also mit Deutlichkeit hervor, daß die Nähe der Ostsee in dieser Beziehung für Greifswald nur von ganz untergeordneter Bedeutung ist. Wir haben hier eine Erläuterung zu dem Satze Schläffners (25): „Es kommt weniger auf den in Kilometern ausgedrückten Abstand von der Küste als auf die Lage zu den Strömungsrichtungen der Atmosphäre an.“

Bei unseren Betrachtungen haben wir einen sehr wesentlichen Umstand, die Größe des Moores, bisher gänzlich vernachlässigt. Daß aber auch auf die Größe eines Mooregebietes Rücksicht genommen werden muß, lehrt ja eine einfache Überlegung; fast könnte man sagen, ein großes Moor mache sich sein Klima selber. Nasse Wiesen, Seen und Sümpfe in der Umgebung eines Hochmoores wirken natürlich ausgleichend auf dessen zu geringe Größe ein.

Sehen wir uns das Naturschutzgebiet Kieshof einmal auf seine Größenverhältnisse an, dann müssen wir feststellen, daß es im Vergleich zu den ostpreußischen Mooren, z. B. dem von Weber gründlich untersuchten 3300 ha großen Hochmoor von Augstumal oder dem in der Kuhrischen Niederung gelegenen Großen Moosbruch, von dem 7—8000 ha Hochmoor sind, recht winzig ist.

Die angestellten Betrachtungen führen zu dem Ergebnis, daß das Greifswalder Klima für die Hochmoorbildung lange nicht so günstig ist wie das von Memel. Es nähert sich vielmehr hinsichtlich seiner Wasserbilanz den Grenzbedingungen der Existenzmöglichkeit von Hochmooren. Daraus ergeben sich die nachstehenden Folgerungen:

1. Hochmoore können sich in der Umgebung Greifswalds nur an besonders günstigen Örtlichkeiten, so vor allem auf von Wald umsäumtem vorgebildetem Humusboden, z. B. Flachmoortorf, bilden.

2. Infolge der klimatischen Verhältnisse werden solche Hochmoore niemals den Charakter reiner Sphagneteten tragen, sondern vom Augenblicke ihrer Entstehung an sich mehr oder weniger dem Typ der Heidemoore nähern müssen.

3. Auf das Fortbestehen von Hochmooren in dieser Gegend übt, da es sich immer nur um einen metastabilen Gleichgewichtszustand handelt, die Größe der Moorfläche, die Beschaffenheit der angrenzenden Formationen und die eventuelle Beeinflussung durch Menschenhand einen besonders starken Einfluß aus.

Terminologie.

Um den Gedankengang der vorstehenden Ausführungen nicht zu sehr zu unterbrechen, bin ich bisher nicht auf die Terminologie eingegangen und habe auf die Begründung der von mir gewählten Bezeichnungen „Sphagnummoor“ und „Heidemoor“ an der Stelle, wo ich sie zum ersten Male gebrauchte, verzichtet. Dies möchte ich jetzt nachholen.

„Bei der Abhängigkeit der Hochmoore vom atmosphärischen Wasser nimmt es kein Wunder“, — sagt P o t o n i é (20, S. 328) — „daß sie sich unterscheiden, je nachdem mehr oder minder davon zur Verfügung steht.“ So gliedert P o t o n i é die Hochmoore in See- und Landklimahochmoore. Seeklimahochmoorstrecken sind im typischsten Falle einfach Gelände mit einer Sphagnumdecke, in der alle übrigen Pflanzentypen nur geduldet erscheinen (21, Bd. III S. 88). Bei einem Landklimahochmoor dagegen tritt das Sphagnum wesentlich für das Auge zurück, die Oberfläche bekleiden Sträucher, namentlich Calluna und Empetrum (20, S. 328); der Baumbestand ist dichter, ähnlich wie bei den Zwischenmooren, nur daß diese größere Bäume tragen, die dem Landklimahochmoor im allgemeinen nicht eigen sind (21, Bd. III S. 90). Die P o t o n i é schen Bezeichnungen sind keineswegs besonders glücklich gewählt, zumal da die angedeutete Gegensätzlichkeit der beiden Moortypen durchaus nicht immer und niemals in vollem Umfange in einer Auswirkung des Landklimas auf der einen Seite und des Seeklimas auf der anderen besteht. Ich ziehe es daher

vor, die *Potonié* sehen Seeklimahochmoore als Sphagnummoore, die Landklimahochmoore dagegen als Heidemoore zu bezeichnen. Übrigens gebraucht auch *Potonié* selbst Heide-moor in dem hier angedeuteten Sinne (21, Bd. III S. 90, 96). *Weber* will von derartigen Einteilungen nichts wissen, er sagt: „Man braucht nicht ängstlich nach Seeklima- und Binnenlandklimahochmooren zu suchen; denn die Unterschiede, die *Potonié* einer rein theoretischen Konstruktion zuliebe zwischen ihnen aufgestellt hat, sind in Wirklichkeit nicht vorhanden. Floristische Abweichungen ... erklären sich aus pflanzengeographischen und nicht unmittelbar aus klimatischen Gründen“ (39, S. 259). Hier liegt m. E. eine offensichtliche Inkonsistenz *Webers* vor. Schreibt *Weber* — wie er es tatsächlich, und zwar mit Recht tut — der Entwässerung eines Hochmoores einen Einfluß auf die Physiognomie seiner Pflanzendecke zu, dann kann er unmöglich eine entsprechende Wirkung bei geringerer Niederschlagsmenge in Abrede stellen; denn Entwässerungsmaßnahmen haben ja auch eine Senkung des Grundwasserstandes zur Folge, genau wie eine solche durch Verminderung der Niederschlagsmenge herbeigeführt wird (37, S. 75 und 76). Es ist wirklich nicht einzusehen, weshalb einer bestimmten Wasserversorgung — diese allerdings im weitesten Sinne gefaßt — nicht ein bestimmter Hochmoortyp entsprechen soll. Will man *Potonié* einen Vorwurf machen, dann ist es der, daß er es so hinstellt, als ob lediglich die zugeführte Wassermenge für die Unterschiede zwischen den beiden Hochmoortypen verantwortlich zu machen sei. Das trifft — wie es jedem ohne weiteres einleuchtet — nicht zu. Wie wenig die bloße Berücksichtigung der Niederschlagsmenge einen Schluß auf die zu erwartenden Moortypen zuläßt, geht beispielsweise daraus hervor, daß bei uns in Norddeutschland im allgemeinen nur eine Regenhöhe von über 60 cm für das Zustandekommen von Sphagnummooren für notwendig erachtet wird, während nach der Angabe von *Hann* (14, Bd. III S. 211) in Yorkshire bei 91—120 cm ausschließlich „Heidekrautmoore“ zu finden sind und die „Moosmoore“ erst bei einer Regenhöhe von 140 cm und darüber angetroffen werden. *Potonié* hat auch die Niederschlagsmenge tatsächlich gar

nicht für allein maßgebend gehalten. Er sagt nämlich ausdrücklich: „Die Ausbildung der Hochmoore als See- oder Landklimahochmoore ist abhängig von der Bilanz zwischen Niederschlag (einschl. Tau- und Nebelbildung) einerseits und Abfluß und Verdunstung andererseits“ (21, Bd. III S. 6). Nur das Fehlen eines klaren Ausdruckes für die ihm vorschwebende Wasserbilanz veranlaßte ihn offenbar zu der wenig glücklichen Wahl der Bezeichnungen „Seeklimahochmoor“ und „Landklimahochmoor“.

Über die Behauptung *W e b e r s*, „die Unterschiede sind in Wirklichkeit nicht vorhanden“, läßt sich naturgemäß nur ein Urteil fällen, wenn man die Ausprägung der Hochmoorflächen in klimatisch verschiedenartigen Gebieten ins Auge faßt. In dieser Richtung scheinen mir die Erfahrungen *W a n g e r i n s*, die er bei der Untersuchung der ost- und westpreußischen Moore machte, von Bedeutung zu sein. Er hebt nämlich hervor, daß die Seeklimahochmoore des nördlichen und nordöstlichen Ostpreußen einen Typus darstellten, der weiterhin im Ostbaltikum und in den Ostseeprovinzen bis nach Finnland hinauf reich entwickelt sei (33, S. 188). Dann heißt es weiter: „Ein Gegenstück zu den ostbaltischen Hochmooren des nördlichen Ostpreußen bilden die westbaltischen Heidemoore, die im nordwestlichen Westpreußen und in den angrenzenden Teilen Pommerns sich ausbreiten. Die Heidemoore sind indessen nicht als tote Hochmoore zu betrachten, sondern das Sphagneto-Ericaletum-Callunetum stellt unbeschadet seines zwischenmoorartigen Gesamtcharakters ein dem Hochmoorsphagnetum etwa gleichwertiges Schlußglied einer natürlichen Moorentwicklung dar“. (33, S. 202). Danach scheint mir nicht zweifelhaft, daß tatsächlich neben dem Typ des Sphagnummoores (Seeklimahochmoor im Sinne *P o t o n i é s*) noch ein zweiter, in ganz wesentlichen Zügen abweichender Typ, eben der des Heidemoores (Landklimahochmoor im Sinne *P o t o n i é s*) aufgestellt werden kann, und daß der letztere durchaus nicht immer — wie *W e b e r* es will — eine durch menschliche Einflüsse bedingte Abwandlung des ersteren darzustellen braucht, sondern sehr wohl als ein unter ganz bestimmten klimatischen Verhältnissen entstandener natürlicher Schlußverein aufzutre-

ten vermag. *Weber* erkennt, daß *Potonié* durch seine Unterscheidung gar nicht erklären will, weshalb Pflanze *a* auf dem Moor *x*, dagegen nicht auf dem Moor *y* vorkommt, sondern daß er durch sie die verschiedenartige Physiognomie natürlicher Hochmoorflächen charakterisieren will, wie sie in dem Mengenverhältnis des *Sphagnum*s zu den übrigen Bestandteilen der Pflanzendecke zum Ausdruck kommt, das sich deutlich gemäß der Wasserversorgung verschiebt. Daß einerseits einer solchen Klassifikation — wie fast jeder anderen — gewisse Mängel anhaften, und daß andererseits das Gedeihen mancher Hochmoorbewohner an Bedingungen geknüpft sein kann, die für *Sphagnum* fast gleichgültig sind, soll dabei durchaus nicht bestritten werden. Bedingungen der letztgenannten Art scheinen besonders die aperiodische tägliche Amplitude und die Jahresschwankung der Temperatur zu sein. Auf die Bedeutung des täglichen und jährlichen Ganges der klimatologischen Elemente im Gegensatz zu den meteorologischen Mittelwerten hat unter anderen *Brockmann-Jerosch* nachdrücklich hingewiesen (2, S. 28). Daß die Gültigkeit des von *A. F. W. Schimper* geprägten Satzes: „Jede Pflanze ist nur zwischen zwei, bald mehr, bald weniger entfernten Temperaturgraden, ihrem unteren und ihrem oberen Nullpunkt, existenzfähig“ dadurch keineswegs berührt wird, braucht hier wohl kaum hervorgehoben zu werden.

Wir kommen demnach zu dem Schlusse, daß sich — ohne den Tatsachen Gewalt anzutun — zwei sowohl durch ihre Physiognomie als auch durch ihre Wasserbilanz differente Hochmoortypen unterscheiden lassen, die man kurz als „*Sphagnummoor*“ und als „*Heidemoor*“ bezeichnen kann. Dabei braucht keineswegs die Tatsache übersehen zu werden, daß dem *Heidemoortyp* sehr ähnliche Bildungen in vielen Fällen als auf menschliche Beeinflussung beruhende Abwandlungen des *Sphagnummoores* auftreten, die dann nicht als natürliche Formationen, sondern als letale Durchgangsstadien zu deuten sind. Weiter darf die in der Tat vorhandene Schwierigkeit, den *Heidemoortyp* gegenüber den Assoziationen des *Zwischenmoors* scharf und bestimmt abzugrenzen, kaum als ein prinzipielles Hindernis der von mir vertretenen Klassifikation ange-

sehen werden. Fließende Grenzen sind gerade bei ökologisch-pflanzengeographischen Gliederungen nicht immer zu vermeiden. Es kommt dann nur darauf an, durch nähere Angaben über die befolgte Terminologie möglichen Irrtümern von vornherein vorzubeugen. So muß ich am Schlusse dieser Ausführungen darauf hinweisen, daß ich in der Abgrenzung der Heidemoore gegenüber dem Zwischenmoor etwas anders als Wangerin vorgegangen bin, und als Heidemoore z. B. auch manche Reiserzwischenmoore Wangerins (34, S. 106; D. Reiserzwischenmoore: a 2, b 3 und 4) anspreche.

Der frühere Zustand des Kieshofer Moores.

Ergebnis der geologischen Untersuchung.

Der Aufbau vieler deutschen Hochmoore läßt erkennen, daß sie sich an Stellen erheben, wo einst Seen gelegen haben. Die Umwandlung ist dann in folgender Weise vor sich gegangen: die offene Wasserfläche des Sees ist durch die von allen Seiten konzentrisch vordringenden Verlander immer mehr eingeeengt worden, sodaß allmählich ein Flachmoor seine Stelle einnahm; dieses hat ein Zwischenmoorstadium durchlaufen und ist schließlich zum Hochmoor geworden.

Eine derartige Aüfeinanderfolge von Formationen mit verschieden hohen Ansprüchen an den Nährstoffreichtum, den Wassergehalt und die Durchlüftung des Substrates finden wir aber nicht bei allen deutschen Hochmooren; denn Hochmoorbildung setzt — unabhängig vom Flachmoor — natürlich auch dort ein, wo günstige klimatische und gleichzeitig günstige edaphische Bedingungen, z. B. eine Humusschicht oder ein nährstoffarmer Sand, als Unterlage gegeben sind. So haben sich bei uns beispielsweise Hochmoore sowohl auf ursprünglichem Waldboden (24, S. 61) wie auf Sandboden gebildet.

Das Kieshofer Moor bietet insofern interessante Verhältnisse, als hier zwei Hochmoore übereinander liegen, von denen das erste nach den Untersuchungen v. Bülow's (6) auf Sandboden entstanden ist, das zweite dagegen, dessen Fortsetzung das heutige ist, sich aus einem rohrsumpfmoorartigen Bestande entwickelt hat.

Wie die Entstehung des anfänglichen Heidemoores damals wohl vor sich gegangen sein mag, hat v. Bülow auf Grund der Beobachtungen Graebners (11, 12) ausführlich geschildert.

Das erste Hochmoor hatte schon eine Höhe von fast 2 m erreicht, als es einem Naturereignis, der sogenannten Litorinensenkung, zum Opfer fiel. Infolge dieser Landsenkung fand nämlich ein Steigen des Grundwassers statt, und zwar war die Geschwindigkeit, mit der das Land sich senkte, größer als die Wachstumsgeschwindigkeit des Hochmoores. Als das Wasser auch die höhere Mitte des Hochmoores überflutet hatte, war das Schicksal des alten Moores besiegelt¹⁾.

Ich möchte hier erwähnen, daß das Unterwassersetzen eines Sphagnummoores in Schweden früher eine gebräuchliche kulturelle Maßnahme war. H. v. Feilitzen (9, S. 68) berichtet darüber folgendermaßen:

„Eine Methode, welche in den nördlichen Provinzen unseres Landes sowie in Finnland früher angewandt wurde, besonders um die mit einer oberen unzersetzten Sphagnumschicht versehenen Moore kulturfähig zu machen und in Wiesen umzuwandeln, bestand darin, daß man das Moor mit Wasser überstaute und dieses so lange anhielt, bis die lebende Mooschicht abgetötet war und in Zersetzung geriet. Oft ließ man das Wasser zwei bis drei Jahre, Sommer und Winter darüber stehen, und das Wasser in Verbindung mit dem Eise trug dazu bei, den Torf zu zersetzen. Es fanden sich Riedgräser ein und allmählich wurde aus dem Moor eine saure Wiese“.

Bei dem Kieshofer Moor hatte die Überflutung ein entsprechendes Ergebnis. Das mit merklicher Geschwindigkeit steigende Grundwasser bildete zunächst eine Zone flachen

1) Ich halte es nicht für zutreffend, daß das mineralische Grundwasser, durch die hauptsächlich von Algen und Moosprotonomen im Sand gebildete Sapropelschicht (6 S. 10, 14) hindurch diffundiert ist und „gewissermaßen dem Wachstum des Torfmooses nachdrückte“ (6, S. 19). Auf der Sapropelschicht ruhte ja schon das vom Torfmoos nicht festgehaltene abwärts gesickerte atmosphärische Wasser, das Grundwasser des Hochmoores (37, S. 75). Außerdem wären im Falle des Aufsteigens von Grundwasser die Hochmoorpflanzenvereine von solchen mit größeren Ansprüchen an den Nährstoffgehalt allmählich abgelöst worden.

Wassers um den inselgleich aufragenden Moorkern, in der sich bei der geringen Tiefe der Wasserschicht Sumpfpflanzen wie *Arundo phragmites*, *Equisetum heleocharis* u. a. überall ansiedeln konnten. So entstand ein Sumpfmoor, ein Zwischenglied zwischen Moor und Sumpf. Zur Bildung eines Sees kam es nicht, und die Verlandung war deshalb auch nicht succedan wie bei einem See, sondern simultan wie bei einem Weiher (21, Bd. II S. 184). Bei dem weiteren Steigen des Grundwasserspiegels verbreiterte sich naturgemäß die Sumpfmoorzone nach zwei entgegengesetzten Richtungen, nämlich in Richtung auf die Moormitte zu und gleichzeitig über die Ränder des alten Moores hinaus. Bevor sich also überhaupt Sapropeltorf über der Mitte des Hochmoores bilden konnte, hatte er über dem Moorrand bereits eine gewisse Dicke erreicht. Diese Schicht bildet infolgedessen gewissermaßen ein Negativ, eine Form, welche die uhrglasförmige Aufwölbung des verhältnismäßig jungen Hochmoors festhielt. Nur so erklärt es sich, daß v. Bülow (6, S. 11) sagt: „Diese Schicht tritt im Zusammenhang nur an den Moorrändern auf, scheint allerdings auch in der Mitte nicht ganz zu fehlen“.

Die weitere Entwicklung des Verlandungsbestandes, der die zweite Phase des Kieshofer Moores einleitet, weicht von der in Norddeutschland üblichen ab. Der gewöhnliche Verlauf stellt sich nämlich folgendermaßen dar:

Schilfbestände werden abgelöst von Magno-Cariceten, diese von Parvo-Cariceten, dann erscheinen Gräser, wie *Molinia coerulea* und *Calamagrostis epigeios*, die sich ebenso torfzerstörend wie torfbildend betätigen können. Durch Ansiedlung von Weiden, Erlen, Birken und anderen Holzgewächsen bildet sich schließlich ein parkartiges Gebüsch und dieses wächst mit der Zeit zu einem dichten Bruchwald heran, in dem die Erle vorherrscht. „Der zuweilen mit Eichen, Föhren oder Fichten durchsetzte Erlenbruchwald ist die Vegetation gewesen, die die allermeisten Niedermoore bei uns vor dem Eingreifen des Menschen bedeckte“ (36, S. 6). Das letzte dem Hochmoor vorangehende Stadium ist der Zwischenmoorwald, meist ein Mischwald. Seine Bäume sind Kiefer und Birke, und, wo die Fichte zu Hause ist, auch diese. Die aus dem

abgefallenen Laub, Nadeln und Zweigen, ferner aus Moos, lebenden oder abgestorbenen Forstunkräutern bestehende Waldbodendecke, die Waldstreu (21, Bd. II S. 2), lagert sich fest zusammen als Rohhumus, der in den filzigen, zusammenhängende, schneidbare Massen bildenden Trockentorf der Forstmänner übergeht (24, S. 70). Dieser Waldtorf stellt einen undurchlässigen, keine nennenswerten Mengen ausnutzbarer Nährstoffe enthaltenden Boden dar. Das Regenwasser steht lange an denselben Stellen, und hier finden sich die ersten Sphagnumpflänzchen ein; an besonders nassen Stellen erscheint dann bald *Scheuchzeria palustris*. Die Sphagnumpolster werden immer breiter, sie gewinnen ständig an Boden, bringen den Wald zum Absterben und verschmelzen schließlich zu einem ausgedehnten Sphagnetum. „In dauerndem Spitzenwachstum führt das Individuum ein zeitlich und räumlich kaum beschränktes Dasein. Das ganze Moor nährt sich fast gänzlich von den Niederschlägen der Wolken“ (7, S. 96). Eindringlich stellt uns die geringe Artenzahl höherer Pflanzen im Hochmoor die Wirkung ungünstiger edaphischer und biotischer Faktoren vor Augen, nämlich die Wirkung der Nährstoffarmut des Bodens einerseits und der Zuwachsgeschwindigkeit des Sphagnums andererseits.

In Süddeutschland ist die normale Succession der Assoziationen eine andere; dort kommt es nicht zur Bildung des Bruchwaldes (19, S. 66). „In Bayern ist das Molinietum die eigentliche vermittelnde Formation zwischen Niedermoor und Hochmoor. *Molinia coerulea* baut bis zu einem gewissen Grade das durch ihre Vorgänger gebildete Niedermoor durch Begünstigung der Zersetzung und geringe Stoffproduktion, die der Zersetzung nicht die Wage halten kann, ab. Die dadurch verfügbar werdenden Mineralbestandteile bringen der Vegetation nur geringen oder gar keinen Nutzen, denn infolge der Lockerheit der Rhizosphäre und der obersten Bodenschichten sind die Wirkungen der Auswaschung durch Regen entsprechend erhöhte und paralysieren die Wirkungen der Zersetzung nicht nur, sondern müssen sie in den obersten Schichten sogar meist überwiegen, sodaß diese Schichten stark verarmen. Der Nährstoffgehalt gerade der allerobersten Boden-

schichten aber ist maßgebend für das Auftreten der Sphagnen“ (29, S. 42)¹⁾,

Die Entwicklung des Kieshofer Moores entspricht nach den Untersuchungen v. Bülow's weder dem für Nord-, noch dem für Süddeutschland geltenden Schema. Sobald das Sinken des Landes aufgehört hatte, siedelte sich in dem Sumpfmoor, dessen Leitpflanze *Arundo phragmites* war, *Sphagnum* an. Das Schilfröhricht lichtete sich von Jahr zu Jahr, das Torfmoos schloß sich zu einer lockeren Decke zusammen, es fanden sich Hochmoorpflanzen ein, die Sumpfpflanzen verschwanden und ein dem Klima entsprechendes Hochmoor bildete sich aus. Dieselben Assoziationen — *Arundinetum phragmititis*, *Sphagneto-Arundinetum*, *Eriophoreto-Sphagnetum* — die sich im Laufe der Jahrhunderte ablösten, können wir auch heute noch im Kampf miteinander in manchen Stichen beobachten, und das ist ja eben der Vorzug unseres Naturschutzgebietes, daß wir jetzt noch Bestände nebeneinander betrachten können, die sonst zeitlich aufeinander folgen. Sehr instruktiv ist in dieser Hinsicht Stich Ok. Diese Art der Vermoorung ist ziemlich selten; Wangerin (32, S. 134, 135) gibt sie in seiner schematischen Übersicht über die Succession der Moorformationen auch nur als ausnahmsweise vorkommend an.

Das Kartenmaterial.

Der vorherige Abschnitt bot eine Übersicht über die Entwicklung des Kieshofer Moores, wie sie sich aus den geologischen Untersuchungen ergab. In dem folgenden sollen die Veränderungen besprochen werden, die das Moor in den letz-

1) M. E. ist zu erwägen, ob nicht auch der Umstand mit-spricht, daß die Gefahr des Austrocknens in Norddeutschland für *Sphagnum* häufiger gegeben ist als in Süddeutschland. Dort verhindert *Sphagnum* das Aufkommen des Bruchwaldes, weil sein Wachstum nicht durch Wassermangel gehemmt ist, während bei uns das Torfmoos sich nur im Wald anzusiedeln vermag. So drängt sich die Vermutung auf, daß der Wald durch Herabsetzung der Insolation und Transpiration sozusagen dem *Sphagnum* dieselben Dienste leistet wie die 170—200 cm Niederschläge der süddeutschen Hochmoorgegenden. (Baumann, Unterschiede zwischen den Hochmooren Nordwestdeutschlands und Süddeutschlands, *Illustr. Landw. Ztg.* 1904, 13, S. 130).

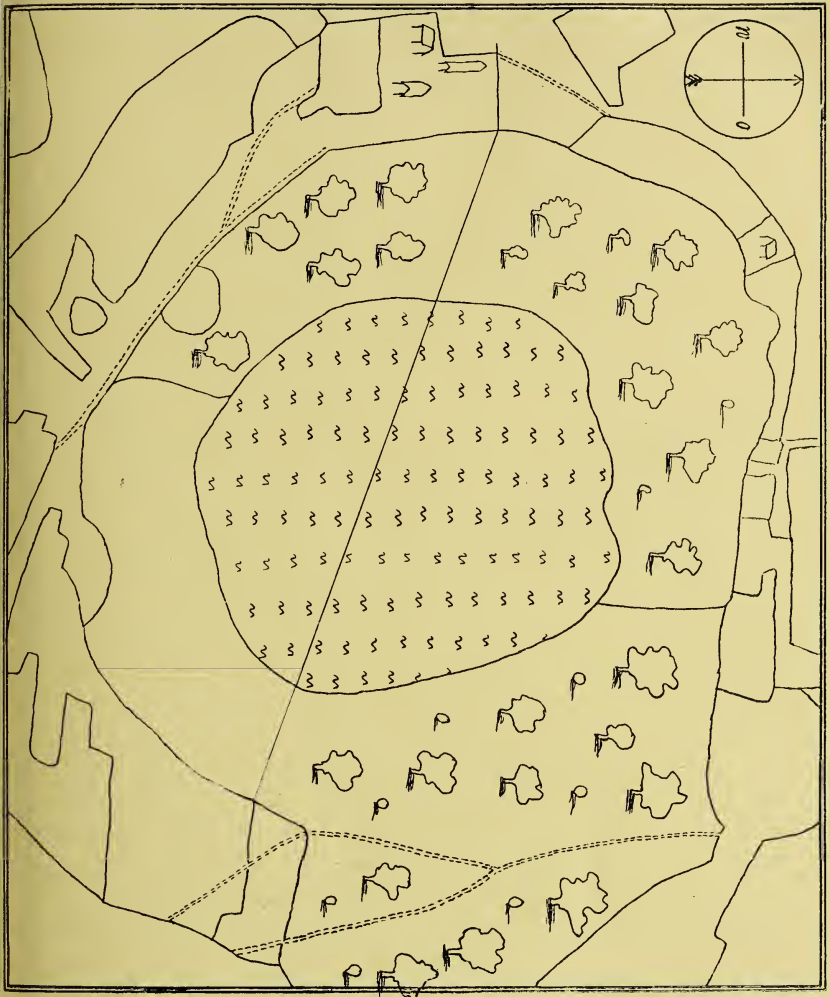
ten Jahrhunderten erfahren hat, soweit sie sich aus historischen Quellen nachweisen lassen. Als solche Quellen kommen Karten, pflanzengeographische Studien und Akten in Betracht.

Die ältesten Karten von Pommern sind — soweit ich feststellen konnte — die von Lubin aus dem Jahre 1620¹⁾. Wegen ihres zu kleinen Maßstabes und ihrer Unzuverlässigkeit sind beide Karten leider für unseren Zweck unbrauchbar. Es erübrigt sich daher ein näheres Eingehen auf sie. Wesentlich besser sind die um das Jahr 1700 von der schwedischen Landesaufnahme für das ganze, damals schwedische Vorpommern hergestellten Kartenblätter²⁾. Ihr Maßstab ist ungefähr 1 : 8000. Das Kieshofer Moor, dessen größerer, nach Norden zu gelegener Teil hier als Hankenhager Moor bezeichnet wird, ist auf der Karte Nr. 34 „Kietzhoff och Hanckenhagen“ dargestellt. Die eigentliche Moorfläche ist annähernd in der Form eines Kreises eingetragen und bedeckt ohne Einbezug der angrenzenden Waldflächen bereits ein Areal von rund 27 ha (vgl. die Karte). Daraus ergibt sich — unter der Annahme, daß das Kartenbild wenigstens ungefähr dem damaligen Zustand entsprach — daß die Fläche, die ausgeprägten Moorcharakter trug und nicht mit Wald bedeckt war, um 1700 herum unzweifelhaft größer war als heute. Im Westen, Norden und Osten war das Gebiet nach Angabe der schwedischen Karte von einem Laubwaldgürtel umgeben (Eiche). Dieser hatte im Westen und Norden eine durchschnittliche Breite von 200 m, im Osten dagegen eine solche von 400 m. Im Süden des Moores befand sich statt des Waldes ein ausgedehnter 150—200 m breiter Wiesenplan. Hervorzuheben ist auch noch, daß der Grenzwald offenbar keinen geschlossenen Baumbestand zeigte, daß er vielmehr oft durch Buschwerk unter-

1) *Pomeraniae ducatus tabula*, auctore Eilhardo Lubino. Amstelodami Guiljelm Blaeuw excudit.

Nova illustrissimi principatus Pomeraniae descripto cum adiuncta principum genealogia et principum veris et potiorum urbium imaginibus et nobilium insignibus. (217×125)

2) Nähere Angaben hierüber sind zu finden in: Drolshagen, K., Die schwedische Landesaufnahme und Hufenmatrikel von Vorpommern als ältestes deutsches Kataster. Greifswald 1920, Jahresberichte der Geographischen Gesellschaft zu Greifswald 17, 38. Beiheft.



Das Kieshofer Moor um 1700.

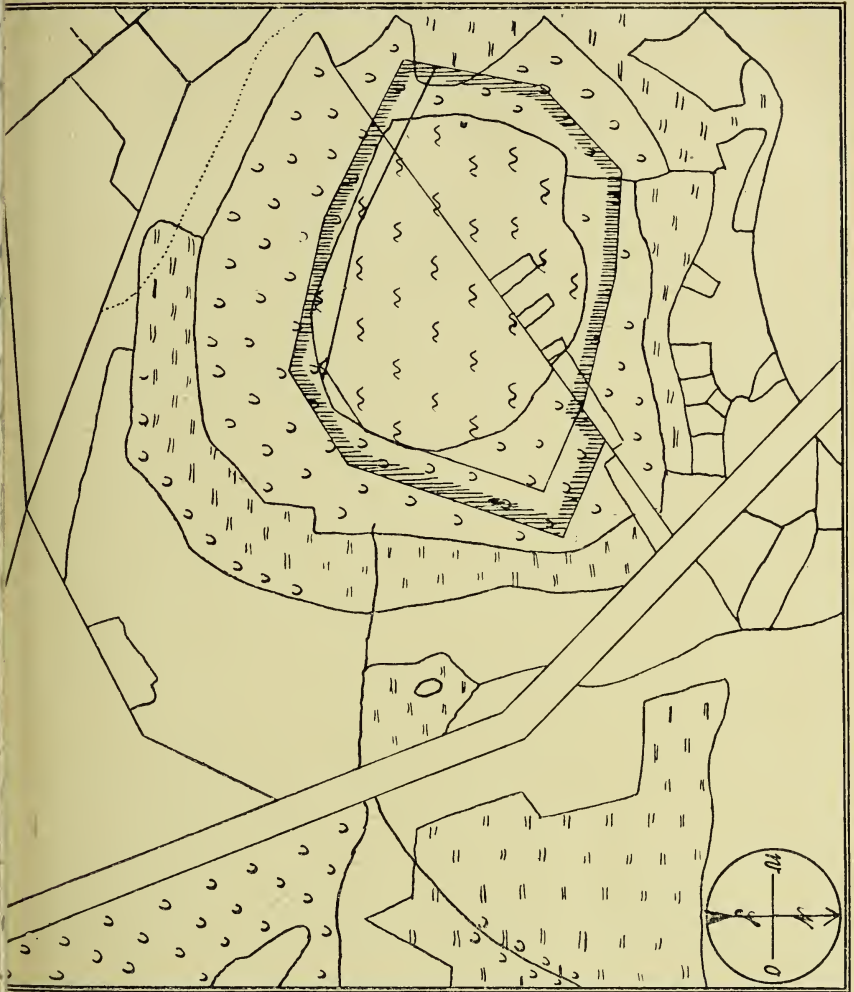
Maßstab ungefähr 1 : 11050.

Nach einer Karte der schwedischen Landesaufnahme im Maßstab 1 : 8000.

brochen war, ein Zeichen dafür, daß hier der Waldbestand ohne Zutun des Menschen zur Entwicklung gekommen war. In Ermangelung geeigneter Fixpunkte ist das damalige Kartenbild mit dem heutigen nicht mehr zur Deckung zu bringen, und Vergleiche lassen sich dementsprechend im einzelnen kaum durchführen. Einen Fingerzeig jedoch dafür, an welcher Stelle der heutigen Karte die Grenzen des alten Hochmoores zu suchen sind, gibt uns die Bodenuntersuchung. Sie lehrt uns, daß auch noch außerhalb des Jagens 153 sowohl in der Schutzzone als auch in der westlich und nördlich angrenzenden ungeschützten Umgebung in den oberen Humusschichten Sphagnum und gewöhnlich auch Eriophorum vorhanden sind. Dieser Befund erweist, daß das auf der schwedischen Karte eingezeichnete Hochmoor nicht nur das ganze heutige Jagen 153 umfaßte, sondern auch über den Rand desselben bald mehr, bald weniger weit hinausreichte. Eine genauere Festlegung dieser Grenzen ist heute nicht mehr möglich, da die ehemalige Torfschicht stellenweise eine starke Zersetzung erfahren hat. Unter der Annahme, daß die über Jagen 153 hinausgreifende Zone eine durchschnittliche Breite von 50 m besaß, kommen wir zu einem Gesamtareal von rund 30 ha, also zu einer Fläche, die der auf der Karte ziemlich nahekommt.

Auf eine Reihe von Karten, für die dasselbe gilt, was weiter oben für die Lubinsche gesagt wurde, folgt erst 1835 wieder eine brauchbare, von der topographischen Abteilung des Kgl. Preuß. Generalstabes herausgegebene¹⁾. Diese Karte ist für einen Vergleich mit der heutigen weit günstiger als die schwedische, weil sie den Vorzug besitzt, daß man auf ihr gewisse Stellen, die auch im heutigen Kartenbilde leicht zu bestimmen sind, mit völliger Sicherheit festzulegen vermag. Als solche Fixpunkte können z. B. die Chaussee und der Hauptgraben dienen. Wir sind dadurch in die Lage versetzt, ver-

1) Topographische Karte vom preußischen Staate mit Ein-schluß der Anhaltschen und Thüringischen Länder. Abt. Pommern, 52, Greifswald (1:100 000). Auf der Karte selbst ist das Erscheinungsjahr nicht vermerkt. Die Verwaltung der Universitätsbibliothek erklärte, bei Anschaffung der Karte sei das Jahr ermittelt worden, eine Nachprüfung stieße auf erhebliche Schwierigkeiten.



Das Kieshofer Moor um 1835 (Grenzen des heutigen Naturschutzgebietes schraffiert).

Maßstab ungefähr 1 : 11 300.

Nach einer preußischen Generalstabskarte im Maßstab 1 : 100 000.

hältnismäßig genau den Umriß des damaligen Hochmoores ermitteln zu können. Die Darstellung des Kieshofer Moores auf der Karte von 1835 zeigt einen unbewaldeten Zentralteil, der einen Flächeninhalt von rund 15 ha hat. Diesen Kern umgibt ein 100—150 m breiter Waldgürtel und dieser wieder ist — nur nicht im Südwesten — von einem unbewaldeten moorigen oder sumpfigen Streifen umgeben, dessen Grenze im Süden und Südosten der Waldweg Klasse B in Jagen 150 darstellt; im Nordosten tritt er an die Chaussee heran. Die südliche Grenze zwischen dem Kern und dem Waldgürtel verläuft ungefähr innerhalb der heutigen dem Jagen 153 anliegenden 50 m breiten Schutzzone. Die Waldumgrenzung des Moorkernes reichte im Osten ungefähr bis zum Rande der heutigen 100 m Schutzzone. West- und Nordrand des jetzigen Jagens 153 waren auch damals schon bewaldet. Torfstiche sind nur nördlich des den Hauptgraben begleitenden Weges eingetragen. Die später entstandenen Stiche Oa—Oi würden ihrer ganzen Ausdehnung nach nicht mehr in dem damals unbewaldeten Teil zu liegen kommen, sondern bereits in die mit lichtem Baumbestande bedeckte Zwischenmoorzone hineinragen.

Vergleichen wir den Flächeninhalt des Moores von 1705 mit dem von 1835, dann zeigt sich, daß das Moor beträchtlich kleiner geworden ist. Der Rückgang der Hochmoorfläche ist mit größter Wahrscheinlichkeit lediglich durch die 1823 erfolgte Entwässerung bedingt; denn irgendwelche Klimaänderungen in den letzten Jahrhunderten anzunehmen, liegt nicht der geringste Grund vor¹⁾. Die Annahme, daß die Änderung der Pflanzendecke in einer eigengesetzlichen Ablösung des einen Pflanzenvereins durch den anderen ihre Ursache hätte, wird in unserem Falle, wo doch ein triftiger Grund — eine umfangreiche Entwässerung — vorliegt, niemand zur Erklärung heranziehen wollen (vgl. die Zyklusfrage). Als recht wohl

1) 15, S. 644: „In den vorausgegangenen Abschnitten wurde mehrfach gezeigt, daß gleichsinnig fortschreitende Veränderungen der Temperatur, der Regenmengen und Windverhältnisse bisher nicht nachgewiesen werden konnten, daß vielmehr, soweit die Aufzeichnungen meteorologischer Elemente in frühere Jahrhunderte zurückreichen, die Mittelwerte dieser meteorologischen Elemente aus längeren Zeiträumen als konstant betrachtet werden dürfen“.

denkbar sei die Vermutung zum Ausdruck gebracht, daß schon in früheren Zeiten gelegentliche, kleine Entwässerungsversuche am Rande des Moorgebietes in der Nähe der Siedelungen unternommen sein können, die dann der Zurückdrängung des Hochmoores durch die systematische Entwässerung von 1823 vorgearbeitet haben würden¹⁾.

Ob das Hochmoor von 1705—1835 wirklich um volle 12 ha kleiner geworden ist, ist übrigens nicht ganz sicher; denn es ist zu berücksichtigen, daß sich ein Moorgebiet nicht so gut wie etwa ein See abgrenzen läßt, und daß daher selbstverständlich zwei unabhängig von einander arbeitende Kartographen keine völlig übereinstimmenden Aufnahmen von einem Moore zu liefern vermögen. Daß die Entwässerung eines Hochmoores ein Vorrücken des umgehenden Waldes nach sich zieht, ist ja eine bekannte Erscheinung. Die Frage, ob die Bewaldung des damaligen Hochmoores nach der 1823 ins Werk gesetzten Entwässerung weitere Fortschritte gemacht hätte, wenn nicht nach dem Zeitpunkt der Aufnahme durch den Kartographen neue Torfstiche — die Stiche im Sektor O und außerhalb des Naturschutzgebietes an seiner Nordwestgrenze — und neue Gräben — der Grenzgraben — angelegt worden wären, ist nicht mit Sicherheit zu entscheiden. Infolgedessen fehlt uns ein Maßstab für die Geschwindigkeit, mit der sich der Formationswechsel in dem durch menschlichen Eingriff in seinem Gleichgewichtszustande gestörten Gebiet vollzogen hat.

Zu bemerken wäre noch, daß die Angabe *Hornschuchs* (siehe weiter unten), die sich auf die Größe des Kieshofer Moores bezieht, nicht mit der alten Generalstabskarte übereinstimmt, wenn man den unbewaldeten Moorkern der Karte mit dem Moore *Hornschuchs* identifizieren will. Nach H. hatte das Moor eine Größe von 1000 Schritt im Quadrat; das wären 56 ha, wenn wir den Schritt mit 75 cm in Anrechnung bringen. Wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir die *Hornschuch*sche Angabe nur als eine grobe Schätzung

1) Vgl. S. 116. In den Akten ist ja 1) schon vorhandenen Gräben die Rede.

bewerten, die, wie so oft, den wahren Ausmaßen nur wenig gerecht wird. Daß auch der allseitig geschlossene Waldgürtel auf der Karte nicht ganz der Darstellung Hornschuchs entspricht, findet leicht seine Erklärung in der Annahme eines gelegentlichen Kahlschlages an dieser oder jener Stelle.

Aus der Generalstabskarte von 1835 ist ersichtlich, daß auch in der Umgegend des Moores manche für den Zustand des Moores nicht ganz gleichgültige Veränderungen eingetreten sind. Besonders hervorzuheben ist die nach 1835 erfolgte Aufforstung des Gebietes zwischen der Chaussee und dem Moor im weitesten Sinne, das also das heutige Jagen 149 und Teile von Jagen 150 und 152 umfaßt. Erwähnenswert ist ferner, daß sich in einiger Entfernung vom Moor eine über 1 ha große an der Chaussee gelegene Fläche befand, die als versumpft bezeichnet wurde.

Damit ist das wichtigste über das Kartenmaterial gesagt und wir können uns anderen historischen Quellen zuwenden.

A k t e n.

Aus dem Jahre 1823 sind noch das Kieshofer Moor betreffende Akten vorhanden¹⁾. Aus diesen geht hervor, daß 1823 zur Entwässerung des „in Kieshof neu zu eröffnenden Torfmoores“ neue Gräben angelegt und schon vorhandene erweitert und aufgeräumt wurden²⁾. Aus den Längenangaben ergibt sich, daß der eine der neuen Gräben der von mir so bezeichnete Hauptgraben, der andere der Quergraben ist. Beachtenswert ist, daß das zwischen Haupt- und Grenzgraben liegende Stück des Quergrabens nur $\frac{2}{3}$ seiner ganzen Länge ausmacht; er reicht also nicht nur bis in die heutige Schutzzone, sondern sogar noch darüber hinaus. Hieraus ersieht man ebenfalls, daß die Ausdehnung des Moores damals eine größere war als heute.

Da eine vollständige Entwässerung des Moores beabsichtigt war — es sollten ja keine Anbauflächen für Gras oder

1) Das Entgegenkommen des Herrn Universitätskurators ermöglichte es mir, diese Akten einzusehen.

2) Wann und wo die ersten Gräben gezogen wurden, konnte ich nicht feststellen.

Getreide durch geringfügige Senkung des Grundwasserspiegels geschaffen werden, sondern es wurde vielmehr eine möglichst große Ausbeute des Torfstiches angestrebt —, hatten die Gräben für norddeutsche Verhältnisse ungewöhnliche Ausmaße¹⁾. Sie waren 10 Fuß breit und 5 Fuß tief²⁾. Die Folge davon war, daß sich in der nächsten Nachbarschaft der Gräben die Entwässerung als sehr wirksam erwies. Da aber die Verteilung der Gräben unzweckmäßig war, wurden die von den Gräben weiter entfernten Teile des Moores weniger in Mitleidenschaft gezogen, sodaß vorübergehend ein starker Gegensatz zwischen den verhältnismäßig trockenen Randpartien der Gräben und den noch immer stark vernäbten Inselgebieten im Grabennetz geschaffen wurde³⁾. Von diesen Verhältnissen legt der Gegensatz zwischen der Vegetation im Wirkungsbereich der Gräben und der des übrigen Gebietes Zeugnis ab (siehe weiter unten).

An die Entwässerung schloß sich die Torfgewinnung an⁴⁾. B e r s c h (1, S. 159) schildert anschaulich, wie sich die Torfgewinnung früher in den österreichischen Gebirgsländern abgespielt hat; der Zustand des Kieshofer Moores besagt, daß hier nicht viel anders gewirtschaftet worden ist. B e r s c h schreibt:

„Befinden sich dort Moore in den Händen mehrerer Besitzer, so pflegt meist jeder für sich Torf zu stechen, jedoch ohne für die Ableitung des Wassers zu sorgen. Nach stärkerem Regen oder im Frühjahr sind dann die Stellen, wo mit der Austorfung begonnen wurde, mit Wasser gefüllt und dies führt dazu, in der Nähe einen neuen Torfstich zu eröffnen. So be-

1) Durch die Erfahrung sind folgende Entwässerungstiefen bewährt.

	Ackerland	Wiesen
Hochmoor	0,7 m	0,5

Krüger, Bauten im Moor. Beiträge zur Naturdenkmalpflege Bd. V S. 124, 1916.

2) Ein pommerscher Fuß = 0,29 m, ein preußischer Fuß = 0,32 m.

3) Heute würde man parallele Gräben in 25—50 m Abstand von einander ziehen.

4) Die Gräben sollten bis Ende November 1823 fertig sein.

decken sich solche Flächen oft im Laufe der Jahre mit vielen, teils aufgelassenen, teils noch im Betriebe stehenden kleinen Stichen, in denen nur selten der Torf regelrecht und bis zum Untergrunde — oder doch so tief, als es seine Eignung für Brennzwecke gestattet, — gewonnen wird. Zwischen den Stichen bleiben Bänke und Pfeiler stehen, in die alten Torflöcher wird der Abraum in unregelmäßigen Brocken geworfen, es siedelt sich darin wieder eine Sumpfvegetation an . . .“

Während die Gräben unausgesetzt das Wasser aus dem Moore wegführen, bis sie bei Fehlen der nötigen Pflege verfallen und wieder zumooren, schädigen nicht zu ausgedehnte Torfstiche das Moor meist nur vorübergehend. Ihre nächste Umgebung entwässern sie zwar wegen ihrer meist größeren Tiefe noch stärker als die Gräben, aber bald füllen sie sich mit Wasser an und dienen dann, wenn auch nicht so vollkommen wie die natürlichen Hochmoorseen, als Wasserspeicher. *Graebner* stellt die nachteiligen Wirkungen der Torfstiche mehr in den Vordergrund; nach seiner Ansicht vergrößern die Löcher die Oberfläche und befördern damit die Verdunstung (11, S. 103; 12, S. 86). Diese Auffassung ist m. E. durchaus nicht in jedem Falle zutreffend; die Wirkung der Stiche hängt vielmehr weitgehend von ihrer Größe und von ihrer Lage zu einander ab. Außerdem scheint *Graebner* nicht genügend zu berücksichtigen, daß eine Sphagnumfläche stärker Wasser verdunstet als eine gleich große Wasserfläche.

Der Aufsatz *Hornschuchs*.

Wie das Kieshofer Moor vor Eintritt der geschilderten Eingriffe ausgesehen hat, ist uns von keinem Augenzeugen überliefert. Die älteste pflanzengeographische Arbeit, die unser Gebiet behandelt, stammt von dem Greifswalder Botaniker *Hornschuch*, der den Zustand des Moores rund 15 Jahre nach Fertigstellung der Grabenanlage und der Inangriffnahme der Torfgewinnung schildert. Da diese Schilderung für das Verständnis des heutigen Zustandes unseres Naturschutzgebietes von gewisser Bedeutung ist, lasse ich sie hier wörtlich folgen. *Hornschuch* (17, S. 743—745) schreibt:

„Das Torfmoor östlich von dem Gute Kieshof an der Chaussee von Greifswald nach Stralsund. Es ist dies ohngefähr eine achtel Meile nordöstlich von dem vorigen gelegen, von Südwest bis Nord von Laubwald umgeben und nur gegen Norden offen. Es bildet ein von Südost nach Nordwest sich erstreckendes längliches Viereck, ist in neuester Zeit durch einen dasselbe in seiner ganzen Länge durchschneidenden 6-füßigen Graben und einige diesen durchkreuzende kleinere trocken gelegt worden und daher nur noch an den tieferen Stellen sumpfig. Die ganze, ungefähr 1000 Schritt im Quadrat betragende Fläche desselben ist mit Ausnahme eines ungefähr 200 Schritt langen und 100 Schritt breiten Teiles, wo gegenwärtig noch Torf gestochen wird, beinahe ganz mit *Sphagnum acutifolium* bedeckt, in welchem auf den höheren Stellen *Arbutus uva ursi*, *Vaccinium vitis idaea*, *V. myrtillus*, *V. uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Aira caespitosa* und *Molinia coerulea*, in großrispigen Exemplaren von 2 Fuß Höhe und darüber, und zwar die letzten vier Pflanzen in außerordentlicher Menge wachsen. Auf den sumpfigen Stellen findet sich *Eriophorum vaginatum*, *Epilobium palustre*, *Schollera oxycoccus* (in Menge), *Comarum palustre*, *Drosera rotundifolia* und *Scheuchzeria palustris*. In den Gräben *Sparganium natans*, *Potamogeton natans*, *Hydrocharis morsus Ranae*, *Ranunculus aquatilis*, *Glyceria fluitans* und *Epilobium palustre*. An den Grabenrändern *Carex paludosa*, *elongata*, *vesicaria*, *caespitosa*, *stricta*, *Pseudo-Cyperus* und *microstachys*, *Epilobium palustre*, *pubescens*, *Arunda stricta* und *Epigeios*. In der Grube, aus welcher der Torf gestochen und die hier nicht mit Wasser angefüllt ist, sondern nur an einigen Stellen sehr sumpfig ist, als erste Vegetation auf der nackten Torferde: *Epilobium palustre*, *Molinia coerulea*, *Juncus uliginosus* var. *a.* Meier, *Juncus acutiflorus*, *Carex caespitosa*, *C. Pseudo-Cyperus* in niedrigen Exemplaren, *Carex microstachys*, eine Zwergform von *Senecio sylvaticus* und hier, sowie an den senkrechten Torfwänden *Drosera rotundifolia*. In einem nördlich an dieses Moor stoßenden Erlenbruch finden sich auf den die Erlenstuppen umgebenden Erdhaufen (Bülten hier genannt) *Osmunda regalis*, *Aspidium Filix foemina*, *Thelypteris* und *cuspidatum*, letzteres an

der an das angrenzende Feld stoßenden nördlichen Kante des Bruchs.

Die Vegetation dieses Torfmoores zeichnet sich vorzüglich durch die *Carex microstachys*, die sonst hier noch nirgends weiter gefunden wurde, die große Menge *Molinia coerulea* in großspigen Exemplaren und die Zwergform von *Senecio sylvaticus* aus, die nur eine Höhe von 2—6 Zoll erreicht und meist nur ein Blütenköpfchen hervorbringt“.

Wenn auch der *Hornschuch*sche Aufsatz kein klares, eindeutiges Bild von den damaligen Vegetationsverhältnissen des Moores gibt, so können wir doch immerhin eine Reihe von Anhaltspunkten über die Veränderungen gewinnen, die das Gebiet in den letzten hundert Jahren erfahren hat. Die Schilderung *Hornschuch*s führt uns einen Zustand der Vegetation vor Augen, wie wir ihn ähnlich bei allen Hochmooren sehen, die infolge Entwässerung abzusterben beginnen. Das Wachstum des *Sphagnum*s ist gehemmt; stellenweise ist der Moorsrasen ganz abgestorben. Der Torf hat sich dichter gelagert, in der Nähe der Abzugsgräben ist er ausgetrocknet und infolge seiner Zersetzung sind seine Mineralbestandteile den Pflanzen zugänglicher geworden. Die Folgen dieser Veränderung der Standortverhältnisse sind, daß die auf dem Moor heimischen Pflanzen besser gedeihen, und daß auch andere Arten, die bisher von der Besiedlung der Moorfläche ausgeschlossen waren, sich einfinden. Gräser — ganz besonders kennzeichnend ist das Auftreten von *Molinia coerulea* — haben den aus den Gräben aufgeworfenen Torf und andere trocknere Stellen, so z. B. die zwischen den einzelnen Torfgruben stehenden gelassenen Dämme besetzt. Mit ihnen haben sich *Vaccinium vitis-Idaea* und *V. myrtillus* eingestellt, Pflanzen, die dem Hochmoor völlig fremd sind. Die Gräben enthalten soviel Wasser, daß *Potamogeton natans* und *Hydrocharis morsus ranae* in ihnen gedeihen können. Die Gräben sind also anscheinend schon damals nicht aufgeräumt worden. Für die Seggen ist das Wasser noch zu tief, sie sind nur am Grabenrand zu finden. Höchst beachtenswert ist, daß *Hornschuch* 14 Jahre nach Anlage der Abzugsgräben noch *Scheuchzeria palustris* anführt, eine Pflanze, die nur an stark vernäßten Moorstellen ange-

troffen wird. Ihr Vorkommen ist übrigens der beste Beweis dafür, daß eine gleichmäßige Entwässerung des Moores durch die erwähnten Gräben nicht erreicht worden ist¹⁾. Heute ist *Scheuchzeria palustris* aus dem Kieshofer Moor verschwunden, obgleich ihr zusagende Standorte vorhanden sind. Um hierfür eine Erklärung zu finden, vergegenwärtigen wir uns noch einmal den Zustand des Kieshofer Moores zur Zeit, als H o r n s c h u c h seinen Bericht schrieb.

Das Moor ist in mehrere Stücke zerlegt. In der Nähe der Gräben (bezw. der Stiche) läuft das Wasser so schnell ab, daß *Sphagnum* wegen Wassermangels eingegangen ist. Nicht ganz so schlimm steht es mit den weiter entfernt liegenden Teilen. Jedes trockene Jahr wirkt jetzt besonders ungünstig auf das *Sphagnum* ein, weil nicht mehr in dem Maße wie früher Wasser gespeichert und bei einem hohen Sättigungsdefizit der Luft aus geringen Tiefen gehoben werden kann. So wird *Sphagnum* immer mehr zurückgedrängt. Nun gibt überraschenderweise H o r n s c h u c h an, 14 Jahre nach der Entwässerung noch *Scheuchzeria palustris* gefunden zu haben. Wir kommen deshalb nicht um die Annahme herum, daß neben der durch die Entwässerung bedingten Einengung des Standortes noch vorübergehende klimatische Ungunst mit zum Verschwinden der Pflanze beigetragen haben muß. Eine Trockenperiode, wie sie *Scheuchzeria* im unberührten Moor vielleicht schon oft überstanden, könnte unter den neu geschaffenen Verhältnissen den Rückgang des *Sphagnums* und den Untergang dieser Pflanze verschuldet haben. Nicht minder naheliegend ist es, das Verschwinden von *Scheuchzeria palustris* und die Zurückdrängung des Torfmooses auf die B r ü c k n e r s c h e n Klimaschwankungen zurückzuführen. Auch so würde beides verständlich; denn die Differenz zwischen dem regenreichsten und dem trockensten Lustrum beträgt 20—25% des vieljähri-

1) Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die eingetretene Sackung, die je nach dem Zustand des Moores und dem Umfang des Wasserentzuges 10—25 Prozent der Tiefe beträgt (Krüger, Bauten im Moor, Beitr. zur Naturdenkmalpflege Bd. 5), der Entwässerung gewissermaßen entgegenwirkt, denn das Regenwasser sickert langsamer abwärts.

gen Mittels (3, S. 177). Ferner ist zu beobachten, daß ein geringerer Niederschlag obendrein auch noch ein höheres Sättigungsdefizit nach sich zieht. Für den Rückzug des Sphagnums aus den Randgebieten des Moores ist außerdem ein nochmaliger menschlicher Eingriff, die Anlage des das ganze Moor (Jagen 153) umziehenden Grenzgrabens, verantwortlich zu machen. Über die Zeit, zu der der Grenzgraben gezogen worden ist, konnte ich nichts in Erfahrung bringen. Sicherlich ist es geschehen, als die akademische Forstverwaltung den das Jagen 153 umgebenden Baumbestand in einen gewinnbringenden Kulturwald umwandeln wollte, und das Gebiet nördlich des Moores als Viehweide benutzt werden sollte.

Sehr auffällig ist die Tatsache, daß *Hornschuch*, der gewissenhaft den *Juncus uliginosus* var. *a.* Meier bucht, nicht *Calluna vulgaris* erwähnt, die doch typisch für entwässerte Hochmoore ist. Einige andere Moorbewohner, wie z. B. *Eriophorum polystachyon*, *Andromeda polifolia* und *Ledum palustre* vermißt man ebenfalls in der *Hornschuch*schen Liste. Trotzdem dürfen wir nicht annehmen, daß die genannten Pflanzen damals im Kieshofer Moor völlig fehlten. Ein Gelände, das einerseits so trockene Stellen aufweist, daß *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis Idaea* gedeihen können, und das gleichzeitig *Scheuchzeria palustris*, *Drosera rotundifolia* und *Vaccinium oxycoccus* einen Standort bietet, wird sicherlich auch den Ansprüchen jener Pflanzen genügt haben¹⁾. Wir müssen bei Beurteilung der *Hornschuch*schen Arbeit eben in

1) Ein Aufsatz der Reihe „Eigentümlichkeiten der Flora der Torfmoore in der Umgegend Greifswalds“ ist auch dem Moore südwestlich von dem Gute Kieshof gewidmet. Die Pflanzendecke dieses Moores wird eingehend und außerordentlich anschaulich behandelt. Hier zählt H. auch *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre* und *Calluna vulgaris* auf. Das heutige Naturschutzgebiet hat H. offenbar mehr nebensächlich behandelt und deshalb ist seine Darstellung etwas knapp ausgefallen. Die größere Anziehungskraft des anderen Kieshofer Moores ist für den Floristen ganz selbstverständlich, weil dort *Eriophorum gracile*, *Scirpus caespitosus*, *Rhynchospora alba*, *Malaxis paludosa*, *Drosera*, *anglica*, *Erica tetralix*, *Menyanthes trifoliata*, *Pinguicula vulgaris*, *Utricularia vulgaris* und *U. minor* zu finden waren.

Betracht ziehen, daß der Verfasser garnicht darauf ausging, den Pflanzenbestand des Kieshofer Moores vollständig aufzunehmen, sondern das Moor nur kurz im Rahmen einer allgemeineren Darstellung der „Eigentümlichkeiten der Flora der Torfmoore in der Umgebung Greifswalds“ behandeln wollte. Daß ihm hierbei — seiner Zeit entsprechend — ökologisch-pflanzengeographische Gesichtspunkte fernegelegen haben, geht deutlich aus der Beachtung hervor, die er der Standortmodifikation des *Senecio sylvaticus* schenkt. Auf keinen Fall erscheint es zulässig, aus den lückenhaften Angaben Hornschuchs weitgehende Schlüsse auf Veränderungen in der Vegetation des Kieshofer Moores zu ziehen.

Wenn der Weg, den die Entwicklung des Moores einschlagen mußte, durch die Entwässerung auch vorgezeichnet war, so war es doch fraglich, wie weit die zum toten Hochmoor führenden Veränderungen gehen würden. Von der geschlossenen Sphagnumdecke, von der Hornschuch spricht, sind — abgesehen von der auf der Karte mit O1 bezeichneten Stelle und den ehemaligen Torfstichen — heute nur noch Fetzen vorhanden, die umso spärlicher werden, je weiter wir uns von der genannten Stelle entfernen. Die Gräben sind fast zugemoort und, das Gleiche gilt für die Torfstiche. Heute scheint das Moor wieder aufzuleben; dafür sprechen die zahlreichen kleinen Herde im Randgebiet von S, die nicht als Relikte, sondern als Vorhut des Sphagnums anzusehen sind. Die Sphagneta der Stiche liegen noch tiefer als ihre Umgebung und breiten sich deshalb noch nicht seitlich aus.

Die Zyklusfrage.

Veränderungen, wie wir sie beim Kieshofer Moor eintreten sahen und als Folgeerscheinungen einer planmäßigen Entwässerung und fortgesetzter, bis in die letzten Jahre hineinreichender forstlicher Maßnahmen in der Umgebung erkannt haben, sind von verschiedenen Forschern als natürliche Alterserscheinungen der Hochmoore gedeutet worden. Bei Warming (35, S. 662) lesen wir z. B.: „Auf diese Weise wird man die Ontogenese eines Moores . . . verfolgen können bis zu dem Zeitpunkt, wo die Bildung eines Sphagnummoores

durch die fortschreitende Trockenheit des Moores mit Bildung von Strauch- und Waldformationen abgeschlossen wurde.“ (Man vergleiche die deutsche Ausgabe von E. Knoblauch 1896 S. 169 und S. 364). Gegen diese Auffassung hat Weber, der sich als Botaniker der Moorversuchsstation zu Bremen eingehend mit dem Problem beschäftigt hat, energisch Front gemacht. Betrachten wir von diesem Gesichtspunkte aus das vorliegende Moorgebiet, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß hier tatsächlich kein im normalen Zyklus erreichtes Altersstadium im Sinne Warming's vorliegt, sondern ein Zustand, der den schädigenden Einflüssen der Menschenhand seine Entstehung verdankt. Unser Befund spricht also für die Anschauung Webers, dem wir nur zustimmen können, wenn er auf Grund seiner Erfahrungen sagt: „Das Sphagnetum¹⁾ bildet bei uns das Schlußglied der Reihe der moorbildenden Pflanzenvereine. Es gibt in unserem Florenreiche keinen Verein, der es unter gleichbleibenden äußeren Verhältnissen abzulösen imstande wäre (38, S. 23). „Die bis zur Alleinherrschaft jetzt vor sich gehende Ausbreitung von Heide und Wald auf den Hochflächen der Hochmoore . . . ist in Norddeutschland ohne jede Ausnahme auf die menschliche Einwirkung, auf die mehr oder weniger absichtlichen Einrichtungen zur Entwässerung der Moore, bei kleineren auf die Beseitigung des umgebenden feuchthaltenden Waldes zurückzuführen“ (37, S. 142, 143)²⁾.

1) Ich stimme Weber natürlich nur dann zu, wenn ich sein Sphagnetum mit Hochmoor im weitesten Sinne identifizieren darf. Ob ein Sphagnum- oder Heidemoor als Endglied entsteht, hängt ganz vom Klima ab.

2) Der Einfluß des Waldes, der sich in der Feuchthaltung des umschlossenen Gebietes äußert, dürfte in der Hauptsache auf Herabsetzung der Windgeschwindigkeit beruhen. Wie diese die Verdunstungsstärke modifiziert, ist aus der von Trabert aufgestellten Formel ersichtlich (15, S. 215). $V = C(1 + at) \cdot \sqrt{W} (E - e)$. W = Windgeschwindigkeit. Messungen der Windgeschwindigkeit auf der Lee-seite eines Waldes hat Murat durchgeführt. Die Abnahme der Windgeschwindigkeit in 50 m Entfernung vom Wald kann 3—12 km in der Stunde betragen, was im Mittel einer Reduktion der Windstärke um 1 Grad der Beaufortskala gleichkommt; in einer Entfernung von 500 m vom Wald hat der Wind wieder die Intensität er-

Zum Schlusse soll aber noch kurz darauf hingewiesen werden, daß auch eine von R a m a n n (23) vertretende Theorie vorliegt, die in gewissem Sinne zwischen den beiden eben besprochenen, sich schroff gegenüberstehenden Anschauungen zu vermitteln sucht. R a m a n n s Ansicht ist ungefähr folgende: Eine abschließende Formation fehlt dem geschilderten Moorzyklus überhaupt. Das Sphagnummoor (R a m a n n gebraucht weder den Ausdruck Sphagnummoor noch Heidemoor) geht allmählich in ein Heidemoor über; nach einer gewissen Zeit wird aus dem Heidemoor, ohne daß ein Klimawechsel die Ursache wäre, wieder ein Sphagnummoor, und das Spiel beginnt von neuem. Die Lebensdauer beider Phasen ist verschieden lang; sie hängt vom Klima und von der Ausdehnung des Moores ab. „Der Florawechsel und die Schichtenfolge der Moore in den mitteleuropäischen Hochmooren ist bedingt durch die physikalischen Eigenschaften des Moostorfes, dessen kapillare Wasserhebung zur Versorgung der Sphagneen in trockenen Zeiten versagt, sobald die Mächtigkeit der porösen Torfschicht eine bestimmte Höhe erreicht“ (S. 142). „Erreicht die Schicht des porösen Moortorfes größere Mächtigkeit, so tritt in trockeneren Zeiten Wassermangel für die Sphagneen ein, der schließlich einer anderen Flora zur Herrschaft verhilft. Diese wird so lange andauern, bis der Sphagnumtorf durch Zersetzung sein Volumen verringert hat und hierdurch für Wasser schwer durchlässig wird; dann sind wieder die Voraussetzungen für einen üppigen Wuchs der Torfmoose gegeben; die Torfablagerung beginnt von neuem.“ (S. 140).

Ohne Zweifel ist das Grundwasser im Hochmoor für die Versorgung der Sphagnen nicht nebensächlich. W e b e r (37, S. 164) sagt zwar: „Im Grunde genommen beruht alle Hoch-

reicht, die er besaß, als er den Wald traf (Annales of the Roumain Academy, Bukarest 1907 p. 33; ich benutzte nur das Referat in der Meteorologischen Zeitschrift 1908 Heft 5 S. 229, Braunschweig). In Anbetracht dieser Verhältnisse darf man nicht, wie R a m a n n es tut (23, S. 139), aus dem üppigen Wachstum des Sphagnums in kleinen Waldmooren folgern, daß das herrschende Klima der Hochmoorbildung günstig wäre.

moorbildung, wie es scheint, darauf, daß in einem physiologisch nährstoffarmen Boden der abwärts dringende Strom des Meteorwassers stärker ist, als der kapillar aufwärts gerichtete . . .“ Hiermit soll jedoch sicher nicht gesagt sein, daß im Hochmoor das Wasser niemals kapillar gehoben würde; der Sinn der angeführten Stelle kann nur der sein: zu gewissen Zeiten steigt auch im Hochmoor Wasser kapillar aufwärts, nur die Gesamtmenge des absickernden Wassers ist im Durchschnitt größer als die des kapillar gehobenen. Sonst wäre es beispielsweise unerklärlich, weshalb Sphagnum in alten Torfstichen viel üppiger wächst, als auf der umgebenden Moorfläche, solange die Sphagnumfläche noch tiefer liegt als der Rand des Stiches. Auch *W a n g e r i n* (34, S. 110) zieht aus der Tatsache, daß es in dem von ihm untersuchten Gebiet Sphagnetumschwingmoore in Kiefernreiserzwischenmoore übergehen, den Schluß, „daß die Erhaltung eines völlig in sich geschlossenen Sphagnumrasens vom tellurischen Wasser nicht gänzlich unabhängig ist.“ In beiden angeführten Fällen liegen aber ganz besondere Verhältnisse vor, die sich nicht ohne weiteres auf die Hochmoorflächen im allgemeinen übertragen lassen. Demnach können wir auch *R a m a n n s* Begründung keineswegs als zwingend anerkennen. Die Beobachtungen, auf die er sich stützt, lassen sich, ohne den Tatsachen Gewalt anzutun, auch in anderer Weise erklären. Mit einer ähnlichen, weniger elastischen älteren Theorie hat sich übrigens *W e b e r* in seinem Hauptwerk „Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal“ auseinandergesetzt.

Darstellung der heutigen Pflanzendecke des Kieshofer Moores nach ökologischen und floristischen Gesichtspunkten.

Für das Verständnis des jetzigen Zustandes des Kieshofer Moores ist nötig, daß wir uns darüber klar werden, welche Faktoren die Ausgestaltung gegenwärtig beeinflussen, und welche sie früher beeinflußt haben. Heute hat das Naturschutzgebiet in der Hauptsache nur mit Naturgewalten — deren wirksamste augenblicklich des Klima ist — zu rechnen, wäh-

rend früher noch menschliche Eingriffe verschiedenster Art hinzukamen. Aus dem Abschnitt über das Greifswalder Klima ging hervor, daß zwar Hochmoore in dieser Gegend existenzfähig sind, daß sie ihren Gleichgewichtszustand aber nicht als Sphagnummoore, sondern nur als Heidemoore erreichen. In dem Kapitel über die Geschichte des Moores hörten wir, daß der Mensch vor rund 100 Jahren durch Anlage von Gräben und Torfstichen die natürliche Entwicklung des Kieshofer Moores unterbrochen und in bestimmter Richtung verschoben hat. Das Zusammenwirken beider Faktoren liefert die Erklärung für die Vegetationsverhältnisse, wie wir sie zur Zeit vorfinden, und deren Betrachtung wir uns nun im einzelnen zuwenden wollen. Wir beginnen mit einem ungefähr im Zentrum der Moorfläche gelegenen Teil, der dem Sektor W angehört und als W4 in die Karte eingetragen ist.

Sektor W.

Es handelt sich um einen Ausschnitt der alten Hochmoorfläche, der durch die Anlage der Abzugsgräben in seinem Gleichgewichtszustande gestört wurde, in den er auch heute noch nicht zurückgekehrt ist. Dicht bei dicht stehen hier die Bulten von *Eriophorum vaginatum*, deren Zwischenräume in der Hauptsache von Sphagnum ausgefüllt werden. Das stellenweise Fehlen der Sphagnumbänder ist wohl darauf zurückzuführen, daß die nach allen Seiten auseinanderfallenden Blätter der Wollgrasbulten einen so dichten Schirm bilden, daß nicht mehr genug Licht durchkommt. Stehen die Bulten weniger gedrängt, dann finden sich neben Sphagnum (z. B. *Sph. recurvum*) meist auch *Vaccinium oxycoccus* und *Andromeda polifolia* ein. Diese beiden Sphagnumbegleiter kommen zwar häufig, aber keineswegs immer zusammen auf kleinstem Raume vor. Wird der Abstand der Bulten von einander noch größer, dann wird der Raum zwischen ihnen häufig von *Empetrum nigrum* eingenommen, dem gewöhnlich *Vaccinium oxycoccus* und oft auch *Andromeda polifolia* beigesellt sind. In letzterem Falle kann die Moosunterlage ganz fehlen. In ähnlicher Weise wie *Empetrum nigrum* füllen hier und da auch *Calluna vulgaris* oder *Ledum palustre* die Lücken aus. Die

Porstbüsche erreichen unter diesen Umständen nur die Höhe der blühenden Wollgrashalme. Neben dem schon erwähnten *Eriophorum vaginatum* treffen wir auch *Eriophorum polystachyon* an, das truppweise an besonders feuchten Stellen wächst. In unmittelbarer Nähe des Hauptgrabens und bei We a ist der Boden um ein wenig trockener als in dem übrigen Teil von W4. Hier finden sich dementsprechend *Vaccinium uliginosum*, *Calluna vulgaris* und sogar einige spärliche Halme von *Aera flexuosa* ein. Buschwerk von *Betula pubescens* ist über die ganze Fläche zerstreut, weist aber durchweg nur eine geringe Wuchshöhe auf. Anflug von *Pinus silvestris* zeigt sich nur hier und da, und zwar kaum in größerem Umfange, als sich an den trockneren Stellen von W4 auch Keimpflanzen von *Quercus robur* und *Pirus aucuparia* einstellen. *Drosera rotundifolia* ist in diesem Teile selten und in kleineren Trupps nur auf der nassen schwarzen Torferde der vom Wild begangenen Wechsel anzutreffen.

W4 hat, wie man aus dem Vorstehenden entnehmen kann, die Folgen der Entwässerung noch nicht überwunden. Daß die geschilderte Pflanzengemeinschaft keinen Schlußverein darstellt, sondern daß eine stärkere Ausbreitung des Torfmooses bei dem gegebenen Klima möglich ist, das wird uns das spätere Studium der Pflanzendecke in dem garnicht weit entfernten O1 lehren.

An die eben beschriebene Zone schließt sich innerhalb von W4 nach Nordwesten zu eine durch Kiefern und Birken leicht beschattete an. Die Wollgrasbulten werden wesentlich dürftiger und bilden nur noch von *Calluna vulgaris* oder *Empetrum nigrum* umschlossene Inselchen. Die beiden letztgenannten Pflanzen nehmen dagegen an Ausdehnung und Häufigkeit zu und bilden meist unvermischte, scharf gegen einander abgegrenzte Bestände. Im Schatten der Bäume werden *Vaccinium uliginosum* und *Ledum palustre* zu meterhohen Büschen, die eine Üppigkeit aufweisen wie an keiner anderen Stelle des Reservates. Zwischen diesem hohen Buschwerk bilden *Hypnum Schreberi* und *Hylocomium splendens* hügelige Polster, während *Sphagnum* hier so gut wie ganz verschwindet.

Wir wenden uns nunmehr in nordwestliche Richtung und gelangen in den Abschnitt W5. Hatten wir in W4 eine Erscheinungsform des Heidemoors kennen gelernt, so tritt uns jetzt als Assoziation des Zwischenmoors eine Art von Zwischenmoorwald entgegen. Dieser Wandel des Vegetationsbildes hat seine Ursache darin, daß W5 merklich höher liegt und infolgedessen auch trockeneren Untergrund aufweist. Dieser Höhenunterschied ist deutlich festzustellen, wenn man an der Grenze der Stiche Ni und Nk entlang zum Hauptgraben geht. *Calluna* und *Empetrum* kommen hier nur noch in einem schmalen Streifen vor, der sich beiderseits am Rande der alten Stiche entlang zieht. Ein mit Kiefern durchsetzter Birkenbestand verbindet die wenigen Bäume in W4 und das Waldgebiet in W. Im Unterwuchs fällt besonders die massenweis auftretende *Molinia coerulea* ins Auge, während *Aspidium spinulosum* und *Aera flexuosa* nur vereinzelt eingestreut sind.

W2, das jenseits des Stiches We liegt, hat manche Züge mit W4 gemein, wenn auch im großen und ganzen die Vernässung des Geländes eine geringere ist. Manche Stellen muten uns wie Ausschnitte von W4 an, so z. B. Vereine, in denen *Eriophorum vaginatum* vergesellschaftet mit *Empetrum nigrum*, *Vaccinium oxycoccus*, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre* oder *Calluna vulgaris* auftritt. Sphagnumfreie Mischbestände von *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*, *Empetrum nigrum*, *Calluna vulgaris* und einer neuen Komponente, nämlich *Vaccinium myrtillus*, wechseln mit den vorhin genannten ab. Eine Pflanze, die ebenfalls nicht in W4 vorkommt, ist *Vaccinium vitis Idaea*. Sie sucht besonders die Stellen auf, an denen der trockene, faserig-filzige, braun gefärbte Torf zutage tritt. Hier bildet sie gelegentlich kleine Reinbestände. Sonst finden wir als ihre Begleiter *Empetrum nigrum*, *Vaccinium myrtillus* und kleine isolierte *Eriophorumbulten*. *Drosera rotundifolia* suchen wir hier vergeblich. Der auffälligste Unterschied gegenüber W4 ist das die Physiognomie im Sommer stark beeinflussende massenhafte Auftreten von Gräsern. Tonangebend ist die Waldschmiede, *Aera flexuosa*, die nicht nur selber kleine Bestände bildet, sondern bald zahlreich bald we-

niger zahlreich in andere Bestände eindringt; so sieht man sie auffälligerweise sowohl zwischen *Vaccinium myrtillus* als auch zwischen *Eriophorum vaginatum*. Von Gräsern sind ferner zu nennen *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus* und *Molinia coerulea*; letztere kommt in größerer Menge vor, die beiden anderen Gräser dagegen sind annähernd gleichmäßig und dünn verteilt.

Je mehr wir uns W1 nähern, desto geringer wird die Ähnlichkeit des Vegetationscharakters mit W4. Die eigentlichen Moorpflanzenbestände werden durch die Grastrapps und durch das dichter und höher werdende Buschwerk von *Betula pubescens*, *B. verrucosa*, *Quercus robur*, *Frangula frangula*, *Pirus aucuparia* und *Lonicera periclymenum* immer mehr zurückgedrängt. Dafür machen sich dann besonders *Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*, *Luzula pilosa*, *Luzula campestris*, *Rubus idaeus* und *Melampyrum pratense* breit. Der Vollständigkeit halber nenne ich noch *Urtica dioica* und *Galeopsis tetrahit*, die beide nur in ganz wenigen Exemplaren auftreten.

Der Unterschied gegenüber W4 ist unverkennbar und zeigt uns deutlich den Gegensatz zwischen einer abgestorbenen Hochmoorfläche und einer solchen, die in zunehmender Erholung begriffen ist.

Der Unterwuchs des Waldes in W bildet keine scharfe Grenze gegen die Zone W2, vielmehr gehen *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium oxycoccus* und *Andromeda polifolia* noch ein Stück in den Wald hinein. Ihr Vorkommen veranlaßte mich zur Abgrenzung eines schmalen Waldstreifens, der Zone W3, von dem übrigen Wald. In dieser Übergangszone ist *Empetrum* besonders reichlich vertreten. Neben reinen Beständen kommen solche mit *Vaccinium oxycoccus* und *Andromeda polifolia* vor. Gelegentlich bildet *Empetrum nigrum* den Unterbau für die *Vaccinium- uliginosum-* und *Ledumbüsche*, deren Höhe im Vergleich zu denselben Sträuchern in W2 recht auffällig ist. Die wenigen *Eriophorum- vaginatum-*Bulten, die sich hier noch finden, liegen ziemlich zusammenhangslos weit auseinander. *Sphagnum* kommt nur in ganz unbedeutender

Menge vor, entweder in den Empetrumbeständen oder frei in Form kleiner Polster. Maßgebend für die Tiefe, in welcher *Vaccinium uliginosum*, *Ledum* und *Empetrum* in den Wald hineingehen, scheint in erster Linie der Lichtgenuß zu sein.

W1 ist ein kleiner Bezirk, der schon innerhalb des Waldbestandes liegt, sich aber durch das Vorherrschen der Birke heraushebt. Auffällig an ihm sind die starken Unebenheiten des Bodens. Man gewinnt den Eindruck, als ob hier früher versucht worden wäre, Torf zu stechen. Für die Physiognomie maßgebend ist das Auftreten von *Calamagrostis epigeios*; außerdem finden sich in größerer Menge *Eriophorum polystachyon*, *E. vaginatum* und *Juncus effusus*.

Sektor S.

Wir verlassen nunmehr den Sektor W und wenden uns dem Sektor S zu. Wir betreten damit ein Gebiet, das heute die größte zusammenhängende Hochmoorfläche des Reservates darstellt. Die Pflanzendecke zeigt mancherlei Übereinstimmungen mit derjenigen von Abschnitt W4. Buschwerk von *Betula pubescens*, daneben aber auch solches von *Betula verrucosa*, ist über die ganze Fläche zerstreut. Von *Pinus silvestris* sind nur große Bäume in beschränkter Zahl vorhanden. Der Boden ist sehr uneben infolge der Wollgrasbulten. Leitpflanzen (im Sinne W a n g e r i n s 31, S. 177) sind *Eriophorum vaginatum* und *Empetrum nigrum*. *Vaccinium oxycoccus* ist zwar nicht minder reichlich vertreten, beeinflusst jedoch die Physiognomie so gut wie garnicht. *Calluna vulgaris* steht, was die Häufigkeit betrifft, weit hinter *Empetrum nigrum* zurück; *Ledum palustre* bleibt niedrig. *Drosera rotundifolia* habe ich in diesem Teile nur sehr selten gefunden.

Nach dem Süd- und Westrande zu wird der Boden trockener. Gräser wie *Anthoxanthum odoratum*, *Aera flexuosa*, *Holcus lanatus*, ferner *Calamagrostis epigeios* und *Molinia coerulea* stellen sich ein, erst spärlich, dann truppweise. *Eriophorum vaginatum* gibt die Führung an sie ab, das Buschwerk schließt sich dichter zusammen (*Populus tremula*, *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *Quercus robur*, *Pirus aucuparia*, *Frangula frangula*) und erreicht eine größere Höhe. Ähn-

lich wie in W2 stellen sich nun auch *Oxalis acetosella*, *Luzula pilosa*, *Aspidium spinulosum* — besonders häufig in der Nähe des Grenzgrabens — und *Vaccinium myrtillus* ein. An anderen Stellen sind noch *Maianthemum bifolium*, *Rumex acetosella*, *Rubus Idaeus*, *R. plicatus*, *Lonicera periclymenum* vorhanden. *Sphagnum*, das im mittleren Teile dieses Gebietes meist nur ein kümmerliches Dasein zwischen den Wollgrasbulten (*Sph. recurvum*) und unter den Zwergsträuchern geführt hatte, kommt jetzt — ohne dabei an Häufigkeit zuzunehmen — mehr zur Geltung, weil es sich zu kleinen Polstern aufwölbt (*Sph. cymbifolium*). Größere Flächen dagegen bedeckt in der Nähe des Grenzgrabens *Polytrichum commune*.

In S haben wir also eine Assoziation des Heidemoors vor uns, die nach dem Rand des Reservates zu in eine typische Zwischenmoorassoziation übergeht. Es zeigt sich, daß die zentralen Partien des Moores die früheren, allerdings wenig zweckmäßig ausgeführten, Entwässerungsmaßnahmen verhältnismäßig gut überstanden haben. Denselben Eindruck gewannen wir schon beim Vergleich von W2 und W4. Diese Erscheinung möchte ich in erster Linie auf eine starke Sackung des eigentlichen Hochmoores zurückführen. Die einerseits durch das eigene Gewicht, andererseits durch Zersetzung des Moorinhaltes hervorgerufene dichtere Lagerung der Torfschichten mußte sich naturgemäß in dem Augenblick besonders stark bemerkbar machen, als durch den Wasserentzug zahlreiche winzige Hohlräume geschaffen worden waren. Die Sackung bewirkte dann, daß sich das Wasser länger in den oberen Schichten halten konnte, und als die Gräben nach und nach in Verfall gerieten, brachte es die neue Form der Oberfläche des Moores mit sich, daß das Wasser bei reichlicher Zufuhr nicht mehr nach den Rändern abfloß, sondern sich über der Mitte staute.

Sektor O.

Ähnlich wie in S können wir im Sektor O, dem wir uns jetzt zuwenden, eine Zone mit Heidemoorcharakter und eine Randzone unterscheiden, in der bereits Florenelemente des trockenen Waldbodens auftreten. Die nördliche Hälfte von O nehmen alte Torfstiche ein. An ihren Südrand tritt ein Ge-

hölz heran, das als Zwischenmoorwald angesprochen werden muß, da *Molinia coerulea* in großer Menge vorkommt, während *Sphagnum (recurvum und cymbifolium)* nur eine ganz untergeordnete Rolle spielt. Der Baumbestand setzt sich fast ausschließlich aus Kiefern zusammen, denen nur wenige Birken beigesellt sind. Im Unterwuchs zeigen sich als Begleiter von *Molinia coerulea* *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Potentilla silvestris*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. oxycoccus*, *Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris* und *Melampyrum pratense*. Am Waldrande wird *Molinia coerulea* lichter, und die eben aufgezählten Begleitpflanzen, zu denen noch *Drosera rotundifolia* hinzukommt, treten mehr in den Vordergrund. Am Südrand sind die Kiefern teilweise krüppelhaft.

Zwischen dem Wäldchen und dem Quergraben liegt eine durch massenhaftes Vorkommen von *Drosera rotundifolia* ausgezeichnete Stelle, die auf der Karte als O1 eingetragen ist. Die Blattrosetten des Sonnentaus breiten sich hier auf einem fast eben zu nennenden prächtig roten Teppich aus, der von *Sphagnum rubellum* Wils var. *rubescens* Warnst. und *Aulacomnium palustre* gebildet wird. Die Wollgrasbulten sind hier klein und stehen ziemlich locker. Sie überragen den Moosrasen nur um ein Geringes und auch *Calluna vulgaris* erhebt sich nur wenige cm über ihn; ältere höhere Heidekrautexemplare sind abgestorben. Die die Pflanzendecke zusammensetzenden Arten ergeben hinsichtlich ihrer Verbreitung auf der Gesamtfläche des Bestandes (V) und ihres Geselligkeitsgrades (Z) etwa folgendes Bild¹⁾:

<i>Eriophorum vaginatum</i>	V 3	Z 4
<i>polystachyon</i>	2	3
<i>Drosera rotundifolia</i>	4	3
<i>Empetrum nigrum</i>	2	3
<i>Ledum palustre</i>	1	3
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	3	3
<i>Andromeda polifolia</i>	1	2
<i>Calluna vulgaris</i>	4	3

1) Wangerin 31, S. 182. In der Abstufung 1—5 bedeutet V die Verbreitung auf der Gesamtfläche des Bestandes, Z die Dichtigkeit des Auftretens auf einer beschränkten Fläche.

Daß *Calluna vulgaris* an dieser Stelle so hervortritt, während sie im Sektor S fast ausschließlich auf die Randzone beschränkt ist, und daß ferner *Empetrum nigrum*, das Leitpflanze in S ist, hier nahezu verschwindet, muß unzweifelhaft seine besonderen Gründe haben. Die ebene, zusammenhängende Sphagnumfläche in O1 deutet auf ein verhältnismäßig starkes Wachstum des Torfmooses hin. Infolge der schnellen Aufhöhung des Sphagnumrasens tritt *Empetrum* mehr in den Hintergrund, denn es ist schlechter als *Calluna* an die Wachstumsgeschwindigkeit des Sphagnums angepaßt. Die hier vertretene Auffassung über die Eignung von *Empetrum* und *Calluna*, im Sphagnumrasen zu wachsen, steht im Gegensatz zu der Meinung *Webers* (37, S. 50). Er schreibt: „An beiden Pflanzen ist die jährliche Verlängerung der oberirdischen Teile nicht ausreichend genug, um mit besonders stark sich verlängerndem Sphagnum gleichen Schritt halten zu können, sodaß sie an solchen Stellen bald verschwinden. *Empetrum nigrum* ist in dieser Hinsicht günstiger gestellt als *Calluna*.“

Für die Tatsache, daß *Calluna* und *Empetrum* in S nicht nebeneinander als Mischbestand vorkommen, läßt sich nur schwer eine befriedigende Erklärung geben. Mögen auch die klimatischen Verhältnisse *Empetrum* mehr zusagen, so sind diese doch auf jeden Fall für *Calluna* die gleichen sowohl in S als in O1. Um das Fehlen von *Calluna* in dem besagten Teil von S zu erklären, muß man annehmen, daß ein biotischer Faktor den Ausschlag gibt, oder mit anderen Worten, daß *Calluna* im Kampf um den Boden *Empetrum* aus irgend einem Grunde nicht gewachsen ist und sich nur dort reichlicher entfalten kann, wo *Empetrum* als Konkurrent ausscheidet.

Daß unter den gegebenen Verhältnissen *Empetrum* das Klima wirklich besser verträgt als *Calluna*, geht aus einer Beobachtung hervor, die ich während des außergewöhnlich langen und kalten Winters 1923/24 machte. An Stellen, wo bei gefrorenem Boden Sonne und Wind ungehindert auf *Calluna* einwirken konnten, waren ihre Sprosse abgestorben, während das arktisch-boreale *Empetrum* nur ausnahmsweise geschädigt war. Von den *Calluna*-Pflanzen in O1 hat, wie im Som-

mer die toten grauen Sprosse bezeugten, nicht eine den Winter überstanden. Etwas gelitten hatte natürlich auch Empe-
trum; abgestorbene Sprosse mit braun verfärbten Blättern
(garnicht zu verwechseln mit der durch Anthozyan hervorge-
rufenen Färbung) waren nicht selten¹). Die Randzone von S
dagegen, in der Calluna verbreitet ist, hat im Winter bei
tiefem Sonnenstand unter der Insolation weniger zu leiden,
weil sie im Schlagschatten des im Süden angrenzenden Waldes
liegt. Hier war dementsprechend die Schädigung nicht so
ausgeprägt.

Nach dem Quergraben zu ändert sich der Vegetations-
charakter ein wenig. Hier stehen nämlich noch einige hoch-
stämmige Bäume, in deren Schatten Vaccinium uliginosum und
Ledum palustre gedeihen. In ihren Schutz wächst Sphagnum
cymbifolium empor, doch nie so hoch wie Hypnum Schreberi
oder Hylocomium splendens. Den Quergraben in seiner gan-
zen Länge bis zur Schutzzone begleitet ein rund 2 m breiter
Streifen von Molinia coerulea, der besonders im Herbst wegen
der hohen fahlgelben Halme hervortritt. Die Erklärung dafür,
daß dieses Grasband an der anderen Seite des Grabens fehlt,
ist darin zu suchen, daß der Grabenauswurf — wie sich aus
den Akten ergibt — seinerzeit nur zur Aufhöhung der einen
Seite verwendet wurde. So war ein dem Pfeifengras zusagen-
der Standort geschaffen und seine Nachkommen konnten sich
wegen der geringen Wachstumsintensität des Sphagnums bis
jetzt dort behaupten. Wäre der Grabenauswurf gleichmäßig
auf beide Seiten des Grabens verteilt worden, dann fände
sich heute unzweifelhaft Molinia coerulea ebenfalls beiderseits.
Es würde damit ein Zustand herrschen, wie ihn Früh und
Schröter (10, S. 65) für das Hochmoor von Einsiedeln, wo
die Entwässerungsgräben links und rechts von einem breiten
Molinietumstreifen eingefast sind, beschrieben haben. Die Zu-
sammensetzung des Pflanzenvereins, der sich zwischen dem

1) Die bekannte Anthozyanfärbung zeigte sich bei Calluna-
Sträuchern, deren untere Teile von Schnee eingehüllt waren, nur an
den aus dem Schnee hervorragenden Teilen, die eingehüllten waren
rein grün.

Droseretum und dem Quergraben ausbreitet, ergibt sich aus folgender Bestandsaufnahme:

<i>Molinia coerulea</i>	V	3	Z	3
<i>Eriophorum vaginatum</i>		3		5
<i>polystachyon</i>		3		3
<i>Potentilla silvestris</i>		1		2
<i>Ledum palustre</i>		3		3
<i>Vaccinium uliginosum</i>		3		3
<i>oxycoccus</i>		3		4
<i>Andromeda polifolia</i>		3		3
<i>Calluna vulgaris</i>		3		3

Die zwischen dem Stich Oh und dem Quergraben liegende mit O2 bezeichnete Zone, ein moosarmes Reiserzwischenmoor, ähnelt weitgehend der Randzone von S; es stehen dort außer den in der genannten Zone vorkommenden Arten noch einige über 50 Jahre alte Eichen. Leitpflanze des Unterwuchses ist *Molinia coerulea*. Stellenweise finden sich auch *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis Idaea* ein.

Den restlichen Teil von O nehmen Torfstiche ein, die zum Teil durch offene Gräben untereinander und mit dem Grenzgraben in Verbindung stehen. Bei den nach dem Moorrande zu gelegenen Stichen ist noch offenes Wasser zwischen den Sumpfpflanzen vorhanden, während bei den übrigen Stichen das Auge statt des dunklen Wassers einen Sphagnumrasen erblickt. Auch die Stiche, die noch wassergefüllt erscheinen, sind schon mehr oder minder von Mudde erfüllt, sodaß die darüber stehende Wasserschicht durchschnittlich nur noch 25 cm hoch ist¹⁾.

In Stich Oa, in der Nordostecke von O, ist *Arundo phragmites* der einzige Verlander²⁾; Stich Ob beherbergt ebenfalls

1) Über die ursprüngliche Tiefe der Stiche kann ich keine Angaben machen, da mir ein für diese Zwecke geeigneter Bohrer nicht zur Verfügung stand.

2) Die Angabe v. Bülow's (6, S.15): „Doch fand ich auch an der Nordostecke von Stich 1 *Phragmites* unmittelbar in Torfmoos und einer Umgebung typischer Hochmoorpflanzen in einigen, wenn auch kümmerlichen Exemplaren“ beruht offenbar auf einem Mißverständnis.

einen Schilfbestand, der — ähnlich wie in dem vorgenannten Stich — nicht ganz bis an den südlichen und westlichen Torfdamm heranreicht, sodaß eine schmale Zone offenen Wassers entsteht. In der Nordostecke von Ob hat sich ein Trupp *Typha latifolia* angesiedelt. Hier beträgt die Wassertiefe nur noch 10—15 cm, wohingegen sie sonst in beiden Stichen 25—30 cm erreicht. In beiden Stichen finden sich in beschränkter Menge *Lemna minor* und *L. trisulca*.

In Oc haben wir wiederum einen *Arundo phragmites*-Bestand, der jedoch nur $\frac{2}{3}$ des Stiches einnimmt; das übrige Drittel ist freies, 40—50 cm tiefes Wasser.

Od ist nur spärlich mit *Arundo phragmites* besiedelt; in größerer Menge dagegen findet sich *Potamogeton natans*. Am Standort dieser Pflanze stellte ich eine Wassertiefe von 35—65 cm fest. Das Vorkommen von *Arundo phragmites* ist von der Wassertiefe abhängig; an über 30 cm tiefen Stellen fehlt das Schilf.

Od wird im Westen von einem nur wenige m breiten Streifen — einer vorgeschobenen Stellung des *Sphagnum* — begrenzt, der in gleicher Weise bei den Stichen Of, Og und Oh wiederkehrt, und dessen floristische Zusammensetzung weiter unten besprochen werden soll. Die Grenzen dieses Streifens nach Od und Oe hin sind keine natürlichen, sondern sind bedingt durch schmale Torfdämme, wie sie auch die Stiche Of, Og und Oh in mehrere Stücke zerlegen.

In Oe lassen sich mehrere Zonen unterscheiden; die erste weist *Equisetum heleocharis* in außerordentlicher Menge, *Typha latifolia*, *Arundo phragmites*, *Carex rostrata* und *Eriophorum polystachyon* weniger häufig auf. *Comarum palustre* findet sich vereinzelt. Nahe dem Rande des den Stich im Westen begrenzenden Torfdammes finden sich Bulten von *Carex paniculata*. Von der eben besprochenen Zone setzt sich ziemlich scharf ein lichter *Carex-rostrata*-Bestand ab, der aber nicht bis an den nördlichen Damm heranreicht, sondern durch einen Streifen von *Potamogeton natans* von ihm getrennt ist.

Den östlichen Teil von Of nimmt ein dichter Reinbestand von *Typha angustifolia* ein¹⁾. Daran schließt sich — die Grenze bildet der Rest eines schmalen Torfdammes — ein Bestand, in dem *Arundo phragmites* vorherrscht; daneben sind *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon* und *Comarum palustre* vertreten.

Der östliche Teil von Og wird von einem Mischbestand von *Typha latifolia*, *Equisetum heleocharis*, *Arundo phragmites*, *Carex pseudocyperus*, *C. rostrata*, *Comarum palustre* und *Sium latifolium* eingenommen. Auf dem Wasser schwimmt *Ricciocarpus natans* und bildet stellenweise dicht geschlossene Decken; zusammen mit *Ricciocarpus* findet sich *Lemna minor*. Wesentlich seltener als die genannten Arten sind *Riccia fluitans*, *Lemna trisulca* und *Utricularia minor*. Die Wassertiefe in den östlichen Teilen von Of, Og und Oh beträgt 20—30 cm.

Die Vegetation des östlichen Teiles von Oh ist nur wenig von der des Stiches Og verschieden; zur Erläuterung diene folgende Liste:

<i>Equisetum heleocharis</i>	cop. 1
<i>Typha latifolia</i>	cop. 3
<i>Alisma plantago aquatica</i>	spars.
<i>Arundo phragmites</i>	cop. 2
<i>Carex rostrata</i>	soc.
<i>Eriophorum polystachyon</i>	cop. 2
<i>Lemna trisulca</i>	spars.
<i>minor</i>	greg. cop. 3
<i>Utricularia minor</i>	spars.
<i>Ricciocarpus natans</i> und <i>Riccia fluitans</i> sind ebenfalls vorhanden.	

Die westlichen Teile von Of, Og und Oh ebenso wie die Od und Oe trennende Zone bieten ein wesentlich anderes Bild dar. Hier ist *Sphagnum* eingedrungen (hauptsächlich *Sph. squarrosum*). Den Vegetationsbestand erläutert folgende Liste: Gehölz: *Pinus silvestris*, *Salix cinerea*, *S. aurita*, *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *Frangula frangula*.

1) Ob ich wirklich *T. angustifolia* und nicht etwa den Bastard *latifolia* × *angustifolia* vor mir hatte, konnte ich nicht entscheiden; blühend habe ich diese Exemplare nie angetroffen.

Stauden: Equisetum heleocharis, Calamagrostis calamagrostis, Arundo phragmites, Carex canescens, C. rostrata, Eriophorum vaginatum, E. polystachyon, Comarum palustre, Lysimachia vulgaris.

Das Mengenverhältnis der Stauden ist an den einzelnen Stellen ungemein starken Schwankungen unterworfen, und ebenso verschieden ist die Zusammensetzung des Buschwerks, sowohl hinsichtlich der Arten als auch hinsichtlich der Dichtigkeit.

Ein Blick auf die Karte lehrt uns, daß die Stiche, die schon Hochmoorelemente aufweisen, mehr nach der Mitte zu gelegen sind, während die Stiche, die noch reinen Flachmoorcharakter tragen, dem Moorrand näher liegen. Das ist auch durchaus verständlich; denn der Nährstoffgehalt eines Stiches hängt von demjenigen seiner Umgebung ab und ist natürlich in der Randzone eines Hochmoores größer als in seinem mittleren Teil. Selbst wenn sich in zwei an gelösten Nährsalzen ungleich reichen Stichen anfangs die gleichen Arten angefun- den haben sollten, so erreicht doch der Stich mit dem geringeren Nährstoffgehalt eher den unter den gegebenen Verhältnissen möglichen Schlußverein. Aus der Tatsache, daß im Hochmoor überhaupt Flachmoorverlandungsbestände entstehen konnten, ist zu schließen, daß an den betreffenden Stellen der Torf bis in die Schilftorfschicht oder sogar bis in die Leber- mudde (6, S. 14) abgebaut worden ist. Das Alter der Stiche hat selbstverständlich auch einen Einfluß auf die Zusammen- setzung der Bestände; in diesem Falle jedoch kommen Alters- unterschiede nicht in Frage, denn die Stiche Oa-Oh sind gleichaltrig. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß es sich bei ihnen um das Stichgebiet handelt, das zu H o r n s c h u c h s Zeiten in Betrieb war; seine Größenangaben passen dement- sprechend genau auf die Stichgruppe Oa-Oh, wenn man die Schrittlänge zu 75 cm annimmt, was früher üblich war. Die Altersunterschiede der westlichen und östlichen Hälften ein und desselben Stiches sind auf jeden Fall zu gering, als daß auf ihnen die Verschiedenheit der Pflanzenvereine beru- hen könnte. Für die Behauptung, daß der Lage eines Stiches im Moor für die erreichte Stufe der zum Hochmoor tendieren-

den Entwicklung eine große Bedeutung zukommt, bietet sich uns auch, — wie ich gleich vorwegnehmen möchte — im Sektor N ein Beispiel. Ne zeigt einen typischen Heidemoorverein, während die Hauptmasse der in Nf vorkommenden Arten nicht der Heidemoorassoziation angehört.

Ganz so einfach, wie man nach der eben gegebenen Darstellung glauben möchte, liegen die Verhältnisse nun aber doch nicht. M. Voss (30) hatte schon — ohne eine Erklärung dafür zu geben — die auffallenden Unterschiede im Härtegrad des Wassers der Stiche Oa-Oh festgestellt. Ich habe die Angaben nachgeprüft und durchweg nur ungefähr halb so hohe Werte bekommen. Da Voss keine Angaben über die Art und Zeit der Wasserentnahme gemacht hat, würde eine eingehende Diskussion der vermeintlichen Ursachen dieser großen Unterschiede wenig Wert haben. Daß sich je nach den Jahreszeiten und den besonderen Niederschlagsverhältnissen der einzelnen Jahre von einander abweichende Werte ergeben müssen, ist leicht verständlich. Meine Wasseruntersuchungen führten zu folgendem Resultat¹⁾:

Oa = 6,9 ^o DH	Od = 2,7 ^o DH
Ob = 8,3 ^o DH	Of = 1,6 ^o DH
Oc = 7,3 ^o DH	Og = 0,8 ^o DH
	Oh = 0,9 ^o DH.

Den Befund von Voss, daß der Härtegrad sich sprunghaft ändert²⁾, kann ich bestätigen. Wenn dagegen v. Bülow in seiner Arbeit von einer auffallend regelmäßigen Abnahme des Härtegrades spricht, so ist das auf keinen Fall wörtlich zu verstehen (6, S. 17). Aus meinen Zahlen wie aus denen von Voss ergibt sich, daß zwar auch eine Abnahme des Härte-

1) Wasseruntersuchung nach der Methode Wartha-Pfeifer (Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie von W. D. Treadwell Bd. II, S. 491 1921). Wasserentnahme mittels einer Glasröhre, die ins Wasser getaucht wurde und dann oben verschlossen wurde, sodaß Wasser aus allen Schichten zur Untersuchung gelangte. Zeit: 14. IV. 1923.

2) Nach Voss (30, S. 17) ist die Härte des Wassers in Stich Od 10^o DH. — Dies Ergebnis scheint mir schon mit Rücksicht auf den Asche- und zugehörigen Chlorgehalt, der in ihrer Tabelle angegeben ist, zweifelhaft.

grades von dem Moorkern nach dem Moorrand hin vorliegt, daß aber — im Gegensatz zu den Befunden in anderen Hochmooren — Sprünge und Umkehrungen vorhanden sind, wie sie nur durch besondere lokale Verhältnisse bedingt sein können. Zur Erklärung des hohen Härtegrades der Stiche Oa, Ob und Oc macht v. Bülow die Annahme, daß diese dem Zu-
strom nährstoffreicheren Grundwassers aus dem umgebenden Diluvialmergel ausgesetzt seien. Auf Grund meiner eigenen Beobachtungen kann ich mich dieser Vermutung nur anschließen. Ich konnte nämlich feststellen, daß im Frühjahr Wasser aus dem Stich Oi an der auf der Karte mit einem * bezeichneten Stelle über den Weg in den Hauptgraben zu fließen beginnt; gleichzeitig ließ sich durch eingetragenes Fluorescein in ammoniakalischer Lösung eine Wasserströmung aus dem Stich Oa in den benachbarten Grenzgraben nachweisen¹⁾. Die Menge des abfließenden Wassers ist im Frühjahr am größten; sie nimmt mit vorrückender Jahreszeit schnell ab, wird aber nach mehrtägigen Niederschlägen wieder beträchtlicher. Bei besonders starker Wasserführung der Gräben tritt aber — allerdings nur ausnahmsweise — auch eine Strömung in entgegengesetzter Richtung ein, sodaß dann den untereinander in direkter Verbindung stehenden Stichen Oa, Ob und Oc das in der Fortsetzung des Quergrabens angesammelte, dem benachbarten Walde entstammende Wasser durch Vermittlung des Grenzgrabens zugeführt wird. Die so herbeigeführte Auffüllung der Stiche erscheint mir aber weder ausreichend, um das meist erst gegen Ende des Sommers aufhörende Abfließen, noch den hohen Härtegrad des Wassers in den genannten Stichen zu erklären. Es bleibt demnach kaum eine andere Erklärung als die von v. Bülow vermutete übrig. Die geologischen Verhältnisse widerstreiten einer solchen Annahme auch keineswegs, wie man auf den ersten Blick vielleicht erwarten könnte. Auf dem Sand des Untergrundes, 10 m westlich von der Nordostecke des Stiches Oa, liegt

1) Der Durchstich zwischen Ob und dem Grenzgraben ist z. T. zugeworfen, z. T. verfallen, während die zwischen Stich Oa und dem Grenzgraben bestehende Verbindung das ganze Jahr über einen Wasseraustausch möglich macht.

eine nur 35 cm hohe Torfschicht, die an Mächtigkeit nach Westen langsam, nach Süden und Osten dagegen schnell zunimmt; in nördlicher Richtung erfolgt nach geringfügiger Zunahme alsbald eine Verringerung der Schichtdicke. Auf dem Wege zwischen den Stichen Oi und Nc, gleich am Rande des Naturschutzgebietes, ist die Torfschicht 1 m stark. Auf dem Damm zwischen Oa und Ob kommt man mit dem 1 m Bohrer nicht bis auf den Sand, ebenso auch in der Schutzzone, 25 m vom Grenzgraben entfernt in der Verlängerung des Torfdammes zwischen Ob und Oc. In der nordöstlichen Schutzzone, 10 m von der vorhin bezeichneten Stelle entfernt, erreicht die Torfschicht 50 cm Dicke. Ungefähr bei dem Stich Oa erhebt sich also eine Bodenschwelle, und hier wäre ein Aufsteigen des Grundwassers sehr wohl möglich. Über dem sandigen Untergrund im Stich Oa, dort, wo das Schilf jetzt noch fehlt, liegt kein Torf, sondern nur der mit Blättern untermischte Faulschlamm, der von dem aufsteigenden Grundwasser einfach emporgehoben werden dürfte. Sinkt dagegen der Grundwasserspiegel, dann lagert sich allmählich der Schlamm zu einer so dichten Schicht zusammen, daß das Wasser des Stiches nicht wieder nach unten abzufließen vermag. So wird ein Leerlaufen der Stiche verhindert, das eintreten müßte, wenn über dem Sand nicht ein äußerst feiner Schlamm läge.

Oi setzt sich aus einer Reihe kleinerer, dicht nebeneinander liegender Stiche zusammen, die nicht wesentlich anderes bieten als die Stiche Oa-Oh. Auf den Dämmen findet sich Weiden-, Erlen- und Birkengebüsch. Von Bodenpflanzen verdient *Viola palustris* Erwähnung. In den Stichen, die z. T. noch offenes Wasser aufweisen, wächst neben *Typha latifolia*, *Arundo phragmites* und *Carex paniculata* auch *Typha angustifolia*. Nach Süden erscheinen dann in zunehmender Ausdehnung auf den verfallenen Torfdämmen Polster von *Sphagnum squarrosum*. *Comarum palustre* durchzieht mit seinen oft mehrere m langen Grundachsen nicht nur den Schlamm zwischen dem lockeren Schilfbestand, sondern findet auch im *Sphagnum* ein ungeschwächtes Fortkommen.

In Ok ist vom Wasser nichts mehr zu sehen; statt seiner bemerken wir einen in der Hauptsache aus *Sphagnum recur-*

vum bestehenden Teppich. Trotzdem bleibt *Arundo phragmites* noch Leitpflanze, wenn seine Halme auch lichter stehen. Als Begleitpflanzen notierte ich folgende:

<i>Calamagrostis calamagrostis</i>	spars.
<i>Carex canescens</i>	greg. cop. 2
<i>rostrata</i>	cop. 2
<i>Eriophorum vaginatum</i>	cop. 2
<i>polystachyon</i>	cop. 3
<i>Juncus effusus</i>	cop. 1
<i>Comarum palustre</i>	cop. 3
<i>Lysimachia vulgaris</i>	cop. 3
<i>thyrsiflora</i>	cop. 1

Ok unterscheidet sich ferner — wie schon von weitem sichtbar ist — von Oi durch das Auftreten von Kiefern. Daß die Lebensbedingungen für *Sphagnum* immer günstiger werden, zeigen in eindrucksvoller Weise die zahlreichen abgestorbenen Birken, die der zunehmenden Üppigkeit des Torfmoores zum Opfer gefallen sind. In Richtung auf die mit O1 bezeichnete Stelle ändert sich die Zusammensetzung des Vereins. Der Schilfbestand lichtet sich in zunehmendem Maße, *Comarum palustre* und *Lysimachia* verschwinden, und das Mengenverhältnis zwischen *Eriophorum polystachyon* und *E. vaginatum* verschiebt sich immer mehr zu gunsten des letzteren. Bei O1 selbst hat sich die Pflanzendecke durch Ausscheidung der anfänglich zahlreichen akzessorischen Elemente soweit gereinigt, daß sie ganz den Eindruck einer urwüchsigen Hochmoorfläche macht und in ihrem Wert als Anschauungsmittel einem solchen primären Verein auch tatsächlich gleichzusetzen ist. Der noch vorhandenen *Carex rostrata* gesellt sich als reichlich vertretenes neues Element *Rhynchospora alba*, die für stark vernäbte Stellen im Hochmoor typische weiße Schnabelbinse, bei. Ihr Vorkommen erscheint mir umso beachtenswerter, als ich vermute, daß sie, die einen ähnlichen Standort wie *Scheuchzeria palustris* liebt¹⁾, ebenso wie die letztge-

1) 21, Bd. 2 S. 141 . . . *Scheuchzeria palustris* und *Rhynchospora alba*, welche im Wasser zu stehen wünschen, wenn es auch kein offenes zu sein braucht.

10, S. 97 . . . Die *Scheuchzeria* verlangt also nassen, womöglich schwappenden Boden.

nannte Pflanze auch schon früher im Kieshofer Moor vertreten war. Als dann die Entwässerung in zunehmendem Maße ihre Wirkung ausübte, da verschwand nicht nur *Scheuchzeria palustris*, sondern auch *Rhynchospora alba*. Während diese aber sich im „Verjüngungsgebiet“ der Stiche später wieder einstellte, blieb jene, deren Ansiedlung offenbar weniger leicht von statten geht, bis heute ausgeschlossen. Der üppige Wuchs des Torfmooses verhindert hier sowohl das Aufkommen vom *Empetrum nigrum* als auch von *Calluna vulgaris*. Existenzmöglichkeit finden dagegen *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Drosera rotundifolia*, *Vaccinium oxycoccus* und *Andromeda polifolia*, alles typische Angehörige reiner Hochmoorassoziationen.

Wir wenden uns nunmehr der Betrachtung der Dämme zu, die die einzelnen Stiche von einander trennen. Sie stellen Reste der alten Hochmoorfläche dar, waren aber naturgemäß der umgestaltenden Wirkung des Wasserentzuges ganz besonders stark ausgesetzt.

Die Torfdämme zwischen den Stichen Oa-Oh sind im Vergleich zu denen der übrigen Stiche recht breit, nämlich im Durchschnitt 2,5 m. Sie erheben sich ungefähr 30 cm über die Wasseroberfläche und sind auch nach längeren Regenperioden nicht so vernäbt, wie etwa die Schutzzone im Süden oder gar der zwischen dem Grenzgraben und der Schmalseite der Stiche verlaufende Weg. Einige alte Kiefern legen Zeugnis dafür ab, daß sie hier schon seit Jahrzehnten ein gutes Fortkommen finden. Unter dem Buschwerk ist *Frangula frangula* am stärksten vertreten neben *Salix cinerea*, *Populus tremula*, *Betula pubescens*, *B. verrucosa*, *Quercus robur*, *Pirus aucuparia* und *Picea excelsa* (nur in jungen Exemplaren). Der an seiner Oberfläche ausgetrocknete Torf trägt eine mäßig dichte, nicht sehr abwechslungsreiche Bodenflora. Der Unterwuchs zeigt etwa folgende Artenliste: *Aspidium spinulosum*, *Lycopodium annotinum* (nur an einer Stelle), *Juniperus communis*, *Anthoxanthum odoratum*!, *Holcus lanatus*!, *Aera flexuosa*, *Arundo phragmites*, *Molinia coerulea*!, *Luzula pilosa*, *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium myrtilus*, *Vaccinium uligi-*

nosum, *Calluna vulgaris*!, *Melampyrum pratense*, *Lonicera periclymenum*.

Zwischen den Stichen Og und Oh findet sich, ihrem Vermoorungszustande entsprechend, *Sphagnum (cymbifolium)* nur auf der einen Hälfte des Dammes und mit ihm zusammen *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Drosera rotundifolia*, *Vaccinium oxycoccus* und *Andromeda polifolia*.

Recht eigenartig ist der Standort, den sich *Carex pseudocyperus* ausgesucht hat. Die Pflanze wächst nämlich an den senkrechten Torfwänden der Dämme, so daß sich ihre Wurzeln unterhalb der Wasserlinie befinden. Ihre Begleiter sind *Stellaria palustris* und *Galium palustre*.

Die Vegetation ist, wie aus der vorangegangenen Schilderung zu entnehmen ist, eine Zwischenmoorassoziation. Sie verdient besondere Beachtung, da sie aus der einstmaligen Heidemoorvegetation hervorgegangen ist, wie sich aus dem Vorkommen von *Sphagnum*- und *Eriophorum*resten im Torf unzweideutig ergibt. Die starke Entwässerung durch die Torfstiche änderte die Standortsbedingungen so grundlegend, daß *Sphagnum* und die typischen Hochmoorpflanzen sich nicht halten konnten; dafür traten Gräser und eine Reihe akzessorischer Elemente auf, die so lange dort bleiben werden, bis durch Auffüllung der Stiche andere edaphische und biotische Verhältnisse geschaffen sein werden, wie das z. B. schon zwischen den Stichen Og und Oh Tatsache geworden ist.

Der Damm, der die Stiche Oa bis Oh von den Stichen Oi und Ok trennt, ist knapp 1 m breit und erhebt sich nur um wenige cm über den durchschnittlichen Wasserstand. Die Folge davon ist eine erhebliche Vernässung und dementsprechend eine von den vorher besprochenen Dämmen sich deutlich unterscheidende Pflanzenbedeckung; aber nicht allein die Vernässung, sondern auch der streckenweise größere Nährstoffreichtum des Wassers ist dafür verantwortlich zu machen. Die Ericaceen sucht man hier vergebens; maßgebend für den Vegetationscharakter sind vielmehr *Molinia coerulea*, *Arundo phragmites*, *Stellaria palustris*, *Peucedanum palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Solanum dulcamara*, *Galium palustre* und *Cirsium palustre*.

Wir richten unser Augenmerk nunmehr auf den Streifen, der sich zwischen den Stichen Oa-Oh und dem Grenzgraben erstreckt. Da hier die Vegetation ursprünglich die gleiche war wie auf den jetzigen Torfdämmen, so sollte man eigentlich annehmen, daß sich auch heute darin noch nichts wesentliches geändert habe. Dem ist aber nicht so. Es zeigt sich vielmehr ein erheblicher Unterschied gegenüber der Pflanzendecke der Torfdämme, der einmal durch das Auftreten zahlreicher Kleinseggen, zum andern dadurch bedingt wird, daß die Ericaceen nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. *Frangula frangula* dominiert auch in diesem Teil; die anderen Hölzer sind die gleichen wie auf den Torfdämmen. *Sphagnum cymbifolium* hat sich in kleinen flachen Polstern zwischen den Gräsern eingefunden. Im einzelnen notierte ich: *Anthoxanthum odoratum*, *Calamagrostis epigeios*, *Holcus lanatus*, *Aera flexuosa*, *Arundo phragmites*, *Molinia coerulea*!, *Carex Goodenoughii*, *C. pilulifera*, *C. pallescens*, *Juncus effusus*, *Luzula campestris*, *Vaccinium myrtillus*, *Calluna vulgaris*, *Melampyrum pratense*. (Der Pflanzenbestand am Rande des Grenzgrabens und der Durchstiche soll erst weiter unten besprochen werden.) Der Gegensatz zwischen dem wiesenartigen Charakter des eben geschilderten Streifens und der Vegetation der Dämme erklärt sich lediglich aus dem Einfluß, den der Mensch hier ausgeübt hat. Die Richtigkeit dieser Behauptung ergibt sich aus einer Darstellung *Tackes* (28, S. 145) über eine ganz entsprechende Erscheinung. *Tacke* beobachtete nämlich: „daß auf den noch viel stärker entwässerten mit Gras eingesäten Wegen, dort wo dieselben begangen oder befahren wurden, ein freudiger Wiesenwuchs gedieh, eine Erscheinung, die nur durch die Verdichtung der Oberfläche und die dadurch erhöhte Kapillarkraft derselben erklärt werden konnte“. Die das Kieshofer Moor besuchenden Spaziergänger benutzten fast immer die Torfdämme und gehen nur an der Außenseite der Stiche Oa-Oh entlang. Es kommt hinzu, daß früher alljährlich hier das Gras gemäht wurde. Damit ist ferner erklärt, daß sich die Dämme mehr oder weniger dicht mit Buschwerk bedecken konnten, sodaß heute kaum noch ein Durchkommen möglich ist. Auf dem Streifen zwischen dem Grenzgraben und den

Stichen Oa-Oh dagegen mußte sich das Buschwerk auf den Rand der Stiche und des Grabens beschränken, während der mittlere Teil von einer wiesenähnlichen Assoziation eingenommen wurde.

Die Vegetation des Streifens zwischen dem Stichgebiet in O und dem nordöstlichen Teil der Schutzzone ist ungefähr die gleiche wie die eben skizzierte, nur kommen hier noch *Pteridium aquilinum*, das dicht an die Stiche herantritt, und *Vaccinium vitis Idaea* hinzu.

Sektor N.

Wir überschreiten jetzt den Hauptgraben und betreten den Sektor N. Dicht neben dem Hauptgraben liegen in N zwei Stiche Nc und Nd, die ein etwas anderes Bild als die Stiche in Sektor O bieten und landschaftlich zu dem Schönsten gehören, was das Naturschutzgebiet aufweist. Den kleineren südlichen Teil von Nd nimmt *Potamogeton natans* ein¹⁾, den nördlichen hingegen ein Mischbestand von *Typha latifolia* und *Carex pseudocyperus*. Eingestreut sind *Iris pseudacorus*, *Galium palustre*, *Lythrum salicaria*, *Sium latifolium* und *Comarum palustre*. Im freien Wasser zwischen diesem Bestand und dem Torfdamm bedecken die Wasserfläche in wechselnder Menge *Utricularia minor* und *Hottonia palustris*.

Nc beherbergt einen Reinbestand von *Typha augustifolia*, nur am Nordrand des Stiches stehen einige große Bulten von *Carex paniculata*. Zwischen den Stengeln des Rohrkolbens schwimmen *Ricciocarpus natans* und — ebenso wie in Og und Oh — *Riccia fluitans*, *Lemna minor*, *L. trisulca* und *Utricularia minor*.

Der zwischen dem Hauptgraben und den beiden eben erwähnten Stichen stehengebliebene Torfdamm trägt ungefähr dieselben Arten wie die Dämme zwischen den Stichen Oa-Oh. Wir finden beispielsweise *Betula verrucosa*, *B. pubescens*,

1) Das Wasser hat hier noch eine durchschnittliche Tiefe von 50—60 cm.

Frangula frangula, Arundo phragmites, Molinia coerulea, Ledum palustre, Calluna vulgaris u. a. Ganz vereinzelt kommen Pinus silvestris und Picea excelsa vor. Große Flächen des Bodens bedeckt Leucobryum glaucum.

Die Stiche Nc und Nd liegen in einem Erlenbruche versteckt, in dem sich neben Alnus glutinosa auch noch eine Reihe anderer Hölzer wie Salix pentandra, S. cinerea, Betula verrucosa, B. pubescens, Pirus aucuparia und Frangula frangula findet. Manche Stellen sind das ganze Jahr hindurch mit Wasser bedeckt, andere werden nur im Frühjahr überflutet, bleiben aber auch während des Sommers mehr oder minder schlammig. Dazwischen liegen unregelmäßig verteilt höhere, verhältnismäßig trockene Stellen, auf denen sich Sphagnum fimbriatum und Sph. cymbifolium auszubreiten beginnen. Es ist dies, ebenso wie das Vorkommen von Birke und Faulbaum, ein deutliches Zeichen dafür, daß die Zeiten des Flachmoorwaldes vorbei sind, und daß die Umwaldung zum Zwischenmoorwald begonnen hat. Weiter gedeihen an den höher gelegenen Stellen, und zwar besonders an den weniger beschatteten, Anthoxanthum odoratum, Molinia coerulea, und Viola palustris. Etwas mehr Feuchtigkeit verlangen Arundo phragmites, Juncus effusus, Stellaria palustris, Comarum palustre, Lythrum salicaria, Hydrocotyle vulgaris, Peucedanum palustre, Lysimachia vulgaris, Lycopus Europaeus, Solanum dulcamara und Galium palustre. Direkt im Wasser stehen Mischbestände von Equisetum heleocharis, Iris pseudacorus und Typha latifolia oder auch Reinbestände von Hochseggen wie Carex rostrata, C. paniculata oder C. stricta.

Der Flachmoorwald besitzt nur geringe Ausdehnung, er geht weder an die Nordgrenze des Reservates noch an den Torfdamm heran, der Nf im Osten begrenzt. Dieser Damm ist auf der Karte besonders hervorgehoben, weil östlich von ihm kein Wollgras (auch nicht E. polystachyon) mehr vorkommt.

Die Ausbildung eines normalen Flachmoorwaldes in diesem Teile des Reservates wurde dadurch begünstigt, daß auch vor der Entwässerung es dem Sphagnum nicht möglich gewesen war, dieses Gebiet mit einer dichten Decke zu über-

ziehen. Im Torf fand ich zwar bereits Sphagnum- und Eriophorumreste, sie sind aber in einer Tiefe von 20—30 cm noch ebenso spärlich wie in einer Tiefe von 90—100 cm und außerdem kommen gleichzeitig mit ihnen Farnannuli vor. Das beweist, daß die Stelle des heutigen Flachmoorwaldes früher nur ein Zwischenmoor eingenommen haben kann.

Außerhalb des Flachmoorwaldes, bei Nb liegen Torfstiche, die von einem Arundinetum-phragmititis eingenommen werden. In diesem Schilfröhricht, sowie auf dem stehengebliebenen Torfdamm hart an der Grenze des Reservates, der sich — nach W6 zu langsam ansteigend — dicht neben dem schon außerhalb des Naturschutzgebietes gelegenen Graben hinzieht, fand ich folgende Arten: (*Anthoxanthum odoratum*), (*Agrostis vulgaris*), *Calamagrostis calamagrostis*, (*Holcus lanatus*), *Arundo phragmites*, (*Carex stellulata*), *C. Goodenoughii*, *C. panicea*, (*C. flava*), (*Juncus lamprocarpus*), *J. effusus*, *J. conglomeratus*, (*Luzula campestris*), *Stellaria palustris*, *Ranunculus flammula*, *Comarum palustre*, (*Potentilla silvestris*), (*Lotus uliginosus*), *Viola palustris*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Lysimachia vulgaris*, (*Brunella vulgaris*), (*Veronica scutellata*), *Galium palustre*, *Succisa succisa*, (*Achillea ptarmica*), *Cirsium palustre*. In dem hohen Schilf erreicht *Carex panicea* das Doppelte ihrer normalen Höhe¹⁾, und auch *Hydrocotyle vulgaris* besitzt sehr langgestielte Blätter. (Eingeklammert sind die Arten, die nur auf dem Torfdamm vorkommen). Zwischen dem Schilf hat sich schon *Sphagnum squarrosum* eingefunden; an einzelnen Stellen auf dem Damm liegen kleine Polster von *Sphagnum cymbifolium*, die — wenn die Sonne nicht zu hoch steht — gegen Insolation durch den vorgelagerten Schilfbestand geschützt sind. Der hohe Grundwasserstand verhindert, daß das Regenwasser schnell versickert. Diese dünne stagnierende Schicht nährstoffarmen Wassers genügt, um die Ansiedlung des Torfmooses zu ermöglichen. In dem fast dampfgesättigten, dem Winde schwer zugänglichen Raum am Grunde der Schilfhalm vor zu starker Verdunstung geschützt, kann es jetzt ungestört wachsen; es vermag von Jahr zu Jahr einen

1) Synopsis der mitteleuropäischen Flora, Acherson und Graebner, Bd. 2, Abt. 2 S. 141: meist 1—3 dm hoch.

immer größeren Anteil des Regenwassers festzuhalten und trägt dadurch selbst in steigendem Maße zur Schaffung günstigerer Lebensbedingungen bei.

Der weitaus größte Teil des Sektors N wird von Torfstichen eingenommen. Dicht bei dicht liegen die meist nicht umfangreichen Gruben, und wenn auch die Dämme gewöhnlich zerfallen sind, so sind sie doch stets leicht kenntlich an ihrer Besiedlung mit Buschwerk. Wir treffen neben Stichen, die noch größere Flächen offenen Wassers aufweisen (Na) auch solche, die bereits soweit wieder zugemoort und aufgehöhrt sind, daß sie im Sommer eine ziemlich trockene Oberfläche zeigen. Die ersteren, die wir besonders am Nordrand von N finden, Na, sind gekennzeichnet durch Hochseggenbulten (*Carex paniculata*, *C. stricta*), *Iris pseudacorus*, im Wasser schwimmende *Hottonia palustris* und *Lemna minor*.

In Richtung auf den Hauptgraben, d. h. also nach der Mitte der Gesamtmoorfläche zu, nehmen die Bestände allmählich einen anderen Charakter an. *Iris pseudacorus* wird selten; Schilf, Hochseggen (besonders *C. paniculata*, weniger *C. rostrata*), Binsen, *Lysimachia vulgaris*, *Lycopus Europaeus*, *Eriophorum polystachyon*, *Comarum palustre* und *Peucedanum palustre* stehen bunt durch einander. In Nf haben Gräser die Oberhand gewonnen. *Molinia coerulea* und *Calamagrostis calamagrostis* scheinen die anderen Bestandteile geradezu zu erdrücken. Beachtung verdient das Vorkommen von *Aspidium cristatum* im Bereich dieses Stichgebietes¹⁾. Eingestreut finden sich *Carex paniculata*, *Eriophorum polystachyon*, *E. vaginatum*, *Arundo phragmites*, *Calamagrostis epigeios*, *Comarum palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *L. thyrsiflora*, *Peucedanum palustre*.

Die Veränderung der Vegetation nach dem Hauptgraben zu entspricht insofern unseren Erwartungen, als von ungefähr gleichaltrigen Stichen die am Moorrand liegenden, was die Entwicklung zum Hochmoor anbelangt, am weitesten zurück sein müssen. Eine Verdrängung von Cariceten durch Gräser und

1) In N sind durch kleine Buchstaben nicht mehr einzelne Stiche, sondern Stichgebiete bezeichnet; eine Ausnahme machen Nc und Nd.

das Aufkommen von Buschwerk kennzeichnet ein Übergangsstadium im Verlauf der normalen Entwicklung eines Hochmoores aus einem Flachmoor. Eine gewisse Ähnlichkeit mit jenem Zustand kann man der Pflanzengemeinschaft in Nf nicht absprechen, obgleich gar kein Zweifel aufkommen kann darüber, ob diese Zufallsgemeinschaft aus einem Caricetum abzuleiten ist. Ihre Ausbildung bedeutet zweifellos einen Schritt weiter auf dem Wege zum Hochmoor; eine befriedigende Erklärung für ihre Entstehung vermag ich nicht zu geben. Merkwürdig ist jedenfalls — und das wollte ich nur hervorheben —, daß wir hier keinen Schilfbestand mit einem Sphagnumuntergrund vorfinden, obwohl doch Sphagneto-Arundineten selbst dort entstanden sind, wo Sphagnum auch vor der Entwässerung noch nicht im Verband aufgetreten war.

Auf dem Damm zwischen Nf und Ng einerseits und Nh und Ni andererseits, der an manchen Stellen rund 50 cm höher als die Oberfläche der Stiche liegt, findet sich außer *Molinia coerulea* noch *Calluna vulgaris*, deren Vorhandensein Zeugnis davon ablegt, daß früher rechts und links ganz andersartige Vereine vorhanden gewesen sein müssen. *Empetrum nigrum* fehlt gewöhnlich auf solchen Torfdämmen; es scheint also gegen Trockenheit des Bodens empfindlicher zu sein als *Calluna vulgaris*.

Ne bildet die Südspitze des Stichgebietes in Sektor N. Die Zusammensetzung seiner Pflanzendecke erläutert folgende Liste: *Eriophorum polystachyon*, *E. vaginatum*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium oxycoccus*, *V. uliginosum*, *Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris*; *Sphagnum recurvum* bildet den Untergrund.

N1 ist ein Stück der alten Hochmoorfläche, das wegen seiner Kleinheit — ähnlich wie die zwischen den Stichen stehen gelassenen Torfdämme — durch die Entwässerung besonders geschädigt worden ist. Die Mischung von Hochmoorelementen mit anderen Humusbewohnern erkennen wir an folgender Liste: *Aspidium spinulosum*, *Anthoxanthum odoratum*, *Aera flexuosa*, *Molinia coerulea*, *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Luzula campestris* (*multiflora*), *Potentilla silvestris*, *Empetrum*

nigrum, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. oxycoccus*, *Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris*, *Melampyrum pratense*.

Von allen Pflanzengemeinschaften, die aus Torfstichen hervorgegangen sind, scheint Nk diejenige zu sein, die der im Naturschutzgebiet Kieshof dauernd möglichen am ähnlichsten ist. Daß wir es hier mit keiner natürlichen Assoziation zu tun haben, läßt die große Menge von *Molinia coerulea* erkennen. Das Vorkommen dieser Pflanze ist in der Hauptsache auf die ehemaligen Torfdämme beschränkt; nur gelegentlich dringt sie auch in von *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia*, *Vaccinium oxycoccus*, *Andromeda polifolia* und *Calluna vulgaris* gebildete Vereine ein. Ebenso wie *Molinia coerulea* wachsen auch *Empetrum nigrum*, *Ledum palustre* und *Vaccinium uliginosum* weniger in den eigentlichen Stichen, als auf solchen Dämmen, die den geschlossenen Moosrasen der Stiche kaum überragen und nur noch bei aufmerksamer Betrachtung zu erkennen sind.

Molinia coerulea zeigt in Stich Nk nur ein dürftiges Wachstum; während sie hier durchschnittlich nur 40 cm hoch wird, sind im Randgebiet von S Exemplare von 150 cm Höhe keine Seltenheit. Daß aber auch für *Sphagnum* keine besonders günstigen Lebensbedingungen vorhanden sind, kommt ferner in der Untermischung des hauptsächlich von *Sphagnum rubellum* und *Sph. recurvum* Pal. de Beauv. var. *robustum* Breidl. gebildeten Teppichs mit *Aulacomnium palustre* zum Ausdruck. *Eriophorum polystachyon* findet sich häufig, und zwar an besonders nassen Stellen.

Nk hebt sich deutlich von Nf ab; während in Nf das Buschwerk — ungeachtet einiger größerer Kiefern auf den Torfdämmen — von Laubhölzern (Erle, Birke, Faulbaum) gebildet wird, sind über Nk in reicher Abwechslung Kiefern in den verschiedensten Altersstadien von der Keimpflanze bis zum fast ausgewachsenen Exemplar verteilt.

Nl ist ein Schilfröhricht mit einer *Sphagnum*grundlage, in die *Eriophorum polystachyon*, *Comarum palustre* und *Lysimachia vulgaris* eingestreut sind. Die einzelnen Gruben sind durch z. T. noch recht gut erhaltene Torfdämme getrennt; *Molinia coerulea* in großer Menge und *Calluna vulgaris* sind

ihre hauptsächlichlichen Bewohner. Sphagnum trifft man auf ihnen nur ganz vereinzelt. Da die Stiche noch nicht bis zur Höhe der Torfdämme ausgefüllt sind, ist das Übergreifen der Vegetation von dem einen zum andern sehr erschwert. Die Folge davon ist, daß kein so allmählicher Übergang zwischen Nk und Nl zustande kommt, wie wir ihn zwischen den Stichen Ok und Ol beobachten konnten.

Torfstich We.

Wir betreten jetzt wieder den Sektor W und betrachten den in ihm gelegenen Stich We, den wir vorhin übergangen haben. Seine nähere Untersuchung ist für uns besonders lohnend, nachdem wir zuvor die übrigen Stiche des Reservates kennen gelernt haben. We hebt sich durch seine andersartigen Pflanzenvereine sehr deutlich von seiner Umgebung ab. Es lassen sich in ihm unschwer noch 5 Teilstiche erkennen, die auf der beigefügten Karte mit α , β , γ , δ und ε bezeichnet sind, und die alle einen ziemlichen einheitlichen Eindruck machen. Leitpflanze ist in ihnen Eriophorum polystachyon, dessen Halme in einem völlig geschlossenen Sphagnumteppich stecken, der in den einzelnen Teilstichen aus verschiedenen Torfmoosarten zusammengesetzt ist. Eriophorum vaginatum ist ebenfalls in allen Stichen vertreten, tritt aber an Menge gegenüber der erstgenannten Art zurück. Der dem Hauptgraben benachbarte Teilstich α war — wie das aus seiner Lage verständlich ist — lange Zeit hinsichtlich der Wasserspeicherung am ungünstigsten gestellt. Dementsprechend findet Betula pubescens auf ihm schon seit Jahren ein gutes Fortkommen. Es sei gleich hinzugefügt, daß die übrigen Teile von We baum- und strauchfrei sind, und daß sich nur noch auf dem schmalen, kaum noch erkennbaren Torfdamm zwischen We β und We γ einerseits und We δ andererseits neben Betula pubescens einige Kiefern angesiedelt haben. In der Pflanzendecke von We α fallen uns die großen Mengen von Vaccinium oxycoccus auf, während Andromeda polifolia und Calluna vulgaris weniger zahlreich vertreten sind. Von der angrenzenden Moorfläche her sind Empetrum nigrum und Vaccinium uliginosum eingedrungen. Da sowohl Empetrum als auch die genannten Ericaceen in den

übrigen Teilstichen (mit Ausnahme von γ) fehlen, so deutet auch dies auf eine Hemmung des Sphagnumwachstums in Teilstich α hin. We β unterscheidet sich von We δ und We ϵ durch das zahlreichere Vorkommen von *Eriophorum vaginatum*. Diese Pflanze ist in δ und ϵ in ihrem Fortkommen dadurch gehemmt, daß diese Teilstiche einen großen Teil des Jahres unter Wasser stehen. Die Wasserbedeckung hat auch zur Folge, daß die Sphagnumdecke hauptsächlich von *Sphagnum cuspidatum* Ehrh. var. *plumosum* gebildet wird. Stärkere Abweichungen in seinem Pflanzenbestand weist We γ auf. In diesem Teilstich haben sich infolge der Ausbildung von bultenartigen Erhebung und von Schlenken größere Gegensätze in den Standortsverhältnissen entwickelt. In den Schlenken wachsen ausschließlich *Eriophorum polystachyon* und *Sphagnum cuspidatum* oder *recurvum*, die beide im Gegensatz zu den meist rot gefärbten Bultensphagnen (*Sph. medium* Limpr. var. *purpurascens* [Russ.] Warnst, *Sph. rubellum*) ein reines Grün aufweisen. Auf den Bulten wachsen:

<i>Eriophorum vaginatum</i>	V	3	Z	3
<i>Drosera rotundifolia</i>		3		3
<i>Vaccinium oxycoccus</i>		3		4
<i>Andromeda polifolia</i>		1		2
<i>Calluna vulgaris</i>		4		3

Empetrum nigrum habe ich trotz eifrigsten Suchens nicht gefunden, und *Calluna vulgaris* wird, ähnlich wie in O1, nur 5—10 cm hoch. Diese Beobachtungen entsprechen also der schon früher gemachten Erfahrung, daß unter den im Schutzgebiet obwaltenden Verhältnissen *Calluna* der Konkurrenz des *Sphagnum* in höherem Maße gewachsen ist als *Empetrum nigrum*¹⁾.

1) Die gegebene Erklärung für das vollständige Fehlen von *Empetrum* an der betreffenden Stelle halte ich für völlig ausreichend, sodaß eine zweite, an und für sich denkbare Erklärung, die Art der Samenverbreitung sei hier im Spiele, nicht in Frage kommt. Während nämlich die Samen von *Calluna vulgaris* leicht durch den Wind sehr weit verbreitet werden können (siehe Kirchner, Loew und Schroeter: Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Bd. 4, 1. Abt. Ericaceae S.142), ist *Empetrum nigrum* in dieser Beziehung auf Vögel angewiesen. Seine Ansiedlung ist also in viel höherem Maße vom Zufall abhängig.

We ϵ gleicht We δ , der Bestand ist jedoch lückiger, weil er unter dem Laubfall des ihn einschließenden Waldgebietes zu leiden hat. Die schädigende Wirkung des Fallaubes trifft besonders das Torfmoos.

Für die Entwicklung der Pflanzendecke des Stiches We ist in erster Linie seine Lage maßgebend gewesen. Über das Alter dieses Stiches läßt sich nichts Sicheres aussagen; wenn der Stichkomplex auch etwas isoliert zu liegen scheint, so ist doch seine Lage zum Hauptgraben eine solche, daß man nicht gut annehmen kann, er sei vor der Entwässerung an einer beliebigen Stelle des Moores angelegt worden. Der Pflanzenverein eines Stiches läßt eben keine sicheren Schlüsse auf sein Alter zu, weil die verschiedenen Stadien der Vermoorung nach den örtlichen Verhältnissen ungleich schnell erreicht werden können. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die jetzige Pflanzengemeinschaft in We sich aus einer Ok ähnlichen (also etwa bestehend aus *Arundo phragmites*, *Carex rostrata*, *Eriophorum polystachyon*, *Juncus effusus*, *Comarum palustre*, *Lysimachia vulgaris*) entwickelt hat. Größere Wahrscheinlichkeit scheint mir aber für die Annahme zu bestehen, daß es hier zur Bildung einer schwimmenden Sphagnumdecke gekommen ist, daß dieser Stich also von oben nach unten aufgefüllt worden ist. Dafür spricht einmal das reichliche Vorkommen von *Sphagnum cuspidatum* und zum andern die Einförmigkeit der Vereine in den heute noch am meisten vernäbten Teilstichen β , δ und ϵ ¹⁾.

Besondere Beachtung verdient die Pflanzengemeinschaft in γ , die zwar noch nicht unter die Assoziationen des Sphagnummoores einzureihen ist, aber auch nicht mehr denen des Heidemoores angehört, wie sie sich im Kieshofer Moor bei gleichbleibendem Klima dauernd zu erhalten vermögen. Das sehen wir ja an dem mit O1 bezeichneten Stück der alten Hochmoorfläche. Der Pflanzenbestand in We γ verdankt seine Entstehung dem Zusammentreffen zweier günstiger Umstände. Dadurch, daß der Stich noch nicht an allen Stellen bis zur Höhe der Umgebung durch das Torfmoos aufgefüllt ist, wird das Wasser, das nicht mehr kapillar festgehalten werden kann —

1) Das Südende von We δ ist noch nicht aufgefüllt.

z. B. Schmelzwasser bei gefrorenem Boden — daran gehindert, seitlich abzufließen und so für die Vegetation verloren zu gehen. Als weiterer Gunstfaktor kommt hinzu, daß $We\gamma$ auf drei Seiten von Wald umschlossen ist, der nicht nur die austrocknenden Winde abfängt oder doch mildert, sondern auch die in gleichem Sinne wirkenden Strahlen der Nachmittagssonne abschwächt¹⁾. Da $We\alpha$ — wie aus der Karte ersichtlich ist — diese Gunstfaktoren nicht zuteil werden, da ferner — wie schon erwähnt — $We\alpha$ früher durch die Nähe des Grabens benachteiligt war, so ist der Unterschied zwischen diesem Verein und denen der übrigen Teilstiche hinreichend erklärt. Daß wir in $We\gamma$ *Ledum palustre* nicht antrafen, ist leicht verständlich, wenn wir uns vor Augen halten, unter welchen Bedingungen diese Pflanze im Sektor S wächst, und unter welchen Bedingungen sie so üppig in W4 gedeiht.

Die Gräben.

Wir betrachten nun die Gräben, die wir bisher ganz außer acht gelassen haben, und zwar beginnen wir mit dem Hauptgraben. Offenes Wasser ist nur noch in dem nördlichen, den Stichen Oi und Ok gegenüberliegenden Abschnitt vorhanden. Bei der östlichen Ecke von N, wo der Graben das Naturschutzgebiet verläßt, sind Zweige über ihn geworfen, um ein Überschreiten zu ermöglichen. Hier finden sich *Ricciocarpus natans*, *Lemna minor* und *Lemna trisulca*. Stauden sind — dicht vor dieser Stelle — durch *Juncus effusus*, *Iris pseudacorus*, *Lysimachia vulgaris*, *Hottonia palustris*, *Sium latifolium* und *Peucedanum palustre* vertreten. Von hier bis ungefähr zum Südeude von Nd kommt nur *Hottonia palustris* in Herden vor; in seinem weiteren Verlauf ist der Graben zugemoort. Zuerst haben wir eine Decke von *Sphagnum squarrosum*, in der *Comarum palustre* reichlich und *Typha latifolia*, *Juncus effusus* und *Iris pseudacorus* in einigen Exemplaren wachsen. Eine Trockenperiode im Frühjahr führt hier zur Bildung von Meteorpapier, das sich beim Sinken des Wassers als feste schmutzig-

1) Es war z. B. $We\gamma$ am 11. August 1924 um 2 $\frac{1}{2}$ Uhr nachmittags schon beschattet.

graue Haut über den Graben spannt und bei Eintritt einer Regenperiode wieder verschwindet. Bei Stich Ne stellen sich *Eriophorum polystachyon* und *E. vaginatum* ein. Die Besiedlung ist unregelmäßig, ohne daß sich jedoch ein Grund dafür angeben ließe. Streckenweise findet sich allein *Eriophorum polystachyon*, dann folgen Abschnitte, die nur *Eriophorum vaginatum* enthalten, und gelegentlich schieben sich auch Stellen dazwischen, die nur *Carex canescens* aufweisen. Ein einziges, knapp 1 m langes Stück — nahe seinem Südwestende — nimmt ein Reinbestand von *Lysimachia thyrsoflora* ein.

Der Quergraben ist bis auf ein kurzes Stück, das sich unmittelbar an den Grenzgraben anschließt, zugemoort und kaum noch als ehemaliger Graben zu erkennen. Die Vermoорungsbestände, die hier eine größere Gleichmäßigkeit aufweisen, stimmen — wenigstens in allen wesentlichen Punkten — mit denen des Hauptgrabens überein.

Die Vegetation des Grenzgrabens weicht nicht unerheblich von der der beiden eben besprochenen Gräben ab. Der vor dem Nordteil der östlichen Schutzzone liegende Abschnitt des Grenzgrabens enthält nur ganz ausnahmsweise Wasser und ist dementsprechend von Pflanzenwuchs erfüllt, der mit dem des angrenzenden Geländes übereinstimmt. Der von der Nordostecke bis zum Quergraben reichende Abschnitt dagegen führt stets Wasser; der Rest des Grabens ist teils vermoort, teils von einer flachen Wasserschicht bedeckt. Die Ränder des von Norden nach Süden verlaufenden Grenzgrabens sind bis zur Einmündung des Quergrabens durch ein üppiges Pflanzenleben ausgezeichnet, während *Lemna minor* im Verein mit *Hottonia palustris* das Wasser nahezu völlig verdeckt. An den Seiten stehen *Carex pseudocyperus*, *Juncus effusus*, *Sium latifolium*, *Peucedanum palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Myosotis palustris*, *Lycopus Europaeus*, *Scutellaria galericulata*, *Solanum dulcamara* und *Galium palustre*.

Die Vegetation in den Verbindungsgräben, die von dem Grenzgraben zu den Stichen Oa und Ob hinüberführen, stimmt mit der oben geschilderten überein. Bemerkenswert ist nur, daß *Lemna minor* mehr zurücktritt, und daß dafür *Lemna tri-*

sulca in größerer Menge vorhanden ist. Auch *Iris pseudacorus* ist hier als Ansiedler zu erwähnen.

In dem vor der südlichen Schutzzone gelegenen Abschnitt des Grenzgrabens ist die Vegetation nach verschiedenen Richtungen hin eine andere. Bestände von *Eriophorum polystachyon*, *E. vaginatum* oder auch *Carex rostrata* haben den Graben stellenweise ausgefüllt. Dann wieder sieht man Bulten von *Carex canescens*, die vereinzelt stehen oder sich truppweise häufen. An manchen Stellen ragt *Equisetum heleocharis* aus dem Wasser heraus, und *Galium palustre* kommt nicht selten an den vermoorten Stellen zwischen den genannten Pflanzen vor.

In dem ständig mit Wasser angefüllten Grenzgraben des Sektors W fehlen höhere Pflanzen vollständig; auch *Sphagnum* ist nicht in ihm vorhanden.

W e g n e b e n d e m H a u p t g r a b e n .

Noch nicht erwähnt wurde der Weg, der von der Stralsunder Chaussee abgeht und, dem Hauptgraben folgend, das Reservat durchschneidet. Der der Schutzzone angehörende Teil des Weges — im systematischen Verzeichnis als Weg A bezeichnet — läßt eine Beeinflussung der Flora durch Wiesen-elemente erkennen. Der Grabenrand ist mit *Alnus incana* bestanden. Im übrigen lassen sich folgende Arten feststellen: *Anthoxanthum odoratum*, *Phleum pratense*, *Agrostis vulgaris*, *Holcus lanatus*, *Arundo phragmites*, *Molinia coerulea*, *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Festuca ovina*, *Cynosurus cristatus*, *Carex Goodenoughii*, *C. pilulifera*, *C. pallescens*, *C. silvatica*, *Juncus effusus*, *Luzula campestris*, *Rumex acetosa*, *Rumex acetosella*, *Stellaria graminea*, *Cerastium triviale*, *Lychnis flos cuculi*, *Ranunculus acer*, *Potentilla silvestris*, *Geum urbanum*, *Trifolium minus*, *Hypericum perforatum*, *Chaerophyllum temulum*, *Calluna vulgaris*, *Brunella vulgaris*, *Veronica chamaedrys*, *V. officinalis*, *Melampyrum pratense*, *Plantago media*, *P. lanceolata*, *Galium mollugo*, *Bellis perennis*, *Erigeron canadensis*, *Achillea ptarmica*, *Hieracium pilosella*, *H. vulgatum*.

Diese Zusammenstellung zeigt zur Genüge, wie stark hier die Mischung mehr oder weniger heterogener Elemente ist und

ferner, in wie hohem Maße die Pflanzengesellschaft dieser kleinen Fläche nicht nur von den vorhandenen Lebensbedingungen, sondern auch von der Vegetation der Umgebung, d. h. von der durch sie bedingten Invasion fremdartiger Komponenten abhängig ist.

Der Weg fällt allmählich nach der Mitte der Moorfläche zu ab. Seine tiefste Stelle liegt ungefähr dort, wo der Quergraben den Hauptgraben trifft. Diese Erscheinung ist insofern überraschend, als man bei einem „Hochmoor“ eine Erhebung des mittleren Teiles erwarten sollte. Jedes Hochmoor erleidet aber bekanntlich bei einer Entwässerung eine Sackung, die sich naturgemäß im Zentrum des Moores am stärksten bemerkbar macht. Läge das Kieshofer Moor auf einer völlig ebenen Sandfläche, dann wäre die Entstehung einer schwach konkaven Oberfläche aus einer anfänglich konvexen schwer verständlich; bei einem Hochmoor dagegen, das eine Mulde ausfüllt, ist diese Erscheinung ohne weiteres erklärlich.

Zu beiden Seiten des Weges erheben sich Gebüschmauern von *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *B. verrucosa* und *Frangula frangula*, die meistens aus Stockausschlag hervorgegangen sind. Diese Gebüschumrahmung reicht einerseits bis zu dem Stich Ne, andererseits bis zur Westecke von Stich Ok.

An das oben beschriebene Wegstück, das innerhalb des Schutzstreifens gelegen ist, schließt sich ein kurzes Ende mit einer ganz andersartigen Pflanzendecke an. Zur Erläuterung mag die folgende Liste dienen:

<i>Anthoxanthum odoratum</i>	cop. 1
<i>Agrostis vulgaris</i>	3
<i>Holcus lanatus</i>	2
<i>Arundo phragmites</i>	3
<i>Molinia coerulea</i>	3
<i>Carex Goodenoughii</i>	2
<i>C. pilulifera</i>	2
<i>C. pallescens</i>	2
<i>Juncus bufonius</i>	3
<i>J. effusus</i>	4
<i>Luzula campestris</i>	2
<i>Potentilla silvestris</i>	4
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	4
<i>Calluna vulgaris</i>	1

Wir ersehen daraus, wie einerseits durch die immer mächtiger werdende Torfunterlage, andererseits durch die zunehmende Vernässung eine Stabilisierung des Bestandes in bestimmter Richtung eingeleitet wird. Interessant ist es, zu verfolgen, in welcher Reihenfolge die bestandfremden Elemente ausgeschieden werden. Daß der Charakter des Mischbestandes auch hier nicht überwunden wird, erklärt sich unschwer aus der Kleinheit der in Frage stehenden Fläche.

Es folgt nun eine Stelle, die dadurch eigenartige Verhältnisse bietet, daß hier einen großen Teil des Jahres hindurch Wasser aus dem Stichgebiet Oi in den Hauptgraben abfließt. Der dauernde Zustrom von Wasser hat naturgemäß auch eine erhöhte Nährstoffzufuhr für die dort wachsenden Pflanzen zur Folge. Dementsprechend haben sich hier auch anspruchsvollere Gewächse angesiedelt. Außer den schon genannten notierte ich: *Carex paniculata*, *Juncus lamprocarpus*, *Stellaria palustris*, *Sium latifolium*, *Peucedanum palustre*, *Menta aquatica*, *Lycopus Europaeus* und *Galium palustre*.

Das Wollgras zeigt sich auf dem Wege erst dort, wo der Stich Ok aufhört. Bis dahin setzt sich die Pflanzendecke aus *Molinia coerulea* in größerer Menge, *Arundo phragmites*, *Potentilla silvestris*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* und *V. uliginosum* zusammen.

Zwischen O1 einerseits und N1 und Ne andererseits geht auch *Drosera rotundifolia* auf den Weg über, und zwar wächst sie zwischen den *Molinia*-Halmen unmittelbar auf dem schwarzen Torfboden.

Für die Erklärung der Vegetation des Weges gilt in der Hauptsache das schon früher bei der Besprechung des den Grenzgraben in Sektor O begleitenden Weges Gesagte.

Die Schutzzone und der Wald in Sektor W.

Nachdem wir so das heute noch vorhandene eigentliche Moorgebiet kennen gelernt haben, durchwandern wir jetzt den das Reservat im Nordosten, Osten, Süden und Westen umgebenden Wald. Es handelt sich in der folgenden Darstellung also um die auf der Karte mit ZO, ZS und ZW bezeichneten

Abschnitte der Schutzzone und um den im Sektor W gelegenen Grenzwald.

Die Westhälfte des nördlichen Teils von ZO ist mit etwa 50jährigen Stämmen von *Quercus robur* bestanden; nach Osten zu mischen sich *Pinus silvestris* und *Picea excelsa* dazwischen. Das nur spärlich vorhandene Unterholz setzt sich aus *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *Pirus aucuparia*, *Frangula frangula* und *Lonicera periclymenum* zusammen. Den Boden bedeckt eine Grasnarbe. Für die Physiognomie bestimmend ist im Frühsommer *Aera flexuosa*, die schon wenige Wochen später von *Molinia coerulea* abgelöst wird. In ansehnlicher Menge zeigt sich außerdem *Pteridium aquilinum*, dessen Hauptbestand jedoch außerhalb des Reservates gelegen ist. Nur untergeordnete Bedeutung haben in diesem Teil der Schutzzone: *Aspidium spinulosum*, *Anthoxanthum odoratum*, *Dactylis glomerata*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Moehringia trinervia*, *Melandryum rubrum*, *Rubus Idaeus*, *Geranium Robertianum*, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium myrtillus*, *Trientalis Europaea*, *Galeopsis tetrahit*, *Melampyrum pratense*, *Galium aparine*, *Solidago virga aurea*, *Lactuca muralis*, *Hieracium vulgatum*.

Wenn wir nunmehr unsere Wanderung in südlicher Richtung fortsetzen, so ändert sich die Pflanzendecke zunächst nicht, nur *Equisetum arvense*, *Vaccinium vitis Idaea* und *Calluna vulgaris* kommen zu den genannten Pflanzen hinzu. Aber schon bald darauf nimmt der Wald ein verändertes Aussehen an. Als Bäume treten *Betula pubescens*, *B. verrucosa*, *Alnus glutinosa* und *Quercus robur* auf. Der Niederwald setzt sich aus *Corylus Avellana*, *Populus tremula*, *Prunus avium*, *P. padus*, *Pirus aucuparia* und *Frangula frangula* zusammen. Der Boden wird zusehends feuchter; hier und da finden sich Stellen, an denen im Frühjahr das Wasser längere Zeit stehen bleibt. Hier finden wir *Calamagrostis calamagrostis*, *Aera caespitosa*, *Carex acutiformis*, *Juncus effusus*, *Lysimachia vulgaris*, *Scutellaria galericulata* und *Galium palustre*. Von den für den ersten Abschnitt der Schutzzone aufgezählten Bodenpflanzen kommen in Wegfall: *Pteridium aquilinum*, *Vaccinium vitis Idaea*, *Trientalis Europaea*, *Melampyrum pratense* und

Hieracium vulgatum. Luzula pilosa geht stark zurück, während Oxalis acetosella in demselben Maße zunimmt. Gleichzeitig tritt uns eine Reihe bisher nicht genannter Pflanzen entgegen, wie z. B. Athyrium filix femina, Miliun effusum! (bald einzeln, bald gesellig), Polygonatum multiflorum, Paris quadrifolius, Anemone nemorosa!!, Rubus caesius, Viola silvatica, V. palustris, Angelica silvestris. Wie schon früher erwähnt wurde, ist der Wald der an Sektor O grenzenden Schutzzone ein Kulturwald. Nach der Weber'schen Definition (38, S. 20), die für den Botaniker nicht immer zweckmäßig erscheint, und an die ich mich daher nicht binde, müßte dieser Wald als Zwischenmoorwald bezeichnet werden; denn er steht auf einer über 1 m starken Moderschicht, die durch Zersetzung des ursprünglichen Zwischenmoortorfes entstanden ist. Es gelang mir, noch im obersten dm des Moders Sphagnum und Eriophorum nachzuweisen. Ferner fand ich in allen 4 untersuchten Horizonten Pinuspollen und den Annulus der-Farnsporangien. Nach seinem heutigen Vegetationscharakter kann der Wald auf keinen Fall als Zwischenmoorwald bezeichnet werden; eher wäre daran zu denken, ihn als Flachmoorwald anzusprechen. Am passendsten scheint mir jedoch dieser Waldstreifen bei der Formation des Sommerwaldes untergebracht.

Während in ZO der Boden schwarz und im Frühjahr stellenweise fast schlammig war, läßt sich in ZS der Boden unschwer als trockener Torf erkennen. Pinus silvestris ist der herrschende Baum, Prunus padus und P. avium fehlen, während Corylus Avellana stärker hervortritt. Als Neuerscheinung können wir Juniperus communis buchen, der hier keine seltene Erscheinung ist, aber nur kleine Büsche bildet. An verschiedenen Stellen hat sich Sphagnum cymbifolium bereits in stattlichen Polstern angesiedelt, auf denen nicht selten kräftige Exemplare von Oxalis acetosella gefunden werden. Da, wo sich alljährlich das Wasser für längere Zeit sammelt, stellen sich Aspidium Thelypteris und als seine Begleiter Calamagrostis epigeios, Carex stricta, Lysimachia vulgaris, Scutellaria galericulata und Galium palustre ein.

In der Nähe des Grenzgrabens sind Anthoxanthum odoratum, Aera flexuosa, gelegentlich auch Eriophorum vagina-

tum und *Calluna vulgaris*, und ganz vereinzelt *Empetrum nigrum*, *Vaccinium oxycoccus*, *Ledum palustre* und *Andromeda polifolia* zu finden. *Ledum palustre* und *Vaccinium uliginosum* bilden hier weder so hohe Büsche wie in W, noch so dichtwüchsige wie zwischen den *Eriophorum*-Bulten, sondern nur vereinzelt niedrige Sprosse. *Eriophorum polystachyon* kommt ziemlich häufig vor, und zwar oft mitten zwischen *Vaccinium myrtillus*, das in größeren Beständen auftritt. Schließlich wären noch *Luzula pilosa* und *Melampyrum pratense* als gelegentliche Erscheinungen zu nennen. Mehr nach der Außenseite zu gewinnt *Rubus Idaeus* die Oberhand. Als Begleiter gesellen sich ihm zu: *Aspidium spinulosum*, *Anthoxanthum odoratum*, *Milium effusum*, *Aera flexuosa*, *A. caespitosa*, *Urtica dioeca*, *Moehringia trinervia*, *Malachium aquaticum*, *Melandryum rubrum*, *Geranium Robertianum*, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium myrtillus*, *Galeopsis tetrahit*, *Galium aparine* und *Lactuca muralis*. In der Nähe des Hauptgrabens, der hier den südlichen Teil der Schutzzone berührt, stellen sich auch *Maianthemum bifolium* und *Trientalis Europaea* wieder ein.

Die an den Sektor W sich anschließende Schutzzone und der in dem gleichen Sektor liegende Wald bilden zusammen ein geschlossenes Ganzes. Beide weisen durchweg die gleiche floristische Zusammensetzung auf. Der Baumwuchs besteht aus *Pinus silvestris*, *Populus tremula*, *Betula verrucosa*, *B. pubescens* und *Quercus rubor*, während das Unterholz vornehmlich von *Pirus aucuparia* und *Frangula frangula* gebildet wird. Am westlichen Waldrande tritt *Vaccinium myrtillus*, in der Mitte des Waldes *Rubus Idaeus* stärker hervor. Im übrigen beteiligen sich am Aufbau der Pflanzendecke folgende Arten: *Aspidium spinulosum*, *Polypodium vulgare*, *Anthoxanthum odoratum*, *Aera flexuosa*, *Molinia coerulea*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Moehringia trinervia*, *Melandryum rubrum*, *Potentilla silvestris*, *Geranium Robertianum*, *Oxalis acetosella*!, *Vaccinium uliginosum*, *Calluna vulgaris*, *Melampyrum pratense*, *Lactuca mutalis*, *Hieracium vulgatum*.

Sphagnum fehlt gänzlich, abgesehen von dem Stück Wex, das sich von dem übrigen Waldgebiet durch nur lückenhafte Besiedlung unterscheidet.

Am Waldrand bei W7 zeigt sich ein lichter Schilfbestand mit nur niedrigen Halmen, dessen Zwischenpflanzen dieselben sind, die auch sonst in W vorkommen. Der Boden ist hier durchaus nicht feuchter als im übrigen Teil des Sektors. Wahrscheinlich handelt es sich auch hier um ein altes Stichgebiet, das nach seiner Auffüllung ganz den Charakter seiner Umgebung annahm. Einzig und allein der Torf, den ich an dieser Stelle in 20 cm Tiefe entnahm, sah dunkelbraun bis schwarz aus und erwies sich als stark zersetzt. Sphagnumreste ergaben sich bei der mikroskopischen Untersuchung nur in sehr geringer Zahl. In 30 cm Tiefe dagegen war der Torf gelbbraun und fast ausschließlich aus Sphagnum zusammengesetzt; Eriophorumreste, Diatomeen und Pinuspollen zeigten sich nur vereinzelt.

In Anbetracht der heutigen Vegetation des Waldes überrascht es, in der Nähe des Grenzgrabens schon in einer Tiefe von 20—30 cm auf wenig zersetzten, gelbbraunen Torf zu stoßen, der fast ausschließlich aus Sphagnum besteht. Es handelt sich also um reinen Hochmoortorf. Auch noch in einer Tiefe von 90—100 cm waren sowohl Sphagnum wie Eriophorum nachweisbar (man vergleiche das Kapitel: Torfuntersuchungen!). Dadurch wird auch die Pflanzengemeinschaft des Stiches We verständlich: We ragt zwar heute nur noch mit seinem südlichen Ende in das Hochmoorgebiet hinein, liegt aber in Wirklichkeit in seiner ganzen Ausdehnung in dem ursprünglichen Hochmoor. An den Wald in Sektor W grenzt ein Gelände, W6, das sich von dem Nordrande des Reservates bis zu dem Stichgebiet in Sektor N erstreckt, und das vom botanischen Standpunkt aus nicht mehr als Moor bezeichnet werden kann. Der nördliche Rand dieses Gebietes liegt etwa 0,5 m höher als die angrenzende Wiese. Der Grabenauswurf mag zur Aufhöhung beigetragen haben, in der Hauptsache ist aber wohl der Höhenunterschied auf die langjährige Benutzung der Wiese als Viehweide, d. h. auf Kompression und starke Zersetzung des Torfes zurückzuführen.

W6 zeichnet sich durch verhältnismäßige Trockenheit der oberflächlichen Bodenschicht aus. Dem entspricht die Pflanzengesellschaft, die mit der des Weges A einige Ähnlich-

keit hat. Hochstämmige Bäume fehlen. Jungwuchs von *Populus tremula*, *Betula pubescens*, *B. verrucosa*, *Pirus aucuparia* und *Frangula frangula* ist vorhanden. Das dominierende Element sind durchweg die Gräser. Aus folgenden Arten setzt sich der Bodenwuchs zusammen: *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis vulgaris*, *Calamagrostis epigeios*, *Holcus lanatus*, *Aera flexuosa*, *Arundo phragmites*, *Molinia coerulea*, *Luzula campestris* (muliflora), *Rumex acetosella*, *Rubus plicatus*, *Potentilla silvestris*, *Lotus uliginosus*, *Calluna vulgaris*, *Veronica chamaedrys*, *V. officinalis*, *Melampyrum pratense*, *Galium mollugo*, *Achillea millefolium*, *Hieracium pilosella*.

Die Pflanzengemeinschaften des Reservates.

Zusammenfassung.

Bei unserem Rundgang durch das Naturschutzgebiet haben wir eine Reihe von Pflanzengemeinschaften kennen gelernt, die hinsichtlich ihrer floristischen Zusammensetzung, ihrer Physiognomie, ihres Nährstoff- und Wasserbedürfnisses eine große Mannigfaltigkeit aufweisen. Der Übersichtlichkeit halber wollen wir jetzt einmal den Versuch machen, diese Assoziationen schematisch zusammenzustellen. Natürlich müssen wir uns dabei des Umstandes bewußt bleiben, daß bei einem durch Menschenhand stark beeinflußten, zu einem großen Teil aus Wechselmoor bestehenden Gebiet eine sichere und scharfe Abgrenzung von Assoziationen garnicht möglich ist, und daß daher solche Einteilungen, wie ich sie im folgenden gebe, immer nur cum grano salis aufzufassen sind.

Über die Art und Weise der Abgrenzung und über die Nomenklatur der Formationen gehen die Ansichten noch auseinander, und wenn ich mich bei der Gliederung der torfbildenden und torfbewohnenden Pflanzengemeinschaften an die Wangerinsche Nomenklatur anlehne, deren Grundlage die von P o t o n i é bildet, dann geschieht es nur, weil sie in unserem Falle ein ziemlich übersichtliches Bild ergibt, nicht aber, weil ich von ihrer Vollkommenheit durchdrungen wäre. Um zu diesem Fragenkomplex Stellung nehmen zu können, muß man die Mannigfaltigkeit der Assoziationen an den verschiedensten Orten

in Betracht ziehen. Eine Diskussion, die lediglich an die Erfahrungen anknüpft, die in einem lokal beschränkten Gebiet gemacht sind, wird kaum zur Klärung der schwebenden Fragen beitragen können. Aus dem Grunde lasse ich es dahingestellt, ob die Besiedlung von Flachmoortorf oder Waldtorf durch echte Hochmoorsphagnen eine Mittelbildung, oder der Beginn des Hochmoores auf vorgebildetem Humusboden ist (R a m a n n 24, S. 71), und ob die Bezeichnung „Zwischenmoor“ nur als Hilfsmittel für den Botaniker gut ist, der sich nicht entscheiden will, ob er ein Hochmoor oder ein Flachmoor vor sich hat (25, S. 9).

Wenn wir von derartigen klassifikatorischen Fragen Abstand nehmen, können wir zusammenfassend sagen:

Das Naturschutzgebiet Kieshof vereinigt in sich Flach-, Zwischen-, Hoch- und Wechselmoorbestände¹⁾. Als Hochmoor in der Form des Heidemoores kann nur eine höchstens 5 ha große Fläche angesprochen werden. Den Übergang zu den angrenzenden Waldbeständen vermitteln im Osten, Süden und Westen Zwischenmoorbildungen. Im Süden ist das Hochmoor gegen den Wald im Vorrücken begriffen. Im Nordwesten, Norden und Nordosten schließt sich an das Hochmoor ein Wechselmoor an. Je mehr die im Wechselmoor liegenden Torfstiche an den Moorkern heranreichen, um so näher stehen sie der Pflanzengemeinschaft des Hochmoors. Die Pflanzenbestände der Stiche führen uns zwar vor Augen, auf wieviel Wegen das Endstadium erreicht werden kann, stellen aber keine lückenlose Reihe aufeinander folgender Stadien dar. Der kleine Flachmoorwald ergänzt das schon abwechslungsreiche Bild unseres Reservates in glücklicher Weise. Nur die genannten Teile sind im pflanzengeographischen Sinne noch als Moor zu bezeichnen. Dagegen trägt der Waldstreifen im Westen und ebenso der im Süden und Osten trotz der vorhandenen Torfunterlage keinen Moorcharakter mehr.

1) Wechselmoor ist auf der Karte nicht als solches eingetragen, sondern vielmehr in Zwischenmoor und Hochmoor aufgeteilt worden, weil nur so der Einfluß der Lage des Stiches im Moor auf die erreichte Entwicklungsstufe zum Ausdruck kommt.

A. Flachmoorassoziationen.

1. Verlandungsbestände.

1. Arundinetum phragmititis, Reinbestand in Oa und Ob.
2. Typhetum angustifolii, Reinbestand in Nc und Of.
3. Caricetum rostratae, durchsetzt von *Typha latifolia* und *Arundo phragmites* in Oh.
4. Caricetum strictae, Nordrand von N, bei Na.

2. Sumpfmoores.

1. Sphagneto-Arundinetum, beigemengt sind *Carex panicea*, *Lysimachia vulgaris* und *Hydrocotyle vulgaris*, bei Nb.

3. Waldmoore.

1. Erlen-Sumpfflachmoorwald mit Übergängen zum Standflachmoorwald; Gehölz: *Salix cinerea*, *Betula pubescens*, *Frangula frangula*; für den Sumpfflachmoorwald sind bezeichnend *Equisetum heleocharis*, *Carex rostrata*, und *Iris pseudacorus*; für den Standflachmoorwald *Sphagnum fimbriatum* und *Molinia coerulea*. In N.

B. Zwischenmoorassoziationen.

1. Sumpfmoores.

1. Sphagneto-Arundinetum in Ok. Dieses Sphagneto-Arundinetum betrachte ich im Gegensatz zu dem unter den Flachmoorassoziationen aufgeführten Sphagneto-Aundinetum als Zwischenmoorassoziation, weil die Begleitpflanzen andere sind und weil hier der Sphagnumrasen von *Sphagnum recurvum* Pal. de Beauv. var. *robustum* Breidl. gebildet wird, während er dort größtenteils aus *Sph. squarrosum* besteht. *Carex panicea*, eine Flachmoorcarex, fehlt diesem Arundinetum, dafür ist *C. rostrata* vorhanden, eine Art, die nicht selten mit echten Hochmoorpflanzen zusammen vorkommt. Ein weiterer Unterschied ist das Fehlen von *Eriophorum polystachyon* in der Assoziation A2, 1.

2. Reisermoore.

1. Calamagrosteto-Molinietum, bestanden mit zerstreutem Buschwerk von *Salix cinerea*, *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*; Begleitpflanzen sind *Carex paniculata*, *Aspidium cristatum* und *Lysimachia vulgaris*. *Sphagnum cymbifolium* nur spärlich. Nf.
- 2a) Betuleto-Franguletum, sphagnumfrei, Eriophorum fehlend, Gramineen vorhanden, Ericaceen vertreten durch *Calluna vulgaris*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. myrtillus*. Vegetation des toten Hochmoors. Torfdämme zwischen Oa-Og.
- 2b) Franguleto-Betuletum, sphagnumarm, im Unterwuchs Wollgras, Gramineen, Ericaceen und Humusbewohner wie *Aspidium spinulosum*, *Maianthemum bifolium* und *Oxalis acetosella*. Durch Entwässerung aus einem Heidemoor hervorgegangene Assoziation, jetzt aber als progressive Bildung zu betrachten. Randzone von S.

3. Waldmoore.

Birke vorherrschend:

1. Birkenzwischenmoorwald, sphagnumfrei, Wollgras fehlend, im Unterwuchs fast ausschließlich *Molinia coerulea*. W5.

Kiefer vorherrschend:

- 2a) Kiefernzwischenmoorwald, sphagnumarm, Wollgras und Ericaceen vorhanden, *Molinia coerulea* im Unterwuchs dominierend, Elemente der humusbewohnenden Waldpflanzen fehlend. Gehölz in O.
- 2b) Kiefernzwischenmoorwald, als Unterholz *Frangula frangula* und *Corylus Avellana*, sphagnumarm, Wollgras und Ericaceen, besonders *Vaccinium myrtillus*, vorhanden, desgleichen Gramineen und humusbewohnende Waldpflanzen; entwässerte Randzone des Hochmoors; *Sphagnum* jetzt aber im Vordringen. Schutzzone im Süden.
- 2c) Kiefernzwischenmoorwald, sphagnumarm, gramineenfrei, Unterholz spärlich, im Unterwuchs Wollgras und

besonders *Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum* und *Ledum palustre*. W3.

C. Hochmoorassoziationen.

1. Sumpfmoores.

1. Rhynchosporeto-Sphagnetum, *Carex rostrata* noch vorhanden, Ol.
2. Eriophoreto-Sphagnetum, keine akzessorischen Carices, We.

2. Heidemoores.

1. Sphagneto-Eriophoretum, keine reine Sphagnumdecke, Buschwerk von *Betula pubescens*, Leitpflanzen *Eriophorum vaginatum* und *Empetrum nigrum*, *Drosera rotundifolia* fast fehlend. Sektor S, entwässertes Hochmoor.
2. Calluneto-Sphagnetum, geschlossene Moosdecke nur aus Sphagnum und *Aulacomnium palustre* bestehend; Krüppelkiefern; *Drosera rotundifolia* sehr reichlich, O1. Nk entwickelt sich in dieser Richtung. Diese Assoziation stellt wohl die dem jetzigen örtlichen Klima entsprechende Dauerassoziation dar.

Untersuchung von Torfproben.

Die Ausdehnung des Hochmoores war sowohl nach der schwedischen wie nach der Generalstabskarte früher größer als heute. Es mußte also untersucht werden, ob sich vielleicht im Randgebiet des heutigen Moores, an Stellen, wo jetzt kein Sphagnum mehr vorkommt, im Torf Sphagnum und *Eriophorum* nachweisen ließen. Die zu allgemein gehaltene Angabe v. Bülow's (6, S. 9 und 10)¹⁾ ließ es geboten erscheinen, einige

1) „Zwischen Grenze und Waldrand in Norden erstreckt sich eine Fläche Flachmoors, die Torf von wenigen dm Mächtigkeit enthält. Innerhalb der Grenze liegt im Walde ein 100—200 m breiter Streifen von Rohhumus, der das ganze Moor umgibt. Nach innen folgt sodann ein ebenso breiter Gürtel, den man als Flachmoortorf ansprechen muß, darauf als Kern eine im Durchmesseer durchschnittlich 400—500 m haltende Fläche Hochmoores“.

ergänzende Bohrungen vorzunehmen. Die Bohrstellen sind auf der Karte vermerkt. Benutzt wurde ein geologischer Bohrer einfachster Konstruktion (ausgekehlte Eisenstange). Die Probeentnahme erfolgte gewöhnlich aus mehreren Tiefen und zwar aus Tiefe $x = 0-10$ cm, $a = 20-30$ cm, $b = 50-60$ cm und $c = 90-100$ cm. Nach Behandlung mit Oxalsäure¹⁾ wurden die Proben mikroskopisch untersucht, aber nur soweit, wie es für den angegebenen Zweck notwendig erschien. Bei stark zersetztem Torf bestanden die Sphagnumreste nur aus wenigen zusammenhängenden Zellen, bei besser erhaltenen waren unversehrte Blättchen und größere Aststückchen vorhanden. Die Verdickungen der Hyalinzellen traten durchweg völlig scharf und klar hervor. Eriophorum wurde an der Epidermis der Blattscheiden²⁾ und an den Sklerenchymfaserbündeln des Rhizoms erkannt. Der gut erhaltene Pinuspollen war stets unschwer festzustellen. Von den Farnsporangien war meist nur der Annulus erhalten. Im einzelnen sind die Befunde folgende:

1. Schutzzone im Süden.
 - a) ziemlich stark zersetzt; Sphagn. vereinzelt, Erioph. spärlich.
 - b) wie a); ferner: Pinuspoll. spärlich, Farnsporangien (Polypodiaceen) selten.
 - c) noch stärker zersetzt als a) und b); Sphagn. selten, Eriophorum nicht gefunden, Farnsporangien häufig, Pinuspoll. spärlich, Pediastrum vereinzelt.
2. Schutzzone im Süden, weiter westlich.
 - a) zersetzt wie 1a); Sphagn. spärlich, Erioph. häufig, Pinuspoll. spärlich, Diatomeen spärlich (pennatae).
 - b) Sphagn. vereinzelt, Eriophor. vereinzelt.
 - c) noch stärker zersetzt als a) und b); Erioph. selten, Farnspor. sehr häufig, Pinuspoll. häufig.
3. Sektor W, in der Nähe des Grenzgrabens.
 - a) wenig zersetzt, Farbe gelbbraun, besteht fast ausschließlich aus gut erhaltenen Sphagnumblättern; beblätterte

1) H. Potonié und W. Gothan, Paläobotanisches Praktikum S. 120, Untersuchung für paläobotanische pflanzengeographische Zwecke. Berlin 1913.

2) Abbildungen in Früh und Schroeter (10).

Stämmchen von *Aulacomnium palustre* makroskopisch auslesbar, *Pinuspoll.* spärlich, *Erioph.* nicht gefunden.

- b) stärker zersetzt als a), Farbe schwarzbraun; *Sphagn.* häufig, *Erioph.* vereinzelt.
- c) noch mehr zersetzt als b); *Sphagnum* vereinzelt, *Erioph.* vereinzelt.

Wenn auch das Vorhandensein von Hochmoortorf an dieser Stelle durch die Geschichte des Moores begründet ist, so überrascht doch der gute Erhaltungszustand des Torfes und die Tatsache, daß die alten Hochmoorpflanzen so restlos zum Verschwinden gebracht worden sind.

5. Sektor W, in der Nähe des Stiches We.

- a) ziemlich stark zersetzt; *Sphagn.* spärlich, *Eriophorum* häufig, *Pinuspoll.* vereinzelt.
- b) *Sphagn.* spärlich, *Erioph.* vereinzelt.
- c) *Sphagn.* spärlich, *Erioph.* häufig.

6. Nordende von We x.

Schicht in 10 cm Tiefe:

stark zersetzt, schwarz; *Sphagn.* spärlich, *Erioph.* spärlich, *Pinuspoll.* vereinzelt, *Diatomeen* (penn.) häufig.

Schicht in 30 cm Tiefe:

stark zersetzt, schwarz, schlüpfrig; *Sphagn.* selten, *Diatom* häufig.

- c) besser erhalten als in den beiden oberen Schichten; *Sphagn.* häufig, *Erioph.* vereinzelt, *Pinuspoll.* vereinzelt.

7. Nordende des Torfdammes zwischen Ng und Nh.

- b) *Sphagn.* spärlich, *Erioph.* spärlich, *Pinuspoll.* vereinzelt.
- c) ziemlich gut erhalten; *Sphagn.* häufig, *Erioph.* spärlich, *Pinuspoll.* häufig, *Scheuchzeria palustris* bestimmt nach der Abbildung in Früh und Schroeter (10).

8. Östlichster Torfdamm in Sektor N, neben Nf.

- a) ziemlich stark zersetzt; *Sphagn.* spärlich, *Erioph.* spärlich.
- c) *Sphagn.* spärlich, *Farnspor.* spärlich, *Pinuspoll.* vereinzelt.

9. Sektor N, zwischen den Stichen Nc und Nd.

- a) ziemlich gut erhalten; *Sphagn.* selten, *Erioph.* selten, *Farnspor.* spärlich, *Pinuspoll.* vereinzelt.
- b) *Sphagn.* vereinzelt, *Erioph.* ?, *Farnspor.* sehr häufig.

- c) Sphagn. vereinzelt, Erioph. vereinzelt, Farnspor. häufig, Pinuspoll. häufig.

Während aus dem Fehlen von Sphagnum oder Eriophorum keine sicheren Schlüsse zu ziehen sind, geht aus dem Vorhandensein der Farnsporangien mit Sicherheit hervor, daß die Pflanzengemeinschaft an dieser Stelle keinen Hochmoor-, sondern Zwischenmoorcharakter trug.

10. Östliche Schutzzone.

- x) Sphagn. selten, stark zersetzt.

a) Sphagn. vereinzelt, Pinuspoll. vereinzelt.

b) nicht ganz so stark zersetzt; Sphagn. vereinzelt, Erioph. vereinzelt, Farnspor. spärlich, Pediastrum vereinzelt.

c) etwas besser erhalten als b); Sphagn. selten, Farnspor. spärlich, Pinuspoll. vereinzelt, Pediastrum sehr häufig.

11. Östliche Schutzzone, weiter nördlich.

x) stark zersetzt; Sphagn. vereinzelt, Erioph. spärlich, Pinuspoll. vereinzelt.

a) Sphagn. häufig, Erioph. spärlich, Farnsporang. spärlich, Pinuspoll. vereinzelt.

b) erhalten wie a), besser als x); Sphagn. häufig, Erioph. spärlich, Pinuspoll. vereinzelt, Pediastrum vereinzelt.

c) Sphagn. spärlich, Eriophorum spärlich, Farnspor. häufig, Pinuspoll. vereinzelt.

12. Östliche Schutzzone, Nordteil.

x) Sphagn. spärlich, Erioph. vereinzelt.

13. Sektor O, bei Oa.

x) stark zersetzt; Sphagn. spärlich, Erioph. vereinzelt.

a) weniger zersetzt als x); Sphagn. häufig, Erioph. vereinzelt, Pediastrum vereinzelt.

Schicht über dem Sand:

Sphagn. vereinzelt, Erioph. nicht gefunden, Farnspor. vereinzelt, Pinuspoll. vereinzelt.

14. Sektor O, zwischen Ob und Oc.

a) mäßig zersetzt, Farbe hellbraun; Sphagn. häufig, Erioph. häufig, Pinuspoll. vereinzelt.

b) gut erhalten; Sphagn. häufig, Erioph. vereinzelt, Farnspor. spärlich, Pinuspoll. vereinzelt, Diatom, selten.

- c) ziemlich stark zersetzt; Sphagn. vereinzelt, Farnspor. spärlich, Pinuspoll. vereinzelt, Pediastrum häufig, eine große zweizählige Scheinfurcht einer Carex-Art.
15. Sektor W, Westrand, dicht beim Grenzgraben.
- x) ziemlich stark zersetzt, schwarz; Sphagn. vereinzelt, Erioph. spärlich.
- a) Sphagn. häufig, Erioph. spärlich, Pinuspoll. vereinzelt.
- b) mäßig zersetzt; Sphagn. häufig, Erioph. spärlich.
- c) stärker zersetzt als a) und b); Sphagn. spärlich, Erioph. spärlich, Farnspor. selten.
16. Sektor W, 40 m weiter nördlich als 15.
- x) ziemlich stark zersetzt; Sphagn. vereinzelt, Eriophor. vereinzelt, Diatom. häufig.
- a) Farbe braun, besser erhalten als x); Sphagn. häufig, Erioph. vereinzelt, Pinuspoll. selten, Diatom. vereinzelt.
- b) stärker zersetzt als a), Farbe mehr schwarz; Sphagn. spärlich, Erioph. vereinzelt, Pinuspoll. selten.
- c) mäßig zersetzt; Sphagn. häufig, Eriophor. vereinzelt, Pinuspoll. sehr häufig.
17. Gelände außerhalb des Reservates, 30 m von der Westgrenze entfernt, in der Verlängerung des Grenzgrabens.
- a) stark zersetzt, schwarz; Sphagn. selten, Diatom. häufig. In 40 cm Tiefe kommt Sand. Dicht über dem Sand weder Sphagn. noch Erioph. nachweisbar. Weitere 30 m westlich sind überhaupt keine struierten Teile mehr nachweisbar.

Auffällig ist das ständige Vorkommen von Pinuspollen in den Torfproben, zumal sowohl nach der schwedischen Karte von 1705 als auch nach der Schilderung H o r n s c h u c h s das Moor nur von Laubwald umgeben gewesen sein soll. Die Torfuntersuchung dagegen spricht mehr dafür, daß — sei es im Kern, sei es in der Randzone — Kiefern in älteren, blühenden Exemplaren vorhanden waren. Natürlich ist die Möglichkeit nicht völlig von der Hand zu weisen, daß der Pollen durch den Wind von mehr oder minder entfernten Waldungen in das Moor getragen worden ist.

Ein paar Worte möchte ich noch auf die Tatsache verwenden, daß an manchen Stellen des Naturschutzgebietes in Tiefen von 90—100 cm und auch 50—60 cm Farnsporangien

vorkommen, in den darüber liegenden jüngeren Schichten jedoch fehlen. Daß sie dort übersehen seien, ist doch recht unwahrscheinlich. Dieser Befund beweist meiner Meinung nach vielmehr, daß die Grenzen des Hochmoores nicht Jahrhunderte hindurch dieselben geblieben sind, sondern daß das Hochmoor in stetem Wachstum begriffen war und infolgedessen Pflanzen, die nur ins Zwischenmoor gehen, zum Rückzug nötigte.

Tabellarische Übersicht

über das Vorkommen von Sphagnum, Eriophorum und Farnsporangien im Torf. Ein — zeigt das Fehlen des betreffenden Fossils, ein + sein Vorhandensein an, während das häufige Auftreten von Resten durch ein bzw. zwei !! hervorgehoben worden ist.

	Sph.	Er.	F.-Sp.		Sph.	Er.	F.-Sp.
1a	+	+	—	10x	+	—	—
b	+	+	+	a	+	—	—
c	—	—	!	b	+	+	+
2a	+	!	—	c	+	—	+
b	+	+	—	11x	+	+	—
c	—	+	!!	a	!	+	+
3a	!!	—	—	b	!	+	?
b	!	+	—	c	+	+	!
c	+	+	—	12x	+	+	—
5a	+	!	—	13x	+	+	—
b	+	+	—	a	!	+	—
c	+	!	—	14a	!	!	—
6c	!	+	—	b	!	+	+
7b	+	+	—	c	+	—	+
c	!	+	—	15x	+	+	—
8a	+	+	—	a	!	+	—
c	+	—	+	b	!	+	—
9a	+	+	+	c	+	+	+
b	+	?	!!	16x	+	+	—
c	+	+	!	a	!	+	—
				b	+	+	—
				c	!	+	—

Systematisches Verzeichnis der im Naturschutzgebiet Kieshof gefundenen höheren Pflanzen.

Systematisches Verzeichnis.

Der Nomenklatur liegt die Synopsis der mitteleuropäischen Flora von Ascherson und Graeber zugrunde bzw. die Flora des norddeutschen Flachlandes (Berlin 1898/99) derselben Autoren; aus dem Grunde fehlt auch bei den aufgeführten Pflanzen der Autorennamen. Die eingeklammerten Arten sind von mir nicht aufgefunden worden, die mit einem * bezeichneten sind bei Hornschuch erwähnt.

1. POLYPODIACEAE.

**Athyrium filix femina*; häufig, besonders im feuchten Laubwald der Schutzzone O.

**Aspidium thelypteris*; nur an versumpften Stellen im Zwischenmoorwald der Schutzzone S; seine Begleiter sind *Calamagrostis calamagrostis*, *Carex stricta*, *Lysimachia vulgaris*, *Scutellaria galericulata* und *Galium palustre*.

Aspidium cristatum; verbreitet im *Calamagrosteto-Molinietum* in Nf.

Aspidium spinulosum; der häufigste Farn des Naturschutzgebietes, sowohl im Wald wie im Zwischenmoor; nur als *euspinulosum* gefunden.

Pteridium aquilinum; nur in der Schutzzone im Norden.

Polypodium vulgare; im Wald in W an einer Stelle in Menge; gern an Birkenstümpfen, auch am Nordrand von W6.

2. OSMUNDACEAE.

*(*Osmunda regalis*).

3. EQUISETACEAE.

Equisetum arvense; nicht häufig.

Equisetum heleocharis; häufig im Sumpfflachmoorwald und in Torflöchern.

Equisetum arvense × *heleocharis*; vereinzelt im Zwischenmoorwald in S, Begleiter ist *Oxalis acetosella*.

4. LYCOPODIACEAE.

Lycopodium annotinum; nur auf dem Torfdamm zwischen dem Stich Ob und Oc, zwischen *Arundo phragmites* und *Leucobryum glaucum*.

Gymnospermae.

5. PINACEAE.

Picea excelsa; vereinzelt, als hochstämmiger Baum nur in dem Nordteil der Schutzzone O.

Pinus silvestris; im ganzen Gebiet verbreitet.

Juniperus communis; ziemlich häufig in der Schutzzone S, sonst vereinzelt, nirgends höher als 60 cm.

Angiospermae.

MONOCOTYLEDONES.

6. THYPHACEAE.

Typha latifolia; häufig in Torfstichen, seltener im Sumpfflachmoorwald.

Typha angustifolia; nur in Torfstichen.

7. SPARGANIACEAE.

(*Sparganium simplex*); angegeben von M. V o s s (1914, 30, S. 28).

*(*Sparganium minimum*).

8. POTAMOGETONACEAE.

**Potamogeton natans*; an tieferen Stellen (40—70 cm) der wassergefüllten Torfstiche.

9. JUNCAGINACEAE.

*(*Scheuchzeria palustris*).

10. ALISMATACEAE.

Alisma plantago-aquatica; ziemlich selten.

11. HYDROCHARITACEAE.

*(*Hydrocharis morsus ranae*).

12. GRAMINA.

Phalaris arundinacea; nur auf dem Weg B.

Anthoxanthum odoratum; im ganzen Gebiet häufig, aber einzeln; auch auf dem trockenen Torf im Zwischen- und seltener im Wechselmoor.

Milium effusum; Waldgras, also nur in der Schutzzone im Wald in W.

(*Nardus stricta*); gefunden von Prof. Leick, 1920.

Agrostis vulgaris; bestandbildend in W6, ferner auf dem Weg A.

Calamagrostis calamagrostis; bildet Mischbestände mit *Molinia coerulea*, im Flachmoorwald und vereinzelt im Sphagneto-Arundinetum.

Calamagrostis epigeios; weniger häufig als die vorgenannte Art, stets truppweise.

*(*Calamagrostis neglecta*).

Holcus lanatus; häufig auf trockenem Torf.

Aera flexuosa; mit *Molinia coerulea* bestandbildend im Nordstück der Schutzzone O, massenhaft in W6, wie *Holcus lanatus* auf dem trockenen Torf des toten Hochmoors bzw. regressiven Zwischenmoors.

**Aera caespitosa*; viel weniger häufig als *A. flexuosa*, mehr an feuchten Stellen, z. B. in der Schutzzone O.

Arundo phragmites; bestandbildend in den Torfstichen, auch auf den trockenen Torfdämmen zwischen den Stichen, und zwar keineswegs kümmerwüchsig. Verschwindet selbst

bei Bildung einer geschlossenen Sphagnumdecke nur sehr langsam (man vgl. Fr. Buchenau: Kritische Nachträge zur Flora der nordwestdeutschen Tiefebene 1904 „Phragmites communis Trin. verlangt Kalk und kommt daher weder an unseren kalkarmen Binnengewässern, noch zusammen mit Sphagnum vor“).

**Molinia coerulea*; typisch für die Torfdämme, kommt aber auch noch zwischen Sphagnum vor.

Poa annua; Weg A und B.

**Glyceria fluitans*; gesellig in der Nordostecke von Nb, in der Nähe des Hauptgrabens und auf Weg B.

Festuca ovina; nur Weg A.

Cynosorus cristatus; nur Weg A.

13. CYPERACEAE.

Carex paniculata; häufig in N.

C. leporina; nur auf Weg B, gesellig.

C. stellulata; selten in W1 und am Nordrand von Nb.

**C. canescens*; häufig im progressiven Zwischenmoor (Wechselmoor), z. B. O.

**C. stricta*; häufig im Flachmoor, aber auch im Zwischenmoorwald an Stellen, wo sich regelmäßig zu bestimmten Zeiten Wasser ansammelt. Die Hornschuchsche *C. stricta* kann nicht *C. stricta* Boot = *C. Buekii* Wimm sein, weil diese weder hier, noch überhaupt in unserer Provinz vorkommt.

**C. Goodenoughii*; häufig, Hornschuchs *C. caespitosa* ist höchstwahrscheinlich *C. c. Good.* (syn. *C. Goodenoughii* Gay); denn *C. caespitosa* Gay ist synonym mit *C. stricta* Good., und *C. caespitosa* L fehlt nicht nur jetzt im Reservat, sondern wird auch von Zabel (*C. pacifica* Drey) sowie von Marsson trotz genauer Standortsangaben nicht für Kieshof vermerkt.

C. pilulifera; häufig im Molinietum zwischen dem Grenzgraben und den Stichen in O. Auch auf Weg A, oft zusammen mit *C. Goodenoughii* und *C. pallescens*.

C. panicea; häufig im Sphagneto-Arundinetum in Nb, aber nur dort.

C. pallescens; etwa wie *C. pilulifera*.

C. silvatica; selten, nur Weg A.

C. flava; vereinzelt, Nordrand von Nb auf Sphagnum, Begleiter sind *Hydrocotyle vulgaris*, *Viola palustris* und *Galium palustre*.

**C. pseudocyperus*; häufig, legt Wert auf ein wassergetränktes Substrat, daher an den Wänden der Stiche und den Rändern der Gräben, aber auch in genügend aufgehöhten Torfstichen.

C. rostrata; bestandbildend sowohl im Sumpfflachmoorwald, wie in alten, wenig beschatteten Torfstichen; findet sich auch — allerdings immer nur in einzelnen Exemplaren — in Hochmoorassoziationen, z. B. Ol. *C. vesicaria* Lightf. für *C. rostrata* Stokes ist ungebräuchlich und findet sich in keiner pommerschen Flora; demnach ist nicht anzunehmen, daß Hornschuch mit *C. vesicaria* die *C. rostrata* gemeint hat. Ob er aber wirklich *C. vesicaria* L vor sich gehabt hat, erscheint mir zweifelhaft.

C. acutiformis; an nassen Stellen in der Schutzzone O. Hornschuchs *C. paludosa* dürfte *C. p.* Good und somit *C. a.* Ehrh. sein, denn *C. p.* Pucinelli ist synonym mit *C. stricta* Good.

**Eriophorum vaginatum*; dominierendes Element des Heide-
moors. Blütebeginn 1923: 23. März (vgl. 37, S. 52).

Eriophorum polystachyon; nicht in ausgesprochenen Flachmoor-
assoziationen, im allgemeinen auf feuchterem Substrat als *E. vaginatum*, nichtsdestoweniger aber auch *Vaccinium-myrtillus*-Bestände durchsetzend. Im Wald wachsende Exemplare sowohl von *E. v.* wie *E. p.* blühen 2—4 Wochen später als frei stehende Pflanzen.

Rhynchospora alba; nur in Ol gefunden, hier gesellig.

14. LEMNACEAE.

Lemna trisulca; zerstreut in wassergefüllten Stichen.

L. minor; im Grenzgraben eine geschlossene Decke bildend, an anderen Stellen mehr vereinzelt.

15. JUNCACEAE.

Juncus bufonius; zwischen Oi und Hauptgraben.

J. effusus; häufig in N und O.

J. conglomeratus; häufig in N und O.

**F. lamprocarpus*; synonym mit *J. acutiflorus* a Gaud. et aut. div. nach E. Meyer Synops. Juncor. 1822.

Luzula pilosa; häufig, aber nicht gesellig, besonders im Nordteil der Schutzzone O und S.

L. campestris; *A. vulgaris* vornehmlich an sonnigen Stellen z. B. W6, auch im Zwischenmoor (regressiv). *B. multiflora*.

16. LILIACEAE.

Maianthemum bifolium; besonders in der Schutzzone O auf Moderboden, auch im Zwischenmoor zusammen mit *Oxalis acetosella*.

Polygonatum multiflorum; nur in der Schutzzone O.

Paris quadrifolius; nur in der Schutzzone O.

17. IRIDACEAE.

Iris pseudacorus; Sumpfflachmoorwald und Torfstiche, nicht häufig.

18. ORCHIDACEAE.

Epipactis latifolia; selten, Schutzzone O und S.

DICOTYLEDONES.

19. SALICACEAE.

Populus tremula; häufiger im Wald in W.

Salix pentandra; nur im Flachmoor in N.

Salix alba; vereinzelt in N, nur als Umzäunung.

S. cinerea; häufig in O und N.

S. aurita; häufig in O und N.

20. BETULACEAE.

Corylus Avellana; besonders in der Schutzzone S.

Betula verrucosa; nicht so häufig als die folgende Art.

B. pubescens; auch in der Form *Carpatica*, häufig mit Gallen von *Eriophyes rudis* var. *longisetosus*.

Alnus glutinosa; häufig in N und der Schutzzone O.

A. incana; vereinzelt, angepflanzt am Grabenrand bei dem Weg A.

21. FAGACEAE.

Quercus robur; hochstämmige Exemplare in der Schutzzone wie im Wald in W.

22. URTICACEAE.

Urtica dioeca; zerstreut in der Schutzzone und in W2.

23. POLYGONACEAE.

Rumex acetosa; häufig in W6 und auf Weg A.

R. acetosella; häufig in W6 und auf Weg A.

Polygonum hydropiper; nur Weg B.

24. CARYOPHYLACEAE.

Moehringia trinervia; häufig in der Schutzzone und im Wald W.

Stellaria media; zerstreut in W.

Stellaria palustris; zerstreut in N und O.

Cerastium caespitosum; nur Weg A.

Malachium aquaticum; zerstreut zwischen *Rubus Idaeus* in der Schutzzone S.

Melandryum rubum; häufig in der Schutzzone und im Wald in W.

25. RANUNCULACEAE.

Anemone nemorosa; massenhaft in der östl. Schutzzone.

*(*Ranunculus aquatilis*).

R. flammula; zerstreut, Nordrand von Nb und Weg B.

R. acer; nur Weg A.

R. repens; nur Weg B.

R. sceleratus; nur an der Stelle, wo der Hauptgraben das Naturschutzgebiet verläßt.

26. DROSERACEAE.

**Drosera rotundifolia*; nicht sphagnumstet. *Drosera* um 2 Uhr nachmittags (9. 8. 23.) in größerer Zahl blühend angetroffen (vgl. Knuth, Bd. 2, I S. 149, und Bd. 3, I S. 325). Die Beobachtung Wangerins (34, S. 68), daß die rote Farbe der Tentakeln vom Lichtgenuß abhängt, kann ich bestätigen. An beschatteten Stellen bleiben die Pflanzen rein grün, während an sonnigen Standorten mindestens die Tentakeln rot sind; oft zeigen sogar die Blattunterseiten rötlich-grüne Farbe. Daß der ebenfalls rote Blütenschaft bei Schattenexemplaren länger ist, fiel mir nicht auf. Eine Verabreichung von Hühnereiweiß (Gelbei) hatte keinen Einfluß auf die Farbe (vgl. Steinicke, Bot. Arch. Bd. IV S. 325—327 „Ueber Beziehungen zwischen Färbung und Assimilation bei einigen Süßwasseralgen“).

Aldrovandia vesiculosa; am 27. VII. 24 in zahlreichen Exemplaren ausgesetzt in Oc, Od, Of, Og, Oh, Nc und Nd. Die Pflanzen stammen aus dem Naturschutzgebiet Plagefen bei Chorin und wurden anläßlich einer vom hiesigen botanischen Institut unternommenen Exkursion von dort mitgebracht. Ob sich die Pflanze hier wird einbürgern können, muß erst die Zukunft erweisen.

27. SAXIFRAGACEAE.

Ribes grossularia; vereinzelt in der Schutzzone O und im Wald in W.

28. ROSACEAE.

Prunus avium; Schutzzone O.

P. padus; Schutzzone O.

Geum rivale; nur Weg B.

G. urbanum; nur Weg A.

Rubus plicatus; stellenweise, so z. B. W6.

Rubus caesius; nur in der Schutzzone O zerstreut.

R. Idaeus; häufig, Schutzzone und Wald in W.

Fragaria vesca; vereinzelt, z. B. Weg A.

**Comarum palustre*; häufig, mehr in Zwischenmoor- (Wechselmoor-) als Flachmoorassoziationen.

Potentilla silvestris; häufig in dem durch Entwässerung aus einem Hochmoor hervorgegangenen Zwischenmoor; verlangt nicht zu geringe Bodenfeuchtigkeit, regelmäßiger Begleiter ist *Molinia coerulea*.

P. anserina; nur Weg B.

Pirus aucuparia; Standort wie bei *Frangula frangula*, aber bei weitem nicht so häufig.

29. LEGUMINOSAE.

Trifolium minus; nur Weg A.

Lotus uliginosus; Weg B und W6.

30. GERANIACEAE.

Geranium Robertianum; häufig in der Schutzzone und im Wald in W.

31. OXALIDACEAE.

Oxalis acetosella; häufig in der Schutzzone und im Wald in W.
Blüten stets lebhaft rosa; gut gedeihende Pflanzen auch auf Sphagnumbulden in der Schutzzone S angetroffen.

32. EMPETRACEAE.

**Empetrum nigrum*; Leitpflanze des Heidemoors neben *Eriophorum vaginatum*.

33. RHAMNACEAE.

Frangula frangula; häufig im Zwischenmoor (entwässertes Hochmoor). Ziemlich regelmäßig von *Puccinia coronata* befallen.

34. GUTTIFERAE.

Hypericum perforatum; nur Weg A.

35. VIOLACEAE.

Viola palustris; nicht häufig in Flach- und progressiven Zwischenmoorassoziationen (verlandete Torfstiche), aber auch im feuchten Laubwald der Schutzzone O.

V. silvatica; Schutzzone O.

36. LYTHRACEAE.

Lythrum salicaria; vereinzelt in N.

37. OENOTHERACEAE.

**Epilobium parviflorum*; vereinzelt Weg B.

**E. palustre*; vereinzelt in O.

Circaea Lutetiana; an einigen Stellen der Schutzzone O und S kleinere Bestände bildend, sonst fehlend.

38. UMBELLIFERAE.

Hydrocotyle vulgaris; Flachmoorpflanze, auch auf *Sphagnum*, stellenweise häufig.

Sium latifolium; Grenzgraben O und Nordende des Hauptgrabens.

Angelica silvestris; Schutzzone O zerstreut.

Peucedanum palustre; häufig in N und O.

Chaerophyllum temulum; nur Weg A.

39. PIROLACEAE.

Pirola uniflora; in nur 6 dicht beieinander stehenden Exemplaren in einen Trupp *Vaccinium myrtillus* gefunden, Schutzzone S nahe dem Grenzgraben.

40. ERICACEAE.

Ledum palustre; häufig.

**Vaccinium myrtillus*; häufig in der Schutzzone S, ferner am Nordrand des Waldes in W und im Zwischenmoor.

**V. uliginosum*; häufig, noch weniger Hochmoorpflanze als *Ledum palustre* (vgl. Potonié 21, Bd. 1. S. 39 und 21, Bd. 2 S. 142).

**V. vitis Idaea*; im toten Hochmoor W2.

**V. oxycoccus*; nicht absolut sphagnumstet, typische Hochmoorpflanze, aber auch — allerdings seltener — im Zwischenmoor. — Ich fand folgende von Gleisberg aufgestellten Rassen: dunkle Große Punktierte, Hagebuttenförmige Punktierte und Kleine Rote (vgl. W. Gleisberg, Bot. Arch. II. Bd. Heft 1, 1922: Systematische kritische Vorarbeit für eine Monographie der Species *Vaccinium oxycoccus*).

*(*Arctostaphylos uva ursi*).

Andromeda polifolia; spärlicher als *V. oxycoccus*, Standortbedingungen die gleichen wie bei *V. oxycoccus*.

Calluna vulgaris; nicht so häufig wie *Empetrum nigrum*, Hoch- und Zwischenmoor.

41. PRIMULACEAE.

Trientalis Europaea; nur an wenigen Stellen auf Trockentorf innerhalb der Schutzzone und des Waldes in W, dann aber gesellig.

Lysimachia vulgaris; häufig, sowohl an feuchten Stellen in der Schutzzone, als auch in Torfstichen; auch im Wechselmoor.

L. thyrsoflora; zerstreut, nur in Zwischenmoorassoziationen (Wechselmoor).

Hottonia palustris; häufig, massenhaft im Grenzgraben O.

42. BORRAGINACEAE.

Myosotis palustris; nur vereinzelte Exemplare, Grenzgraben O.

43. LABIATAE.

Menta aquatica; zerstreut, z. B. an der Ueberlaufstelle.

Lycopus Europaeus; häufig in N, O und der östlichen Schutzzone.

Nepeta glechoma; nur Weg B.

Galeopsis tetrahit; vereinzelt in der Schutzzone, im Wald in W und in W2.

Stachys paluster; nur in O zwischen Grenzgraben und der Südecke von Oh.

Scutellaria galericulata; Grenzgraben und Schutzzone O.

Brunella vulgaris; Weg A und B.

44. SOLANACEAE.

Solanum dulcamara; zerstreut in N und O.

45. SROPHULARIACEAE.

Veronica scutellata; Nordrand von Nb.

Veronica chamaedrys; häufig in W6 und Weg A.

Veronica officinalis; häufig in W6 und Weg A.

- Melampyrum pratense; Standort ähnlich wie Potentilla silvestris, nur spärlich.
46. UTRICULARIACEAE.
Utricularia minor; nicht häufig, niemals blühend beobachtet, Torfstiche Og, Oh, Nc und Nd.
47. PLANTAGINACEAE.
Plantago media; nur Weg A und B.
Plantago lanceolata; häufig auf Weg A.
48. RUBIACEAE.
Galium aparine; häufig im Nordteil der östlichen Schutzzone.
Galium palustre; häufig in O und N.
49. CAPRIFOLIACEAE.
Viburnum opulus; Schutzzone O und am Hauptgraben.
Lonicera periclymenum; häufig im regressiven Zwischenmoor.
50. DIPSACEAE.
Succisa succisa; Weg A und Nordrand von Nb.
51. COMPOSITAE.
Solidago virga aurea; Nordteil der Schutzzone O.
Bellis perennis; Weg A und B.
Erigeron Canadensis; nur Weg A.
Achillea ptarmica; nur Weg A.
A. millefolium; Weg A und W6.
Senecio silvaticus; nur 1923 an einer Stelle der Schutzzone O gefunden, gesellig. — Das Herbarium Pomeranicum, welches sich im Botan. Institut der Universität Greifswald befindet und einige Exemplare des S. s., von denen das kleinste 11,5 cm mißt, enthält, vermerkt: leg. Hornschuch 1837, 15. 7. Auf dem Kieshofer Torfmoor auf frisch aufgeworfener Torferde.
Cirsium palustre; Flachmoor, nicht häufig.
Lactuca muralis; häufig in der Schutzzone und im Wald in W.
Hieracium pilosella; nur Weg A.
H. silvestre; Schutzzone O, zerstreut.
H. vulgatum; Schutzzone O, zerstreut.

Die pommerschen Floren.

Als Quellen für die Floristik des Kieshofer Moores kommen naturgemäß auch die für die ganze Provinz oder nur für Vorpommern bestimmten Floren in Frage, soweit in ihnen genauere Fundortsangaben enthalten sind. In dem vorstehenden Verzeichnis habe ich davon abgesehen, bei jeder Art zu vermerken, ob sie in dieser oder jener Flora zu finden ist.

Da die Zuverlässigkeit solcher Fundortsangaben je nach dem Autor, dem sie entnommen sind, sehr verschieden bewertet werden müssen, schien es mir richtiger, auf eine rein äußerliche Aufzählung zu verzichten. Es erwächst mir also im folgenden noch die Aufgabe, eine Übersicht über die hier in Frage kommenden Florenwerke zu geben und gleichzeitig darauf hinzuweisen, ob und inwieweit in ihnen floristische Angaben über das Naturschutzgebiet enthalten sind. Folgende Werke wurden bei der nachstehenden Zusammenfassung berücksichtigt:

1765 Samuelis Gustavi Wilcke

Flora Gryphica. Exhibens plantas circa Gryphiam intra milliaria sponte nascentes una cum nominibus et locis natalibus. Gryphiae.

1769 Alexander Bernhard Kölpin, in universit. Gryphisw. botanicus.

Florae Gryphicae supplementum herbationibus accommodatum. Gryphiswaldiae.

1769 Christ. Ehrenfr. Weigel.

Flora Pomerano-Rugia exhibens plantas per Pomeraniam anteriorem suecicam et Rugiam sponte nascentes. Bero-
lini, Stralsundiae et Lipsiae.

1828 G. G. I. Homann.

Flora von Pommern, Bd. 1: 1828, Bd. 2: 1830, Bd. 3: 1835.
Köslin.

1840 Willh. Ludw. Ewald Schmidt.

Flora von Pommern und Rügen. Stettin.

1848 2. Auflage, vermehrt und verbessert von Baumgardt.

1854 C. Hess.

Flora von Stettin und Pommern mit einer kurzgefaßten Organenlehre für Schüler und angehende Pflanzenfreunde. Stettin.

1859 H. Zabel, Assistent am Greifswalder bot. Museum.

Übersicht der Flora von Neuvorpommern und Rügen. Separatabdruck aus dem Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg (J. 12). Neubrandenburg.

1861 Johann Karl Fischer.

Verzeichnis der Gefäßpflanzen Neu-Vorpommerns und Rügens. Stralsund.

1869 Th. Fr. Marsson.

Flora von Neu-Vorpommern und den Inseln Rügen und Usedom. Leipzig.

1898 Wilhelm Müller.

Flora von Pommern. Stettin. 2. Aufl. 1904, 3. Aufl. 1911.

Die erste Flora, die sich ausschließlich mit der näheren Umgebung Greifswalds beschäftigte und S. G. Wilcke zum Verfasser hat, erschien 1765. Bald darauf folgten Kölpins „Flora Gryphica“ (1769) und Weigels „Flora Pomerano-Rugica“ (ebenfalls 1769). Nach einer Pause von über 50 Jahren kam dann die dreibändige pommersche Flora von Homann heraus, der sich in kurzen Abständen weitere floristische Arbeiten anschlossen, so die von Schmidt, Hess, Zabel, Fischer, und Marsson. Den letzten Jahrzehnten gehört die von Müller herausgegebene „Flora von Pommern“ an, die gegenwärtig in der 3. Auflage vorliegt.

Die Wilckesche Flora gibt nur gelegentlich Fundorte, als solchen aber nie das Kieshofer Moor an; dasselbe gilt für die Floren von Kölpin, Weigel, Homann und Heß. In der Schmidtschen Flora wird zum ersten Mal das Kieshofer Moor als Fundort genannt, und zwar für *Scirpus caespitosus* L., *Carex microstachya* Ehrh., *Eriophorum gracile* Koch, *Malaxis paludosa* Sw., *Andromeda calyculata* L¹), *Utricularia minor* L. Jedesmal steht (Hsch) daneben; bei *Andromeda calyculata* ist ausdrücklich vermerkt: „Im Kieshofer Torfmoore bei Greifswald von Herrn Prof. Hornschuch aufgefunden“. „Das aus den Mitteilungen des Herrn Prof. Hornschuch Entlehnte ist durch die Abbeviatur (Hsch) angedeutet“, sagt Schmidt im Vorwort und verweist dabei auf den Aufsatz „Über die

1) 1827. Chamisso, Adalbert v.: „Uebersicht der nutzbarsten und der schädlichsten Gewächse, welche wild oder angebaut in Norddeutschland vorkommen“. S. 241: *Andromeda calyculata* erreicht ihre südlichste Grenze bei Königsberg in Preußen.

Eigentümlichkeiten der Flora der Torfmoore in der Umgegend von Greifswald, mitgeteilt von Prof. Hornschuch“. Dadurch ist sichergestellt, daß als Fundort für *Scirpus caespitosus*, *Eriophorum gracile*, *Malaxis paludosa* und *Utricularia minor* das Torfmoor südwestlich von dem Gute Kieshof (17, S. 739—741), also nicht das jetzige Naturschutzgebiet gemeint ist. Weiter geht daraus hervor, daß die im Aufsatz *Hornschuchs* als *Carex microstachys* bezeichnete Pflanze *Carex microstachya* Ehrh. sein soll.

Zabel hat die meisten Pflanzen an den bezeichneten Fundorten selbst gesehen und in den Fällen, wo er sich auf die Angaben anderer verlassen hat, ist deren Name in Klammern beigelegt. Dieser Fall liegt bei keiner der für uns in Frage kommenden Pflanzen vor. *Zabel* gibt *Potamogeton gramineus* L., *Juncus filiformis* L., *Malaxis paludosa* Sw und *Drosera intermedia* Hayne an. Wenn *Zabel* auch nicht ausdrücklich sagt, daß er das Moor südwestlich von Kieshof meint, so darf man es doch aus dem Grunde annehmen, weil unter dieser Voraussetzung seine Angaben mit denen *Hornschuchs* übereinstimmen (17, S. 739—741). Die *Zabel*sche Flora ist besonders wertvoll, weil sie einige in der Literatur untergelauene Irrtümer richtigstellt. *Zabel* sagt: „Größere Exemplare von *Juncus lamprocarpus*, Ehrh. mit spitzen Hüllblättern bilden den *Juncus silvaticus* Reich“. Der *Hornschuchs*che *Juncus acutiflorus* kann also nur *Juncus lamprocarpus* Ehrh. sein. Bei *Juncus supinus* Mnch. schreibt *Zabel*: „mit zweien vom Standorte bedingten Formen: b) *radicans* E. Mey. und c) *fluitans* Koch“. *Hornschuch* meint mit *Juncus uliginosus* var. *a* Meyer wohl den *J. supinus* Mnch. b. *radicans* E. Meyer; denn in seinem Aufsatz über das Kieshofer Moor südwestlich vom Gut Kieshof erwähnt er auch noch die andere Varietät, *J. uliginosus* var. *fluitans*. Wichtig ist ferner die Bemerkung *Zabels* bei *Carex canescens* L.: „C. c. L. b. *subloliacea* Laestad, in tiefen Torfsümpfen bei Greifswald; hat die Angabe veranlaßt, daß hier *C. loliacea* L und *Carex microstachya* Ehrh. vorkomme“¹⁾. Wird hier *Hornschuchs* *Carex microstachys*

1) *Ascherson-Graebner, Synopsis* 2,2 S. 234: *C. dioeca* × *C. canescens* (= *C. m.* Ehrh.), . . . „Die übrigen Angaben nicht bestätigt,

entlarvt, so findet seine *Andromeda calyculata* erst recht keine Gnade vor Zabels Augen; er sagt: „*Andromeda calyculata* L wächst nicht bei Greifswald; die Angabe beruht wahrscheinlich auf einer Mytsifikation“.

Fischer hat, wie seinem Vorwort zu entnehmen ist, nichts vom Erscheinen der Zabelschen Flora gewußt; er bringt in folgedessen richtige und falsche Angaben: *Scirpus caespitosus*, *Eriophorum gracile*, *Carex microstachya* Ehrh., *Malaxis paludosa*, *Vaccinium vitis Idaea*, *Utricularia minor* und auch *Andromeda calyculata*, der er aber einen Platz bei Behrenhof anweist. Alle bei den genannten Arten angegebenen Fundorte sind kursiv gedruckt, um anzudeuten, daß die betreffenden Fundorte entweder aus gedruckten Werken oder ohne Bestätigung durch Exemplare aus mündlichen oder schriftlichen Mitteilungen entnommen wurden. Der Gewährsmann ist absichtlich nicht angegeben worden.

Die bei weitem zuverlässigste Flora, die 1869 von Marsson herausgegeben wurde, behandelt Neu-Vorpommern und die Inseln Rügen und Usedom. Marsson bespricht auch im Vorwort die älteren Floren. Leider sind in dem Marsson'schen Werke die Pteridophyten nicht mit aufgenommen, für die in Rücksicht auf die vielen unzuverlässigen Angaben früherer Zeit eine gewissenhafte Bearbeitung besonders wünschenswert gewesen wäre. Im Kieshofer Moor hat Marsson *Rhynchospora alba*, *Malaxis paludosa*, *Drosera intermedia*, *D. anglica* und *Erica tetralix* gefunden; für *Juncus filiformis* gibt er Münter als Gewährsmann an. Welches Kieshofer Moor Marsson meint, sagt er leider nicht. Da aber ein Teil dieser Pflanzen uns schon als im Moor südwestlich von Kieshof bekannt ist, werden auch wohl die anderen dort gefunden worden sein. Eine *Carex microstachya* Ehrh. kennt Marsson nicht und der *Juncus silvaticus* Reich (= *J. acutiflorus* Ehrh.) scheint nach ihm unserem Gebiete gänzlich zu fehlen. Über die strittige *Andromeda calyculata* bemerkt er: „*Chamaedaphne*

sicher unrichtig oder unglaubwürdig, so . . . bei Greifswald, Kieshofer Moor (Schmidt, Flora von Pommern).“ Die Flora Zabels war also den Verfassern anscheinend unbekannt.

calyculata (Andromeda L.) Mnch wächst nicht bei Greifswald, der Versuch eines schon verstorbenen Botanikers, den Strauch bei Behrenhof anzupflanzen, ist nicht gelungen“.

Die Müller'sche Flora von Pommern¹⁾ erwähnt außer den schon in den älteren Floren angeführten Arten wie *Osmunda regalis*²⁾, *Scirpus caespitosus*, *Eriophorum gracile* und *Juncus filiformis* nur noch *Salix nigricans*. Im Herbarium Pomeranicum, das ich im botan. Institut der hiesigen Universität durchsah, findet sich ein von Breese am 15. 5. 1886 gesammeltes Belegstück von *Salix nigricans* mit dem Vermerk. „Kieshof, Moorrand bei der Eichen- und Erlenpflanzung“. Welche Stelle gemeint ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Jedenfalls gelang es mir nicht, diese Pflanze in dem heutigen Naturschutzgebiet aufzufinden. Nebenbei möchte ich noch bemerken, daß sich *Carex microstachya* Ehrh., die schon durch Zabel als irrtümlich erwiesen, noch in der 3. Auflage der Müller'schen Flora am Leben gehalten hat; allerdings ist als Fundort nicht das Kieshofer Moor, sondern Greifswald angegeben.

Die Durchsicht der Floren ergibt, daß sich die Fundortsangabe „Kieshofer Moor“ bei *Scirpus caespitosus*, *Eriophorum gracile*, *Malaxis paludosa*, *Drosera intermedia* und *Utricularia minor* nicht auf das jetzige Naturschutzgebiet bezieht; ob dies auch für die anderen (mit Ausnahme von *Osmunda regalis*) in den Floren angegebenen, jetzt aber nicht mehr auffindbaren Arten zutrifft, läßt sich nicht entscheiden. Es hat sich ferner gezeigt, daß die Angaben Hornschuchs nicht über jeden Zweifel erhaben sind, und daß demzufolge auch seiner Behauptung, *Arctostaphylos uva ursi* im Kieshofer Moor gefunden zu haben, nicht unbedingt Glauben geschenkt wer-

1) Ascherson und Graebner 1898—99, Flora des nordost-deutschen Flachlandes: „ . . . Dagegen können wir die Flora von Pommern von Oberlehrer W. Müller nicht als eine den heutigen Ansprüchen genügende Darstellung der Vegetation dieser Provinz anerkennen. . . . (Näheres: Bot. Centralblatt Bd. 78, S. 138, 1899).“

2) Roß, H.: Beitrag zur Flora von Neu-Vorpommern und der Inseln Rügen und Usedom. (Verhandl. d. Bot. Vereins d. Prov. Brandenburg 25. Sonderabdruck). „O. r., Greifswald, im Kieshöfer Busch.“

den muß. Weder ich habe die genannte Art im Reservat auffinden können, noch ist die für unser Gebiet nicht alltägliche Pflanze in irgend einer der pommerschen Floren als im Kieshofer Moor vorkommend genannt. Das ist umso auffälliger, als es gerade bei *Arctostaphylos uva ursi* nicht an näheren Fundortsangaben in der floristischen Literatur unserer Provinz fehlt. Wie stellen wir uns nun zu der Angabe H o r n s c h u c h s? Ist *Arctostaphylos uva ursi* nur vorübergehend aufgetreten oder ist die Mitteilung H o r n s c h u c h s unzutreffend?

Ein vorübergehendes Erscheinen von Pflanzen im Kieshofer Moor ist — wie mir Prof. Leick mitgeteilt hat — schon häufiger von ihm beobachtet worden. So tauchten dort gelegentlich *Rudbeckia hirta*, *Aquilegia vulgaris*, *Nardus stricta* auf, um nach einem oder wenigen Jahren wieder zu verschwinden. Zu diesen Zufallsansiedlern gehört auch *Senecio silvaticus*; denn an der einen Stelle, wo ich 1923 mehrere Exemplare angetroffen hatte, war von der genannten Pflanze schon im nächsten Jahre nichts mehr zu sehen. H o r n s c h u c h führte in Verkennung dieser Tatsache seinerzeit den *Senecio silvaticus* sogar als Charakterpflanze des Kieshofer Moores an. Das sporadische Auftreten dieser Art ist übrigens längst bekannt¹⁾. Bei *Arctostaphylos uva ursi* dagegen ist, soweit ich in Erfahrung bringen konnte, ein ähnliches Verhalten nicht beobachtet worden. Außerdem wäre es doch verwunderlich, wenn gerade *Arctostaphylos uva ursi* wieder verschwunden sein sollte, während seine damaligen Begleiter noch heute vorhanden sind. Die Möglichkeit, daß *Arctostaphylos uva ursi* von H o r n s c h u c h mit dem ähnlichen *Vaccinium vitis Idaea* verwechselt sei²⁾, kann man bei einem Flo-

1) Ascherson-Graebner 1898/99, Flora d. nordostd. Flachlandes, S. 737: „S. s. plötzlich in großer Anzahl auf frisch geschlagenen Stellen erscheinend, indem wahrscheinlich die Früchte viele Jahre vorher in die Erde gelangt waren, aber bald wieder verschwindend.“

2) A. B. Kölpin 1769 (l. c.): *Vaccinium vitis Idaea* ex errore pro *Uva ursi* Halam missa et sylva Hercyn. lithontriptiea planta inventa est.

A. v. Chamisso (l. c.): *Arctostaphylos uva ursi*. Dieser Strauch ist selten bei uns, er kommt auf Heiden und in Kieferwäldern auf

risten nicht gut annehmen, zumal ja auch *Vaccinium vitis idaea* besonders angegeben wird. Am ehesten möchte ich glauben, daß *Hornschuch* seinen Bericht für die Flora nicht nach Notizen zusammengestellt hat, sondern das Gebiet beschrieben hat, wie er es von seinen Exkursionen her in der Erinnerung hatte, und daß ihm dabei das Versehen untergelaufen ist.

Die Verdunstungsgröße einer Sphagnumfläche verglichen mit derjenigen einer offenen Wasserfläche.

Zur Nachprüfung der Angaben von *Oltmanns*¹⁾ und *Düggeli*²⁾ habe ich einige Versuche ausgeführt, über die ich hier kurz berichten will.

Von 4 gleich großen Kristallisierschalen wurden zwei, A und B, mit einem Sphagnumrasen beschickt, die beiden anderen, C und D, mit aqua destillata nicht ganz bis zum Rande gefüllt. Um die beiden Torfmoosrasen in möglichst natürlicher Lage zu erhalten, wurde die Schale über den Sphagnumteppich gestülpt und leicht heruntergedrückt, bis die ersten Torfmoosköpfchen den Boden der Schale berührten; durch einige Scherenschnitte wurde dann die Verbindung mit dem Rasen an den Seiten und unten gelöst. Das so erhaltene Stück kam dann in eine zweite Schale, sodaß die Köpfchen wieder nach oben standen. Der Sphagnumrasen schnitt also ungefähr mit

sandigem Boden vor. *Vaccinium vitis idaea* hat einige Aehnlichkeit mit A. u. u. L. und wird oft an dessen Statt für die Apotheken gesammelt.

1) *Oltmanns, Fr.:* Ueber die Wasserbewegung in der Moospflanze und ihren Einfluß auf die Wasserverteilung im Boden. Diss. Straßburg 1884. Breslau.

2) *Düggeli, Max:* Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Jg. 48 (1903) Heft 1 u. 2.

dem Schalenrand ab. Der Boden der Schalen A und B war stets mit einer dünnen Wasserschicht bedeckt. Ich füllte während der Versuchsdauer in A zweimal 200 (200,2 und 200,3) und einmal 149,8 g, in B dreimal je 200 g (201,0; 200,1; 200,0) destilliertes Wasser gleicher Temperatur nach. (Die originelle Versuchsanordnung O l t m a n n s vermeidet diesen Nachteil.) Der Flächeninhalt der Schalen betrug 1065 cm². Der Unterschied zwischen der größten und der kleinsten machte nur 0,5% aus. Die auf Holzleisten ruhenden Schalen standen auf einem Tisch im Freien unter einem Vorbau, sodaß kein Regen auf sie fallen konnte. Ihr Abstand von einander betrug 11 cm. Eine ungleiche Erwärmung durch das auf die Seitenwände fallende Sonnenlicht war durch Zylinder aus weißem Karton verhindert; die Kartonzylinder hatten 1 cm Abstand von der Schalenwand. Schale A enthielt *Sphagnum recurvum* Pal. de Beauv. var. *pulchellum*, Schale B *Sphagnum recurvum* Pal. de Beauv. var. *robustum*. Aus dem Vergleich der bei verschiedenen Stellungen der Schalen gewonnenen Werte (Tab. 1a und b) geht deutlich hervor, daß die verdunstenden Flächen sich gegenseitig beeinflussen haben, wenn auch nicht so, daß dadurch das ganze Ergebnis in Frage gestellt wird. Aus den Versuchen ergibt sich, daß — wie zu erwarten — die Verdunstung stark von der Wuchsform des *Sphagnum*rasens abhängig ist. Ferner zeigte sich — ebenso wie bei D ü g g e l i —, daß ein hinreichend feuchter Rasen stets mehr Wasser durch Verdunstung verliert, als eine gleich große offene Wasserfläche. Daß hierbei nicht unwesentlich mitspricht, ob die *Sphagnum*stämmchen nur feucht sind, oder direkt im Wasser stehen, ist ohne weiteres verständlich und bereits durch die Versuche von D ü g g e l i erwiesen. Alles Nähere ergibt sich aus den folgenden Tabellen:

Tab. 1. Die Verdunstungsgröße einer *Sphagnum*fläche verglichen mit derjenigen einer offenen Wasserfläche. (Die Wägungen wurden — wie aus dem Datum zu ersehen — gewöhnlich alle 24 Stunden vorgenommen.)

Tab. 1 a. Gewichtsverlust in g.

Datum	Schalen mit Sphagnumrasen		mit Wasser gefüllte Schalen			Abweichung v. Mittel
	A	B	C	D	$\frac{1}{2}(C + D)$	
29. 8.	31,1	39,4	23,8	23,3	23,6	$\pm 1\%$
30.	136,8	164,9	76,4	75,1	75,8	1%
31.	61,9	74,3	45,6	43,6	44,6	2%
1. 9.	28,3	37,0	19,6	19,1	19,4	1%
2.	47,6	63,0	33,5	33,0	33,3	1%
3.	39,6	46,3	31,8	30,5	31,2	2%
4.	54,4	69,7	41,6	38,9	40,3	3%
5.	40,7	51,2	31,3	28,4	29,9	5%

Die Reihenfolge der Schalen wird geändert; es ergeben sich dann folgende Werte:

Tab. 1 b. Gewichtsverlust in g.

Datum	Schalen mit Sphagnumrasen		mit Wasser gefüllte Schalen			Abweichung v. Mittel
	A	B	C	D	$\frac{1}{2}(C + D)$	
6. 9.	19,5	21,6	14,2	14,3	14,3	$\pm 1\%$
7.	34,5	39,0	19,0	20,0	19,5	3%
8.—11.	193,5	245,5	136,2	145,3	140,8	3%

Versuchsreihe a: Reihenfolge der Schalen A, D, B, C.

Versuchsreihe b: Reihenfolge der Schalen B, C, A, D.

Tabelle 2a. Verdunstung der Sphagnumfläche bezogen auf die gleich 1 gesetzte Verdunstung der gleich großen Wasserfläche.

$[\frac{1}{2}(C + D)]$, nach Tab. 1 a.]

Datum	A	B
29. 8.	1,32	1,67
30.	1,72	2,18
31.	1,39	1,67
1. 9.	1,46	1,91
2.	1,43	1,91
3.	1,27	1,48
4.	1,35	1,73
5.	1,36	1,71.

Tab. 2b. Verdunstung der Sphagnumfläche bezogen auf die gleich 1 gesetzte Verdunstung der gleich großen Wasserfläche.

[$\frac{1}{2}$ (C + D); nach Tab. 1 b.]

Datum	A	B
6. 9.	1,36	1,51
7.	1,77	2,00
8.—11.	1,37	1,74

Schlußbetrachtung.

Über den Wert von Naturschutzgebieten in ästhetischer, wissenschaftlicher und unterrichtlicher Beziehung ist schon soviel von berufener Seite geschrieben worden, daß sich jedes weitere Wort erübrigt. Daß ein solches Gebiet gerade in der unmittelbaren Nähe einer Universitätsstadt zu einem Demonstrations- und Forschungsobjekt ersten Ranges werden kann, braucht ebenfalls nur angedeutet zu werden. Obgleich das Greifswalder Reservat nur klein ist und weder ein Stück urwüchsiger Natur im eigentlichen Sinne des Wortes darstellt, noch durch zahlreiches Vorkommen seltener Arten ausgezeichnet ist, gewinnt es trotzdem für Forschung und Lehre eine nicht geringe Bedeutung, da hier auf kleinstem Raume sehr verschiedenartige Pflanzengesellschaften zur Entwicklung gekommen sind, die in steter Wechselwirkung untereinander stehen und bei künftiger Ausschaltung menschlicher Eingriffe einem gewissen Ausgleich entgegengehen werden. Dabei zeigt sich in dem augenblicklichen Zustande nicht nur nach den verschiedensten Richtungen hin die tiefgreifende und nachhaltige Umgestaltung, welche die Pflanzendecke teils durch Wasserentzug, teils durch Schaffung offener Wasserflächen erfahren hat, sondern es treten auch bereits zahlreiche Erscheinungen hervor, die im natürlichen Wechsel der Vereine eine Rückkehr zu stabilen Schlußvereinen in die Wege leiten. Gerade der Kampf der Pflanzenvereine untereinander ist es, der unserem Gebiet das eigenartige Gepräge gibt.

Aus dem gegenwärtigen Zustande des Kieshofer Moores kann man schon jetzt — ohne erst das Ergebnis der vergleichend klimatologischen Untersuchung heranzuziehen —

schließen, daß es als Hochmoorgebiet fortbestehen wird. Die in den Stichen neu entstandenen Sphagnumherde werden sich mehr und mehr vergrößern und schließlich mit den Vereinen der alten Hochmoorfläche zu einer im großen und ganzen physiognomisch einheitlichen Decke verschmelzen. So halte ich den als Ol näher beschriebenen Komplex für einen solchen, in dem sich bereits ein metastabiles Gleichgewicht zwischen Standort und Pflanzenverein herausgebildet hat. Daß aber trotzdem für Sphagnum keineswegs günstige klimatische Verhältnisse vorliegen, beweist deutlich der hartnäckige und erfolgreiche Widerstand, den das längs des Quergrabens unter dem Einfluß des sinkenden Grundwasserspiegels entstandene Molinietum bis heute dem erneuten Vordringen des Sphagnums entgegenzusetzen vermag.

1920 sind in Jagen 153 auf größeren Flächen die älteren Hölzer zum Einschlag gekommen. Die dadurch möglicherweise hervorgerufene Beeinflussung der Hochmoorfläche braucht naturgemäß heute noch nicht zur vollen Auswirkung gekommen zu sein. Ich will daher hier die Frage erörtern, ob durch den Kahlschlag eine nennenswerte Schädigung des Pflanzenbestandes noch in der Zukunft zu erwarten ist. Die Wirkung des Waldes auf die Bodenflora zeigt sich — wenigstens soweit es sich um Hochmoorassoziationen handelt — am stärksten in der Beeinflussung der Verdunstung, die ja nicht nur von der Luftfeuchtigkeit, sondern auch von der Windstärke und der Temperatur, die wiederum mit der Belichtung in Zusammenhang steht, abhängt. Beobachtungen an forstlich-meteorologischen Stationen haben ergeben, daß die Verdunstung einer freien Wasserfläche, die der Transpiration einer Vegetationsdecke annähernd parallel verläuft, im Föhrenwalde im Mittel um 47% (Maximum 57%, Minimum 40%) geringer ist, als die einer gleich großen Wasserfläche im Freien; dabei besteht kein erheblicher Unterschied zwischen Laub- und Nadelhölzern (4, S. 188, Bd. 1). Dieser günstigen Wirkung der Walddecke steht aber auch eine ungünstige gegenüber: ein Teil des Regens gelangt nicht bis zum Erdboden, sondern wird von den Zweigen und dem Laubwerk der Baumkronen festgehalten und hier infolge seiner feinen Verteilung

schnell wieder zum Verdunsten gebracht. Nach vielen und langjährigen Beobachtungen halten die Baumkronen von Föhren etwa 175 mm des jährlichen Niederschlages zurück (4, Bd. 1 S. 178). Das würde in unserem Falle also rund 34% der jährlichen Niederschlagsmenge ausmachen. Wägt man die beiden genannten Wirkungen des Baumbestandes gegeneinander ab, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Gunstwirkung — immer nur in Hinsicht auf die Wasserbilanz des Unterwuchses — im Übergewicht ist. Ja, ich vermute, daß mit zunehmender Lockerheit des Bestandes sogar noch eine Steigerung der Gunstwirkung erreicht wird. So ist es unter diesen Umständen ganz verständlich, daß Sphagnum im Schutze des Waldes noch in Gegenden gedeiht — auch *Calluna* zeigt ein entsprechendes Verhalten —, in denen es im Freien nicht mehr fortzukommen vermag. Hiermit im Einklang steht, daß 1923 die Sphagnumherde in der bewaldeten südlichen Schutzzone das ganze Jahr hindurch feucht blieben, wohingegen kleinere, infolge des Kahlschlages den Sonnenstrahlen ausgesetzte Polster mehrmals an ihrer Oberfläche völlig trocken waren. Anders liegen die Verhältnisse allerdings dort, wo es sich um große zusammenhängende Sphagnumflächen (untermischt mit *Aulacomium palustre*) wie in Ol handelt. Trotz des freien Zutritts von Licht und Luft kann sich in solchen hinreichend großen Moordecken doch das ganze Jahr hindurch genügende Feuchtigkeit halten. Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß die Wirkung eines Kahlschlages nicht nur von der Dichte des Baumbestandes und den örtlichen klimatischen Verhältnissen, sondern auch von dem jeweiligen Entwicklungszustande der betreffenden Hochmoorassoziation abhängig ist. Berücksichtigen wir alle die hier erwähnten, zum Teil untereinander im Widerstreit stehenden Faktoren, so glaube ich, daß sowohl im Hinblick auf unser Klima als auch auf die Zusammensetzung des von der Wirkung des Kahlschlages betroffenen Bodenwuchses die durch die Beseitigung des Baumbestandes eingeleitete Schädigung weder eine sehr tiefgreifende, noch eine nachhaltige sein wird. Voraussetzung für diese Annahme ist allerdings, daß die nächstfolgenden Jahre keine extrem geringen oder

extrem ungünstig verteilten Niederschläge bringen; denn es liegt auf der Hand, daß derartige Extreme eine schon vorhandene, an sich sehr geringfügige Schädigung schnell zu steigern und unter Umständen sogar zu einer die Existenz bedrohenden Gefahr anschwellen zu lassen vermögen.

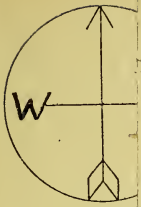
Von einem anderen Gesichtspunkte aus kann man aber sogar geneigt sein, in der Abholzung einen Gewinn für das Moor zu erblicken. Dadurch nämlich, daß die Bäume aus dem Moor entfernt wurden, sind die aus dem Torf freigewordenen Mengen von Mineralstoffen, die zur Ernährung der z. T. schon recht stattlichen Stämme gedient hatten, endgültig dem Moorboden entzogen worden. Je größer aber die Nährstoffarmut des Hochmoores ist, um so geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß sich künftig andere als typische Hochmoorpflanzen auf seiner Oberfläche werden ansiedeln können. Alles in allem: es besteht die Aussicht, daß das Naturschutzgebiet auch in Zukunft ein nicht nur landschaftlich eigenartiges, sondern auch ökologisch-pflanzengeographisch sehr interessantes Gebiet bleiben wird. Denn wenn auch die augenblicklich noch bestehende, künstlich erzeugte Zerstückelung der Pflanzendecke einem mehr ausgeglichenen Zustande weichen wird, so ist auch dann noch — wenigstens in der nächsten Zeit — an bestimmten Stellen ein durch mannigfache Übergänge verbundenes Nebeneinander von Hoch- und Flachmoorassoziationen zu erwarten.

Angeführte Literatur.

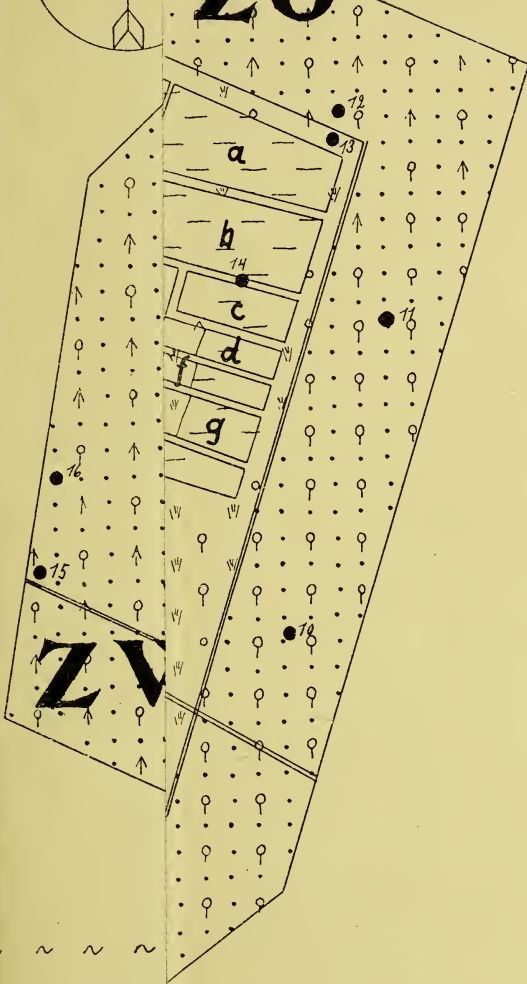
1. 1909 Bersch, Wilh.: Handbuch der Moorkultur.
2. 1913 Brockmann-Jerosch, H.: Der Einfluß des Klimacharakters auf die Verbreitung der Pflanzen und Pflanzengesellschaften. Bot. Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, 49. Bd. Beiblatt 109.
3. 1890 Brueckner, Ed.: Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. Geograph. Abhandl., hrsg. v. A. Penck, Bd. 4 Heft 2.
4. 1918 Bühler, Ant.: Der Waldbau nach wissenschaftlicher Forschung und praktischer Erfahrung.
5. 1920 Bülow, Kurd v.: Greifswalds Moore und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Mitteil. aus dem Naturwissenschaftl. Verein für Neuvorpommern und Rügen in Greifswald 47. Jg. 2. Teil.
6. 1922 Bülow, Kurd v.: Das Kieshofer Moor bei Greifswald. Mitt. aus dem Naturw. Verein f. Neuvorpommern und Rügen in Greifswald, 48. und 49. Jg. 1920 und 21.
7. 1918 Diels, Ludw.: Pflanzengeographie.
8. 1913 Dreyer, Joh. Die Moore Pommerns, ihre geographische Bedingtheit und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Dissertat. Greifswald.
9. 1908 Feilixen, Hjalmar v.: Die Entwicklung der Moorkultur in Schweden. Die Entwicklung der Moorkultur in den letzten 25 Jahren. Festschrift zur Feier des 25jährigen Bestehens des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reich.
10. 1904 Früh, J. und Schröter, H.: Die Moore der Schweiz mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie, 3. Lieferung.
11. 1904 Graebner, P.: Die Heide Norddeutschlands und die sich anschließenden Formationen in biologischer Betrachtung.
12. 1904 Graebner, P.: Handbuch der Heidekultur.
13. 1911 Hahndorf: Das Klima von Greifswald. 12. Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft zu Greifswald.
14. 1911 Mann, Jul.: Handbuch der Klimatologie. 3. Aufl. Bd. 1, 1908; Bd. 2, 1910, Bd. 3, 1911.

15. 1915 Hann, Jul. v.: Lehrbuch der Meteorologie. 3. Aufl.
16. 1921 Hellmann, G.: Klimaatlas von Deutschland.
17. 1837 Hornschuch, G.: Ueber die Eigentümlichkeiten der Flora der Torfmoore in der Umgegend von Greifswald. Flora oder allgem. bot. Ztg. 20. Jahrg. 2. Bd. Nr. 47.
18. 1921 Leick, Erich: Das Greifswalder Naturschutzgebiet. Greifswald-Heft der Monatsschrift „Unser Pommernland“. Heft 10, 6. Jahrg.
19. 1907 Paul, H.: Die Schwarzerlenbestände des südlichen Chiemseemoores. Mitt. der Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt, Heft 1.
20. 1909 Potonié, H.: Die Bildung der Moore. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin.
21. 1912 Potonié: Die rezente Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten. Bd. 1 1908; Bd. 2 1911; Bd. 3 1912. Abhandl. der Kgl. Preussischen Geologischen Landesanstalt. N. F. 55.
22. 1911 Ramann, E.: Bodenkunde. 3. Aufl.
23. 1911 Ramann, E.: Beziehungen zwischen Klima und dem Aufbau der Moore. Zeitschr. d. Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 62, Heft 2, 1910.
24. 1918 Ramann, E.: Bodenbildung und Bodeneinteilung.
25. 1920 Schlaffner, H.: Die geographischen Bedingungen der Moorbildung in Deutschland. Neue Münchener geographische Studien, 1. Heft.
26. 1923 Stocker, O.: Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. Zeitschr. für Botanik, 15. Jg.
27. 1923 Stocker, O.: Klimamessungen auf kleinstem Raum an Wiesen-, Wald- und Heidepflanzen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. 41, Heft 4.
28. 1908 Tacke, Br.: Die Anlage und Pflege von Wiesen und Weiden auf Hochmoor. — Die Entwicklung der Moorkultur in den letzten 25 Jahren. Festschrift zur Feier des 25-jährigen Bestehens des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reich.
29. 1907 Vageler, P.: Ueber Bodentemperaturen im Hochmoor und über die Bodenluft in verschiedenen Moorformen. Mitteilungen d. Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt, Heft 1.
30. 1915 Voss, M.: Beiträge zu einer Algenflora der Umgegend von Greifswald. Dissertation Greifswald.
31. 1915 Wangerin, W.: Vorläufige Beiträge zur kartographischen Darstellung der Vegetationsformationen im nordostdeutschen Flachland unter besonderer Berücksichtigung der Moore. Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft, Bd. 33.

32. 1915 Wangerin, W.: Beiträge zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse einiger Moore der Provinz Westpreußen und des Kreises Lauenburg in Pommern. 38. Bericht des Westpreußischen Botanisch-Zoologischen Vereins.
 33. 1916 Wangerin, W.: Die Pflanzenwelt der Moore Ost- und Westpreußens. Beiträge zur Naturdenkmalpflege, Bd. 5.
 34. 1918 Wangerin, W.: Beiträge zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse der Moore Westpreußens. 2. 40. Bericht des Westpreußischen Botanisch-Zoologischen Vereins.
 35. 1918 Warming, Eug. und Graebner, P.: Eug. Warmings Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3. Aufl.
 36. 1900 Weber, C. A.: Ueber die Moore mit besonderer Berücksichtigung der zwischen Unterweser und Unterelbe liegenden. — Jahresbericht der Männer vom Morgenstern. Heimatbund an Elb- und Wesermündung, Heft 3.
 37. 1902 Weber, C. A.: Ueber die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta mit vergleichenden Ausblicken auf andere Hochmoore der Erde.
 38. 1908 Weber, C. A.: Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands. — Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. 40. Bd. Beiblatt Nr. 90.
 39. 1916 Weber, C. A.: Aeußerungen auf der 7. Konferenz für Naturdenkmalpflege. — Beiträge zur Naturdenkmalpflege, 5. Bd. S. 259. — Bericht über die 7. Konferenz für Naturdenkmalpflege in Preußen. Berlin 3. und 4. 12. 1915.
-



ZO

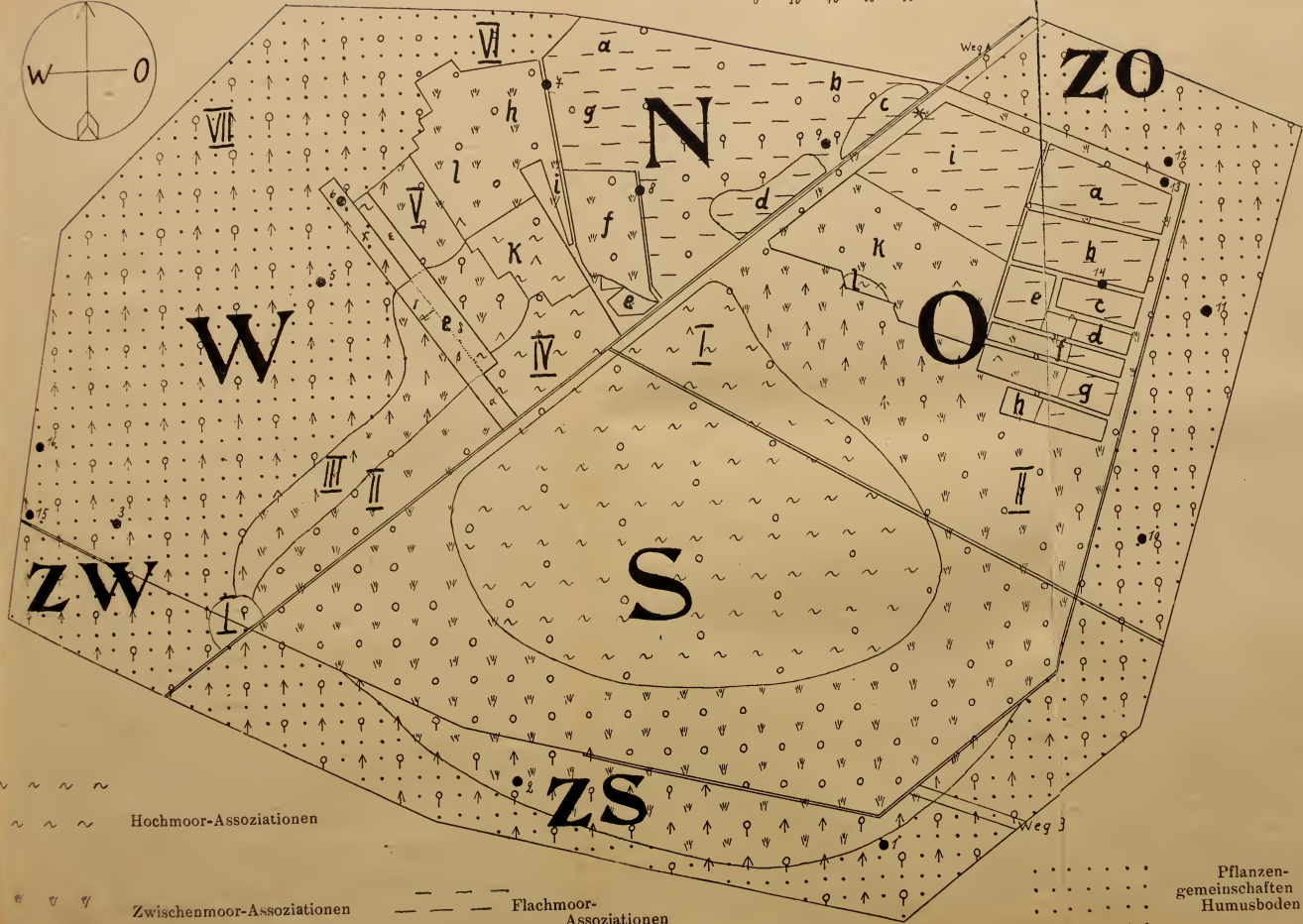
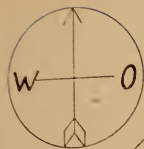
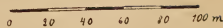


ZV

B

Pflanzen-
gemeinschaften auf
Humusboden

Das Naturschutzgebiet Kieshof im Jahre 1923.

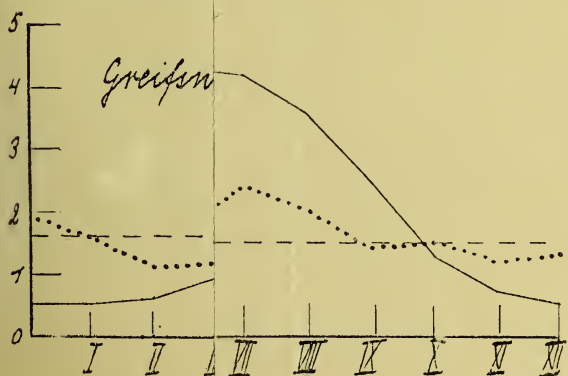
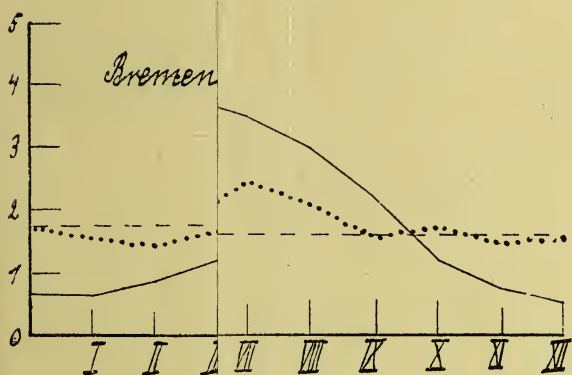
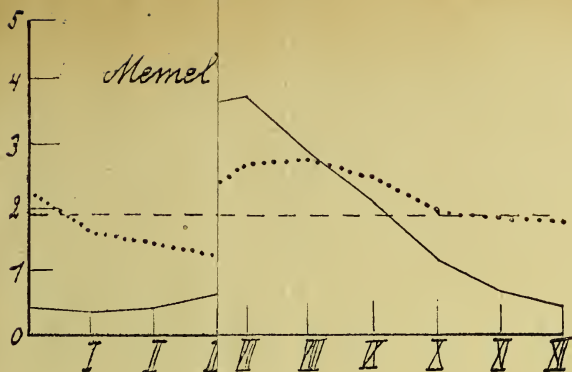


~ ~ ~ Hochmoor-Assoziationen

⊕ ⊖ ⊗ Zwischenmoor-Assoziationen

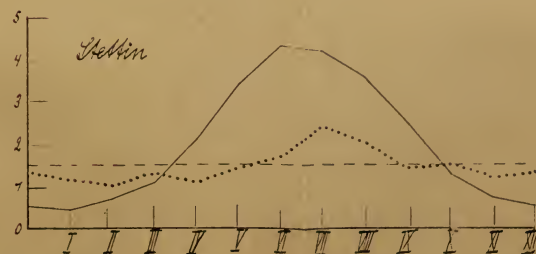
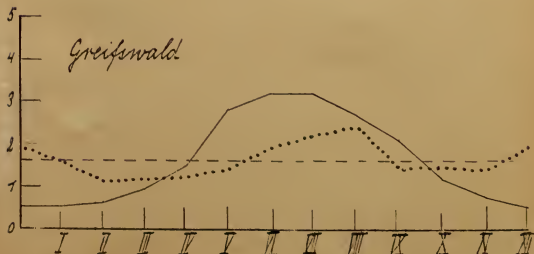
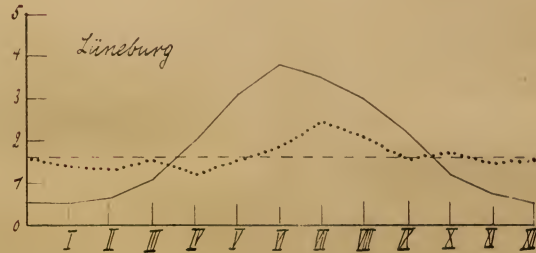
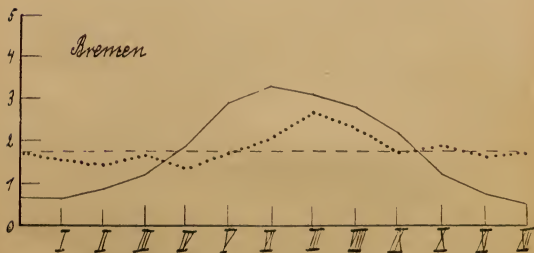
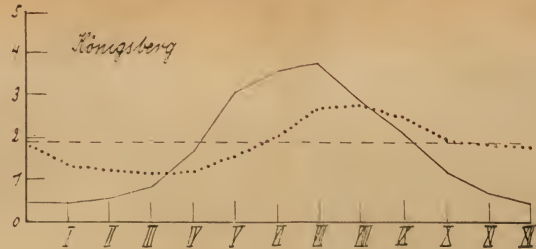
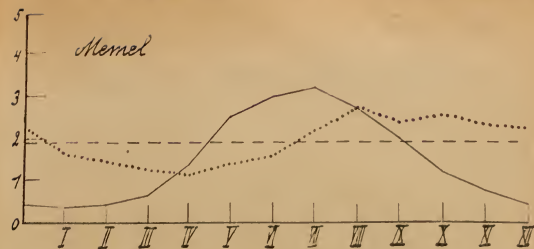
— — — Flachmoor-Assoziationen

••••• Pflanzen-gemeinschaften auf Humusboden



Die ausgezogenen Monatsmittel des Sättigungsdefizites in Prozent fällt, wenn man sich den

Jährliche Periode der Niederschlagsmenge und des Sättigungsdefizits (nach Tab. 7 u. 8)



Die ausgezogene Kurve gibt die mittlere Niederschlagsmenge in mm pro Monatstag an, die punktierte Kurve die Monatsmittel des Sättigungsdefizits in dem betreffenden Monat, die gestrichelte Gerade die Regenmenge in mm an, die auf jeden Jahrestag entfällt, wenn man sich den jährlichen Niederschlag gleichmäßig auf alle Tage im Jahr verteilt denkt.



Bild 1. (zur Verfügung gestellt von Herrn Prof. Leick) Blick auf den Sektor O. Die Wollgrasbulten im Vordergrund liegen schon auf der anderen Seite des Hauptgrabens. 1921.



Bild 2.

Ein alter Torfstich (Ol) mit geschlossener Sphagnumdecke, die im Vordergrund das Schilf bereits völlig verdrängt hat. 1923.



Bild 3. Südende des Torfstiches Nd
mit *Typha latifolia* und *Carex pseudocyperus*;
auf dem Wasser schwimmend *Potamogeton natans*. 1923.

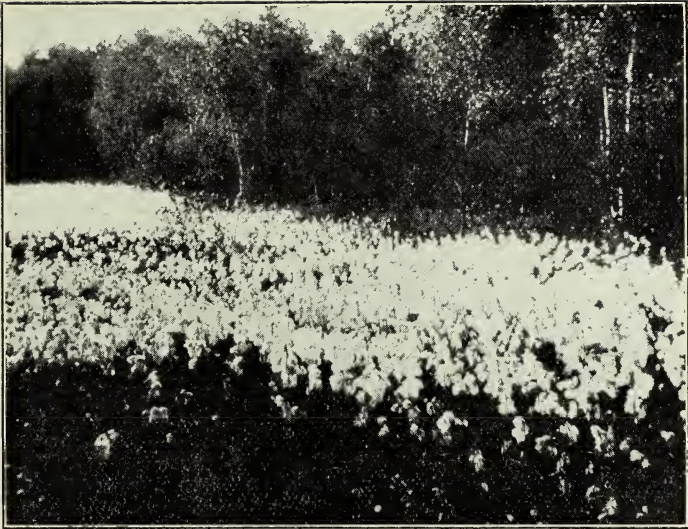


Bild 4.

Eriophorum polystachyon in dem Stich We (vorn δ , hinten ϵ);
der Baumbestand zur rechten gehört W 4 und W 5 an. 1923.

Meteorologische Jahresübersichten

über die Jahre 1915 bis 1924.

In den früheren Mitteilungen aus dem Naturwissenschaftlichen Verein sind bis 1914 incl. stets ungekürzt Ablesungen der meteorologischen Station Greifswald abgedruckt. Dies für das ganze zurückliegende Jahrzehnt nachzuholen, war des verfügbaren Raumes und der Kosten wegen nicht möglich. Wohl aber sollen hier die meteorologischen Jahresübersichten dieser Jahre gegeben werden. Daß dies möglich war, verdanken wir dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Herrn Abteilungsvorstehers am preußischen meteorologischen Institut in Berlin, Herrn Prof. Dr. Lüdeling, der die Zusammenstellung der für die Übersicht erforderlichen Daten unentgeltlich anfertigen ließ.

F. Krüger.

Jahresübersicht 1915.

Luftdruck :	Jahresmittel		759,0 mm			
	Größter beob. Wert	am 21. November	784,3 "			
	Kleinster beob. Wert	am 16. Januar	733,7 "			
Lufttemperatur :			7,2° C			
	Höchste Lufttemperatur	am 10. Juni	33,6 "			
	Niedrigste	am 22. Dezember	-20,4 "			
	Größtes Tagesmittel	am 10. Juni	25,0 "			
	Kleinstes	am 22. Dezember	-13,0 "			
	Zahl der Eistage		19			
	" " Frosttage	80				
	" " Sommertage	11				
Feuchtigkeit :	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		6,6 gr/m ³			
	" " " relativen		80,6 %			
	Kleinster Wert der relativen Feuchtigkeit	am 10. Juni	21,0 %			
Bewölkung :	Jahresmittel		6,8			
	Zahl der heiteren Tage		29			
	" " trüben "		148			
Niederschläge :	Jahressumme		517,0 mm			
	Größte Höhe eines Tages	am 26. Juli	42,6 "			
	Zahl der Tage mit mindestens 0,1 mm N		181			
	" " " " mehr als 1,0 " "		114			
	" " " " " " 10,0 " "		10			
	" " " " Schnee		45			
	" " " " Schneedecke		38			
	" " " " Hagel		6			
	" " " " Graupel		9			
	" " " " Nebel		27			
" " " " Gewitter		15				
Winde :	N	66,0	SE . . .	121,0	W	208,5
	NE . . .	116,0	S	98,5	NW . . .	139,0
	E	136,5	SW . . .	199,5	C	10,0

Jahresübersicht 1916.

Luftdruck :	Jahresmittel		758,6 mm
	Größter beob. Wert	am 31. Januar	780,2 "
	Kleinster beob. Wert	am 16. Februar	732,4 "
Lufttemperatur :	Jahresmittel		7,5° C
	Höchste Lufttemperatur	am 5. Mai	28,4° "
	Niedrigste	am 1. Februar	-6,0 "

	Größtes Tagesmittel	am 5. Mai	22,4	„		
	Kleinstes	„	-4,2	„		
	Zahl der Eistage	am 31. Januar	12	„		
	„ „ Frosttage		51			
	„ „ Sommertage		3			
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		7,2	gr/m ³		
	„ „ relativen		83,2	%		
	Kleinster Wert der relativen Feuchtigkeit	am 27. April und 20. Mai	34,0	%		
Bewölkung:	Jahresmittel		7,4			
	Zahl der heiteren Tage		19			
	„ „ trüben	„	171			
Niederschläge:	Jahressumme		708,0	mm		
	Größte Höhe eines Tages	am 10. Juli	25,3	„		
	Zahl der Tage mit mindestens 1,0 mm N		144			
	„ „ „ „ mehr als 0,2 „ „		178			
	„ „ „ „ mindestens 0,1 „ „		207			
	„ „ „ „ Schnee		19			
	„ „ „ „ Schneedecke		9			
	„ „ „ „ Hagel		6			
	„ „ „ „ Graupel		5			
	„ „ „ „ Nebel		16			
	„ „ „ „ Gewitter		15			
Winde:	N	47,7	SE	137,5	W	176,0
	NE	93,5	S	92,0	NW	138,0
	E	79,1	SW	286,0	C	6,0

Jahresübersicht 1917.

Luftdruck:	Jahresmittel		760,6	mm
	Größter beob. Wert	am 20. Januar	780,2	„
	Kleinster beob. Wert	am 25. November	731,0	„
Lufttemperatur:	Jahresmittel		7,7°	C
	Höchste Lufttemperatur	am 20. Juni	34,1°	„
	Niedrigste	„ am 5. Februar	-21,6°	„
	Größtes Tagesmittel	am 20. Juni	27,8	„
	Kleinstes	„ am 4. Februar	-16,3	„
	Zahl der Eistage		48	
	„ „ Frosttage		61	
	„ „ Sommertage		26	
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		7,0	gr/m ³
	„ „ relativen		80,0	%
	Kleinster Wert der relativen Feuchtigkeit	am 23. Mai	22,0	%
Bewölkung:	Jahresmittel		6,4	
	Zahl der heiteren Tage		35	
	„ „ trüben	„	128	
Niederschläge:	Jahressumme		515,0	mm
	Größte Höhe eines Tages	am 30. Oktober	18,6	„

	Zahl der Tage mit mindestens 1,0 mm N	108	
	„ „ „ „ mehr als 0,2 „ „	147	
	„ „ „ „ mindestens 0,1 „ „	174	
	„ „ „ „ Schnee	40	
	„ „ „ „ Schneedecke	49	
	„ „ „ „ Hagel	5	
	„ „ „ „ Graupel	1	
	„ „ „ „ Nebel	12	
	„ „ „ „ Gewitter	17	
Winde:	N..... 50,5	SE.... 85,0	W... 215,0
	NE.... 99,0	S.... 96,0	NW... 139,0
	E.... 145,5	SW... 245,0	C..... 15

Jahresübersicht 1918.

Luftdruck:	Jahresmittel	761,2 mm	
	Größter beob. Wert am 15. Februar	779,5 „	
	Kleinster beob. Wert am 19. Dezember	732,9 „	
Lufttemperatur:	Jahresmittel	8,3° C	
	Höchste Lufttemperatur am 22. Mai	28,4 „	
	Niedrigste „ am 9. Januar	-9,6 „	
	Größtes Tagesmittel am 22. August	23,2 „	
	Kleinste „ am 9. Januar	-7,3 „	
	Zahl der Eistage	13	
	„ „ Frosttage	68	
	„ „ Sommertage	11	
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit	7,2 gr/m ³	
	„ „ relativen „	83 %	
	Kleinster Wert der relativen „ am 6. Juni	31 %	
Bewölkung:	Jahresmittel	6,8	
	Zahl der heiteren Tage	30	
	„ „ trüben „	149	
Niederschläge:	Jahressumme	628 mm	
	Größte Höhe eines Tages am 18. Juni	25 „	
	Zahl der Tage mit mindestens 1,0 mm N	128	
	„ „ „ „ mehr als 0,2 „ „	164	
	„ „ „ „ mindestens 0,1 „ „	184	
	„ „ „ „ Schnee	34	
	„ „ „ „ Schneedecke	16	
	„ „ „ „ Hagel	7	
	„ „ „ „ Graupel	3	
	„ „ „ „ Nebel	40	
	„ „ „ „ Gewitter	11	
Winde:	N..... 53,0	SE.... 122,5	W.... 205,5
	NE... 101,5	S.... 106,5	NW... 106,5
	E..... 132,5	SW... 228,0	C..... 39,0

Jahresübersicht 1919.

Luftdruck:	Jahresmittel		759,9 mm			
	Größter beob. Wert	am 8. Februar	778,9 "			
	Kleinster beob. Wert	am 21. Dezember	737,1 "			
Lufttemperatur:	Jahresmittel		7,3 ⁰ C			
	Höchste Lufttemperatur	am 12. September	30,3 "			
	Niedrigste	am 8. Febr. u. 29. Dez.	-14,3 "			
	Größtes Tagesmittel	am 21. Juni	21,7 "			
	Kleinstes	am 28. Dezember	-8,3 "			
	Zahl der Eistage		20			
	" " Frosttage		86			
" " Sommertage		14				
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		6,5 gr/m ³			
	" " relativen		81 ⁰ / ₀			
	Kleinster Wert der relativen Feuchtigkeit	am 21. Juni	12 ⁰ / ₀			
Bewölkung:	Jahresmittel		6,3			
	Zahl der heiteren Tage		55			
	" " trüben "		142			
Niederschläge:	Jahressumme		630 mm			
	Größte Höhe eines Tages	am 10. Juli	38,7 "			
	Zahl der Tage mit mindestens 1,0 mm N		121			
	" " " " " " " " " " " "	mehr als 0,2 " "	148			
	" " " " " " " " " " " "	mindestens 0,1 " "	150			
	" " " " " " " " " " " "	Schnee	21			
	" " " " " " " " " " " "	Schneedecke	44			
	" " " " " " " " " " " "	Hagel	3			
	" " " " " " " " " " " "	Graupel	3			
	" " " " " " " " " " " "	Nebel	19			
" " " " " " " " " " " "	Gewitter	4				
Winde:	N ...	34,0	SE ...	96,0	W ...	262,0
	NE .	80,0	S ...	102,0	NW ..	164,0
	E ...	147,0	SW ..	166,0	C	43,0

Jahresübersicht 1920.

Luftdruck	Jahresmittel		763,3 mm
	Größter beob. Wert	am 6. Februar	782,8 "
	Kleinster beob. Wert	am 12. Januar	731,8 "
Lufttemperatur:	Jahresmittel		8,6 ⁰ C
	Höchste Lufttemperatur	am 4. Juli	29,5 "
	Niedrigste	am 11. Dezember	-8,8 "
	Größtes Tagesmittel	am 1. Juli	22,2 "
	Kleinstes	am 15. Dezember	-6,1 "
	Zahl der Eistage		14
	" " Frosttage		67
" " Sommertage		13	
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		7,0 gr m ³
	" " relativen		76 ⁰ / ₀
	Kleinster Wert der " " " "	am 4. Mai	22 ⁰ / ₀

Bewölkung:	Jahresmittel		6,1
	Zahl der heiteren Tage		55
	„ „ trüben		127
Niederschläge:	Jahressumme		633,6 mm
	Größte Höhe eines Tages am 20. April		28,8 „
	Zahl der Tage mit mindestens 1,0 mm N		118
	„ „ „ „ mehr als 0,2 „ „		139
	„ „ „ „ mindestens 0,1 „ „		152
	„ „ „ „ Schnee		18
	„ „ „ „ Schneedecke		19
	„ „ „ „ Hagel		2
	„ „ „ „ Graupel		—
	„ „ „ „ Nebel		21
	„ „ „ „ Gewitter		8
Winde:	N 25	SE 147	W 256
	NE 45	S 121	NW 106
	E 186	SW 188	C 24

Jahresübersicht 1921.

Luftdruck:	Jahresmittel		758,4 mm
	Größter beob. Wert	am 12. November	778,7 „
	Kleinster beob. Wert	am 18. Januar	733,0 „
Lufttemperatur:	Jahresmittel		8,8° C
	Höchste Lufttemperatur	am 2. August	32,9° „
	Niedrigste	am 14. Dezember	-11,6° „
	Größtes Tagesmittel	am 2. August	25,2° „
	Kleinstes	am 14. Dezember	-8,2° „
	Zahl der Eistage		14
	„ „ Frosttage		51
	„ „ Sommertage		20
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		7,1 gr/m ³
	„ „ relativen		79 %
	Kleinster Wert der relativen Feuchtigkeit	am 26. Mai	25 %
Bewölkung:	Jahresmittel		5,2
	Zahl der heiteren Tage		82
	„ „ trüben		95
Niederschläge:	Jahressumme		547,2 mm
	Größte Höhe eines Tages am 30. Dezember		94,8 „
	Zahl der Tage mit mindesten 1,0 mm N		101
	„ „ „ „ mehr als 0,2 „ „		119
	„ „ „ „ mindesten 0,1 „ „		127
	„ „ „ „ Schnee		12
	„ „ „ „ Schneedecke		7
	„ „ „ „ Hagel		1
	„ „ „ „ Graupel		2
	„ „ „ „ Nebel		13
	„ „ „ „ Gewitter		7
Winde:	N 45,5	SE 93,0	W 315,0
	NE 63,5	S 87,0	NW 116,0
	E 152,0	SW 186,0	C 45,0

Jahresübersicht 1922.

Luftdruck:	Jahresmittel		759,3 mm			
	Größter beob. Wert	am 10. Februar	781,7 „			
	Kleinster beob. Wert	am 2. Januar	736,2 „			
Lufttemperatur:	Jahresmittel		7,0° C			
	Höchste Lufttemperatur	am 23. Mai	32,6 „			
	Niedrigste	am 27. Januar	-16,4 „			
	Größtes Tagesmittel	am 24. Mai	24,2 „			
	Kleinstes	am 24. Januar	-12,3 „			
	Zahl der Eistage		25			
„ „ Frosttage		38				
„ „ Sommertage		13				
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		6,6 gr/m ³			
	„ „ „ relativen		81 %			
	Kleinster Wert der relativen Feuchtigkeit	am 23. Mai	27 %			
Bewölkung:	Jahresmittel		6,2			
	Zahl der heiteren Tage		42			
	„ „ trüben		126			
Niederschläge:	Jahressumme		718 mm			
	Größte Höhe eines Tages	18. Juli	69			
	Zahl der Tage mit mindestens	1,0 mm N	127			
	„ „ „ „	mehr als 0,2 „ „	170			
	„ „ „ „	mindesten 0,1 „ „	197			
	„ „ „ „	Schnee	33			
	„ „ „ „	Schneedecke	60			
	„ „ „ „	Hagel	1			
	„ „ „ „	Graupel	6			
	„ „ „ „	Nebel	18			
„ „ „ „	Gewitter	7				
Winde:	N . . .	61	SE . . .	76	W . .	301
	NE . . .	58	S . . .	116	NW . .	95
	E . . .	126	SW . . .	194	C . .	78

Jahresübersicht 1923.

Luftdruck:	Jahresmittel		758,7 mm
	Größter beob. Wert	am 11. Dezember	775,2 „
	Kleinster beob. Wert	am 24. Oktober	738,7 „
Lufttemperatur:	Jahresmittel		7,4° C
	Höchste Lufttemperatur	am 13. Juli	32,4 „
	Niedrigste	am 24. Dezember	-16,2 „
	Größtes Tagesmittel	am 13. Juli	26,1 „
	Kleinstes	am 23. Dezember	-13,5 „
	Zahl der Eistage		25
„ „ Frosttage		65	
„ „ Sommertage		9	
Feuchtigkeit:	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		7,1 gr/m ³
	„ „ „ relativen		84 %
	Kleinster Wert der „	am 3. Mai	35 %

Bewölkung:	Jahresmittel		6,5
	Zahl der heiteren Tage		49
Niederschläge:	" " trüben "		148
	Jahressumme		577,0 mm
	Größte Höhe eines Tages am 16. August		27,4 "
	Zahl der Tage mit mindestens 1,0 mm N		106
	" " " " mehr als 0,2 " "		157
	" " " " mindestens 0,1 " "		204
	" " " " Schnee		33
	" " " " Schneedecke		29
	" " " " Hagel		—
	" " " " Graupel		4
	" " " " Nebel		36
Winde:	" " " " Gewitter		9
	N 38	SE 78	W 24
	NE 58	S 160	NW 11
	E 147	SW 234	C 8

Jahresübersicht 1924.

Luftdruck:	Jahresmittel		760,4 mm
	Größter beob. Wert	am 12. März	779,3 "
	Kleinster beob. Wert	am 5. Februar	733,4 "
Lufttemperatur:	Jahresmittel		7,3° C
	Höchste Lufttemperatur	am 13. Juli	29,1 "
	Niedrigste	am 7. Januar	—15,1 "
	Größtes Tagesmittel	am 13. Juli	22,7 "
	Kleinstes	am 15. Januar	—9,2 "
	Zahl der Eistage		46
	" " Frosttage		86
Feuchtigkeit:	" " Sommertage		5
	Jahresmittel der absoluten Feuchtigkeit		7,1 gr/m
	" " " relativen		83 %
Bewölkung:	Kleinster Wert der	" " am 12. April	42 %
	Jahresmittel		6,0
Niederschläge:	Zahl der heiteren Tage		49
	" " trüben "		107
Niederschläge:	Jahressumme		535,0 mm
	Größte Höhe eines Tages am 26. August		24,5 "
	Zahl der Tage mit mindestens 1,0 mm N		101
	" " " " mehr als 0,2 " "		138
	" " " " mindestens 0,1 " "		156
	" " " " Schnee		18
	" " " " Schneedecke		37
	" " " " Hagel		1
	" " " " Graupel		1
	" " " " Nebel		23
	" " " " Gewitter		16
Winde:	N 39	SE 154	W 19
	NE 78	S 118	NW 13
	E 118	SW 171	C 9

Mitteilungen

aus dem

**Naturwissenschaftlichen Verein
für Neuvorpommern und Rügen
in Greifswald**



Herausgegeben vom Vorstand



52. bis 56. Jahrgang
1924 bis 1928



Mitteilungen

aus dem

**Naturwissenschaftlichen Verein
für Neuvorpommern und Rügen
in Greifswald**

Herausgegeben vom Vorstand

52. bis 56. Jahrgang

1924 bis 1928

Greifswald

Druck: Emil Hartmann, Buch- und Kunstdruckerei

1930

Inhalt.

	Seite
Vorwort	V
Mitgliederverzeichnis 1929	VII
Vorstände während der Jahre 1924 bis 1929	XI
Sitzungen während der Jahre 1924 bis 1928	XIII

Wissenschaftliche Mitteilungen und Abhandlungen:

I. F. Pustkuchen: Das Wachstum der Nagetierzähne und seine Abhängigkeit vom Gebrauch sowie von einigen anderen Umständen. Versuche am Kaninchen	3
II. E. Matthes: Versuche über das Geruchsvermögen der Molche	39
III. S. Lange: Die Methoden zur experimentellen Erzeugung neuer Pflanzenformen	48
IV. E. Voigt: Die Bryozoengattung Diplosolen in der Schreibkreide von Rügen. Mit 1 Taf.	67
V. H. Wachs: Beiträge zur Biologie der Ornis des Mare Balticum. Mit 4 Karten im Text	75
VI. K. v. Bülow: Zur Geologie des Kieshofer Moores. Sammelbericht	107
VII. Th. Vahlen: Die Lösungszahl bei der Bahnbestimmung aus Durchgängen	116
VIII. H. Wriedt: Die deutsche Hochseefischerei. Grundzüge ihrer Entwicklung, ihre hauptsächlichsten Gegenwartsprobleme	131
IX. E. Leick: Zur Frage der Wasserbilanz von Hochmooren. Untersuchungen über das ökologische Sättigungsdefizit	146

Anhang:

Jahresübersichten der meteorologischen Station Greifswald. 1925, 1926, 1927.

Vorwort.

Der Naturwissenschaftliche Verein für Neuvorpommern und Rügen, der 1922 auf ein 50jähriges Bestehen zurückblicken konnte, nimmt mit dem vorliegenden Heft, das die Jahrgänge 1924 bis 1928 umfaßt, seine regelmäßigen Veröffentlichungen wieder auf. Die der Inflation folgenden Jahre brachten den Verein in große geldliche Schwierigkeiten, da nicht nur die Mitgliederbeiträge sehr unregelmäßig eingingen, sondern auch die dem Verein vom Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung bisher gewährten Druckkostenzuschüsse ausblieben. Nur dem verständnisvollen Entgegenkommen des Herrn Landeshauptmannes der Provinz Pommern sowie der Munifizienz des Greifswalder Magistrates ist es zu verdanken, daß schließlich alle bestehenden Hemmungen beseitigt werden konnten. Der Verein, dessen inneres Leben — wie aus den Sitzungsberichten hervorgeht — ungeschwächt und unberührt von den Zeitläuften weiter pulsierte, hofft künftig auch nach außen hin durch seine wissenschaftlichen „Mitteilungen“ wieder in gewohnter Weise hervortreten zu können. Möchte es ihm gelingen, zu den alten Freunden viele neue hinzuzugewinnen!

Greifswald, im Juli 1929.

E. Leick.

Mitgliederverzeichnis des Naturwissenschaftlichen Vereins für Neuvorpommern und Rügen.

Gültig für 1. Januar 1929.

Ehrenmitglieder.

1. Dr. W. Deecke, Prof., Geh.-Rat, Freiburg i. Br., Geolog. Inst.
2. Dr. P. Buchner, Prof., Breslau, Zoolog. Inst.

Ordentliche Mitglieder.

1. E. Bärwolff, Kaufmann-Altermann, Roonstr. 4.
2. C. Bischoff, Konrektor i. R., Wollweberstr. 14.
3. Dr. P. Braß, prakt. Arzt, Domstr. 59.
4. Dr. G. Braun, Prof., Roonstr. 2.
5. P. Brose, Apothekenverwalter, Marktstr. 5.
6. Dr. R. Burandt, staatl. Studienrat, Bogislavstr. 4.
7. L. Burau, Univers.-Ingenieur, Fischstr. 24.
8. Dr. O. Dragendorff, Prof., Wolgasterstr. 48.
9. Dr. Fr. Eggers, Schulrat, Fleischerstr. 4.
10. Dr. K. Engel, prakt. Arzt, Arndtstr. 11.
11. M. Fleischmann, Oberbürgermeister, Stralsunderstr. 6.
12. W. Fomm, cand. rer. nat., Zoolog. Inst.
13. Dr. G. Franz, prakt. Arzt, Schuhhagen 12.
14. Dr. H. Fraude, Oberstudienrat, Bogislavstr. 1.
15. Dr. H. Frebold, Priv.-Dozent, Karlsplatz 17.
16. Dr. K. Fredenhagen, Prof., Marktstr. 12.
17. E. Gagern, Lehrer, Kemnitz b. Greifswald.
18. J. Gahrmann, Kaufmann, Werderstr. 5.

19. Dr. M. Görcke, Studienrätin, Steinstr. 12.
20. Dr. E. Görs, prakt. Zahnarzt, Kaspar-David-Friedrich-Str. 3.
21. Dr. O. Gragert, Prof., Oberarzt, Langefuhrstr. 24.
22. Dr. P. Grawitz, Prof., Geh.-Rat, Stralsunderstr. 7/8.
23. O. Grüttner, Rentier, Steinstr. 32.
24. E. Hartmann, Buchdruckereibes., Knopfstr. 35.
25. Dr. W. Hartnack, Priv.-Dozent, Martin-Luther-Str. 8.
26. K. Haß, Gutspächter, Friedrichshagen b. Greifswald.
27. H. Hauer, Ingenieur, Kuhstr. 14.
28. M. Haupt, Apothekenbesitzer, Baderstr. 1.
29. Dr. H. Heinelt, Spezialarzt, Schuhhagen 28.
30. Dr. B. Helferich, Prof., Soldtmannstr. 17.
31. Dr. E. Heyn, Spezialarzt, Fischstr. 16.
32. Dr. O. Hoehne, Prof., Wollweberstr. 2/3.
33. Dr. E. Hoffmann, Geh. San.-Rat, Am Graben 2.
34. Dr. R. Holsten, prakt. Arzt, Bismarckstr. 21.
35. Dr. C. Jacobsen, Chemiker, Steinbeckerstr. 43.
36. P. Jahnke, Lehrer, Gützkower Landstr. 3.
37. Dr. E. Jarmer, Rechtsanwalt, Blücherstr. 11.
38. Dr. G. Jung. Priv.-Dozent, Soldtmannstr. 16.
39. Dr. G. Just, Prof., Bahnhofstr. 40.
40. Dr. B. Kindt, Chemiker, Mühlenstr. 30.
41. Dr. F. Kirchner, Studienrat, Langereihe 18.
42. W. Klein, Buchhändler, Langestr. 38.
43. Dr. H. Kneser, Prof., Am St. Georgsfeld 44.
44. Dr. Fr. Krüger, Prof., Domstr. 10.
45. O. Kümmel, Kaufmann, Stralsunderstr. 5/6.
46. Dr. S. Lange, Priv.-Dozent, Wolgasterstr. 9/10.
47. Dr. E. Leupold, Prof., Steinstr. 2.
48. W. Levien, Chemiker, Langestr. 28.
49. Dr. E. Lucht, Reg.- u. Baurat, Roonstr. 11.
50. J. Lüder, Prokurist, Steinbeckerstr. 36.
51. Dr. F. Lehmann, Prof., Langestr. 34.
52. Dr. E. Leick, Prof., Steinstr. 58/59.
53. Dr. E. Lippmann, Studienrätin, Bahnhofstr. 33/35.

54. E. Lüdecke, Architekt, Steinbeckerstr. 45.
55. Dr. F. Martens, San.-Rat, Schützenstr. 10.
56. Dr. Maske, Assistent, Physikal. Inst.
57. K. Matho, Garten-Inspektor, Münterstr. 2.
58. Dr. E. Matthes, Prof., Am St. Georgsfeld 36.
59. Dr. W. Meisner, Prof., Werderstr. 10.
60. Dr. G. Mierdel, Priv.-Dozent, Wolgaster Landstr. 79.
61. Dr. O. Mittag, Tierarzt, Anklamerstr. 5.
62. Dr. G. Möller, prakt. Arzt, Bahnhofstr. 59.
63. Dr. G. W. Müller, Prof., Geh.-Rat, Roonstr. 3.
64. Dr. Nehmitz, Assistent, Mineralog. Inst.
65. E. Nius, cand. rer. nat., Langestr. 85.
66. Dr. E. Peiper, Prof., Geh.-Rat, Bahnhofstr. 52.
67. Dr. Fr. Pels-Leusden, Prof., Geh.-Rat, Moltkestr. 8/10.
68. Dr. E. Pernice, Prof., Geh.-Rat, Karlstr. 4.
69. Dr. K. Peter, Prof., Steinstr. 4.
70. H. Peter, Frau Prof., Steinstr. 4.
71. Fr. Peters, Apothekenbes., Gützkowerstr. 8.
72. Dr. O. Peters, prakt. Zahnarzt, Brüggstr. 22.
73. Dr. W. Pfuhl, Prof., Am St. Georgsfeld 1.
74. Dr. H. Pichler, Prof., Karlsplatz 15.
75. H. Ploetz, Obermeister, Roonstr. 25.
76. Dr. R. Plötz, Ober-Assistent, Stralsunderstr. 11.
77. Dr. H. Pohler, prakt. Arzt, Domstr. 27.
78. Dr. Fr. Prillwitz, Schlachthofdirektor, Wolgasterstr. 76/78.
79. Dr. Fr. Proell, Prof., Fischstr. 12.
80. Dr. G. Pyl, Assistent, Fischstr. 10.
81. W. Raßmus, Dampfmühlenbes., Gützkower Landstr. 32.
82. W. Redmann, Oberschullehrer, Bogislavstr. 2.
83. K. Reger, Lehrer, Wilhelmstr. 22.
84. Dr. K. Reinhardt, Prof., Bahnhofstr. 40.
85. Dr. O. Reinkober, Prof., Am St. Georgsfeld 38.
86. Dr. F. Richter, Ober-Assistent, Physiolog. Inst.
87. Dr. K. Richter, Assistent, Geolog. Inst.
88. Dr. O. Rohde, prakt. Arzt, Fischstr. 17.

89. Dr. H. Römstedt, Geh. Stud.-Rat, Moltkestr. 11.
90. Dr. H. Rückert, prakt. Zahnarzt, Markt 3.
91. W. Runze, Studienrat, Neuenkirchen-Kol. 20.
82. M. v. Schickfus, Landgerichtspräsident, Karlsplatz 1.
93. Dr. B. Schievelbein, prakt. Zahnarzt, Fleischerstr. 17.
94. M. Schilling, Univ.-Oberpräparator, Bahnhofstr. 62.
95. Dr. A. Schleede, Priv.-Dozent, Loitzerstr. 47.
96. K. Schlösser, Prof., Burgstr. 28.
97. M. Schmelzer, Kaufmann, Markt 26/27.
98. R. Schorler, Drogist, Steinbeckerstr. 26.
99. Dr. W. Schönfeld, Prof., Steinstr. 11.
100. P. Schuberth, Apothekenbes., Mühlenstr. 30.
101. Dr. H. Schulz, Prof., Geh.-Rat, Bahnhofstr. 51.
102. H. Schünemann, Prof., Ober-Studienrat, Wolgaster. 39.
103. Dr. F. Seebaß, Assistent, Geogr. Inst.
104. Dr. R. Seeliger, Prof., Loitzerstr. 43/44.
105. Dr. W. Steinhausen, Prof., Rubenowstr. 3.
106. L. Steinke, Mittelschulrektor, Wolgasterstr. 38b.
107. H. Tesch, Apotheker, Bahnhofstr. 45.
108. Dr. C. Thaer, Prof., Gützkowerstr. 1.
109. J. Thaler, Reg.-Bauoberinspektor, Arndtstr. 7.
110. Dr. H. Turowski, Veterinär, Bahnhofstr. 31/32.
111. Dr. Th. Vahlen, Prof., Eldena b. Greifswald.
112. Dr. O. Waldmann, Prof., Moltkestr. 12.
113. Dr. P. Wels, Prof., Hunnenstr. 31.
114. Dr. G. Wetzels, Prof., Steinstr. 11.
115. R. Woelk, Fabrikant, Langestr. 26.
116. A. Woelk, Frau Fabrik., Langestr. 26.
117. R. Wölfel, Ratsherr, Moltkestr. 13.

Auswärtige Mitglieder.

1. Dr. K. Beckmann, Prof., Göttingen, Univers.-Klinik.
2. Dr. M. Bleibtreu, Prof., Geh.-Rat, Bonn a. Rh., Sieben-
gebirgstr. 6.
3. Dr. Th. Beyer, Studienrat, Bergen a. R.

4. Dr. E. Breitsprecher, Stud.-Ref., Stettin.
5. Dr. J. Buder, Prof., Breslau, Göppertstr. 6/8.
6. Dr. K. v. Bülow, Landesgeologe, Berlin N, Invalidenstr. 44.
7. v. Dycke, Rittmeister a. D., Charlottenburg, Schillerstr. 60.
8. Dr. J.-W. Gans, Direktor d. Nahrungsmitteluntersuchungsamtes, Stralsund.
9. Dr. Gerloff, Geh.-Rat, Stralsund.
10. Dr. W. Jansen, Schriftsteller, Wilsede, Post Schneverdingen.
11. Dr. Johanthen, Prof., Stockholm, Kungsklippen 17 a.
12. Dr. A. Klose, Prof., Riga, Herder-Inst.
13. Dr. A. Koch, Priv.-Doz., Breslau, Zoolog. Inst.
14. F. Krause, Rektor, Loitz i. Pomm.
15. Dr. Fr. Lejeune, Prof., Köln a. Rh., Friesenplatz 5.
16. E. Lühder, Gutspächter, Oldenhagen.
17. Dr. E. Lüders, Gutspächter, Wüstenfelde b. Stralsund.
18. Dr. J. Radon, Prof., Breslau, Kaiser-Wilhelmstr. 195.
19. Dr. O. Riesser, Prof., Breslau, Pharmakolog. Inst.
20. Dr. E. Schönberg, Prof., Breslau, Univ.-Sternwarte.
21. Dr. S. Stephan, Prof., Direktor der Landesfrauenklinik, Stettin.
22. Dr. H. Straub, Prof., Göttingen, Univers.-Klinik.

Vorstände während der Jahre 1924 bis 1929.

Vorstand für 1924 u. 1925.

- Prof. Dr. Fr. Krüger, 1. Vorsitzender.
 Prof. Dr. W. Groß, 2. Vorsitzender.
 Prof. Dr. E. Leick, 3. Vorsitzender.
 Priv.-Dozent Dr. O. Reinkober, Schriftführer.
 Studienrätin Dr. M. Görcke, Kassenführer.
 Assistent Dr. G. Mierdel, Bibliothekar.

Vorstand für 1926.

- Prof. Dr. P. Buchner, 1. Vorsitzender.
 Prof. Dr. B. Helferich, 2. Vorsitzender.

Prof. Dr. H. Straub, 3. Vorsitzender.
Privat-Dozent Dr. G. Just, Schriftführer.
Oberschullehrer W. Redmann, Kassenführer.
Assistent Dr. H. J. Stammer, Bibliothekar.

Vorstand für 1927.

Prof. Dr. E. Leick, 1. Vorsitzender.
Prof. Dr. B. Helferich, 2. Vorsitzender.
Prof. Dr. H. Straub, 3. Vorsitzender.
Priv.-Dozent Dr. G. Just, 1. Schriftführer.
Priv.-Dozent Dr. S. Lange, 2. Schriftführer.
Oberschullehrer W. Redmann, Kassenführer.

Vorstand für 1928.

Prof. Dr. E. Leick, 1. Vorsitzender.
Prof. Dr. E. Matthes, 2. Vorsitzender.
Prof. Dr. O. Dragendorff, 3. Vorsitzender.
Prof. Dr. G. Just, 1. Schriftführer.
Priv.-Dozent Dr. S. Lange, 2. Schriftführer.
Oberschullehrer W. Redmann, Kassenführer.

Vorstand für 1929.

Prof. Dr. W. Steinhausen, 1. Vorsitzender.
Prof. Dr. E. Matthes, 2. Vorsitzender.
Prof. Dr. O. Dragendorff, 3. Vorsitzender.
Priv.-Dozent Dr. S. Lange, 1. Schriftführer.
Ober-Assistent Dr. F. Richter, 2. Schriftführer.
Oberschullehrer W. Redmann, Kassenführer.

Sitzungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Neuvorpommern und Rügen während der Jahre 1924—1928.

1924

30. 1. 1924 Geh.-Rat Dr. Jaekel:
Über die mit dem Ohre verbundenen Sinnesorgane.
30. 5. 1924 Prof. Dr. Krüger:
Objektive Demonstration von Herztönen im Hörsaal mittels
Lautverstärker.
Dr. Mauz:
Vorführung eines Industriefilms: Der Werdegang eines
Automobils.
26. 6. 1924 Geh.-Rat Dr. Müller:
Metamorphosen von *Sargus flavipes*.
Dr. Beckmann:
Über Insulin.
25. 7. 1924 Prof. Dr. Gehlhoff-Berlin:
Eindrücke von der Technik in Amerika.

1925

14. 1. 1925 Prof. Dr. Buchner:
Die Zoologische Station in Neapel. (Mit Lichtbildern.)
13. 2. 1925 Prof. Dr. Braun:
Vorlage von Proben der kambrisch-silurischen Eiszeit der
Varanger-Halbinsel. Vorlage von Eisenerzen von Süd-
Varanger.
Dr. H. Klose-Berlin:
Der Naturschutz in seiner Bedeutung für Geologie, Botanik
und Zoologie. (Mit Lichtbildern.)
27. 5. 1925 Prof. Dr. Föttinger-Berlin:
Über Theorie und Praxis des Flettner'schen Rotorschiffes
und andere Anwendungen des Magnuseffektes. (Mit Demon-
strationen.)

XIV *Sitzungen des Naturwissenschaftlichen Vereins 1924—1928*

29. 7. 1925 Priv.-Doz. Dr. Just:
Geschlecht und Vererbung beim Menschen. (Mit Licht-
bildern.)
30. 10. 1925 Dr. Väinö Auer-Helsingfors:
Die Moore und Moortypen Finnlands. (Mit Lichtbildern.)
13. 11. 1925 Priv.-Doz. Dr. Schoenberg:
Der Bau des Saturnringes. (Mit Lichtbildern.)
Dipl.-Ing. Wolf-Jena:
a) Über das Zeiß'sche Planetarium. (Mit Lichtbildern.)
b) Demonstration eines neuartigen Mikroskopes der Firma
Zeiß.

1926

21. 1. 1926 Dr. Rukop-Berlin (Telefunken):
Drahtlose Telegraphie und Telephonie mit kurzen Wellen.
9. 2. 1926 Frl. Dr. G. Meißner:
Tierisches Leuchten u. Leuchtbakterien. Untersuchungen an
leuchtenden Tintenfischen des Mittelmeeres. (Mit Lichtbild.)
Priv.-Doz. Dr. B. Huber:
Demonstration leuchtender Heringe.
19. 3. 1926 Dr. H. J. Stammer:
Biologische Probleme der Ryck-Mündung. (Mit Licht-
bildern und Demonstrationen.)
18. 5. 1926 Priv.-Doz. Dr. Schleede:
Kann man aus Quecksilber Gold machen?
Prof. Dr. Buchner:
Demonstration v. Tiefseefischen aus d. Straße von Messina.
6. 6. 1926 Prof. Dr. H. Wachs-Rostock:
Die Vogelfreistätte Poel-Langenwerder bei Wismar und
ihre Bedeutung für die Erforschung der Vogelwelt des
Ostseegebietes. (Mit Lichtbildern und Filmvorführungen.)
15. 6. 1926 Priv.-Doz. Dr. Schleede:
Vorführung von Leuchtfarben.
Prof. Dr. B. Helferich:
Vorführung eines Metall-Films (Aluminium-Veredlung u. a.)
23. 7. 1926 Prof. Dr. Gehlhoff-Berlin:
Die Hohlglasfabrikation.
10. 11. 1926 Priv.-Doz. Dr. B. Huber:
Aus der Biologie der Baumkrone.
1. 12. 1926 Prof. Dr. Dresel:
Ausgleich von Körperschäden durch Leibesübungen.

15. 12. 1926 Prof. Dr. Weigelt-Halle:
Die Bedeutung rezenter Leichenstudien für Geologie und Paläontologie. (Mit Lichtbildern).
26. 1. 1926 Prof. Dr. Helferich:
Die Kohlenhydrate und ihre Bedeutung für die chemische Wissenschaft u. Technik. (Mit Experimenten.)

1927

16. 2. 1927 Prof. Dr. Braun:
Geograph. Ergebnisse der Lapplandreise 1926 (verbunden mit einer Ausstellung von Lapplandskizzen Dr. Holtfreters).
28. 2. 1927 Priv.-Doz. Dr. G. Just:
Einfache und komplizierte Formen tierischen Sinneslebens. (Mit Lichtbildern und Filmvorführungen.)
1. 4. 1927 Prof. Dr. Matthes:
Der Geruchssinn bei Amphibien. (Mit Lichtbildern.)
28. 7. 1927 Priv.-Doz. Dr. E. Mauz:
Schwingende Kristalle und ihre Anwendung in der Hochfrequenztechnik. (Mit Demonstrationen.)
2. 12. 1927 Prof. Dr. E. Leick:
Die Arzneipflanzen in Vergangenheit und Gegenwart. (Mit Lichtbildern.)
20. 12. 1927 Prof. Dr. Braun:
Einige Grundzüge und Beispiele der synthetischen Morphologie. (Mit Lichtbildern.)

1928

16. 1. 1928 Dr. Georg Schwarz:
Gesichtsfeldeinengung u. Gesichtsfeldumfang bei psychisch Normalen. (Mit Lichtbildern.)
7. 2. 1928 Prof. Dr. Krüger:
Eindrücke vom Besuch amerikanischer Universitäten.
21. 5. 1928 Priv.-Doz. Dr. S. Lange:
Experimentelle Erzielung neuer Pflanzenformen. (Mit Lichtbildern.)
20. 6. 1928 Priv.-Doz. Dr. Schleede:
Der Bau des kristallisierten Anteils der Zellulose. (Mit Demonstrationen.)
Dr. Bredereck:
Methylzellulose. (Mit Demonstrationen.)

XVI *Sitzungen des Naturwissenschaftlichen Vereins 1924—1928*

18. 7. 1928 Prof. Dr. Steinhausen:
Über die Elektrizitätsproduktion des lebenden Gewebes.
(Mit Demonstrationen.)
26. 7. 1928 Dr. Schilske (J. G. Farb., Höchst a. M.):
Vorführung und Erläuterung des Salvarsan-Films der J. G.-
Farbenindustrie.
26. 11. 1928 Priv.-Doz. Dr. Mierdel:
Über mitogenetische Strahlung. (Mit Lichtbildern.)
17. 12. 1928 Prof. Dr. Degkwitz:
Rachitis und Vitamin D.
-

**Wissenschaftliche Mitteilungen
und Abhandlungen.**

Das Wachstum der Nagetierschneidezähne und seine Abhängigkeit vom Gebrauch sowie von einigen anderen Umständen.

Von Dr. F. Pustkuchen.

A. Einleitung.

Die Nagetierschneidezähne werden bekanntlich beim Gebrauch stark abgenutzt und wachsen daher dauernd während des ganzen Lebens nach. Man hat bisher nach den verschiedenen Umständen geforscht, von welchen das Wachstum dieser Zähne abhängt und von welchen es so geregelt wird, daß der Zahn stets seine richtige Länge behält. Der Nerven einfluß, vermutungsweise trophischen Nerven zugeschrieben, auch vereinzelt die verschiedene Art der Ernährung, haben als Faktoren, welche das Wachstum beeinflussen, Beachtung gefunden. Die bisherigen Untersuchungen haben für den Einfluß der Nerven auf das Wachstum im allgemeinen zu nur (Schrifttum 1, 4, 7, 8, 10) schwierig zu deutenden und wohl noch nicht endgültigen Ergebnissen geführt. Auch die Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Nahrung auf die Geschwindigkeit des Wachstums (Schrifttum 13, 14) sind noch nicht als befriedigend anzusehen. Dagegen hat sich gezeigt, daß der Gebrauch und der Nichtgebrauch der Zähne so große und so regelmäßig eintretende Veränderungen in der Wachstumsgeschwindigkeit der Nagetierschneidezähne hervorbringt (Wetzel 1927), daß es am richtigsten erscheint, zunächst diese Umstände noch eingehender zu erforschen.

Als Mittel zur Untersuchung des Wachstums der Zähne unter Funktionsausschaltung habe ich auf Veranlassung von Herrn Professor Wetzel und im Anschluß seine einschlägigen Arbeiten das Absägen einzelner Schneidezähne, sowie beider unterer oder beider oberer Schneidezähne verwendet. Werden zum Beispiel beide unteren Schneidezähne so tief wie möglich abgesägt, so bleiben bis zum Heranwachsen

der unteren Zähne auch die oberen außer Gebrauch, da die Zähne sich nicht erreichen können. Die oberen und unteren Zähne sind also jetzt dem Gebrauch völlig entzogen. Ihr Wachstum im funktionslosen Zustande kann jetzt beliebige Zeit hindurch studiert werden, wobei das Absägen in kurzen Zwischenräumen wiederholt werden muß. Im Anschluß hieran ergibt sich die Frage, in welcher Weise nach einem solchen schweren Eingriff die Wiederherstellung der Artikulation und die Neuregelung des Gebisses erfolgt. Dieses Problem hat daher noch eine besondere Behandlung zu erfahren.

Bei meinen Untersuchungen habe ich zugleich noch eine Reihe von Messungen über die Abhängigkeit des Zahnwachstums vom Alter gesammelt. Alle Versuche sind an dem zahmen Kaninchen angestellt worden. Der Rasse nach sind meine Versuchstiere entsprechend den Angaben von Gerhardt (S. 19) als deutsche Kaninchen zu bezeichnen.

B. Versuchsanordnung.

Im Wesentlichen habe ich bei der Messung des Wachstums das von Wetzel angewandte Verfahren befolgt. In die Labialfläche eines Zahnes wird quer zur Zahnängsachse mit einer kleinen gezähnten Stahlscheibe eine feine Kerbe eingeschnitten, deren Abstand in gleicher Richtung mit der Zahnachse vom Ansatz des Zahnfleisches einerseits und von der Schneidekante andererseits gemessen wird. Die Messungen werden in entsprechenden Zeitabschnitten (meist sind es zwei bis vier Tage) wiederholt. Aus der Veränderung der Entfernung der Marken vom Zahnfleisch ergibt sich, wie weit der Zahn sich inzwischen aus der Alveole herausgeschoben hat, also das Wachstum, genauer gesagt der Zuwachs des Kronenteils. Die Veränderung der Entfernung der Kerbe oder Marke von der Schneidekante ergibt die Abnutzung des Zahnes.

Die Messung wurde mit einem Präzisionsstechzirkel ausgeführt. Die eine Spitze wird fest in die Marke eingesetzt und durch Verstellung der Schraube die andere mit dem Zahnfleischrande oder der Schneidekante zur Deckung gebracht. Die Entfernung der Spitzen wird mit einer genauen Schiebelehre festgestellt, deren Nonius Messungen mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{50}$ Millimeter gestattet.

An den oberen Zähnen macht die Einstellung auf den Zahnfleischrand keine Schwierigkeiten. Der Rand liegt hier fest, so daß

er sich beim Zurücklegen der Oberlippe nicht verschiebt. An den unteren Zähnen bildet das Zahnfleisch eine verschiebliche Falte. Hier muß die Unter-Lippe bis zum Ausgleich der Falte zurückgezogen und dann bis zum Rande des Zahnfleisches gemessen werden. Den Augenblick, in welchem die Falte verstrichen ist, nimmt man, außer mit dem Auge, meist deutlich an dem jetzt plötzlich zunehmenden Widerstand wahr.

Die Marken werden möglichst nahe dem Zahnfleisch angebracht und erneuert, wenn sie wenige Millimeter an die Schneidekante herangerückt sind. — Die Kürzung der Zähne nahm ich mit einem 1 mm starken Fissurenbohrer vor.

Jede Messung wurde drei bis vier mal wiederholt und das arithmetische Mittel aus den Einzelmessungen in die Aufstellung eingetragen. Während der Messungen wurden die Tiere stets gewogen.

Die Schwankungen durch Meßfehler hielten sich innerhalb einer Spanne von höchstens $\frac{1}{10}$ mm. Die Mittelzahlen für die einzelnen Messungen wurden in folgender Weise zusammengestellt:

Versuch Nr. XXI.

Dat. 1928	Gewicht des Tieres	Zeit seit letzter Messung	unterer Schneidezahn				oberer Schneidezahn			
			links		rechts		links		rechts	
			Marke Zahnfl.	Marke Schneide	Marke Zahnfl.	Marke Schneide	Marke Zahnfl.	Marke Schneide	Marke Zahnfl.	Marke Schneide
28. 11.	3050 g	—	4,09	4,42	1,94	4,90	3,08	5,72	3,79	5,24
1. 12.	3025 g	3 Tage	4,80	3,94	2,81	4,38	3,76	5,00	4,54	4,92
Zuwachs bez. Abnutzung:			0,71	0,48	0,87	0,52	0,73	0,72	0,75	0,32

Aus dieser Aufstellung ließ sich dann folgende Übersicht über den täglichen Zuwachs, die tägliche Abnutzung und die Länge des ganzen Zahnes gewinnen.

Täglicher Zuwachs und tägliche Abnutzung in Millimetern								Länge des Zahnes			
unten				oben				unten		oben	
links		rechts		links		rechts		links	rechts	links	rechts
Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.				
0,24	0,16	0,29	0,17	0,24	0,24	0,25	0,11	8,74	7,19	8,76	9,46

C. Die Abhängigkeit des Wachstums und der Abnutzung der Kaninchenschneidezähne vom Lebensalter.

Die nicht sehr zahlreichen Messungsergebnisse älterer Autoren sind bei L. Stiller (1923) und G. Wetzel (1926, 1927) zusammengestellt, von ihnen erlauben nur die Zahlen von Mc. Gillavry (1875) mit einer siebentägigen Beobachtungsdauer die Feststellung der täglichen Zunahme. Noë (1902) machte Beobachtungen an zufällig abgebrochenen Zähnen. Moral und Hosemann (1919) geben zwischen 0,3 mm und 0,7 mm täglichen Zuwachses an, Messungstabellen sind nicht mitgeteilt. Ich kann daher nur die älteren Zahlen von Mc. Gillavry und die von Wetzel verwenden. Mc. Gillavry gibt eine Zahl von ungefähr 2,5 bis 3 mm je Woche für die unteren Schneidezähne erwachsener Kaninchen an, woraus der tägliche Zuwachs auf 0,36—0,43 zu berechnen ist. Nach Abschluß meiner Arbeit wurde ich noch mit den Untersuchungen von Addison und Appleton (1915) an Ratten bekannt.

1. Übersicht:

Bisherige Untersuchungen der Wachstumsgeschwindigkeit
der Kaninchenschneidezähne.

Untersucher	Alter des Tieres	Dauer der Beobachtung	Tägl. Zuwachs	
			unten	oben
Mc. Gillavry	erwachsen	7 Tage	(0,36 bis 0,43)	
Wetzel (1927)	13 Monate	4 Tage	0,47	
„	9 Monate	7 Tage	0,44	0,29
„	7 Monate	4 Tg. f. unt. Z.	0,40	
„		6 Tg. f. ob. Z.		0,27
„	6 Wochen	9 Tage	0,32	
Addison und Appleton (1915)	erwachsene Ratten	—	0,40	0,31—0,32

Zwischen der Ratte und dem Kaninchen besteht nach Stiller und Wetzel eine ziemlich weitgehende Übereinstimmung im Verhalten des Zuwachses. Der tägliche Zuwachs der oberen Zähne

ist erheblich geringer als der der unteren. Die Zahlen für den absoluten Zuwachs stehen ebenfalls bei beiden Tieren einander sehr nahe (Wetzel 1927, Seite 460—462). Auch Addison und Appleton hatten eine entsprechende Übereinstimmung gefunden. Sie waren allerdings für das Kaninchen auf die älteren Zahlen von Mc. Gillavry angewiesen. Ihre eigenen Zahlen für die Ratte betragen 0,31—0,32 mm täglichen Zuwachses an den oberen und 0,40 an den unteren. Bei Stiller und Wetzel sind die Zahlen bei erwachsenen Ratten an den oberen Zähnen in sieben Tagen 2,39 und an den unteren Zähnen 3,45 (Wetzel 1927, Seite 462 und 461). Die Zahlen für Kaninchen sind nach Wetzel in 7 Tagen 1,63—2,05 an den oberen Zähnen und 2,80—3,29 mm an den unteren Zähnen.

Man muß Addison und Appleton ferner Recht geben, wenn sie die von Noë an unmittelbar am Alveolarrand abgebrochenen unteren Schneidezähnen erhaltenen Zuwachszahlen von 0,615 täglich auf das Wachstum ohne Widerstand („to the unopposed growth“) und auf andere anormale Bedingungen zurückführen, die für die bildenden Organe („In the formative organs“) vorlagen. Diesen besonderen Bedingungen sind die Verfasser jedoch nicht nachgegangen. Ihre Bedeutung aufzufinden ist gerade die Aufgabe unserer Arbeiten.

Die Wachstumszahlen von Addison und Appleton sind auf etwas andere Weise als von Stiller, Wetzel und mir festgestellt worden. Sie stellten durch die Messung der Entfernungsänderung einer künstlichen Marke am Zahn von der Schneidekante den Zuwachs fest, den sie also mit der Abnutzung gleichsetzen, was nur bedingungsweise berechtigt ist. Wenn ich nämlich an demselben Zahn den Zuwachs durch Messung der Entfernung Marke-Zahnfleisch feststelle, so finde ich für die Abnutzung fast stets andere Zahlen. Führe ich die Messungen lange Zeit hindurch bei erwachsenen Tieren fort, so komme ich vermutlich bei beiden Meßmethoden im wesentlichen zu dem gleichen Ergebnis.

Nach dem von G. Wetzel und L. Stiller an Ratten nach der Säugeperiode gemachten Beobachtungen schien es, als ob

das Wachstum der Zähne bei jüngeren Nagetieren rascher vor sich geht. Auch Addison und Appleton stellten an neugeborenen Ratten fest, daß die Länge der Schneidezähne in den ersten 10 Tagen nach der Geburt von 2,3 und 3 mm am 1. Tage auf 7 und 11 mm Länge am 10. Tage steigt, der Durchbruch der Zähne wird auf etwa 8 Tage nach der Geburt, die erreichte Occlusion auf „einige“ Tage nach dem Durchbruch angegeben. — Die Angaben von Retterer (1924) ergaben ebenfalls ein schnelleres Wachstum bei jüngeren Tieren (vgl. Wetzel 1926). Nach einigen weiteren Messungen von G. Wetzel an jungen und alten Kaninchen mußte man dagegen annehmen, daß umgekehrt bei jüngeren Nagetieren (wenigsten solchen am Ende der Säugeperiode) das Wachstum der Schneidezähne langsamer erfolgte¹⁾. Da sich nun bei den Untersuchungen von Wetzel über das Wachstum der Kaninchenschneidezähne herausgestellt hatte, daß dieses je nach der Inanspruchnahme durch das Kaugeschäft in seiner Wachstumsgeschwindigkeit erheblich wechselt, und daß es manchmal nicht möglich ist, die Ursachen dafür sicher festzustellen, so schienen die Ergebnisse über das Verhalten der Schneidezähne in verschiedenen Altersstufen durch die bisherigen sich widersprechenden Messungen aus diesem Grunde und ebenso in Anbetracht der geringen Anzahl der für jüngere Tiere vorliegenden Zahlen nicht genügend gesichert. Ich habe daher auf Veranlassung von Herrn Professor Wetzel eine größere Anzahl jüngerer Tiere auf verschiedenen Altersstufen gemessen, um hierüber Klarheit zu schaffen.

Ich bespreche jedoch zunächst die Wachstums- und Abnutzungsverhältnisse bei erwachsenen Tieren.

Die Zahlenergebnisse sind in den beiden folgenden Übersichten meiner sämtlichen einschlägigen Messungen enthalten.

In der zweiten Übersicht sind die Zahlen für die einzelnen Versuchstiere zusammengestellt, in der dritten Übersicht die Durchschnitts-

1) Anm. Die entsprechenden Zahlen waren 0,32 täglicher Zuwachs mit 6 Wochen und erheblich höhere Zahlen für Kaninchen von 13 Monaten. Diese letzteren Zahlen dürften als zufällige Maxima anzusehen sein.

zahlen für jedes Lebensalter. Im ganzen wurden zwanzig Messungsreihen ausgeführt. Die gemessenen Tiere bilden 7 Altersgruppen und zwar: 3—4 Wochen alte Kaninchen, 4—5 Wochen alte, 6—7 Wochen alte, 2 Monate alte, 6 Monate alte, 7 $\frac{1}{2}$ Monate alte und 1 $\frac{1}{2}$ Jahre alte Kaninchen. Für das Alter von 6 Monaten hatte ich nur ein Versuchstier, so daß dieses Ergebnis vom Zufall abhängig erscheint.

Jedes Tier wurde wenigstens eine Woche lang und innerhalb einer Woche an mehreren Tagen gemessen. Daraus ergaben sich tägliche Durchschnittszahlen für jedes einzelne Tier. Aus den Zahlen, welche sich bei den einzelnen verschieden alten Tieren ergaben, sind dann die mittleren Zahlen für jede Altersstufe errechnet worden.

Ich bespreche zunächst das Verhalten der erwachsenen Tiere. Die Messungen betreffen Kaninchen von 1 $\frac{1}{2}$ Jahren, deren Gewicht 2680 g bis 3930 g betrug.

Die Zahnlänge reichte bei meinen Tieren an den oberen Zähnen von 7,51 mm bis 9,20 mm, an den unteren von 7,87 bis 8,32 mm.

2. Übersicht:

Zusammenstellung des Beobachtungsmaterials. Wachstumsmessungen an den Kaninchenschneidezähnen in verschiedenem Alter.

Vers.-Nr.	Dauer	Gewicht in g	Täglicher Zuwachsdurchschn.		Täglicher Abnutzungsdurchschn.		Zahnlänge		
			unten	oben	unten	oben	unten	oben	
1927									
1. 3 bis 4 Wochen alte Tiere									
XXIII.	18.—24. 11.	260—300	0,33	0,34	0,30	0,26	3,49	3,70	
XXIV.	18.—24. 11.	295	0,39	0,32	0,15	0,20	3,65	3,95	
2. 4 bis 5 Wochen alte Tiere									
XIII.	21.—29. 7.	282—580	0,30	0,32			4,00	4,22	
XXIII.	24. 11.—1. 12.	360—520	0,43	0,44	0,34	0,32	3,75	4,68	
XXIV. *)	„	500	0,32	0,43	0,23	0,28	3,96	4,86*)	
3. 6 bis 7 Wochen alte Tiere									
XIV.	23. 7.—1. 8.	285—600	0,36	0,35			3,90	4,52	
	24. 9.—5. 10.	760	0,34	0,33	0,28	0,30	4,64	4,90	
XVIII.	„	860	0,42	0,35	0,37	0,33	4,90	5,40	
XXIII.	1.—12. 12.	650	0,48	0,44	0,34	0,36	4,57	5,09	
XXIV.	„	595	0,45	0,41	0,39	0,38	4,21	4,96	

*) Die Zahlen für diesen Tag sind in der Hauptübersicht (3. Übersicht) nicht verwertet, da um diese Zeit infolge des Abbrechens von Teilen an den Schneidekanten der unteren Zähne die Messungen vorübergehend unsicher waren.

Vers.-Nr.	Dauer	Gewicht in g	Täglicher Zuwachs- durchschn.		Täglicher Abnutzungs- durchschn.		Zahnlänge	
			unten	oben	unten	oben	unten	oben
4. 2 Monate alte Tiere.								
XXIII.	12.—17. 12.	770	0,39	0,35	0,33	0,35	5,24	5,45
XXIV.	„	720	0,64	0,62	0,39	0,41	4,71	5,48
5. 6 Monate alte Tiere.								
XX.	3.—24. 10.	1265	0,37				5,85	6,28
1928								
6. 7 ¹ / ₂ Monate alte Tiere.								
XXV.	3.—12. 3.	2450	0,30	0,21	0,26	0,26	7,60	7,24
XXVI.	„	2630	0,31	0,23	0,29	0,23	8,02	7,10
XXVII.	22.—23. 3.	2515	0,41	0,27	0,46	0,27	6,28	7,77
1927								
7. 1 ¹ / ₂ Jahre alte Tiere.								
XVI.	27.—29. 7.	3930	0,30	0,26			3,32	9,20
XIX.	1.—11. 10.	2610	0,30		0,33		8,30	
XXI.	8. 11.—3. 12.	3000	0,28	0,22	0,26	0,22	8,05	8,96
XXII.	15. 11.—3. 12.	2680	0,31	0,33	0,33	0,28	7,87	7,51

3. Übersicht:

Zuwachs, Wachstum und Länge der Kaninchenschneidezähne
in verschiedenem Alter.

Alter	täglicher Zuwachs		tägliche Abnutzung		Zahnlänge		wöchentliche Zunahme der Zahnlängen	
	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	oben
3—4 Wochen	0,36	0,33	0,22	0,23	3,57	3,83	0,33	0,76
4—5 Wochen	0,36	0,38	0,34	0,32	3,90	4,59	0,54	0,38
6—7 Wochen	0,40	0,38	0,34	0,34	4,44	4,97	0,54	0,49
2 Monate	0,39, 0,64*) (0,51)	0,35, 0,62*) (0,48)	0,36	0,38	4,98	5,46	0,87*)	0,82*)
6 Monate	0,37				5,85	6,28	0,24	0,18
7 ¹ / ₂ Monate	0,34	0,24	0,34	0,25	7,30	7,37		
1 ¹ / ₂ Jahre	0,30	0,27	0,31	0,24	8,13	8,55		

*) Diese Berechnung ergibt nur für die unteren Zähne einigermaßen befriedigende Zahlen, für die oberen weniger.

Im einzelnen waren die oberen Zähne bei 2 Tieren länger als die unteren und bei einem Tier kürzer, bei dem vierten waren nur die unteren Zähne gemessen worden. Die Mittelzahlen betragen 8,13 für untere und 8,55 für obere Zähne. Danach sind also die oberen Schneidezähne bei erwachsenen Kaninchen von $1\frac{1}{2}$ Jahren durchschnittlich etwas länger als die unteren, der durchschnittliche Zuwachsunterschied zwischen den oberen und den unteren Zähnen beträgt in wechselndem Umfange etwa 12—25% des Zuwachses der oberen Zähne. Wie aus den Messungen hervorgeht, ist hier mit Zahnlänge nur der über das Zahnfleisch hinausragende Teil des Zahnes gemeint.

Ich komme nun zu dem täglichen Wachstum (dem täglichen Zuwachs) der Schneidezähne erwachsener Kaninchen. Danach beträgt der tägliche Zuwachs bei Kaninchen von $1\frac{1}{2}$ Jahren für die unteren Schneidezähne 0,30 mm (4 Tiere) und für die oberen Schneidezähne 0,27 mm (3 Tiere). Der Zuwachs ist also größer bei den unteren Zähnen.

Ich wende mich nun zu den einzelnen Altersstufen. Die Zahnlänge ist, wie ohne weiteres selbstverständlich, bei den jüngeren und kleineren Tieren geringer als bei den älteren. An den unteren Zähnen treten dann folgende Veränderungen ein. Vom Alter von 3—4 Wochen ab bis zu erwachsenen Tieren von $1\frac{1}{2}$ Jahren nimmt die Zahnlänge von 3,57 auf 8,13 mm zu, also um mehr als das Doppelte. Annähernd die doppelte Länge wie mit 3—4 Wochen erreichen die Zähne mit etwa $7\frac{1}{2}$ Monaten. Die Zahlen für die einzelnen Tiere sind 3,50 und 3,65 mm mit 3—4 Wochen und 6,28, 7,60 und 8,02 mit $7\frac{1}{2}$ Monaten¹⁾. Die spätere Zunahme, welche mit den weiteren, nach Erlangung der Geschlechtsreife sich noch fort-

1) Anm. Bei der Ratte fanden Addison und Appleton (1915), daß vom Alter von 23 Tagen bis zum Alter von 8 Monaten nahezu eine Verdoppelung des extraalveolären Teiles stattfindet. Die Ratten verhalten sich also hierin den Kaninchen recht ähnlich. Die Zahlen bei den beiden Untersuchern sind mit 23 Tagen für die oberen Zähne

setzenden Wachstum des Tieres steigt, beträgt dann noch etwa $\frac{1}{10}$ der ganzen Länge (bis zu $1\frac{1}{2}$ Jahren).

Für die Zwischenzeit verfüge ich an den unteren Zähnen noch über folgende Zahlen. Im Alter von 4—5 Wochen ist die Zunahme nur gering. Die Länge beträgt 3,90 gegen 3,57 in der vorhergehenden Woche, sie erreicht in der Zeit von 6—7 Wochen 4,44 mm, mit 2 Monaten 4,89 mm, mit 6 Monaten 5,85, mit $7\frac{1}{2}$ Monaten 7,30 und mit $1\frac{1}{2}$ Jahren, wie angegeben, 8,13 mm.

Für die oberen Zähne finde ich entsprechende Zahlen. Vom Alter von 3—4 Wochen bis zu erwachsenen Tieren ($1\frac{1}{2}$ Jahren) nimmt die Länge der oberen Schneidezähne von 3,83 bis auf 8,55 mm zu, also ebenfalls um mehr als das Doppelte. Auch hier ist, wie bei den unteren Zähnen, die doppelte Länge mit etwa $7\frac{1}{2}$ Monaten erreicht (3,70 und 3,95 mit 3—4 Wochen, 7,10, 7,24 und 7,77 mit $7\frac{1}{2}$ Monaten). Die doppelte Länge scheint also bei den oberen Zähnen in dieser Zeit in Wirklichkeit schon überschritten, während sie bei den unteren Zähnen um dieses Alter gerade erreicht ist. Die Längenzahlen für die Zwischenzeit sind für die oberen Schneidezähne: 4,59 für das Alter von 4—5 Wochen, 4,97 für 6 bis 7 Wochen, 5,37 für $7\frac{1}{2}$ Monate und 8,55 für $1\frac{1}{2}$ Jahre alte Tiere, wie schon angegeben.

Wenn wir schließlich noch die in den beiden letzten Spalten der 3. Übersicht berechneten Zahlen für die wöchentliche Längenzunahme, also nicht den wöchentlichen Zuwachs der unteren und oberen Zähne betrachten, so sieht man eine gewisse Unregelmäßigkeit, die wohl noch durch spätere Vermehrung der Zahl der Versuchstiere sich ausgleichen läßt. Für die unteren Zähne ist der wöchentlich erreichte Längenzuwachs am größten

5,1 und für die unteren 6,5. Mit 8 Monaten sind die Zahlen für die oberen Zähne 9,00 und für die unteren 12,00.

Für das Kaninchen finde ich mit 3—4 Wochen für die oberen Zähne 3,83 und für die unteren 3,57, mit $7\frac{1}{2}$ Monaten 7,37 und für die unteren 7,30.

um das Alter von 2 Monaten. Bei den oberen Zähnen ist die Zahl für das Alter von $3\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ Wochen jedoch größer als für die Zeit um zwei Monate herum. Später ist die Längenzunahme je Woche sehr viel geringer. Es müssen also noch mehr Messungen vorgenommen werden, die ich leider nicht mehr ausführen konnte.

Daß das Längenverhältnis zwischen oberen und unteren Zähnen auf allen Altersstufen dasselbe sein wird, ist von vornherein wahrscheinlich und wird auch durch meine Zahlen bestätigt. Für die $7\frac{1}{2}$ Monate alten Tiere stehen sich die Zahlen allerdings sehr nahe. Sie betragen 7,30 für die unteren und 7,37 für die oberen Zähne. Das ist ein so geringer Unterschied, daß er unter Berücksichtigung der unvermeidlichen Messungsfehler auch für Längengleichheit auf dieser Altersstufe angesprochen werden könnte.

Bei 4 Tage alten Kaninchen fand ich die oberen Zähne deutlich länger als die unteren, die gerade erst durchgebrochen waren. Es muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, ob sich dies immer so verhält. Was endlich den täglichen Zuwachs betrifft, so finde ich ihn durchweg höher bei den jüngeren Tieren. Dadurch werden, wie schon erwähnt, also die ursprünglichen Ergebnisse an Ratten von L. Stiller und G. Wetzel und ebenso die von Addison und Appleton (ebenfalls an Ratten) auch an Kaninchen bestätigt. Im übrigen aber ist mit dieser einfachen Feststellung, daß die Zähne jüngerer Kaninchen ein größeres tägliches Wachstum aufweisen, als die Zähne erwachsener Kaninchen, die Frage noch nicht erledigt, da es beim Kaninchen mehrere Perioden mit verschieden hohem Wachstum zu geben scheint.

Die Abnahme des Wachstumsgrades bis zum erwachsenen Tier geht nämlich nach meinen Zahlen nicht etwa gleichmäßig vor sich. Es tritt vielmehr bei 6—7 Wochen alten Kaninchen eine sehr erhebliche Wachstumssteigerung auf, die nach meinen Zahlen bis zu zwei Monaten, möglicherweise aber noch länger anhält. Während ich für die unteren Schneidezähne im Alter

von 3—4 Wochen und von 4—5 Wochen eine tägliche Wachstumszahl von 0,36 erhalte, steigt die Zahl auf 0,40 bei 6 bis 7 Wochen alten Tieren und beträgt noch 0,39 bei 2 Monate alten Tieren. In diesem Alter scheint also ein Höhepunkt des täglichen Zuwachses zu liegen. Die noch höhere Zahl (0,64) bei einem 2monatigen Tiere möchte ich bis auf weiteres als zufälliges Maximum betrachten. Für die oberen Schneidezähne besteht gleichfalls eine entsprechende Steigerung, die hier schon früher, nämlich mit 4—5 Wochen einsetzt, und etwa 0,38 mit 7 Wochen beträgt. Um diese Zeit ist daher der Zuwachs höher als bei ganz jungen Tieren von wenig Wochen, bei denen er 0,33 beträgt. Nach zwei Monaten nimmt der tägliche Zuwachs wieder ab. Er beträgt mit $7\frac{1}{2}$ Monaten 0,24.

Es ist natürlich auch hier eine Bestätigung durch weitere Messungen an möglichst vielen Tieren verschiedener Altersstufen erwünscht. Jedoch läßt sich schon jetzt so viel sagen, daß der Beginn der Wachstumssteigerung mit der Zeit zusammen fällt, in welcher die Kaninchen zur ausschließlich selbständigen Ernährung übergehen.

Von der Abnutzung ist zu sagen, daß sie natürlich beständig hinter dem Zuwachs zurückbleiben muß, da sonst keine Längenzunahme der Zähne zustande käme. Zu Zeiten stärkerer Längenzunahme des Zahnes muß der Unterschied größer sein als zu anderen Zeiten. Im übrigen schwankt die Abnutzung im einzelnen sehr stark.

Bei den erwachsenen Tieren bleiben Zuwachs und Abnutzung sich im Ganzen genommen gleich, wenn man auch im Einzelnen und für kürzere Zeiten Unterschiede findet.

Im Einzelnen ist außer dieser allgemeinen Bemerkung noch folgendes über die Abnutzung zu sagen. Die Abnutzung ist in der frühesten untersuchten Lebensstufe mit 3—4 Wochen am geringsten und beträgt dann am Tage 0,22 mm unten und 0,23 mm oben. Schon mit 4—5 Wochen steigt sie auf 0,34 unten und 0,32 oben täglich. Sie steigt dann noch weiter an und scheint ihren Höhepunkt gleichzeitig mit dem stärksten

Zuwachs um 2 Monate zu erreichen. Die Abnutzung beträgt zu dieser Zeit täglich 0,36 unten und 0,38 oben. Später sinken die Zahlen wieder etwas, bleiben jedoch dauernd höher als in der Zeit von 3—4 Wochen.

Die mit 4—5 Wochen beginnende stärkere Abnutzung führt sich ohne Zweifel auf die jetzt ebenfalls viel stärkere Benutzung der Zähne zurück. Daß später die Abnutzung wieder sinkt, kann auf zwei Ursachen zurückgeführt werden, zunächst darauf, daß die Zähne nicht nur länger, sondern auch breiter und stärker werden, sodaß die abzureibende Fläche vergrößert ist. Außerdem wird vielleicht durch die gesteigerte Benutzung, vielleicht auch infolge von rein physikalisch-chemischen Vorgängen oder durch Altersveränderungen, das ursprünglich weichere Zahnbein allmählich durch härteres ersetzt. Versuche über die Härte der Kaninchenzähne in verschiedenen Lebenszeiten habe ich nicht angestellt. Es liegen aber neuere Untersuchungen von Yoshimi Matsuda (1927) vor. Danach nimmt bei Ratten während des Wachstums nach der Geburt die anteilige Menge der Asche, des Calciums und Magnesiums zu, der Wassergehalt ab. Der Zahn wird also bei Ratten mit dem Alter härter. Dies kann ich insofern für Kaninchen bestätigen, als man bei der Bearbeitung der Zähne mit den Instrumenten beobachten kann, daß der jugendliche Zahn weicher und mechanischer Beanspruchung gegenüber erheblich weniger widerstandsfähig ist als der Zahn aus den späteren Altersstufen.

Wenn ich das Bisherige zusammenfasse, so läßt sich nach dem Verhalten der Zähne eine Kennzeichnung und Unterscheidung einzelner Lebensabschnitte geben. Diese Einteilung möchte ich allerdings als vorläufig bezeichnen und füge hinzu, daß sie später durch zahlreichere Messungen zu vervollständigen ist.

Der erste Abschnitt enthält die Säugezeit und die sich daran anschließende Übergangszeit. Die Nahrung ist in der ersten Zeit flüssig (Milch) und nur zum Schluß geht das Tier zu fester Nahrung über. Der tägliche Zuwachs ist in dieser Zeit von mittlerer Höhe und die Abnutzung gering. Die wöchentliche

Längenzunahme ist wahrscheinlich geringer als in dem folgenden Lebensabschnitt.

Der nächste Abschnitt umfaßt das Ende des 2. Monats, jedoch ist es mir noch nicht möglich zu sagen, wie weit die nächsten Monate noch dazu gehören, da mir für den 3.—5. Monat die nötigen Zahlen fehlen. Es ist also die frühe Kindheit oder die erste Hälfte der Kindheit nach Abschluß der Säugezeit. Ihre Merkmale sind hoher täglicher Zuwachs, der höchste, der überhaupt beobachtet wurde, und eine ebenfalls, jedoch nicht im gleichen Maße erhöhte Abnutzung. Die wöchentliche Längenzunahme des ganzen Zahnes scheint in dieser Zeit für die unteren Zähne ihren Höhepunkt zu erreichen und ist höher als in der Säugezeit. Für die oberen Zähne sind die Zahlen unregelmäßig. Die Tiere beginnen in dieser Zeit sich eifrig im Nagen an geeigneten Gegenständen zu betätigen.

Als nächsten Abschnitt muß ich gleich die Zeit des geschlechtsreifen, erwachsenen Tieres folgen lassen. Meine Messungen beziehen sich hier auf $7\frac{1}{2}$ Monate und auf $1\frac{1}{2}$ Jahre alte Tiere. Der tägliche Zuwachs ist wieder gesunken und ist etwas niedriger als in der Säugezeit (3—4 Wochen). Die Abnutzung deckt sich fast genau mit dem Zuwachs. Die wöchentliche Längenzunahme der Zähne ist daher sehr gering und ergibt sich zu 0—0,14 mm in der Woche. Auch vorübergehende Abnahme der Länge der oberen Zähne wurde beobachtet.

D. Die Abhängigkeit des Zahnwachstums von allgemeinen Körperzuständen.

Einen Einfluß des besseren oder geringeren Gesundheitszustandes glaube ich bei einigen Tieren bemerkt zu haben. Ich fand bei jungen Tieren in zwei Fällen, als sie einen kränkenden Eindruck machten, gleichzeitig auch eine niedrigere Abnutzung und auch niedrige Zuwachszahlen. Bei einem Tier, das dauernd an Lebhaftigkeit und Nagelust alle anderen über-

traf, fand ich höhere Wachstums- und Abnutzungszahlen. Ferner hatte ich bei einem weiblichen Tier Gelegenheit, in einem Falle den Einfluß des Wurfes auf das Wachstum der Zähne zu beobachten. Das Tier brachte während der Messungen sieben nicht ganz ausgetragene Junge zur Welt. Die Messungen wurden ohne Unterbrechung fortgesetzt. Ich fand für die Zeit vor und nach dem Wurf folgende Zahlen für Zuwachs und für Abnutzung:

4. Übersicht.

Datum	Dauer der Messung	links unten		rechts unten		links oben		rechts oben	
		Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.
18. 11.	3 Tage	0,11	0,22	0,18	0,23	0,15	0,22	0,18	0,18
21. 11.	3 Tage	0,73	0,31	0,60	0,31	0,75	—	0,73	0,10
22. 11.	7 Junge geworfen.								
24. 11.	3 Tage	—	0,39	0,07	0,37	—	0,69	—0,05!	0,61
28. 11.	4 Tage	0,24	0,35	0,25	0,38	0,36	0,27	0,32	0,30
1. 12.	3 Tage	0,51	0,62	0,38	0,41	0,33	0,30	0,35	0,18

Auf einen recht niedrigen durchschnittlichen Zuwachs von 0,14 unten und 0,16 oben und eine bedeutende Zuwachssteigerung vor der Geburt mit 0,66 unten und 0,74 oben folgt nach der Geburt für etwa 3 Tage ein völliger Wachstumsstillstand. Für den oberen rechten Schneidezahn ergibt sich sogar eine Abnahme des Abstandes der Marke vom Zahnfleisch, die 0,05 mm beträgt. Später werden die Zahlen bald wieder normal. Eine befriedigende Erklärung für diese auffallende Zahl kann ich leider nicht geben, indessen liegt sie außerhalb der durchschnittlichen Fehlergrenzen, sodaß ich mich doch verpflichtet fühle, sie mitzuteilen. Als Eiuwand gegen die Wachstumshemmung überhaupt ist diese Zahl natürlich belanglos.

Die Geburt machte sich jedenfalls durch eine starke Wachstumshemmung an den Zähnen bemerklich.

E. Die Abhängigkeit des Wachstums der Zähne von ihrer Funktion.

Schaltet man einen der Schneidezähne des Kaninchens dadurch vom Gebrauch aus, daß man ihn abschneidet, so wird sein Wachstum, genauer sein täglicher Zuwachs, wesentlich beschleunigt, wie dies die Versuche von Wetzel gezeigt haben. Ganz allgemein hat sich aus diesen Versuchen ergeben, daß die Wachstumsgeschwindigkeit des Kaninchenschneidezahns zunimmt, wenn er außer Funktion gesetzt wird, und daß daher auch die Wachstumsregelung durch den Gebrauch der Zähne erfolgt. Zum Schluß seiner Mitteilung (1927) bemerkt Wetzel, „daß das Studium des ganzen Vorganges mit den hier vorgelegten Ergebnissen erst zu einem kleinen Teil durchgeführt ist.“ Es ergab sich daher als Grundlage für meine Versuche von selbst das weitere Studium der Wachstumsregelung durch Vermittlung der Funktion.

Es gibt zwei Möglichkeiten, einen Zahn außer Funktion zu setzen. Man kann ihn durch Absägen so weit kürzen, daß er mit den Gegenzähnen nicht mehr in Berührung kommen kann, oder man verhindert durch geeignete Maßnahmen die Benutzung eines Zahnes, ohne ihn irgendwelchen Eingriffen auszusetzen. Am einfachsten ist dies zunächst dadurch zu erreichen, daß man den zugehörigen Gegenzahn kürzt. Man steht dann aber, wie die Untersuchungen von Wetzel gezeigt haben, vor einem sehr zusammengesetzten Fall und erhält bei Kürzung eines Zahnes für den Gegenzahn wechselnde Ergebnisse, die nicht ganz einfach zu beurteilen sind. Das beruht darauf, daß das Kaninchen den jedesmal nicht gekürzten Schneidezahn mit beiden ihm gegenüberstehenden Zähnen in Berührung bringen kann. Dies geschieht außerdem nicht schematisch in allen Fällen in übereinstimmender Weise, sondern im Einzelfall verschieden. Es werden aber nicht nur die beiden nicht abgesägten Gegenzähne in schwer übersehbarer Weise beansprucht, sondern auch der Nachbar des gekürzten Zahnes wird in einer veränderten Art

und zugleich in verstärktem Grade beansprucht. Daher kann man ihn auch nur mit Vorbehalt als Vergleichsmaßstab für das Verhalten des gekürzten Zahnes benutzen. Am besten erscheint es daher, den Gebrauch der Schneidezähne durch geeignete Vorkehrungen, aber ohne sie zu kürzen, ganz auszuschalten. Ich fand aber hierzu keinen geeigneten Weg, der nicht zugleich aus anderen Gründen mit Bedenken verbunden gewesen wäre. Deswegen wurde als hauptsächlichste Versuchsanordnung die Kürzung beider unterer oder beider oberer Zähne gewählt.

Den Versuchen gingen stets einfache Messungen des täglichen Zuwachses und der Abnutzung sämtlicher 4 Schneidezähne des Versuchstieres als Vorversuch voraus. Die Zuwachszahlen sind bei den einzelnen Tieren verschieden, man bekommt daher auf diese Weise die beste für den Einzelfall geeignete Grundlage zur Beurteilung der Veränderung, die durch den Eingriff verursacht wird.

Daß die Versuche an den gekürzten Zähnen auch noch mit dem Einfluß des Eingriffes selbst, den die Kürzung darstellt, zu rechnen haben, ist von Wetzel schon bemerkt worden. Außerdem war auch noch darauf zu achten, ob das beschleunigte Wachstum, welches die gekürzten Zähne zeigen, noch anhält, wenn die Zähne wieder die normale Länge erreicht haben, aber noch nicht in Gebrauch genommen werden. Es ist theoretisch durchaus denkbar, daß der Zustand, in welchem wieder das normale Verhalten in der Länge eintritt, sich besonders bemerkbar macht. Man kann sich vom teleologischen Standpunkt aus die Möglichkeit denken, daß die Zähne bis zu einer bestimmten typischen Länge schnell vorwachsen und von da ab ihr Verhalten ändern.

In den nachstehend aufgeführten Versuchen kürzte ich einmal beide untere, einmal beide obere Zähne und wiederholte das Kürzen solange, bis die nicht gekürzten Antagonisten eine solche Länge erreicht hatten, daß sie sich nahezu mit den Gegenzähnen berührten. Daß vor diesem Zeitpunkt die Zähne sich nach der Kürzung tatsächlich nicht berühren konnten, geht

aus dem Fehlen etwaiger Schliffazetten auf den Zähnen und dem durch Messung festgestellten Fehlen der Abnutzung an den ungekürzten Zähnen hervor. An diesen blieb der Abstand Marke — Schneidekante unverändert.

5. Übersicht.

Versuche mit Kürzung unterer Zähne.

Dauer	Täglicher Zuwachs und tägliche Abnutzung								Länge der Zähne			
	unten				oben				unten		oben	
	links		rechts		links		rechts		links	rechts	links	rechts
	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.				
Vers.-Nr. XIX, 1½ Jahre alter Bock, Vers.-Dauer vom 11. 10. bis 3. 11. 27. 2650												
4 Tage	0,71		0,73				0,33	0,10	1,60	2,79		
4 "	1,08		0,76				0,33	0,05	4,44	5,70		
2 "	1,09		0,57				0,33	0,09	6,28	5,62		
3 "	0,78		0,73				0,25	0,07	3,60	2,26		
3 "	0,58		0,60				0,14	0,12	3,44	4,44		
					Okklusion!							
7 "	0,00		0,24				0,11	0,15	3,42	3,52		
Vers.-Nr. XXI 1½ Jahre altes Weibchen, Vers.-Dauer vom 3. 12. bis 17. 12. 3100												
2 Tage					0,37		0,25		1,49	2,37		
3 "	0,66		0,87		0,41		0,46		2,71	2,54	9,25	
2 "	0,56		0,65		0,41		0,33		4,69	5,15	10,55	
2 "	0,56		0,70		0,33		0,23		1,99	3,02	11,15	
2 "	0,66		0,36		0,24	0,07	0,22		3,10	4,42	11,90	
					nach einem Tag Okklusion!							
3 "	0,35	0,03	0,45	0,06	1,13	0,56	1,02	0,40	4,42	5,14	12,24	
Vers.-Nr. XXII 1½ Jahre altes Weibchen, Vers.-Dauer vom 3. 12. bis 17. 12. 2800												
2 Tage	0,49	0,0	0,65	0,0	0,31	0,0	0,29	0,0	1,81	2,55		
3 "	0,56	0,0	0,72	0,0	0,28	0,02	0,21	0,01	2,79	3,85	8,12	
2 "	0,76	0,0	0,90	0,0	0,44	0,0	0,36	0,0	3,18	6,02	8,91	
2 "	1,15	0,0	1,00	0,0	0,14	0,04	0,27	0,06	3,24	4,88	9,85	
					beginnende Okklusion!							
2 "					0,05	0,03	0,05	0,29	5,54	6,88	10,05	
3 "	0,59	0,46	0,23	0,32	0,19	0,30	0,13	0,19	6,14	6,26	10,10	
									6,54	6,00	9,78	

er	Täglicher Zuwachs und tägliche Abnutzung								Länge der Zähne			
	unten				oben				unten		oben	
	links		rechts		links		rechts		links	rechts	links	rechts
	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	links	rechts	links	rechts
Vers.-Nr. XXVII, 7 $\frac{1}{2}$ Monate altes Weibchen, Vers.-Dauer									3. 4.	bis 4. 5.	2500 g.	
ge	0,63	0,0	0,78	0,0	0,36	0,0	0,35	0,0	4,03	4,06	9,15	8,84
	0,82	0,0	0,81	0,0	0,36	0,0	0,36	0,0	3,54	4,22	9,36	9,58
	0,72	0,0	0,72	0,0	0,33	0,0	0,38	0,0	4,85	3,57	11,02	11,32
	Okklusion!											
	0,41	0,27	0,73	0,05	0,13	0,28	0,25	0,41	5,26	5,73	10,56	10,84
	0,47	0,25	0,48	0,17	0,16	0,22	0,08	0,26	5,92	5,65	10,40	10,39
	0,55	0,25	0,50	0,20	0,02	0,56	0,12	0,50	6,82	7,54	8,78	9,15
	0,39	0,29	0,35	0,32	0,31	0,34	0,29	0,35	7,22	7,62	8,68	8,90
	0,42	0,38	0,43	0,38	0,13	0,34	0,20	0,39	7,42	7,86	7,82	8,18
	etwa normale Zahnlängen erreicht!											
	0,46	0,34	0,43	0,42	0,37	0,15	0,39	0,37	7,90	7,90	8,71	8,32
	0,48	0,70	0,49	0,30	0,40	0,50	0,20	0,42	7,24	8,46	8,38	7,66

6. Übersicht.

Versuche mit Kürzung oberer Zähne.

er	Täglicher Zuwachs und tägliche Abnutzung								Länge der Zähne			
	unten				oben				unten		oben	
	links		rechts		links		rechts		links	rechts	links	rechts
	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	links	rechts	links	rechts
Vers.-Nr. XXV, 7 $\frac{1}{2}$ Monate altes Weibchen, Vers.-Dauer									12. 3.	bis 7. 5.	2450 g.	
ge	0,36	0,0	0,38	0,0	0,75	0,0	0,43	0,0	7,79	7,87	3,04	3,18
	0,54	0,0	0,54	0,0	0,46	0,0	0,79	0,0	8,45	8,57	4,44	3,97
	0,60	0,0	0,55	0,0	0,60	0,0	0,58	0,0	9,59	9,65	2,04	1,00
	0,60	0,0	0,55	0,0	0,60	0,0	0,58	0,0	10,21	10,26	3,52	3,20
	0,53	0,0	0,53	0,0	0,65	0,0	0,81	0,16	11,22	11,29	1,76	2,72
	beginnende Okklusion!											
	0,11	0,10	0,12	0,11	0,48	0,0	0,37	0,09	11,26	11,33	3,28	3,58
	0,30	0,32	0,22	0,40	0,38	0,0	0,42	0,0	11,23	10,98	4,09	4,58
	0,15	0,39	0,08	0,27	0,37	0,05	0,38	0,02	10,75	10,65	4,72	5,12
	0,08	0,36	0,10	0,27	0,28	0,02	0,35	0,11	10,19	10,26	5,24	5,60
	0,20	0,29	0,13	0,35	0,39	0,12	0,33	0,09	9,94	9,60	6,06	6,32
	0,07	0,32	0,09	0,33	0,25	0,17	0,19	0,13	9,20	8,87	6,30	6,48
	0,30	0,19	0,23	0,13	0,25	0,15	0,22	0,06	9,22	9,08	6,51	6,81

Dauer	Täglicher Zuwachs und tägliche Abnutzung								Länge der Zähne			
	unten				oben				unten		oben	
	links		rechts		links		rechts		links	rechts	links	rechts
	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.	Zuw.	Abn.				
3 Tage	0,29	0,32	0,27	0,32	0,25	0,20	0,25	0,18	9,07	8,87	6,76	7,07
3 "	0,04	0,21	0,22	0,28	0,16	0,07	0,15	0,14	8,58	8,69	7,04	7,07
etwa Ausgleich, vor 14 Tagen belegt												
3 "	0,43	0,15	0,35	0,24	0,21	0,11	0,18	0,09	9,32	9,04	7,36	7,07
3 "	0,19	0,19	0,28	0,27	0,11	0,16	0,15	0,13	9,30	9,09	7,19	7,07
4 "	0,18	0,09	0,40	0,29	0,22	0,18	0,0	0,15	9,66	9,52	7,34	7,07
4 "	0,07	0,23	0,41	0,26	0,20	0,28	0,49	0,35	0,02	10,12	7,01	7,07
geworfen												
10 "	0,22	0,20	0,20	0,30	0,21	0,21	0,24	0,23	9,24	9,20	7,02	7,07
Vers.-Nr. XXVI, 7½ Monate alter Bock, Vers.-Dauer 12. 3. bis 4. 5. 2650 g.												
2 Tage	0,33	0,0	0,35	0,0	0,57	0,0	0,38	0,0	9,34	8,89	3,65	3,65
2 "	0,65	0,0	0,65	0,0	0,66	0,0	0,55	0,0	10,58	10,20	1,50	2,65
1 "	0,29	0,0	0,27	0,0	1,15	0,0	0,98	0,0	10,77	10,45	3,65	3,65
2 "	0,43	0,0	0,41	0,0	0,67	0,0	0,77	0,0	11,63	11,18	3,07	2,65
Okklusion beginnend												
3 "	0,12	0,14	0,09	0,20	0,36	0,0	0,41	0,0	11,47	10,85	3,92	3,65
2 "	0,13	0,27	0,20	0,25	0,36	0,15	0,36	0,0	11,20	10,75	3,35	3,65
2 "	0,21	0,34	0,16	0,33	0,30	0,09	0,24	0,03	10,94	10,42	4,76	4,65
unterer rechter Zahn gekürzt!												
2 "	0,13	0,33	0,59	0,0	0,33	0,08	0,30	0,02	10,55	6,27	5,26	4,65
3 "	0,19	0,57	0,57	0,0	0,25	0,11	0,32	0,0	9,42	7,97	5,69	5,65
3 "	0,21	0,25	0,66	0,0	0,26	0,0	0,28	0,0	9,28	6,29	6,76	6,65
2 "	0,29	0,27	0,43	0,02	0,20	0,13	0,25	0,0	9,32	7,20	6,70	7,65
5 "	0,26	0,34	0,64	0,0	0,24	0,18	0,26	0,06	8,94	6,11	6,98	8,65
3 "	0,17	0,31	0,49	0,10	0,23	0,19	0,15	0,33	8,84	7,27	7,08	7,65
3 "	0,28	0,25	0,15	0,0	0,09	0,09	0,10	0,32	8,92	7,77	7,07	7,65
3 "	0,38	0,32	0,37	0,28	0,21	0,22	0,13	0,24	9,12	8,02	7,04	6,65
4 "	0,49	0,16	0,25	0,05	0,15	0,24	0,12	0,21	10,44	8,84	6,68	6,65
4 "	0,17	0,32	0,13	0,07	0,19	0,18	0,18	0,16	9,82	9,10	6,72	6,65
4 "	0,22	0,26	0,20	0,13	0,19	0,18	0,20	0,24	9,64	9,37	6,72	6,65
3 "	0,19	0,25	0,14	0,18	0,24	0,27	0,31	0,23	9,44	9,26	6,64	6,65

Ich stelle nun aus den Aufzeichnungen beider Versuchsanordnungen folgende Übersichten zusammen. Die Zuwachszahlen stellen für jedes Tier und für jeden Kiefer den Durch-

schnitt aus den Zahlen für je beide nebeneinanderstehenden Zähne vor.

7. Übersicht.

Durchschnittlicher täglicher Zuwachs nicht artikulierender Schneidezähne.

Zuwachs bei ausgeschalteter Artikulation durch Kürzung der Zähne selbst				Zuwachs bei ausgesetzter Artikulation durch Kürzung der Gegenzähne			
Versuchs-Nr.	Beob.-Dauer	Zuwachs		Versuchs-Nr.	Beob.-Dauer	Zuwachs	
		vor dem Eingr.	nach Kürzg.			vor dem Eingr.	nach Kürzg.
A. für untere Zähne							
IX	16 Tage	0,30	0,77	XXV	7 Tage	0,30	0,50
XI	11 Tage	0,28	0,63	XXVI	7 Tage	0,31	0,42
XII	9 Tage	0,31	0,78				
XXVII	10 Tage	(0,42) 0,31*)	0,75				
B. für obere Zähne							
XXV	7 Tage	0,21	0,63	XIX	16 Tage	0,21	0,25
XXVI	7 Tage	0,23	0,71	XXI	16 Tage	0,22	0,32
				XXII	9 Tage	0,33	0,29
				XXVII	10 Tage	0,27	0,35

Ich berechne nun die Wachstumssteigerung in den einzelnen Versuchen auf den Hundertsatz der Wachstumszahlen für denselben Zahn beziehungsweise dasselbe Zahnpaar vor der Kürzung (s. Wetzel 1927, Seite 464).

8. Übersicht.

Wachstumssteigerung infolge von Nichtgebrauch.

Vers.-Nr.	gekürzter	ungekürzter	Vers.-Nr.	gekürzter	ungekürzter
	nicht artikulierender Zahn	unten		nicht artikulierender Zahn	oben
IX	254		XXV	276	
XV		165	XXVI	312	
XVI		134	XIX		118
XII	250		XXI		144
XXVII	(172) 240*)		XXVII		133

*) Anm.: In diesem Versuch (XXVII) war der Zahn zufällig abgebrochen, dies kann beim Vorrücken der Marken in die Nähe der Schneide leicht geschehen. In der dann darauf folgenden Zeit ergaben

Das Hauptergebnis ist zunächst die Tatsachenbestätigung, das die nicht artikulierenden, nicht in Funktion befindlichen Zähne eine sehr erheblich gesteigerte tägliche Zuwachsgeschwindigkeit aufweisen. Sie ist im Hundertsatz, auf den Zuwachs desselben Zahns bei gewöhnlichem Verhalten des Gebisses bezogen, um 50 bis 150 Hundertstel des normalen täglichen Zuwachses vermehrt. „Die Wachstumsgeschwindigkeit der Kaninchenschneidezähne wird durch den Wegfall des funktionellen Reizes auf die Zähne beschleunigt, durch die Beanspruchung der Gebisstätigkeit dagegen verlangsamt“ (Wetzel).

Der Grad der Zuwachssteigerung ist, wie man aus den Übersichten ersieht, verschieden und es fragt sich, von welchen Umständen er abhängt.

Für die verschiedenen Versuchsbedingungen, unter denen die Zähne außer Gebrauch gesetzt waren, und deren Studium meine Hauptaufgabe bildete, ließen sich in der Tat die einzelnen Umstände ermitteln, welche die Wachstumsgeschwindigkeit bestimmen.

Wurden die unteren Zähne gekürzt, so betrug die Vermehrung ihres täglichen Zuwachses 140 bis 154 Hundertstel des Zuwachses vor dem Eingriff. Die Vermehrung betrug aber nur 34 bis 65 Hundertstel, wenn die Zähne (durch Kürzung der oberen) ohne einen Eingriff an ihnen selbst außer Gebrauch gesetzt waren. Wurden die oberen Zähne gekürzt, so betrug die entsprechenden Zahlen nach der Kürzung 176 bis 212 und bei Aufhebung der Benutzung durch Kürzung der beiden unteren Zähne 18 bis 44. Die Wachstumsbeschleunigung ist also bedeutender, wenn zu der Aussetzung des Gebrauchs noch die Kürzung hinzukommt. Ehe ich dies näher bespreche, möchte ich vorweg noch das verschiedene Verhalten der oberen und unteren Zähne berühren.

sich zu hohe Wachstumswahlen, wie stets bei gekürzten Zähnen. Mit diesen während des Zustandes der Kürzung erhaltenen Zahlen ergaben sich 0,42 mm täglicher Zuwachs, ohne diese 0,31. Ich halte die letzte Zahl, aus der sich ein prozentualer Zuwachs von 240 ergibt, für die zutreffende. Die andere Zahl setze ich in Klammern.

Wenn wir die gekürzten oberen Zähne mit gekürzten unteren vergleichen, so finden wir die Zuwachserhöhung bei den oberen Zähnen bedeutender als bei den unteren Zähnen; nämlich oben 276 bis 312% und unten 240 bis 254%. Umgekehrt ist es, wenn man die ohne Eingriff vom Gebrauch ausgeschalteten oberen und unteren Zähne vergleicht. Hier überwiegen die Zuwachszahlen der unteren Zähne mit 134 und 165 gegenüber den oberen mit 118, 133, 144%.

Es ist also beim gewöhnlichen Gebrauch des Gebisses der Zuwachs der unteren Zähne, wie aus dem vorigen Abschnitt hervorgeht, etwas größer als der der oberen. Das Gleiche, also das Überwiegen bei den unteren Zähnen ist auch der Fall, wenn die Zähne ohne einen Eingriff an ihnen außer Gebrauch gesetzt sind. Auch erscheint der Unterschied nicht gesteigert gegenüber dem für gewöhnlich bestehenden Unterschiede. Für den Fall also, daß die Zähne ohne Kürzung dem Gebrauch entzogen sind, verhalten sich obere und untere Zähne im Verhältnis ihrer Wachstumsgeschwindigkeit, genau wie beim gewöhnlichen Gebrauch. Das Verhältnis kehrt sich aber um, wenn das Verhalten der gekürzten oberen und unteren Zähne miteinander verglichen wird. Jetzt ist umgekehrt der Zuwachs bei den oberen Zähnen weit bedeutender als bei den unteren. Eine sichere ursächliche Begründung für dieses Verhalten habe ich nicht finden können. Jedoch steht die Tatsache fest, daß die Wachstumstendenz der oberen Zähne im unbenutzten und gekürzten Zustande eine bedeutendere Steigerung erfährt als die unteren unter den gleichen Verhältnissen.

Man könnte daran denken, daß dieser Unterschied darauf beruht, daß für die gekürzten unteren Zähne immer noch eher eine Möglichkeit des Gebrauches besteht als für die gekürzten oberen, und daß deshalb die unteren Zähne etwas langsamer nachwachsen. Die Annahme läßt sich aber durch die Beobachtung in keiner Weise begründen; dagegen spricht nämlich:

1. daß keine Abnutzungsflächen an den Zähnen festgestellt werden konnten;

2. daß ich nicht beobachtet habe, soweit dies möglich war, daß das Tier die Zähne gebraucht hätte;
3. die Papille des Zahnfleisches ragte bei den Versuchen noch über die Fläche der gekürzten Zähne hervor. Die Schmerzhaftigkeit, die beim Versuch der Benutzung auftreten mußte, spricht ebenfalls gegen die Annahme, daß das Tier die Zähne gebraucht habe.

Auch Beschädigungen oder pathologische Zustände, die auf Quetschung schließen lassen könnten, habe ich nicht an der Papille gesehen.

Worin nun die Ursache des schnelleren Wachstums der oberen Zähne im gekürzten und funktionslosen Zustande beruht, läßt sich vorläufig noch nicht sagen. Jedenfalls zeigt sich darin wieder eine grundlegende Verschiedenheit in den Einrichtungen der oberen und unteren Zähne.

In diesem Zusammenhange erscheint es wichtig, daß nach Matsuda bei der Ratte der obere Schneidezahn eine andere chemische Zusammensetzung als der untere besitzt. Asche, Calcium und Phosphor sind anteilig in größerer Menge im unteren Schneidezahn enthalten. Auch besitzt die Asche des unteren Zahnes einen anteilig höheren Calciumgehalt und einen niedrigeren anteiligen Magnesiumgehalt als die des oberen. Ich begnüge mich mit der Erwähnung dieser Tatsache, ohne auf eine hypothetische Erörterung eines möglichen Zusammenhanges zwischen dem biologischen und dem chemischen Verhalten der oberen und der unteren Zähne einzugehen.

Die beiden wichtigsten Bedingungen, unter denen ich das Wachstum der außer Gebrauch gesetzten Zähne studiert habe, sind die passive Außergebrauchsetzung der Zähne ohne weiteren Eingriff und die Gebrauchsaufhebung durch Kürzung. Das Ergebnis zeigt, daß unter jeder der beiden Bedingungen die Wachstumssteigerung verschieden ist; ohne besonderen Eingriff ist sie erheblich geringer als nach dem Absägen. Dies erlaubt uns zu sagen, daß die einfache Ausschaltung aus der Artikulation nicht zur Auslösung der vollen möglichen Wachs-

tumssteigerung genügt. Würde die Verhinderung der Funktion des Zahnes allein das wirksame Moment vorstellen, so dürfte der gekürzte obere Zahn auch nicht schneller nachwachsen als der ungekürzte außer Gebrauch gesetzte.

Es gelingt also bei dieser Versuchsanordnung, den Einfluß der reinen Funktionslosigkeit ohne jede Vermischung mit anderen Faktoren zu erkennen. Er besteht in einer starken Beschleunigung der Zuwachsgeschwindigkeit.

Da eine noch weitere Erhöhung dieser Geschwindigkeit an den abgesägten Zähnen eintritt, so bleibt zunächst noch zu untersuchen, welchen Einfluß der Reiz des Absägens selbst hat. Wetzel glaubte nach seinen Versuchen, einen Einfluß, wenigstens einen bemerkbaren Einfluß mechanischer und chemischer Reize, die das Dentin treffen, verneinen zu sollen. Ich möchte mich dieser Auffassung im allgemeinen anschließen, denn wenn der Eingriff des Absägens als wachstumsfördernder Reiz in Frage käme, müßte die Wachstumszunahme besonders in den Tagen nach der Kürzung hervortreten und bei Messungen, denen keine Kürzung unmittelbar vorherging, eine geringere Zunahme zu bemerken gewesen sein. Beides war auch bei meinen Messungen nicht der Fall, sondern im Gegenteil ist bei fast allen Versuchen an den Tagen nach den Kürzungen eher eine geringere Wachstumszunahme festzustellen. Scheint es also hiernach vielmehr, daß der Reiz des Eingriffs eher eine hemmende Wirkung auf die Wachstumszunahme der Zähne ausübt, wenigstens aber keine beschleunigende, so ist nach einer anderen Deutung für das schnellere Wachstum nicht gebrauchter und zugleich gekürzter Zähne zu suchen. Experimentelle Beweise für die Wirkung bestimmter, nach der Kürzung von Zähnen eine besondere Wachstumssteigerung auslösender Faktoren sind nach meinen Versuchen noch nicht zu erbringen; wir müssen uns mit der Feststellung des Vorhandenseins begnügen und damit, daß sie in den bisherigen Versuchsbedingungen zwar enthalten sind, aber noch nicht aus ihnen herausgesondert werden können. Ich vermute jedoch

folgendes: Wenn ich bedenke, daß die Zahnpulpa beim erwachsenen, unbeeinflussten Tier den in der Alveole steckenden Teil des Zahnes nicht mehr überragt und also gegen Reize jeder Art, soweit sie nicht mechanischer Art sind, durch die sehr starke Dentinschicht des ganzen über dem Zahnfleisch befindlichen Teiles des Zahnes geschützt ist, diese Schutzwand aber durch das Absägen bis auf einen im Verhältnis zu der früheren Stärke außerordentlich schwachen Teil entfernt ist und durch die Dentinkanälchen die Pulpa allen mechanischen, thermischen und chemischen Reizen ausgesetzt ist, so ist verständlich, daß die Gewebe von einem stärkeren Wachstumsreiz getroffen werden und dadurch das vermehrte Wachstum des Zahnes veranlaßt wird.

Eine Bestätigung für die genannte Annahme würde sich finden können, wenn nach Erreichung einer gewissen Stärke der Dentinschicht, also nach Erreichung einer gewissen Länge, die etwa der vorher normalen Länge entsprechen würde, die Wachstumsgeschwindigkeit nachlassen würde. Der Eintritt einer solchen Abnahme hat sich aber nicht feststellen lassen. — Oben ist schon vom teleologischen Standpunkte aus die Frage aufgeworfen worden, ob die Wachstumsgeschwindigkeit bei Erreichung der typischen gewöhnlichen Länge des Zahnes nachläßt. Die Antwort auch auf diese Fragestellung fällt also ebenfalls negativ aus.

Die weitere Aufgabe zur Lösung der Wachstumsprobleme des Kaninchenzahnes muß jetzt die Zerlegung der gesamten Gebißtätigkeit des Kaninchens in ihre einzelnen Faktoren und die experimentelle Prüfung ihrer Einzelwirkungen sein. Hierzu konnte ich bisher keine weiteren Versuche ausführen.

F. Regelung der Lage der Okklusionsebene und der Zahnlänge nach den experimentellen Eingriffen.

In den Versuchen mit fortgesetzter Kürzung der beiden unteren Zähne erhalten wir am Schluß ein Gebiß mit zu langen

oberen und zu kurzen unteren Zähnen. Die freie Fläche der unteren Schneidezähne liegt zu tief und steht nicht im richtigen Lageverhältnis zu der Okklusionsebene der Mahlzähne.

Das Umgekehrte geschieht in den Versuchen mit länger fortgesetzter Kürzung der beiden oberen Schneidezähne bei unbehindertem Wachstum der unteren. Die Schneidekante der unteren Zähne liegt jetzt zu weit palatinal gegenüber dem normalen Zustande, also zu hoch, und die oberen Zähne sind zu kurz.

Eine solche abnorme Zahnlänge oder Zahnkurze der oberen oder der unteren Schneidezähne wird für gewöhnlich durch das Abschleifen der Zähne gegeneinander vermieden.

Beim gewöhnlichen Biß werden die unteren Nagezähne mit ihrer harten labialen Schmelzkante gegen die palatinale Kante der Endfläche bzw. Schneide der oberen Zähne gestoßen und schaben von dort aus schräg nach dem Gaumen zu das Dentin ab, dadurch entsteht eine abgeschrägte Fläche, deren Längsschnitt einer halben Parabel im groben ähnelt; aber auch die unteren Zähne werden geschliffen, und zwar so, daß sie vorgeschoben und labialwärts von den oberen Zähnen an deren Schmelzkante entlang nach oben geführt werden. Sie werden dadurch von der scharfen Schmelzkante aus schräg nach dem Mundboden zu abgeschliffen. Die linguale Schlifffläche der unteren Zähne ergibt im Mittelschnitt etwa eine gerade Linie.

Wir kommen jetzt zu den Regelungsvorgängen an den Gebissen mit künstlich zu langen oberen oder unteren Zähnen und den entsprechend zu kurzen Antagonisten, sowie zu den Vorgängen, die in den Fällen auftreten, in denen die Schneidekanten der Zähne sich infolge des Versuchs asymmetrisch gestalteten oder in denen sie bei vorhandener Symmetrie auf andere Weise von dem gewöhnlichen einfachen, geradlinigen und ebenen Verlauf abweichen.

Ich befasse mich zunächst mit den letztgenannten Vorgängen und bringe nachstehend die Beobachtungen aus drei

Versuchen, wobei ich nur die für diese Punkte wichtigen Perioden aus dem ganzen längeren Versuchsverlauf herausgreife.

Versuch XV. Kürzung beider unteren Zähne. Beobachtungen aus der letzten Versuchsperiode, in der die Zähne zur Regelung sich selbst überlassen waren.

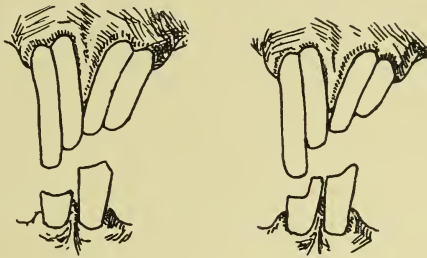


Abbild. 1.

Bei der letzten Kürzung beider unteren Zähne war der rechte untere etwas tiefer abgeschnitten als der linke. Nach zwei Tagen war die gemeinsame Kauebene der unteren Zähne so abgeschliffen, daß die distale Kante des kürzeren Zahns gerade schon in der Flucht der übrigen Kaufläche, die Schlifffazetten zeigte, lag. Die oberen Zähne hatten sich gleichfalls verschieden abgenutzt, der linke obere stärker, der rechte obere geringer. Er stand nicht ganz in Okklusion, da er dem zu kurzen unteren gegenüberstand. Schlifffazetten zeigten die mesiale Hälfte der Kaufläche, des rechten oberen und die ganze Kaufläche des linken oberen Schneidezahns. Die gemeinsame Ebene der Schneidekanten war noch nach dem rechten unteren Zahn geneigt. Nach etwa 5 Tagen war wieder eine horizontale Okklusionsebene erreicht.

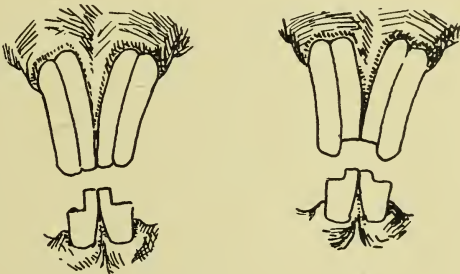
Versuch XXVI. Zu Beginn des Versuches wurde der rechte untere Schneidezahn gekürzt. Es zeigte sich nach wenigen Tagen ein stärkeres Wachstum dieses Zahnes und auch seines Antagonisten, die sich beide entgegenwuchsen. Die distale Hälfte der Kaufläche des linken oberen Zahnes wurde stärker abgenutzt, desgleichen die mesiale Hälfte des rechten oberen, dessen distale Hälfte keine Abnutzung zeigte. Nach nochmaliger Kürzung des rechten unteren folgte nach 5 Tagen, wie das Bild zeigt, der Verlauf der Okklusionsebene der beiden oberen Zähne noch ausgesprochener dem der gemeinsamen Schneidekante an den unteren Zähnen. Nach einem weiteren Tage berührten sich alle vier Zähne mit ihrer

ganzen Fläche. Nach etwa 14 Tagen war die Okklusionsebene wieder horizontal geworden.



Abbild. 2.

Versuch XXIV. Es waren beide unteren Zähne abgesägt worden, jedoch bei beiden mesial eine Kante stehen geblieben, das größere Stück beim Absägen ausgebrochen. Nach 7 Tagen war an den unteren Zähnen von den vorstehenden Kanten etwa die Hälfte abgeschliffen und an den oberen Zähnen die beiden mesialen Hälften der Kaufläche stärker abgenutzt. Die Zähne okkludierten mit allen Teilen, jedoch in einer nach oben stark ausgebuchteten Fläche. Nach etwa acht Tagen war wieder die horizontale Okklusionsebene erreicht.



Abbild. 3 und 4.

Fasse ich das Gemeinsame in diesen Fällen zusammen, so lassen Beobachtungen und Skizzen erkennen, daß zunächst das Bestreben besteht, zu einer Berührung aller Zähne über-

haupt, also zu einer vollständigen Okklusion zu kommen, ganz gleich auf welcher Ebene und mit welchem Schneidenverlauf. Jeder Zahn wächst vor, bzw. verlängert sich im Ganzen oder nur zum Teil, wenn er seinen Gegenzahn nicht oder nur zum Teil berührt. Auf diese Weise wird ein vom Normalen abweichender Schneidenverlauf nach kurzer Zeit von den Antagonisten genau kopiert.

Es ist dies der erste Teil der Regelungsvorgänge, in dem die mit einander in Berührung stehenden Teile der Zähne stärker abgenutzt werden, da der für gewöhnlich von der ganzen Kaukante aufgenommene Kaudruck jetzt von einem Bruchteil dieser Fläche getragen wird, die Abnutzung kann daher auch nur an dieser Stelle erfolgen. Die nicht in Berührung stehenden Teile können nicht abgenutzt werden und wachsen, wenn es sich um ganze Zähne handelt, schneller nach, bis sie ihren Antagonisten erreicht haben.

Im weiteren Verlauf gehen dann zwei Vorgänge eine Zeitlang nebeneinander her: Die Herstellung einer gemeinsamen horizontalen Schneidekante oben und unten und der Längenausgleich.

Ich schildere zunächst wieder die Regelungsvorgänge an Hand der einzelnen Fälle. Es ist jetzt ausschließlich die Schlußperiode der einzelnen Kürzungsversuche, um die es sich handelt. Im übrigen gebe ich kurz den Zweck des Versuchs an. Es folgen zunächst nur Versuche mit Kürzung beider unterer Zähne.

Versuch XXII. Es handelt sich um das Schlußstadium eines Versuches mit Kürzung beider unteren Zähne. Nach der letzten Kürzung war in wenigen Tagen das erste Stadium der Regelung, die Erreichung der Okklusion aller vier Zähne vollendet. Am 12. 12. war die Okklusionsebene mit zu kurzem linken unteren und zu langem linken oberen Zahn treppenförmig. Nach zwei Tagen war der zu kurze linke untere 0,60 mm länger, sein vorher im Verhältnis zu ihm zu langer Nachbar in derselben Zeit um 0,60 mm kürzer geworden. Die über normal lang gewordenen oberen Zähne, die bis vor zwei

Tagen noch nicht mit den unteren in Berührung gestanden hatten, zeigten beide nur einen Zuwachs von 0,05 mm täglich. Die Abnutzung war ungleich. Der dem längeren unteren gegenüberstehende Zahn ist täglich um 0,29 mm, der dem kürzeren unteren gegenüberstehende nur um 0,03 mm täglich abgenutzt worden. In den folgenden drei Tagen zeigt der kurze linke untere einen täglichen Zuwachs von 0,59 mm, der längere rechte einen solchen von nur 0,23. Die Abnutzung ist mit 0,46 und 0,32 auch stark erhöht, was sich aber erklärt, da die Stümpfe der unteren Zähne erst für die für ihre Funktion erforderliche Form zugeschliffen werden müssen. Die oberen Zähne zeigen beide ein gemindertes Wachstum mit 0,19 und 0,14 mm täglichem Durchschnitt, jedoch eine das Wachstum jeweils um etwa 50% übersteigende Abnutzung von 0,30 und 0,19 täglich. Leider mußte der Versuch hier abgebrochen werden.

Versuch XXVII. Schlußstadium eines Versuchs mit Kürzung beider unterer Zähne. Nach der letzten Kürzung waren beide Zähne etwa gleich lang und waren einige Tage darauf in Berührung miteinander. Die oberen Zähne sind jetzt (11. 4.) 3,0 bis 3,5 mm länger, als ihre mittlere Länge bei Beginn des Versuches (vor der ersten Kürzung) betrug. Nach zwei Tagen sind sie 0,5 mm, nach weiteren 6 Tagen (19. 4.) um weitere 1,5 mm und nach weiteren 8 Tagen (27. 4.) um einen weiteren Millimeter kürzer geworden. Die Länge der unteren Zähne hatte zu den entsprechenden Zeitpunkten um 0,4, um 1,6 und um 0,6 zugenommen. Im ganzen sind daher in 16 Tagen die oberen Zähne um fast 3 mm kürzer, die unteren um 2,6 mm länger geworden. Die Abnahme der Längen der oberen Zähne ist das Ergebnis aus einer Wachstumszunahme von 2,72 mm und einer Abnutzung von 5,92 mm. Die tägliche Abnutzung betrug im Durchschnitt 0,37 mm gegenüber einem Durchschnitt von 0,27 mm im Vorversuch. Der tägliche durchschnittliche Zuwachs betrug 0,17 gegenüber einem Zuwachs von 0,27 mm im Vorversuch. Die Längenzunahme der unteren Zähne ist

das Ergebnis aus einer Wachstumszunahme von 7,52 mm und einer Abnutzung von 4,0 mm. Der tägliche durchschnittliche Zuwachs betrug 0,47 gegenüber einem Zuwachs von 0,42 im Vorversuch; die tägliche durchschnittliche Abnutzung betrug 0,25 gegenüber 0,46 im Vorversuch. Die Längenabnahme der oberen Zähne beruht also auf einem stark verminderten Zuwachs und einer ebenfalls, aber nicht im gleichen Maße vermehrten Abnutzung. Die Längenzunahme der unteren Zähne beruht dagegen auf einer sehr stark verminderten Abnutzung bei nur wenig gesteigertem Zuwachs. Nach den für 16 Tage geschilderten Veränderungen war die Länge im Vorversuch für die oberen und unteren Zähne nahezu erreicht. Die Bißebene hatte also wieder die alte Höhe. Dies ist in den Versuchen meist nicht der Fall.

Es folgen nunmehr die Versuche mit Kürzung beider oberer Zähne.

Versuch XXV. Beide oberen Zähne waren gekürzt worden; nach der letzten Kürzung war in einigen Tagen der Anschluß der Zähne aneinander erreicht und es begann die reine Längenregelung. Die oberen Zähne waren 4 Tage nach erreichter Okklusion um 1,5 mm, nach weiteren 5 Tagen um 1,3 mm, nach weiteren 10 Tagen noch um 0,75 mm länger geworden. Die unteren Zähne zeigten an den entsprechenden Zeitpunkten eine Abnahme von 0,6, von 0,1 (links), 1,75 (rechts) und von 0,8 links, 0,9 rechts. Auf diesem Stadium blieb die Regelung stehen, der alte Zustand wurde nicht erreicht, die Bißebene lag jetzt höher. Dieser Zustand war mit 19 Tagen von der Erreichung der Okklusion ab gerechnet, erreicht. Das Tier wurde noch weitere 14 Tage beobachtet, ohne daß eine Veränderung bemerkt wurde.

Da ich die Verfolgung der endgültigen Regelung erst am Ende meiner Untersuchungen aufnahm und sie natürlich sehr lange Zeit beansprucht, so habe ich nur in den angeführten zwei Fällen die Endregelung der Länge genauer verfolgt. Ich kann daher nur das zusammenfassen, was sich aus diesen beiden Versuchen ergibt.

Die im Anschluß an die wieder eingetretene Okklusion beginnende Längenregelung der oberen und der unteren Zähne erreichte ihr Endstadium in dem Falle, in dem beide oberen Zähne gekürzt wurden, nach 19 Tagen, in dem anderen Falle, nach Kürzung der unteren Zähne nach 16 Tagen. Infolge der Kürzung entweder beider unterer oder beider oberer Zähne sind im Augenblick des Wiedereintretens der Okklusion im ersten Falle die oberen zu lang und die unteren zu kurz. Die Berührungsebene liegt also zu tief gegenüber dem normalen Verhalten. Im zweiten Falle, nach Kürzung der oberen Zähne, sind bei Wiedereintritt der Okklusion umgekehrt die unteren Zähne zu lang die oberen zu kurz und die Berührungsebene liegt gegenüber dem normalen Verhalten zu hoch.

Die Längenregelung selbst, die man auch als Regelung der Lage der Okklusionsebene bezeichnen kann, besteht darin, daß jedesmal die zu langen Zähne, also einmal die oberen, das andere Mal die unteren kürzer werden, die jeweiligen zu kurzen dagegen länger. Das Kürzer- und das Längerwerden bei dieser Regelung wird durch Veränderung des Zuwachses und der Abnutzung erreicht. Das Kürzerwerden der oberen Zähne (in den Versuchen mit wiederholter Kürzung der unteren Zähne) ist das Ergebnis einer geringeren Wachstumszunahme und einer erheblich gesteigerten Abnutzung. Die entsprechende Zunahme der Länge der unteren Zähne beruht dagegen auf stark herabgesetzter Abnutzung und wenig gesteigertem Zuwachs.

Das Kürzerwerden der unteren Zähne (in den Versuchen mit wiederholter Kürzung der oberen Zähne) kommt durch geringere Abnutzung und einen etwas vermehrten täglichen Zuwachs zustande.

Die Längenzunahme bei der Längenregelung der zu kurzen Zähne geht zuerst rasch vor sich, dann immer langsamer. Auch das Kürzerwerden verläuft zuerst rasch und wird dann immer langsamer. Die Wiederherstellung der ursprünglichen Höhe der Okklusionsebene wird anscheinend nicht immer erreicht.

Bei der endgültigen Längenregelung kommt es zur Ausbildung eigentümlicher, sonst nicht vorkommender Schliefflächen an den Zähnen, auch die Schneidekante nimmt vorübergehend eigenartige Formen an. Das Entstehen dieser Flächen konnte ich noch nicht hinreichend verfolgen.

Zusammenfassung.

1. Die oberen Schneidezähne des Kaninchens fand ich in der Regel und auf verschiedenen Altersstufen ein wenig länger als die unteren. Die Ausnahmen siehe in der 2. Übersicht. Die unteren Zähne zeigen beständig einen stärkeren Zuwachs als die oberen Zähne.
2. Die Zahnlänge, d. h. die Länge des über das Zahnfleisch herausragenden Teiles des Zahnes, also die Länge der Krone, ist mit etwa $7\frac{1}{2}$ Monaten gegenüber der Länge mit drei bis vier Wochen verdoppelt. Sie nimmt mit dem Wachstum der Tiere noch weiter zu.
3. Die Wachstumsgeschwindigkeit (der tägliche Wachstumszuwachs) ist beim Kaninchen in der Wachstumsperiode höher als später bei den ausgewachsenen Tieren. Die niedrigen Werte für diese sind von einem Alter von $7\frac{1}{2}$ Monaten ab erkennbar. Innerhalb der Wachstumsperiode ergibt sich aus den Zahlen die Wahrscheinlichkeit einer vorübergehenden Steigerung im Alter von etwa 2 Monaten. Es bleiben aber hier weitere Messungen abzuwarten.
Die Abnutzung der Zähne ist mit 3—4 Wochen am geringsten und am stärksten anscheinend um die Zeit von 2 Monaten. Später geht sie wieder etwas zurück, bleibt aber höher als mit 3—4 Wochen.
4. Der tägliche Zuwachs der Kaninchenschneidezähne wird in Bestätigung der Wetzelschen Versuche durch Aussetzung der Funktion bedeutend gesteigert. Es besteht aber ein wesentlicher Unterschied, je nachdem man die

Aufhebung der Funktion durch Kürzung der Zähne erzielt oder durch eine Ausschaltung ohne Kürzung. Das letzte wird für eine Zahngruppe (obere Zähne z. B.) dadurch erreicht, daß man die Gegenzähne soweit kürzt, daß keine Okklusion mehr möglich ist.

Bei einfacher Aufhebung des Gebrauchs ohne einen Eingriff ist die Wachstumsbeschleunigung sehr viel geringer, als wenn die Aufhebung durch Absägen des Zahns erreicht wird. Die Zahlen betragen, in Hundertsteln des Zuwachses bei dem gewöhnlichen Verhalten ausgedrückt, im ersten Falle unten 34—65%, oben 18—44%, im zweiten Falle, also bei gleichzeitiger Kürzung, unten 140—154% und oben 176—212%.

5. Die oberen und die unteren Zähne wachsen verschieden schnell (Wetzel). Sie verhalten sich außerdem auch unter den experimentellen Bedingungen von einander verschieden (S. 23 ff.).
 6. Den experimentellen Eingriffen folgt eine Gebißregelung, bei der mehrere Stufen unterschieden werden können. Auf der ersten Stufe wird die Okklusion der Zähne erreicht. Die Berührungslinie verläuft noch unregelmäßig. Auf der zweiten Stufe ist die Okklusionslinie wieder gerade, aber ihre Lage ist, je nach dem Versuch, entweder zu tief oder zu hoch. Auf der letzten Stufe scheint es nicht zur Herstellung einer mit der früheren völlig gleich hohen Okklusionsebene zu kommen, vielmehr bleibt diese wenigstens längere Zeit hindurch etwas aufwärts oder abwärts verlagert.
-

Schrifttum.

1. Abraham: Die Durchschneidung des Nervus mandibularis. Österr.-Ungar. Viertelj.-Schr. f. Zhlk. 15. Jg. 1899.
2. Addison, W. H. F. and Appleton, J. L.: The structure and Growth of the incisor Teeth of the Albino Rat. Journal of Morphology V. 26 p. 43—96. 29 Figures. 1915.
3. Baum, P.: Anatomische Beobachtungen über die Zähne der Säugetiere. Anat. Anz. 53. 1920.
4. C. Breitner und M. Leist: Über den Einfluß des vegetativen Nervensystems auf die Zähne II. Zeitschr. f. Stomat. 25. Jg. 1927.
5. Gerhardt, U.: Das Kaninchen. Leipzig 1909.
6. Mac Gillavry, T. H.: Les dents incisives du Mus decumanus. Arch. Néerl. Sc. exact. et nat. Haarlem 1875.
7. Kraske, P.: Beiträge zur Lehre von dem Einflusse der Nerven auf die Ernährung der Gewebe. Med. Diss. Halle 1874.
8. Leist, M.: Über den Einfluß des Vegetativen Nervensystems auf die Zähne I. Zeitschrift für Stomat. 25. Jahrgang 1927.
9. Matsuda, Joshimi: A biological study of tooth growth. The Journal of biological chemistry. Vol. 71, 1927.
10. Moral, H. u. Hosemann, G.: Über den Einfluß der Nerven auf das Wachstum der Zähne. Anat. Hefte 1. Abteilung Arbeiten. 57, 1919.
11. Noë, J.: Vitesse de croissance des incisives chez les Léporides. Compt. rend. hebdom. des Séances et Mémoires de la Soc. de Biol. 531—532. 1902.
12. Oudet, J. E.: Expériences sur l'accroissement continué et la reproduction des dents chez les lapins. Journ. de Physiol. expér. et pathol. T. 3 et 4. 1823.
13. Stiller, L.: Experimentelle Untersuchungen über das Wachstum der Nagetierzähne und seine funktionelle Abhängigkeit von der Art der Ernährung. Diss. Halle 1923.
14. Wetzel, G.: Die funktionelle Abhängigkeit des Wachstums der Nagetierzähne von der Ernährung und Beanspruchung. Aus: F. Proell: Ziele und Wege der modernen Zahnheilkunde. Festschr. anläßl. d. 25. Jahrf. d. zahnärztl. Inst. der Univ. Greifswald. Berlin 1926.
15. Wetzel, G.: Die Regulationen der Nagetierschneidezähne. Wilh. Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. Abt. D der Zeitschr. f. wissenschaftl. Biologie 1927, 112. Band.

Versuche über das Geruchsvermögen der Molche.

Von Prof. Dr. E. Matthes-Greifswald.

Als Versuchstiere wurden die beiden häufigsten Arten unserer einheimischen Molche, der Teichmolch (*Triton vulgaris*) und der Kammolch (*Tr. cristatus*) verwandt; und zwar wurden sie sowohl auf ein Geruchsvermögen an Land als auch zur Zeit des Wasseraufenthaltes untersucht. Mit den letztgenannten Versuchen wollen wir beginnen.

Jeder, der selbst einmal Molche in einem Aquarium gehalten hat, weiß, daß kurz nachdem man Futter, etwa Stücke von Regenwürmern, in das Aquarium hineingegeben hat, eine große Erregung die vorher mehr oder weniger träge dasitzende Gesellschaft befällt. Dabei beobachtet man an den Molchen Bewegungen, die man als Suchbewegungen deuten möchte, und sieht, wie sie, in der Nähe eines Beutestückes angelangt, eine Stellung einnehmen, die man als „Witterungsstellung“ bezeichnen könnte: die Molche senken den Kopf, berühren mit der Schnauzenspitze den Boden bzw. das Beuteobjekt und ziehen das Wasser kräftig durch die Nasenlöcher ein, um es dann wieder aus der Mundhöhle auszustoßen. Schließlich beißen sie zu und schlingen hinab. All das legt den Gedanken nahe, daß die Molche die Anwesenheit von Nahrung vermittelt des Geruchsinnens wahrgenommen und die Beute mit Hilfe dieses Sinnes gesucht und gefunden haben.

Natürlich kann sich die Wissenschaft mit einer derartigen Vermutung nicht zufrieden geben, sondern muß versuchen, sie durch Ausschaltung aller möglicherweise in Betracht kommenden Fehlerquellen zur Gewißheit zu erheben. Eine derartige Fehlerquelle ist zunächst darin ge-

geben, daß die beobachtete Erregung der Tiere auch durch Gesichtseindrücke ausgelöst sein könnte, daß sie also etwa den an das Becken herantretenden Pfleger gesehen haben könnten. Man kann diese „optische Fehlerquelle“ aber leicht ausschalten, sei es, daß man Kontrollversuche mit geblendeten Molchen anstellt, sei es, daß man das Futter in einer Form darbietet, die seine optische Erkennung unmöglich macht. Für letzteres ein Beispiel: man legt in das Aquarium zwei kleine, im Aussehen völlig gleiche Leinwandbeutelchen, von denen der eine mit Sand, der andere mit Regenwurmstückchen gefüllt ist. Dann kommen die Molche in der Nähe des Wurmbeutelchens sehr bald in Erregung, wittern umher und beißen schließlich gierig in das Beutelchen hinein, während das für das Auge völlig gleiche Sandbeutelchen vollkommen unbeachtet bleibt. Damit ist klar gestellt, daß es sich um chemische Reize handeln muß, auf die der Molch anspricht, und nicht etwa um optische. Die Frage nach dem Vorhandensein eines Geruchsvermögens ist damit aber noch nicht einwandfrei entschieden. Denn es könnte sich ja hierbei auch um chemische Reize handeln, die auf die Geschmacksorgane der Mundhöhle einwirken, also um Geschmacks- und nicht um Geruchsreize.

Um hier eine Entscheidung zu treffen, kann man zunächst einmal einem Molche in der Narkose die beiden Geruchsnerve zwischen Gehirn und Geruchsorganen mit einem feinen Messerchen durchtrennen. Ein solcher Molch kann sicher nicht mehr riechen, er kann aber sehr wohl eventuell noch schmecken. Nie wird man bei ihm das beobachten, was vorhin als Witterungsstellung beschrieben war. Er geht am Wurmbeutelchen genau so achtlos vorüber wie am Sandbeutelchen. Der Einwand, daß er durch die an ihm vorgenommene Operation in seinem Allgemeinbefinden so stark gestört sein könnte, daß ihm die Freßlust überhaupt benommen wurde, läßt sich nicht erheben. Denn ein solcher Molch frißt sehr gierig, sobald er auf andere Weise, nament-

lich optisch, eine Beute wahrnimmt. Immerhin wäre es schöner, statt der radikalen Ausschaltung des Geruchsorganes durch die genannte Operation das Organ nur temporär auszuschalten, da sich dann hinterher eine Gegenprobe auf Geruchsvermögen anstellen ließe.

Nach vielen vergeblichen Versuchen bot sich auch hierfür eine Möglichkeit. Das Nächstliegende, dem Molch vorübergehend die Nasenlöcher zu verstopfen und dann wieder zu öffnen, ging freilich nicht, da der im Wasser lebende Molch auf den durch die Nase eingesogenen Wasserstrom durchaus angewiesen ist, und zwar im Interesse seiner Mundatmung. Diese Atemmöglichkeit muß ihm gegeben sein, sonst erstickt er innerhalb von 24 Stunden. Es gelang schließlich, dem Molch ein sehr feines Glasröhrchen von oben her zwischen und etwas vor den Augen einzuführen, das unten in die Mundhöhle mündete. Wurden ihm jetzt die Nasenlöcher verstopft — etwa mit Plastilin — so zog er das Atemwasser durch dieses „künstliche Atemrohr“ ein. Statt des normalen Weges „Nasenöffnung, Nasenhöhle, Choane, Mundhöhle, Mundöffnung“ mußte dann das Wasser also den Weg „Atemrohr, Mundhöhle, Mundöffnung“ nehmen. Ich habe derartig behandelte Molche wochenlang am Leben halten können, bei gutem Appetit, und nie haben sie Reaktionen auf chemische Reize ergeben. Wurde aber das Atemrohr verstopft und die Nasenlöcher dafür geöffnet, sofort war das Witterungsvermögen wieder da. Und so konnte man mehrfach umschalten und dadurch beweisen, daß es für das Vorhandensein oder Fehlen des chemischen Sinnes entscheidend ist, ob das Wasser die Nasenhöhle passiert oder nicht; am Wege an den Geschmacksorganen entlang (Mundhöhle!) war ja nichts geändert worden. Also handelte es sich bei dem gefundenen chemischen Sinn nicht um einen Geschmackssinn, sondern um einen Geruchssinn d. h. um diejenige Unterart des chemischen Sinnes, die ihren Aufnahmeapparat in der Schleimhaut der Nasenhöhle hat und

deren Erregungen durch das erste Gehirnnervenpaar, die Geruchsnerven, weitergeleitet werden.

Nachdem dieser Teil der Frage befriedigend gelöst war, war es von Interesse, ob die Molche neben dem Geruchsvermögen unter Wasser auch ein solches an Land hätten. Da unsere Molche im Frühsommer das Wasser verlassen und nun bis zum nächsten Frühjahr als Landtiere leben, konnten die gleichen Tiere zur Lösung der neuen Frage verwandt werden. Auch hier wurde zunächst das Vorhandensein eines chemischen Sinnes schlechtweg unter Ausschaltung der optischen Fehlerquelle nachgewiesen und dann die Entscheidung „Geruchssin oder Geschmackssinn?“ gefällt. Der entscheidende Versuch verlief folgendermaßen. Einem geblendeten Molche wurde der rechte Geruchsnerve durchtrennt, der linke unverseht gelassen. Verstopft man nun noch das rechte Nasenloch, läßt aber den Zugang zum linken (dem arbeitsfähigen) Geruchsorgane offen, so wittert das Tier genau so, wie ein normaler Molch. Sowie man ihm aber den Pfropfen aus dem rechten Nasenloch herausnimmt und in das linke einsetzt, erweist er sich als vollkommen geruchsuntüchtig. Wechselt man wieder, so ist das Geruchsvermögen auch sofort wieder da, und dieses Spiel kann man beliebig lange fortsetzen. Also auch hier ist das Entscheidende, ob die mit dem Luftstrom zugeführten chemischen Reize ein mit dem Gehirn in Verbindung stehendes Geruchsorgan passieren können oder nicht, d. h. auch hier handelt es sich bei dem chemischen Sinne um ein wahres Geruchsvermögen.

Das Gesamtergebnis lautet bisher: Triton riecht sowohl unter Wasser als an Land. Für sein Geruchsorgan stellen sowohl gasförmige wie wassergelöste Duftstoffe adaequate Reize dar. Das ist auffallend und interessant. Denn man hatte früher recht allgemein gerade den Aggregatzustand des Reizes, ob gasförmig oder flüssig, als unterscheidendes Merkmal für Geruchssinn einerseits, Geschmackssinn anderer-

seits verwandt und war so weit gegangen, den Fischen einen echten Geruchssinn abzusprechen („Fische können nicht riechen, sie schmecken mit der Nase“). Triton, der mit ein und demselben Sinnesorgan sowohl gasförmige wie flüssige Reize zu perzipieren vermag, führt diese Definition ad absurdum. Daß eine derartige Doppelnatur des Geruchsorgans gerade bei Triton aufgefunden werden konnte, ist biologisch im Hinblick auf die amphibische Lebensweise unserer Molche durchaus verständlich.

Nun erhebt sich alsbald eine weitere Frage. Verfügt Triton gleichzeitig über Geruchsvermögen an Land und Geruchsvermögen unter Wasser oder lösen sich diese beiden Fähigkeiten so ab, daß der im Wasser lebende Molch nur unter Wasser, nicht aber an Land zu riechen vermag und umgekehrt? Oder etwas anders ausgedrückt: kann ein Molch, der wochenlang im Wasser gelebt hat, so wie er es in jedem Frühjahr zur Brunstzeit tut, mit dem Moment, wo er das Land betritt, sofort an Land riechen? Und kann ein Landmolch mit dem Moment seiner Rückkehr zum Wasserleben sofort wieder in diesem Medium riechen oder stellt sich das Geruchsvermögen im neuen Medium erst allmählich wieder ein? Diese Frage nach dem „Einfluß des Mediumwechsels auf das Geruchsvermögen“ wurde in einer weiteren Arbeit eingehend untersucht. Ich fasse ihre Ergebnisse kurz zusammen.

Ein Molch, der monatelang an Land gelebt hat, riecht, wenn wir ihn zwangsweise ins Wasser bringen, sofort auch in diesem Medium mit voller Schärfe. Bringen wir aber jetzt den gleichen Molch nach einem Wasseraufenthalt von kurzer Dauer (einige Minuten bis Stunden) an Land zurück oder auch, setzen wir einen Molch, der vorher wochenlang im Wasser gelebt hat, zwangsweise an Land, so besitzt er zunächst nicht das geringste Geruchsvermögen an Land. Dieses Vermögen stellt sich frühestens, je nach den Versuchsbedingungen, in 1—5 Tagen wieder ein. Daß die Nasen-

höhle kürzere oder längere Zeit von Wasser durchspült wurde, hat also eine Funktionsstörung des Geruchsorgans in dem Sinne zur Folge, daß ihm dadurch für eine gewisse Zeit das Landriechvermögen genommen ist.

Was ist nun das Wesen dieser Funktionsstörung? Diese neue Frage könnte als gelöst betrachtet werden, wenn sich zeigen ließe, daß morphologische Unterschiede zwischen einem intakten und einem durch Wasserdurchspülung geschädigten Geruchsorgane bestehen, wenn sich ferner zeigen ließe, daß diese als Schädigung bewerteten morphologischen Unterschiede tatsächlich eine zwangsläufige Folge jener Wasserdurchspülung sind, und wenn sich drittens ein Weg finden ließe, diese morphologischen Abänderungen trotz der Durchspülung irgendwie zu vermeiden und sich in diesem Falle das Landriechvermögen als nicht beeinträchtigt erweisen würde. Es gelang, dieses Ziel zu erreichen.

Untersucht man lebensfrisches Riechepithel eines Landmolches in einer physiologischen Salzlösung (Ringer-Locke) unter dem Mikroskop, so findet man die dicht gedrängten, schlanken Riechzellen mit langen, langsam hin und her schlagenden, äußerst feinen Riechhärchen besetzt. Die Länge dieser Härchen beträgt 50—60 μ (= $\frac{1}{20}$ mm). Untersucht man daraufhin das Riechepithel eines Wassertieres (oder eines Landtieres, das für einige Stunden zwangsweise ins Wasser versetzt wurde), so finden sich an Stelle der langen nur sehr viel kürzere Riechhärchen; sie messen etwa 8—12 μ . Diese verschiedene Riechhärchenlänge ist der gesuchte (und der einzig auffindbare) morphologische Unterschied zwischen dem an Land funktionsfähigen und dem hier funktionsunfähigen Riechepithel. Die Funktionsstörung beruht also auf einer Verkürzung der Riechhärchen durch den Einfluß des Wassers auf etwa $\frac{1}{5}$ ihrer ursprünglichen Länge.

Ist das nun tatsächlich als zwangsläufige Folge der Wasserbenetzung aufzufassen? Wir können uns das ad

oculos demonstrieren, indem wir einem in physiologischer Salzlösung liegenden Präparate von Landriechepithel vorsichtig so lange reines Wasser zusetzen, bis die Salzlösung durch dieses verdrängt ist. Dann kann man unter dem Mikroskop die allmähliche, unter dem Bilde eines Einschmelzens verlaufende Verkürzung der Riechhärchen direkt beobachten. Hierbei ist noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Neben den wie oben angegeben 50—60 μ langen Riechhärchen gibt es auch beim Landmolch sehr zahlreiche kurze Riechhärchen, wie sie für den Wassermolch charakteristisch sind (und dazwischen alle möglichen Abstufungen). Das legt die Vermutung nahe, daß der Molch zweierlei Arten von Riechzellen besitzt, solche mit langen Riechhärchen für das Landriechen und solche mit kurzen Härchen für das Riechen unter Wasser. Das ist aber, wie man unter dem Mikroskop erkennt, nicht zutreffend. Die langen Riechhärchen werden durch das Wasser nicht restlos vernichtet, sondern sie werden zu kurzen Riechhärchen abgeschmolzen, wandeln sich also zu „Wasserriechhärchen“ um. Es gibt demnach nur eine Sorte von Riechhärchen und demnach auch nur eine Sorte von Riechzellen; eine Duplizität der Sinneszellen des Riechepithels — etwa in Art der Sinneszellen der Netzhaut des Auges — liegt nicht vor.

Physiologische Salzlösung schädigt die Riechhärchen nicht. Man kann Präparate in einer derartigen Salzlösung stundenlang mit völlig unverkürzten und sich bewegenden Riechhärchen erhalten. Wenn man daher einen Landmolch statt in gewöhnliches Wasser in eine solche Salzlösung überführt, dann müßte er, falls die hier entwickelte Anschauung richtig ist, an Land zurückgebracht sofort wieder über ein gutes Riechvermögen verfügen. Glücklicherweise vertragen die Molche den Aufenthalt in einer derartigen Salzlösung recht gut, so daß die Probe aufs Exempel möglich war. Sie verlief in unserem Sinne: ein Molch, der drei Tage lang in physiologischer Kochsalzlösung gehalten

war, zeigte momentanes Riechvermögen nach Rückkehr an Land. Sofort wurde sein Riechepithel lebensfrisch untersucht: Die Riechhärchen hatten die für Landmolche charakteristische Länge bewahrt. Hiermit ist nicht nur der Schluß zwingend geworden, daß für das Riechvermögen an Land allein die Länge der Riechhärchen entscheidend ist, sondern es ist gleichzeitig dadurch klargestellt, daß das Wasser nicht als Flüssigkeit an sich, sondern als hypotonische Flüssigkeit schädigend auf die Riechhärchen wirkt. Dann müßte also auch eine der Salzlösung isotonische Zuckerlösung oder dergl. sich als nicht schädigend erweisen; das ist, wie ich mit einer entsprechenden Rohrzuckerlösung feststellte, tatsächlich der Fall.

Auf ein interessantes Nebenergebnis sei noch kurz hingewiesen. Wenn nur die langen Riechhärchen zum Riechen an Land befähigt sind, was soll dann die Unzahl von kurzen Härchen, die zwischen ihnen stehen? Untersucht man Wassermolche, die also nur über kurze Härchen verfügen, nach einem Tage, zwei Tagen, drei Tagen usw. Landaufenthalt, so kann man feststellen, daß die kurzen Riechhärchen von Tag zu Tag länger auswachsen, bis sie zu langen geworden sind. Es stellen also die kurzen Härchen eine Reserve für die langen dar, und, da sie in so großer Zahl vorhanden sind, können wir den langen Härchen selbst nur eine relativ sehr kurze Funktionsdauer von vielleicht einigen Stunden oder einem Tage zusprechen.

Um die Besonderheiten des Geruchsorganes von Triton in physiologischer Hinsicht klarer hervortreten zu lassen, wird es gut sein, zum Schluß einen Vergleich mit dem Geruchsorgan des Menschen zu ziehen. Auch an ihm ist die Frage, ob nur gasförmige oder auch flüssige Duftstoffe adaequat sind, schon vielfach untersucht worden. Das Ergebnis dieser Versuche war nicht einheitlich. Überblicken wir sie in ihrer Gesamtheit, so neigt sich die Wagschale eher zugunsten der Anschauung, daß das mensch-

liche Geruchsorgan für wassergelöste Duftstoffe nicht empfänglich ist. Die Schwierigkeit des Experimentierens ist beim Menschen sehr viel größer als bei Triton, schon allein deshalb, da es außerordentlich schwer ist, die menschliche Nasenhöhle restlos, ohne Luftblase, mit Flüssigkeit zu erfüllen. Bei Triton dagegen füllt sich das einfach gebaute Nasenrohr ohne weiteres unter Wasser von selbst mit Flüssigkeit, und vor allem, wir können nach Durchführung des Riechversuches sofort operativ feststellen, ob die Nase tatsächlich vollkommen von Wasser erfüllt war. Da nun bei Triton sich zeigen ließ, daß Duftstoffe in flüssiger Form sehr wohl adaequate Reize bilden, hat die schwer zu entscheidende Frage, wie diese Dinge beim Menschen liegen, prinzipiell ihr Interesse verloren. Theoretisch ist ein Wasserriechen bei dem Wirbeltier Mensch ebenso gut möglich, wie bei dem Wirbeltier Triton.

Die vom Menschen her bekannte Erscheinung, daß das Geruchsvermögen durch Benetzung der Riechschleimhaut mit Wasser geschädigt oder völlig aufgehoben wird, fand bei Triton eine Parallele. In dieser Beziehung ist Triton also nicht besser gestellt als Homo. Das „amphibiotische Plus“ liegt darin, daß Triton im Wasser zu riechen vermag, der Mensch anscheinend nicht. Vielleicht werden bei ihm die Riechhärchen bei Wasserzutritt völlig zerstört. Auch bei Triton werden sie ja auf ein Fünftel ihrer ursprünglichen Länge abgeschmolzen. Würde die Schädigung bei ihm noch einen Schritt weiter gehen, so würde auch er im Wasser nicht mehr zu riechen vermögen. Umgekehrt also, wenn der Molch im Wasser und am Land zu riechen vermag, so beruht das nicht auf dem Besitz einer besonderen Sorte von Wasserriechzellen, sondern lediglich darauf, daß die Riechhärchen bei ihm gegen völliges Abschmelzen geschützt sind. Dieser Schutz liegt in einer starken Schleimproduktion, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die Methoden zur experimentellen Erzielung neuer Pflanzenformen.

Von Siegfried Lange.

Vortrag, gehalten in der Sitzung vom 21. Mai 1928
des Naturwissenschaftlichen Vereins für Neuvorpommern und Rügen,
Greifswald.

Einleitung.

Bis weit in die Neuzeit hinein hat sich auch in der wissenschaftlichen Welt die Lehre der Bibel behauptet, daß alle Lebewesen auf der Erde, so wie wir sie heute vor uns sehen, am 4. und 5. Schöpfungstage entstanden und seither in Größe, Farbe und Gestalt unverändert geblieben sind. Erst dem 19. Jahrhundert war es vorbehalten, dieses Dogma von der Konstanz der Arten zu stürzen. Bereits um die Jahrhundertwende vertrat *Jan Bapt. de Lamarck* (1744—1829) die Ansicht, daß Glieder und Organe sich entsprechend ihrem verschiedenen Gebrauch oder Nichtgebrauch umbilden können und daß solche erworbenen Eigenschaften auf die Nachkommen vererbt würden, wodurch es dann allmählich zu Gestaltsänderungen kommen könne. Wenig später lehrte *Ettienne Geoffroy Saint-Hilaire* (1772—1844), daß vor allem die Außenwelt mit ihren verschiedenen Lebensbedingungen formend und verändernd auf die Organismen einwirke. Den größten Erfolg hatte um die Mitte des Jahrhunderts *Charles Robert Darwin* (1809—1882) mit seiner Selektionstheorie, in der er auseinandersetzte, daß von den vielen Nachkommen, die jede Art erzeugt, stets nur diejenigen am Leben bleiben, die den jeweiligen Verhältnissen am besten angepaßt seien. Die Umwelt

schaffe also keine neue Formen, sondern treffe nur unter den vielen wahllos gebildeten Variationen eine Auswahl derer, die den Kampf ums Dasein erfolgreich zu bestehen vermögen.)

Die Frage nach der Entstehung der Arten stand nun jahrzehntelang im Brennpunkte des Interesses bei Zoologen und Botanikern; eine Hochflut von Schriften erschien teils für teils gegen den Lamarckismus, den Darwinismus und die anderen auftauchenden Deszendenztheorien. Doch nur ganz vereinzelt wurde versucht, die aufgeworfenen Streitfragen auf experimentellem Wege zu lösen; die Ergebnisse der wenigen Forscher aber, die sich dieser Aufgabe widmeten, blieben unbeachtet.

Erst seit dem Jahre 1900 ist hier ein Umschwung eingetreten dank den Untersuchungen von *Hugo de Vries* und der Wiederentdeckung der *Mendelschen* Vererbungsgesetze durch *C. Correns*, *E. von Tschermak* und *H. de Vries*, und heute ist das Problem der Entstehung neuer Lebensformen eines der Hauptprobleme der experimentell-genetischen Forschung.

Daß allein schon durch die Beeinflussung der Lebensbedingungen Änderungen im äußeren Aufbau, im Phänotypus der Pflanzen hervorgerufen werden können, ist dem Landwirt und Gartenfreund schon seit langem bekannt. So kann man z. B. an unserer Hortensie, *Hydrangea hortensis*, statt roter Blüten blaue erzielen, wenn man dem Erdboden Alaun zusetzt. Die gewöhnlich rot blühende *Primula sinensis rubra* entwickelt weiße Blumen, wenn sie im warmen Gewächshause kultiviert wird. Zieht man das kleine, zierliche Edelweiß der Hochgebirge (*Leontopodium alpinum*) in unseren Tieflandgärten, so bekommt es sehr bald ein vollkommen verändertes Aussehen: es wird zu einer recht stattlichen Pflanze, verliert seine filzige Behaarung mehr und mehr und entwickelt lockere, sparrige Blütenstände, die nur noch eine entfernte Ähnlichkeit mit denen des Gebirgsedelweißes haben.

So verschieden aber auch das Aussehen all dieser Pflanzen gegenüber ihren Eltern sein mag, von neuen Formen kann man bei keiner von ihnen sprechen; die aus den Samen der blauen Hortensie gezogenen Pflanzen blühen nur dann blau, wenn sie wieder in Alaun-Erde wachsen, sonst aber rot wie die Großeltern, die *Primula sinensis rubra* hat nur im Warmhause weiße Blüten, und die Nachkommen der Edelweißpflanzen unseres Tieflandes wachsen, im Hochgebirge ausgesät, dort bald genau so wie die Formen, die die Heimat nie verlassen haben. Es fehlt all diesen Züchtungen die Konstanz, d. h. die Fähigkeit, stets und unter allen Bedingungen ihre Form zu wahren und auf die Nachkommen zu vererben. Sie stellen nur Modifikationen derselben Pflanzenart dar, d. h. Abwandlungen, deren Bestehen ganz und gar an das Vorhandensein bestimmter Umweltfaktoren gebunden ist. Fehlen diese, so schwinden sehr bald auch die mit ihrer Hilfe erzielten Eigentümlichkeiten. Nur wenn die inneren Erbanlagen, der Genotypus, geändert werden, erzielt man Formen, bei denen auch die Nachkommen die neue Farbe oder Gestalt beibehalten.

Neue Pflanzenformen können also nur durch Änderung des Genotypus geschaffen werden. Ehe wir nun aber weiter auf die verschiedenen heute bekannten Methoden zu ihrer experimentellen Erzielung eingehen können, muß noch kurz Einiges über die theoretischen Grundlagen gesagt werden. Jede Pflanze — das Gleiche gilt natürlich auch von den Tieren — besitzt einen bestimmten Gehalt an Anlagen, die sie auf ihre Nachkommen zu vererben vermag. Wie nun die Forschungen der letzten Jahrzehnte als recht wahrscheinlich ergeben haben, sind diese Erbanlagen oder Gene im Kern der einzelnen Zellen lokalisiert, und zwar dort wieder in den Chromosomen, die sich bei den Teilungsvorgängen des Kerns als kleine, mehr oder weniger stäbchenförmige Gebilde aus dem Kerngerüst herausdifferen-

zieren. Bei der Kernteilung teilen sie sich selbst einmal längs, und jeder Tochterkern erhält die Hälfte der jetzt vorhandenen Chromosomen, so daß er wieder genau so viele von ihnen hat wie der Mutterkern. Nun gibt es aber in der Entwicklung jedes Individuums einmal einen Punkt, wo die Längsteilung der Chromosomen unterbleibt und demnach jeder Tochterkern nur noch halb so viel Chromosomen erhält, wie die Mutter hatte. Man spricht dann von einer Reduktionsteilung und nennt die jetzt entstandenen Kerne mit ihren n Chromosomen haploid im Gegensatz zu den vorher vorhandenen diploiden Kernen, die $2n$ Chromosomen führten. Mehr oder weniger bald folgt auf die Reduktionsteilung der Sexualakt, die Bildung von männlichen und weiblichen Geschlechtskernen und ihre Verschmelzung in der Befruchtung. Durch sie wird die diploide Chromosomenzahl wieder hergestellt. Man sieht hieraus, daß in jedem Individuum nur Kerne vorkommen können mit n und mit $2n$ Chromosomen. Da von den Nachkommen dasselbe gilt, ergibt sich, daß die Anzahl der Chromosomen für jede Pflanzen- (und Tier-)Art konstant ist.

An diese Chromosomen sind nun, wie schon gesagt, aller Wahrscheinlichkeit nach die vererbbaaren Anlagen der Art gebunden, und zwar sind, da die Anzahl der Chromosomen stets nur eine beschränkte ist, in jedem von ihnen mehrere Gene lokalisiert. Solche Rassen, bei denen die männlichen und weiblichen Sexualkerne genau den gleichen Anlagenkomplex, dasselbe Genom, besitzen, nennt man reine Linien. Sie haben nebst allen ihren Nachkommen das gleiche Aussehen, die gleichen Eigenschaften und eignen sich infolgedessen am besten für Vererbungsstudien.

Will man nun die Anlagen einer Pflanze ändern, so muß man die Zusammensetzung des Chromosomensatzes der einzelnen Zellen zu ändern versuchen. Dies ist, wie die Untersuchungen der letzten Jahre gezeigt haben, auf drei Arten möglich:

1. durch Kreuzung zweier Pflanzenarten oder (seltener) -Gattungen,
2. durch äußere Einwirkungen,
3. durch plötzlich auftretende Änderungen im Genom.

Beschäftigen wir uns zunächst mit der Kreuzung! Zuvor aber sei nochmals betont, daß wir unter „neuen Formen“ hier nur solche Pflanzen verstehen wollen, bei denen die Erbanlagen oder auch nur der Bestand an Chromosomen irgendwie verändert worden sind; dabei ist es weniger wichtig, daß der Phaenotypus stark beeinflußt wurde, als vielmehr, daß die neue Zusammensetzung erblich konstant bleibt.

Die Kreuzung.

Gelingt es, die Geschlechtszellen zweier Pflanzenarten oder gar nur entfernt verwandter Pflanzen miteinander zu kopulieren, so entsteht ein Bastard, der die verschiedenen Anlagen der Eltern in sich vereinigt und dadurch in vielen Fällen ein verändertes Aussehen ihnen gegenüber erhält.

Die Kenntnis der Bastardierung ist ziemlich alt. Die älteste Literaturangabe stammt bereits aus dem Jahre 1707. Damals kreuzte der Engländer *Thomas Fairchild* aus gärtnerischem Interesse heraus die Gartennelke mit der Bartnelke, *Dianthus caryophyllus* mit *Dianthus barbatus*. Als erster Wissenschaftler züchtete *Linné* Bastarde zwischen dem Wiesenbocksbart und der Haferwurz, *Tragopogon pratensis* ♀ und *Tragopogon porrifolius* ♂. Später führte *Koelreuter* viele Kreuzungsversuche aus, um durch sie die Sexualität der Pflanzen zu beweisen. Er nannte seinen ersten im Jahre 1761 erzielten Pflanzenbastard, den zwischen zwei Tabakarten, *Nicotiana rustica* und *Nicotiana paniculata*, „den ersten botanischen Maulesel, der durch Kunst hervorgebracht worden ist“. Jedoch erst hundert Jahre später gelang es dem Augustinermonch und Priester am Königskloster zu Brünn in Mähren, *Gregor Mendel*, die bei der

Kreuzung auftretenden Gesetzmäßigkeiten zu finden. Seine 1865 veröffentlichte diesbezügliche Abhandlung „Versuche über Pflanzenhybriden“ blieb aber völlig unbeachtet, und erst um 1900 gelang es, wie schon in der Einleitung gesagt, unabhängig voneinander C. Correns, E. von Tschermak und H. de Vries, die Mendelschen Vererbungsgesetze neu zu entdecken.

Werden zwei Pflanzen, z. B. eine rotblühende und eine weißblühende, miteinander gekreuzt, so gehen bei der Verschmelzung der Geschlechtszellen die in ihnen lokalisierten Farbmerkmale „rot“ und „weiß“ in den Bastard über. Nehmen dessen Blüten dadurch eine zwischen „rot“ und „weiß“ in der Mitte stehende Farbe an, also „rosa“, so spricht man von einem intermediären Bastard. Besitzt aber das Kreuzungsprodukt gleichfalls rote Blüten wie sein einer Elter, so sagt man: „rot“ dominiert über „weiß“, „weiß“ hingegen ist rezessiv (unterdrückt). In der Vererbungslehre bezeichnet man nun die dominanten Merkmale¹⁾ mit großen, die rezessiven mit den entsprechenden kleinen Buchstaben. Nennt man z. B. das Farbmerkmal „rot“ R, so erhält das Merkmal „weiß“ oder besser „nicht rot“ den Buchstaben r. Da in unserem Beispiele die beiden Ausgangsformen rein rot bzw. rein weiß blühen, führen ihre haploiden Geschlechtszellen die Bezeichnungen R bzw. r und ihre aus diesen hervorgegangenen reinrassigen diploiden Nachkommen die Zeichen RR und rr. Bei der Kreuzung kam es nun zur Vereinigung einer Geschlechtszelle R des einen mit einer Geschlechtszelle r des anderen Elters: der diploide Bastard ist demnach mit Rr oder, was dasselbe ist, mit rR zu signieren. Dieser Bastard aber bildet nicht mehr einheitliche Sexualzellen, sondern sowohl im männlichen (♂) wie im weiblichen (♀) Geschlecht 50% mit dem Gen R

1) Statt Erbmerkmal sagt man auch Erbeinheiten (Units), Erbfaktoren oder Gene.

und 50% mit dem Gen r . Seine diploiden Nachkommen haben also die Gen-Zusammensetzung

$$\begin{array}{l} RR, Rr, \\ rR, rr, \end{array}$$

je nachdem ob $R\sigma$ und $R\varphi$, $R\sigma$ und $r\varphi$, $r\sigma$ und $R\varphi$ oder $r\sigma$ und $r\varphi$ miteinander kopulierten. Betrachtet man diese Nachkommen des Bastards, so sieht man sofort, daß sie durchaus nicht alle gleich aussehen. Die Formen RR und rr , die je 25% des Nachwuchses ausmachen, gleichen dem einen bzw. dem anderen Großelter, die restlichen 50% $Rr = rR$ dem Bastard. Hieraus ergibt sich schon, daß Bastarde keine neuen Pflanzenformen darstellen können; denn ihre Nachkommen sind ja nicht ebenso geformt wie sie, sondern „sie spalten auf“, oder sie „mendeln“, wie man sagt. Man nennt solche aufspaltenden Formen Heterozygoten im Gegensatz zu den Homozygoten, bei denen stets die Nachkommenschaft genau den Eltern gleicht. RR und rr waren solche Homozygoten oder reinen Linien.

Wenn nun auch die Bastarde selbst, da sie ja heterozygot sind, trotz ihres oft neuartigen Aussehens nicht zu den neuen Formen gerechnet werden können, so bilden sie trotzdem häufig den Anlaß zu ihrer Entstehung. Dies wird schon deutlich, wenn in jedem Elter zwei unterscheidende Merkmale vorhanden waren. Kreuzt man z. B. zwei Maisarten miteinander, von denen die eine glatte, weiße, die andere runzlige, blaue Körner trug, so erhält man einen Bastard, bei dem die Körner glatt und blau sind. Es ist also das Gen „glatt“ (G) dominant über „runzlig“ oder „nicht glatt“ (g), das Gen „blau“ (B) dominant über „weiß“ oder „nicht blau“ (b). Die Eltern führten demnach in ihren Sexualzellen die Erbfaktoren Gb und gB . Daraus ergibt sich für den Bastard die Form $GgBb$. Die von diesem gebildeten Geschlechtszellen müssen nun einen Erbfaktor enthalten, der die Gestalt und einen, der die Farbe be-

stimmt. Dieser Faktor kann im ersten Falle G oder g, im zweiten B oder b sein. Daraus ergeben sich dann folgende Gen-Kombinationen:

für die ♂ Geschlechtszellen: 1) GB, 2) Gb, 3) gB, 4) gb
und ebenso

für die ♀ Geschlechtszellen: 5) GB, 6) Gb, 7) gB, 8) gb.

Da diese verschiedenen Formen in annähernd gleicher Zahl entstehen, ergeben sich daraus folgende Befruchtungsmöglichkeiten der Nachkommen des Bastards unter sich:

♂ 1) mit ♀ 5)–8):	<u>GB GB</u>	GB Gb	GB gB	GB gb
♂ 2) „ ♀ 5)–8):	Gb GB	<u>Gb Gb</u>	Gb gB	Gb gb
♂ 3) „ ♀ 5)–8):	gB GB	gB Gb	<u>gB gB</u>	gB gb
♂ 4) „ ♀ 5)–8):	gb GB	gb Gb	gb gB	<u>gb gb.</u>

Abgesehen von der großen Zahl der verschiedenen Heterozygoten fallen hier besonders die in der Tabelle unterstrichenen Homozygoten auf. Von diesen gleichen Gb Gb dem einen und gB gB dem anderen Großelter, während GB GB genau so wie der Bastard aussieht; aber, und das ist das Wichtige, GB GB spaltet nicht mehr auf, wie es der Bastard als Heterozygot noch tat, er stellt also, da er Homozygot ist und anders aussieht als die Ausgangstypen, eine neue Form dar. Nicht genug damit, wir finden in unserer Tabelle noch einen vierten Homozygoten, nämlich eine Maissorte mit runzligen, weißen Körnern, die gleichfalls neu ist. Wenn also die miteinander zu kreuzenden Pflanzentypen sich in zwei voneinander unabhängig mendelnden Merkmalen unterscheiden, so tauchen unter den Nachkommen des Bastards zwei neue konstante Formen auf. Bei drei solchen Merkmalen zählt man bereits sechs, bei vier gar schon vierzehn, allgemein bei n derartigen Erbfaktoren 2^n — 2 neue Formen in der Tochtergeneration des Bastards. Sind die mendelnden Gene nicht

unabhängig voneinander, so können die Aufspaltungsvorgänge dadurch leicht kompliziert werden. Immer aber gilt: *Bei der Kreuzung verschiedener Pflanzen untereinander sind, soweit die Kreuzung überhaupt möglich ist und fruchtbare Bastarde ergibt, unter deren Nachkommen stets neue konstante Formen anzutreffen.* Diese Erkenntnis wird viel, besonders von Gärtnern ausgenutzt, die neue Farb- oder Formvarianten unserer Garten- und Zierpflanzen heranzüchten wollen.

Die Pfropfchimären.

Viel älter als der Gedanke, durch Vereinigung von Sexualzellen zweier Sippen Bastarde zu erhalten, ist die Frage, ob nicht die Möglichkeit besteht, solche Bastarde durch Beeinflussung zweier vegetativer Zellen dieser Sippen zu züchten. Insbesondere dachte man daran, sie durch Pfropfung einer Pflanzenart auf eine andere herzustellen. Wie alt diese Idee ist und wie große Erfolge man sich davon versprach, ersieht man daraus, daß bereits *Plinius* (23—79 n. Chr.) davon berichtet, man könne nach Pfropfung von Nußbaumreisern auf Pflaumenbäume Nußpflaumen ernten, bei denen also sowohl das Fleisch als auch der Kern köstliche Speise wären. Wenn auch diese Erzählung in das Bereich der Märchen zu verweisen ist, so zeigt doch die weitere Tatsache, daß man bereits von Propfbastarden oder Pfropfhybriden sprach, lange ehe man Sicheres über ihre Existenz oder Nichtexistenz wußte, wie sehr man an die Möglichkeit glaubte, sie zu kultivieren.

Dieser Glaube wurde besonders durch das Auftreten zweier Pflanzenneubildungen gestärkt, die sich tatsächlich an Pfropfstellen zeigten, durch den *Cytisus Adami*, der im Jahre 1825 auftauchte, und durch die drei *Crataegomespili* vom Jahre 1900. Ersterer entstand folgendermaßen: Der Gärtner *Adam* in Vitry bei Paris hatte in die Rinde eines

Goldregenstämmchens, *Laburnum vulgare*, ein mit einer Knospe besetztes Rindenstück des strauchförmigen *Cytisus purpureus* eingesetzt, um diesen hochstämmig zu ziehen. Die Knospe trieb aber nicht aus, dafür entstanden an der Pfropfstelle mehrere Adventivsprosse, von denen einer genau an der Verwachsungsstelle saß und in Blatt- und Blütenbau eine Mittelbildung zwischen den beiden Pfropfpartnern einzunehmen schien. Die *Crataegomespili* entsprangen an einer etwa 100 Jahre alten Pfropfung von Mispel, *Mespilus germanica*, auf Weißdorn, *Crataegus monogyna*, im *Dar-darschen* Garten zu Bronvaux bei Metz und zwar, wie schon gesagt, gleich in drei verschiedenen Mittelbildungen.

Beide Formen traten also plötzlich und rein vegetativ aus der Pfropfstelle hervor und sahen ganz wie Bastarde aus. Trotzdem aber hatten sie, wie spätere Untersuchungen zeigten, nichts mit solchen zu tun. Darauf deutete schon der Umstand hin, daß an ihnen, ebenfalls rein vegetativ, sich Zweige bildeten, die Rückschläge zu den Pfropfsymbionten darstellten und sich rein wie diese weiterentwickelten. Außerdem war es nie möglich, aus Samen der „Pfropfbastarde“, wenn sie überhaupt keimfähig waren, den Eltern gleichende Pflanzen zu erzielen, vielmehr ergaben auch diese wieder nur Rückschläge.

Vom Jahre 1904 ab unterzog sich nun *Hans Winkler* der Aufgabe, Pfropfbastarde künstlich zu erzeugen. Er benutzte dazu Tomatenkeimlinge (*Solanum lycopersicum*) mit haploid 12 Chromosomen und pflanzte auf sie Stengelstücke des schwarzen Nachtschattens (*Solanum nigrum*), der 36 Chromosomen im haploiden Kern aufweist. Die Pfropfung selbst nahm er so vor, daß er das Reis unten keilförmig zuspitzte und in einen entsprechenden keilförmigen Spalt der Unterlage einsetzte. Nach vollkommener Verwachsung der beiden Partner schnitt er den Nachtschattenzweig quer durch die Pfropfstelle hindurch wieder ab und erhielt so eine Schnittfläche, die rechts und links Tomatengewebe,

in der Mitte aber Nachtschattengewebe zeigte (vergl. Abb. 1). Nun haben die Nachtschattengewächse, zu denen

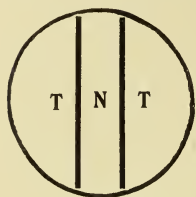


Abbildung 1.

T=Tomate

N=Nachtschatten

beide verwendeten Pflanzenarten gehören, die Eigentümlichkeit, aus Wundflächen reichlich Adventivsprosse zu bilden. Aus der Schnittfläche wuchsen also bald eine ganze Anzahl Triebe hervor, die je nachdem, welchem Gewebe sie entstammten, der Tomate oder dem Nachtschatten angehörten. An den beiden Grenzen aber, wo die Symbionten miteinander verwachsen waren, entwickelten sich bei einigen Pfropfungen Sprosse, die auf der einen Flanke Nachtschatten-, auf der anderen Tomatenausssehen hatten. Sie waren genau an der Verwachsungsstelle entstanden, und beide Partner hatten sich an ihrem Aufbau beteiligt. *Winkler* bezeichnete sie als Sektorialchimären. Ganz vereinzelt zeigten sich an den Pfropfstellen aber auch Triebe, die Mittelformen zwischen den beiden verwandten Solanum-Arten darstellten und die gesuchten Pfropfbastarde zu sein schienen, und zwar zählte man im Laufe der Zeit nicht weniger als fünf verschiedene Mittelformen. Inzwischen waren die Untersuchungen *Joh. Buders* über den Charakter des *Laburnum Adami* abgeschlossen worden. Was dort für den Adams-Goldregen nachgewiesen wurde und was *E. Baur* bereits früher vermutet hatte, zeigte sich auch bei den *Winklerschen* „Pfropfbastarden“: sie bestanden aus einem zentralen Kern, der dem einen Pfropfsymbionten angehörte; um diesen Kern hatte der andere Partner einen ein- bis zweischichtigen Gewebemantel gebildet, so daß man im Gegensatz zu den Sektorialchimären hier von Mantel- oder Periklinalchimären sprechen konnte. Daraus, daß an einzelnen Stellen der Oberfläche der eine oder andere Partner, manchmal durch äußere Einflüsse (Frost, Wunden usw.) angeregt, für sich allein zur Bildung von Augen und Seiten-

zweigen schreitet, sind die Rückschläge zu erklären, von denen oben schon gesprochen wurde und die sich ebenso wie bei *Cytisus Adami* und den *Crataegomespili* auch bei den *Solanum-Periklinalchimären Winklers* zeigten.

Es war also gelungen, durch äußere Beeinflussung rein vegetativer Natur neue Pflanzenformen zu erhalten, wenn es auch nicht die gewünschten Pfropfbastarde waren. Zwar zeigte sich auch einmal bei *Winkler* ein Typ mit der haploiden Chromosomenzahl $24 = \frac{36 + 12}{2}$, der also einen richtigen Pfropf-Bastard hätte darstellen können, indem er gerade das arithmetische Mittel der Chromosomenzahl beider Partner besaß; doch hat man später nichts mehr von ihm gehört. Dagegen traten um das Jahr 1914 zwei Formen auf, die in allen Geschlechts-Zellen die haploide Chromosomenzahl 72 bzw. 24 hatten, also das Doppelte der entsprechenden Zellen von *Solanum nigrum* und *Solanum lycopersicum*. *Winkler* nannte sie wegen der bedeutenden Größe ihres Wuchses und ihrer Blätter *Gigas-Formen* der betreffenden *Solanum*-Arten. Sie leiten zu einer weiteren Methode zur Erzielung neuer Typen über, die im nächsten Kapitel besprochen werden soll.

Die Pfropfchimären stellen, so eigenartig sie auch sind, letzten Endes keine richtigen neuen Formen in unserem Sinne dar, da sie sich ja nur vegetativ durch Stecklinge vermehren lassen, niemals aber durch Samen. Wenn trotzdem hier näher auf sie eingegangen wurde, so geschah dies zum Teil deshalb, weil sie infolge der gelegentlichen Entstehung von *Gigas-Formen* doch noch für unser Thema in Frage kommen, hauptsächlich aber aus dem Grunde, weil sie der Züchtung neue Wege weisen, auf denen es in Zukunft vielleicht einmal gelingen wird, durch Parasiten stark gefährdete Kulturpflanzen mit einer widerstandsfähigen Haut zu umgeben. So könnte man z. B. unsere einheimischen Weinsorten wirksam gegen die Reblaus

schützen, wenn man Chimären zwischen ihnen als Kern und der reblausfesten amerikanischen Rasse als Mantel erzielen könnte. Ähnliche Vorteile würden sich auch für Kartoffel, Tabak und andere Nutzpflanzen ergeben, die besonders viel unter Pilzen und Tierschädlingen zu leiden haben.

Die polyploiden Rassen.

Wie *Gerassimow* um die Jahrhundertwende zeigte, kann man bei der Schraubenalge *Spirogyra* durch Abkühlung oder durch Darbietung von Narkotika während der Kernteilung erreichen, daß die Chromosomen nach ihrer Längsteilung sich nicht auf zwei Kerne verteilen, sondern daß sie in einem Kern, dem Mutterkern, vereint bleiben. Dieser enthält also jetzt und bei allen später ungestört verlaufenden Teilungen doppelt so viele Chromosomen wie zuvor. Das Gleiche erreichte *Nemeč* 1910 an Spitzen von Wurzeln und Sprossen durch Behandlung mit Äther, Chloroform oder Chloralhydrat und *Koernicke* 1905 an Pollenkörnern durch Radiumbestrahlung. Es gelang also durch geschickte Anwendung von äußeren Einflüssen, haploide Kerne in diploide, diploide in tetraploide usw. umzuwandeln, kurz polyploide Kerne zu bilden. Bei der *Spirogyra* entstanden danach sogar ganze polyploide Individuen.

Aber auch auf andere Art kann man polyploide Kerne und Individuen erhalten. Bei den Laubmoosen ist die Moospflanze haploid, das aus ihr durch Befruchtung entstandene Moosporogon aber diploid. Nun hatten schon 1878 *Pringsheim* und *Stahl* gezeigt, daß es möglich ist, Teile von Moosporogonen zum Austreiben zu bringen, wobei sich aus ihnen wieder Moospflänzchen entwickeln. Diese Feststellung machten sich die Gebrüder *El.* und *Em. Marchal* zunutze und erzielten durch Aussaat von Stückchen des diploiden Moosporogons diploide Moospflanzen im Gegensatz zu den bisherigen haploiden. Bei der Ausbildung

von Sexualorganen auf diesen neuen diploiden Pflanzen zeigte sich, daß ursprünglich diözische Pflanzen, die also normal männliche und weibliche Geschlechtszellen auf zwei verschiedenen Individuen entwickeln, monözisch geworden waren, d. h. beide Arten von Sexualorganen auf derselben Pflanze besaßen. Nach Befruchtung entstanden auf ihnen jetzt Sporogone mit dem Vierfachen der haploiden Chromosomenzahl. Aus ihnen ließen sich durch Auslegen tetraploide Moospflänzchen heranziehen; diese aber fruchteten nicht mehr, so daß damit die Reihe der Versuche ihr Ende erreichte.

Die *Marchalschen* Experimente wurden später besonders durch *Fritz von Wettstein* weiter ausgebaut; er erzielte dabei recht interessante Ergebnisse. Zunächst einmal zeigte sich, daß mit der Zunahme der Chromosomen auch die Größe der Kerne, der Zellen und meist auch der Organe wächst, so daß also Gigas-Formen entstanden, wie sie schon *de Vries* bei *Oenothera* und *Winkler* beim seinen *Solanum*-Pfropfversuchen gefunden hatte. Bezeichnet man in einer normalen haploiden Moosart das durchschnittliche Volumen der Zellen mit V_1 , in einer daraus durch Sporogonaussaat gezogenen diploiden Pflanze mit V_2 usw., allgemein in der Form mit dem n -fachen des haploiden Chromosomensatzes mit V_n , so ergab sich ferner, das $V_n = V_1 \cdot k^{n-1}$ ist, wobei k einen für die betreffende Moosippe konstanten, empirisch zu ermittelnden Faktor darstellt. Da nun die Größenzunahme der Zellen bei polyploiden Rassen bald an die Grenze der Entwicklungsmöglichkeit des betreffenden Organismus führt, ist es erklärlich, daß die Brüder *Marchal* nicht über eine gewisse Stufe der Chromosomenvermehrung hinauskamen.

Aus den polyploiden Rassen kann man nun durch geeignete Kreuzung eine große Menge anderer heteroploider Rassen erzielen; so erhält man z. B. aus der Bastardierung einer diploiden (oder bivalenten) und einer tetraploiden (oder tetravalenten) Moosrasse eine triploide (= trivalente).

Aus der Befruchtung einer univalenten mit einer bivalenten Rasse resultiert eine mit dem $1\frac{1}{2}$ fachen Chromosomensatz der normalen (univalenten) Ausgangsform usw. Hier kann man es schon zu recht interessanten Chromosomen-Kombinationen bringen, und da es sich erreichen läßt, daß nur einige gleiche Chromosomen in der Mehrzahl vorhanden sind, können sehr wohl allerlei neue Formen mit deutlichen äußeren Unterschieden entstehen.

Aber auch ohne menschliche Hilfe können aus den polyploiden Rassen allerlei Neubildungen hervorgehen. Das Unnatürliche der Polyploidie führt nämlich dazu, daß die Pflanze von selbst bestrebt ist, ihre Chromosomenzahl herunter zu regulieren. So können bei der Kernteilung solcher polyploider Rassen einzelne Chromosomen ausgestoßen werden, oder es kann bei ihnen die Längsteilung unterbleiben usw. Geschieht dies gar bei der Reduktionsteilung, so können auch ohne Bastardierung allmählich gänzlich neue Formen entstehen.

Was durch *Winkler* und die Brüder *Marchal* bei den Moosen auf experimentellem Wege erreicht worden ist, nämlich der Übergang zur Polyploidie, vollzieht sich manchmal von selbst auch bei gewöhnlichen Moosbastarden und zwar gerade bei solchen, die aus nur entfernt miteinander verwandten Eltern hervorgegangen sind. Hier treten bei den Reduktionsteilungen oft Störungen auf, die zur Polyploidie führen. So kann man z. B. annehmen, daß viele Gigas-Formen auf diese Art entstanden. Durch unregelmäßige Reduktionsteilung werden dann wie oben aus ihnen weitere veränderte Rassen geschaffen. Dies gilt jedoch nicht nur für die Bastarde von Moosen, sondern ebenso auch für die höherer Pflanzen, und gerade da ergeben sich aus den eben geschilderten Tatsachen zahlreiche Möglichkeiten für die Züchtung neuer Pflanzenformen.

Allerdings können sich viele der polyploiden Rassen in der Natur nicht halten, da sie eben infolge der dauernden

Unregelmäßigkeiten bei den Reduktionsteilungen und oft auch bei den vegetativen Kernteilungen sich bald verändern, zum Teil sogar bis auf die normale Ausgangsform herabreguliert werden. Andere büßen ihre Sexualität mehr oder weniger ein. Ein Bestehenbleiben ist ihnen nur dann gesichert, wenn sie die Fähigkeit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung besitzen. Und wir kennen in der Tat in der Botanik verschiedene Gattungen wie Rosa, Salix (Weide), Hieracium (Habichtskraut), Hyacinthus u. a., bei denen man sicher annehmen kann, daß ihr Formenreichtum auf Heteroploidie zurückzuführen ist.

Gerade in der holländischen Hyazinthen- und Narzissenzucht ist, wie *de Mol* schildert, die Hauptmasse der Blumensorten durch vielchromosomige Polyploidrassen gebildet. Während die Wildrassen Hyacinthus romanus und Hyacinthus Webbianus haploid 4 Chromosomen im Kern besitzen, weisen die besten Züchtungen wie La Grandesse und Totilla bereits haploid 14 und 15 Chromosomen auf. Ähnliches ist bei den Dahlien, Fuchsien, Chrysanthemen u. a. zu beobachten. Bei Chrysanthemum indicum findet man z. B. Rassen mit haploid 9, 18, 27, 36, 45 Chromosomen, wobei deutlich das Steigen der Valenz zu erkennen ist, bei Primula solche mit haploid 9, 12, 18, 24, 27 Chromosomen, bei der Banane (Musa sapientium) solche mit 8, 11, 12, 16, 24 Chromosomen usw. Auch unsere Getreidearten scheinen Polyploidrassen ihre Entstehung zu verdanken; merkwürdig ist jedenfalls, daß z. B. die Haploidzahlen bei

Triticum monococcum (Einkorn) $n = 7$,

Triticum dicoccum (Emmer), T. turgidum (englischer Weizen), T. durum (Hartweizen) $n = 14$,

Triticum vulgare (Saatweizen), T. compactum (Zwergweizen), T. Spelta (Spelt) $n = 21$

betragen.

Die Mutationen.

Zum Schluß soll noch eine Möglichkeit genannt werden, neue Formen zu erhalten, wenn man sie auch nicht experimentell willkürlich in bestimmter Ausbildung erzeugen kann: das Auftreten von Mutationen. Darunter versteht man in den Kulturen oder in der Natur plötzlich sich zeigende Variationen, die erblich sind, weil sie durch Änderungen in der Chromosomengarnitur entstanden. Die älteste in der Literatur bekannte Mutante ist die 1590 in Heidelberg entdeckte zerschlitzt-blättrige Form (*Chelidonium laciniatum*) unseres Schöllkrautes (*Chelidonium maius*). Seither sind von allen möglichen Bäumen und Kräutern Mutanten bekannt geworden. Zu ihnen sind der Trauerwuchs und die Pyramidenform vieler Gartengehölze, die Kraus- und Buntblättrigkeit mancher Abarten unserer Zierpflanzen, das Blühen mit gefüllten Blüten, wahrscheinlich auch manche Panaschierungen, d. h. das Auftreten von Rassen mit weiß- und grüngefleckten Blättern, zu rechnen, sicher aber gehören hierher unsere meisten Kulturpflanzen, soweit sie nicht durch Bastardierung erzeugt wurden.

Die Mutationen können sowohl auf geschlechtlichem Wege, durch Befruchtung, als auch auf vegetative Art, z. B. als Knospenmutationen an Seitenknospen oder in einem Sektor am Vegetationsscheitel entstehen. Meist unterscheiden sie sich von der Stammform nur durch ein einziges Merkmal, das außerdem größtenteils rezessiv, selten dominant ist. Ferner sind sie gewöhnlich bei ihrem Auftreten Heterozygoten, was vor allem bei der geschlechtlichen Bildung verständlich ist, da ja sonst in beiden kopulierenden Geschlechtszellen derselbe Erbfaktor mutiert sein müßte.

Besonders häufig treten Mutationen bei Vererbungsversuchen auf. Dort sind sie oft schwer von den im vorigen Kapitel beschriebenen Selbstregulationen bei polyploiden Rassen zu unterscheiden. Über die Gründe

zu ihrer Entstehung weiß man bis heute kaum etwas; sicher ist aber, daß sie garnicht so selten sind. Vor allem wird der Saatzüchter in seinen Kulturen auf sie zu achten haben; denn gerade sie können ihm oft recht wertvolle Verbesserungen seiner Zuchten liefern, wertvollere vielleicht als alle seine Kreuzungsversuche, die manchmal erst nach langjähriger Arbeit und Auslese ein brauchbares Ergebnis haben, während ihm eine Mutation plötzlich eine neue Form in den Schoß werfen kann, an deren Bildungsmöglichkeit er bisher überhaupt nicht gedacht hatte.

Seit einigen Jahren beschäftigen sich besonders in Amerika die Pflanzenzüchter mit der Aufgabe, Mutationen künstlich auszulösen. In Deutschland werden entsprechende Untersuchungen neuerdings von *E. Baur* in großem Umfange ausgeführt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß in einer Kultur die Zahl der Mutanten bedeutend zunimmt, wenn man die Blütenknospen, die sich im Zustande der Reduktionsteilung befinden, oder die keimenden Samen mit Röntgenstrahlen behandelt oder wenn man wachsende Pflanzen in gewissen Entwicklungsstadien dem Einfluß von Chemikalien oder von bestimmten Temperaturen aussetzt. In jedem dieser Fälle treten die Mutanten als Folge von Störungen auf, die die Kernteilungen durch die Behandlung erfuhren. Zwar ist meist ein großer Teil dieser Neubildungen für die Pflanzenzucht unbrauchbar, daneben aber treten auch manche wertvollere Formen auf. Ein endgültiges Urteil über die noch im Gange befindlichen Versuche kann vor ihrem Abschluß nicht gegeben werden; sollten sich aber die auf sie gesetzten Hoffnungen verwirklichen, so ergibt sich damit eine weitere aussichtsreiche Möglichkeit zu Sortenverbesserungen unserer Kulturpflanzen, wenn man auch, und das sei nochmals betont, bei all diesen Mutationen die Art des Erfolges nie vorhersagen kann.

Überschauen wir die vorstehenden Ausführungen, so erkennen wir deutlich, daß neben der Auslese bei der Bastardierung mehr oder weniger nahe verwandter Arten am meisten Aussichten, neue Pflanzenformen zu erzielen, diejenigen Methoden haben, bei denen es gelingt, auf die eine oder die andere Art, geschlechtlich oder ungeschlechtlich, die Valenz einer Rasse heraufzusetzen, um dann bei der Durchprüfung der entstehenden Polyploid- und Heteroploidrassen diejenigen unter ihnen auszuwählen, die am besten für die Weiterzucht und den gewünschten Zweck geeignet sind. Und gerade diese Methoden haben in unserem Zeitalter der Chemie, der Radium-, Röntgen- und ultravioletten Strahlen die erfolgreichste Zukunft. Daneben dürfen aber nicht die ohne menschliche Beeinflussung in Natur und Kultur auftretenden Mutationen übersehen werden, die wie seit alters auch heute noch viel zur Entstehung neuer Formen beitragen.

Verwendete Literatur.

1. Baur, E.: Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. 1919.
2. Buder, Joh.: Studien an *Laburnum Adami* II. Zeitschr. f. ind. Abstammungs- u. Vererbungslehre. 1911.
3. Benecke-Jost: Pflanzenphysiologie. 1924.
4. Ernst, Alfred: Chromosomenzahl und Rassenbildung. Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges. Zürich. 1922.
5. Molisch, Hans: Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 1921.
6. Strasburger u. a.: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 1923.
7. von Wettstein, Fritz: Die Erscheinung der Heteroploidie, besonders im Pflanzenreich. Ergebnisse der Biologie. 2. Band. 1927.
8. — — Über Sippenbildung auf Grund von Chromosomenveränderung. Naturforscher. 1924.
9. Winkler, Hans: Über Pfropfbastarde und pflanzliche Chimären. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1907.
10. — — Über die Nachkommenschaft der *Solanum*-Pfropfbastarde und die Chromosomenzahlen ihrer Keimzellen. Zeitschr. f. Bot. 1910.
11. — — Über das Wesen der Pfropfbastarde. Ber. der Dtsch. Bot. Ges. 1910.
12. — — Untersuchungen über Pfropfbastarde I. 1912.
13. — — Über Pfropfbastarde. Ges. dtsh. Naturforscher u. Ärzte. 1911.
14. — — Über die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. Zeitschrift f. Bot. 1916.

Die Bryozoengattung *Diplosolen* in der Schreibkreide von Rügen.

Von Ehrhard Voigt in Dessau.

Auf den Gryphaeen und Ananchyten der Rügener Schreibkreide findet man unter den zahlreichen inkrustierenden Bryozoen nicht selten Formen, die man bei flüchtiger Betrachtung für *Bereniceen* halten könnte; bei genauerer Untersuchung lassen sie aber eine Besonderheit erkennen, die den gewöhnlichen *Berenicea*-Arten fremd ist. Man gewahrt nämlich zwischen den normalen Zellen eingestreut kleinere Zellröhren, die sich von den großen nur durch ihre geringeren Ausmaße unterscheiden. Diese Formen gehören zu der Gattung *Diplosolen* Canu (4, S. 329) und sind sowohl von *v. Hagenow* wie von *Marsson* als auch von *Levinsen* in ihren Monographien der Schreibkreidebryozoen übersehen worden, sodaß es wohl am Platze ist, die verhältnismäßig zahlreichen *Diplosolen*-Arten aus Rügen zusammenzustellen, zumal sie größtenteils noch nicht beschriebenen Arten angehören.

Der erste, der die hierhergehörigen Formen von *Berenicea* abgetrennt und mit eigenem Namen belegt hat, war *Jullien* (1886). Er tat nur einen Mißgriff, indem er den schon mehrfach vergebenen Namen *Diplopora* wählte, den *Canu* 1916 durch *Diplosolen*¹⁾ ersetzt hat. Es scheint ganz unbekannt geblieben zu sein, daß *D. Hüberle* (3) schon 8 Jahre vorher vorgeschlagen hat, die Bezeichnung

1) Die a. a. O. (4. S. 329 befindliche Schreibweise *Diplosolen* ist ein Druckfehler.

Diplopora in *Didymopora* umzuändern. Da jedoch der Name *Diplosolen* sich seitdem eingebürgert hat, verwende ich ihn einstweilen weiter, zumal *Häberle* seinen Vorschlag an so versteckter Stelle veröffentlicht hat, daß er den Spezialforschern unbekannt bleiben mußte und unter diesen Umständen kaum Anspruch auf Anerkennung finden darf.

Die Wachstumsformen der *Diplosolen*-Arten, von denen etwa ein Dutzend bekannt ist, sind recht mannigfaltig. Weit verbreitet ist der inkrustierende *Berenicea*-Typ, dem alle Rügener Arten angehören. Im Danien gibt es massive wie hohle zylindrische Stämme bildende Formen. Unter den tertiären und rezenten Arten sind bilamelläre, blattartige und in der *Reticulipora*-Form entwickelte Typen bekannt.

Daß die in den genannten verschiedenen „Zoarialformen“ auftretenden Arten eine natürliche Gruppe bilden, lehrt auch die allen gemeinsame Ovizelle¹⁾, die als wohlumgrenzte, rundliche oder ovale blasenartige Auftreibung entwickelt ist, die von den großen und kleinen Zellröhren gleichmäßig durchbrochen wird.

Für die kleinen Zellen (Zooeciules, loges intermediaires, Tubuli, adventitious Tubules der Autoren) hat *Folke Borg* (6, S. 232) in neuester Zeit den Ausdruck Nanozoide vorgeschlagen im Gegensatz zu den normalen Zellen (Autozoide). *Folke Borg's* gründliche Untersuchungen an rezentem Material von *Diplosolen* haben ergeben, daß diese kleinen Zellröhren weitgehend reduzierte regenerationsfähige Polypide enthalten, die zur Nahrungsaufnahme unfähig sind. Genitalprodukte sind in ihnen nicht beobachtet worden, auch fehlen ihnen z. B. die Constrictoren, der Ringkanal und der Funiculus. Anstelle des Tentakelkranzes ist ein fingerförmiges Organ entwickelt, das *Folke Borg* mit einem

1) *Folke Borg* 6, S. 345 hält den Ausdruck Ovizellen für ungeeignet und möchte ihn durch die Bezeichnung „Brutkammern“ ersetzt wissen. Ich halte es jedoch für wenig zweckmäßig, so lange eingebürgerte und bekannte Namen zu ändern.

Tentakel vergleicht, und das zweifellos ausgestreckt werden kann. Der Vergleich mit Avicularien (*Waters, Canu*), ist naheliegend, doch ist über die Funktion der Nanozoide nichts Sicheres bekannt, wie überhaupt die verschiedenartigen „Nebenzellen“ der Cyclostomata noch manches ungelöste Problem bieten.

Von welchen Formen sich *Diplosolen* ableitet, ist nicht bekannt. Die älteste Art, und neben *D. germanicus* Voigt zugleich die einzige bisher bekannte Prä-Danienform ist *D. obelioides* Pergens (2, S. 335) aus dem französischen Coniacien. Es ist aber gewiß anzunehmen, daß die Gattung weiter zurückreicht, und eine mikroskopische Untersuchung der so häufigen *Berenicea*-Arten wird sicher noch ältere Vertreter von *Diplosolen* bekannt werden lassen.

Es empfiehlt sich beim Studium dieser Formen, die Objekte mit Tinte zu färben, da nur so alle Feinheiten der Struktur sichtbar werden.

Infolge der Färbung erscheinen die Abbildungen der dieser Arbeit beigegebenen Tafel dunkler getönt, als man es an Photographien der sonst rein weißen Schreibkreidefossilien zu sehen gewohnt ist.

Beschreibung der Arten.

Diplosolen pavonius n. sp. Tafel. Fig. 6—7.

Das Zoarium mißt 1—2 cm im Durchmesser und entwickelt sich aus *Proboscina*-artigen Anfängen zu sich sehr rasch verbreiternden, lappigen bis fächerförmigen Ausbreitungen, die sich auch verästeln können. Ein Exemplar ist acht mal verzweigt. Jedenfalls bildet der Stock, soweit nach dem vorhandenen Material geschlossen werden kann, keine rundlichen gleichartigen Scheiben. Die Zooezien sind ca. 1 mm lang, etwas hervortretend, gewölbt, zuweilen schwach quergerunzelt. Das Peristom ist an den zentralen Zellen kreisrund, 0,11—14 mm groß, deutlich abgehoben, in der peripheren Region häufig mehr oval bis elliptisch.

Die Nanozoide sind regelmäßig zwischen den Autozoiden verteilt, 0,20—0,25 mm lang, mit kleinem Peristom, das 0,03—0,04 mm mißt. Sie tauchen unvermittelt zwischen zwei Autozoiden hervor und münden aus, ohne lange an der Oberfläche zu verlaufen. Ovizellen sind nicht selten beobachtet worden. Die größte der Rügenschenschen Arten.

Diplosolen ellipostomus n. sp. Tafel. Fig. 3.

Das Zoarium wächst ähnlich wie bei *D. pavonius*. Ein kleines einseitig orientiertes Zellenbündel verbreitert sich ausnehmend schnell nach Art eines Fächers, wobei die Flanken nach rückwärts streben und sich hinter der Ancestrula wieder vereinigen können, ein Analogon zum Wachstum der *Anomia* oder der Korallengattung *Diplocotenum* aus der oberen Kreide. Die Zooezien sind verschieden lang (0,40—0,60 mm), meist gerade gestreckt, selten auch ein wenig schlangenartig gebogen, schwach gewölbt, an der Spitze etwas aufgerichtet. Das Peristom ist elliptisch, gegen 0,15 mm lang, vorn häufig etwas zugespitzt. Die Nanozoide treten wie die Autozoide deutlich heraus, sind kurz und besitzen eine nadelstichartige Öffnung. Die Anordnung der Zooezien und der Nanozoide macht einen etwas unregelmäßigen Eindruck.

Von *D. stigmatophorus* durch größere Unregelmäßigkeit der Zellen, kleinere Nanozoide und sehr viel geringere Punktierung¹⁾ beider Arten von Zellröhren verschieden. Die folgende Art besitzt auch stets radial gebaute, scheibenförmige Zoarien.

Diplosolen stigmatophorus n. sp. Tafel. Fig. 1—2.

Das Zoarium ist annähernd rund, scheibenförmig. Die äußerlich etwa 0,5 mm langen Zooezien sind gerade und strahlen regelmäßig radial vom Mittelpunkt der Kolonie

1) Fast alle Cyclostomata erscheinen bei stärkerer Vergrößerung durch die sog. Pseudoporen (*Levinsen*) punktiert.

aus. Sie treten etwas hervor, indem sie sich ganz allmählich schwach herausheben und mit rundlich ovaler Apertura (Peristom 0,09—0,12 mm) endigen. Die Nanozoide sind meist ebenso lang wie die Autozoide, zuweilen auch kürzer. Sie sind für diese Art sehr bezeichnend, indem sie, zuerst haardünn, sich in gerader Richtung ganz langsam verbreitern und mit nadelstichartiger Öffnung endigen. Die kommaartige Gestalt der Nanozoide unterscheidet die vorliegende Art sehr deutlich von den übrigen. Ein Exemplar (Tafel. Fig. 2), an dem die Stockoberfläche stellenweise korrodiert ist, bietet ein wesentlich anderes Bild; hier stehen die Nanozoide an Breite den Normalzellen nur wenig nach, erscheinen deutlich umrandet und zeigen sich von Anfang an gleichzeitig mit den Autozoiden in voller Breite.

Diplosolen filicauda n. sp. Tafel. Fig. 4—5.

Das Zoarium bildet unregelmäßige Ausbreitungen, die sich auch überlagern können, sodaß mehrschichtige Stöcke entstehen.

Die Zooezien sind langgestreckt, 0,8—1 mm lang, gerade oder etwas gebogen, flach, vollständig bis zur Apertura anliegend, ohne erhobenes Peristom, durchschnittlich 0,10 mm breit, nur selten darüber. Das Hauptcharakteristikum bilden die sehr langen, fadenförmigen, ebenfalls bis 1 mm langen Nanozoide, die ziemlich regelmäßig zwischen zwei Autozoide eingeschaltet sind und ebenso flach wie diese aufliegen und garnicht hervortreten. Die Stockoberfläche ist stark punktiert.

Diplosolen germanicus Voigt. Tafel. Fig. 8—9.

5. 1924 E. Voigt, S. 139 Tafel. IV, 20—21.

Flache rundliche Ausbreitungen. Die Zooezien sind mittelgroß, treten äußerlich wenig deutlich hervor und sind weit voneinander entfernt. Das Peristom ist rundlich-oval, ringförmig, meist 0,09—0,12 mm im Durchmesser. Die 0,02 bis

0,03 mm breiten Nanozoide sind sehr zahlreich und erfüllen die weiten Zwischenräume zwischen den Autozoiden, indem sie diese an Zahl um das 3—4fache übertreffen.

Der Verlauf und die Menge der Nanozoide läßt sich an einem normalen trockenen Exemplar kaum feststellen, an dem aus einer ziemlich einheitlichen Stockoberfläche die Mündungen der Zooezien hervorbrechen und die Zwischenräume von vereinzelt Öffnungen der Nanozoide unterbrochen werden. Erst beim Anfeuchten gewahrt man auf der Oberfläche des Stockes die durchscheinenden hellen, entfernt an Spermatozoen erinnernden Nanozoide.

Da sich eine photographische Wiedergabe dieser Strukturen an nur mit Wasser benetzten Kolonien infolge der raschen Verdunstung des Wassers bei der Nähe der elektrischen Birne als unmöglich erwies, wurde das Präparat mit einer Ölschicht überstrichen. Die unter den zuletzt genannten Umständen erzielte Aufnahme ist zwar etwas matt und nicht plastisch, zeigt aber deutlich zwischen den dunklen Zellöffnungen die große Menge der Nanozoide.

Bei sämtlichen übrigen bekannten *Diplosolen*-Arten halten sich Nanozoide und Autozoide in ihrer Zahl annähernd das Gleichgewicht. Es kann also diese Form mit keiner anderen verwechselt werden.

Bei der ersten Beschreibung dieser Art, die ich 1924 gab, war die Mehrzahl der Nanozoide den Autozoiden gegenüber nicht hervorgehoben worden, da an den viel besser erhaltenen Rügener Exemplaren diese Eigenschaft deutlicher hervortritt.

Die subherzynen Exemplare von Gr. Bülden b. Peine neigen zu einem aufrechten stammförmigen Wachstum, wie es die Rügener Stücke nicht aufweisen.

Im Text genannte Literatur:

1. 1887 Th. Marsson, Die Bryozoen der weißen Schreibkreide der Insel Rügen. Paläontolog. Abhandl. Bd. IV. I. Teil.
2. 1890 Ed. Pergens, Revision des Bryozoaires du Crétacé figurés par Alc. d'Orbigny I. Teil Cyclostomata: Bull. Soc. belg. géol. Bd. VI.
3. 1908 D. Häberle, Paläontologische Untersuchung triadischer Gastropoden aus dem Gebiet von Predazzo. Verh. d. Heidelb. Naturhistor.-med. Ver. N. F. Bd. IX. 1908.
4. 1916 F. Canu. Les ovicelles des Bryozoaires cyclostomes. Études sur quelques familles nouvelles et anciennes. Bull. soc. géol. de France 4^e sér. Vol. XVI.
5. 1924 E. Voigt, Beiträge zur Kenntnis der Bryozoenfauna der subherzynen Kreidemulde. Paläontolog. Zeitschr. Bd. VI Heft 2—3.
6. 1926 Folke Borg, Studies on the recent Cyclostomatous Bryozoa. Zoologiska Bidrag från Uppsala. Bd. 10. 1926.

Erklärung der Tafel.

- Fig. 1—2. *Diplosolen stigmatophorus* n. sp. $\times 20$.
Fig. 3. *Diplosolen ellipsostomus* n. sp. $\times 20$.
Fig. 4—5. *Diplosolen filicauda* n. sp. $\times 20$.
Fig. 6—7. *Diplosolen pavonius* n. sp.
Fig. 6. Ganzes Zoarium $\times 12$.
Fig. 7. Ovizelle. $\times 20$.
Fig. 8—9. *Diplosolen germanicus* Voigt $\times 20$.
Fig. 8. Aufnahme des trockenen Präparats.
Fig. 9. Aufnahme des in Öl getränkten Objektes;
die zahlreichen Nanozoide sind sichtbar
geworden.

Sämtliche Originale befinden sich in der Sammlung des Verfassers.

Beiträge zur Biologie der Ornis des Mare Balticum.

Prof. Dr. Horst Wachs.
(Museum für Naturkunde-Stettin).

Während meiner Tätigkeit an der Universität Rostock habe ich mich neben entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten besonders auch dem Studium der Biologie und Oekologie der Vogelwelt im weiteren Umkreise meines Arbeitsplatzes gewidmet. Für den, der sich schon seit frühester Jugend in Verfolg natürlicher Veranlagung gewöhnt hat, Tiere nicht nur zu töten und zu sammeln, sondern vor allem auch das lebende Tier in seiner normalen Umgebung zu beobachten und in die Zusammenhänge zwischen Tier und Lebensraum sich einzufühlen, mußte ein Gebiet, wie es Mecklenburg-Pommern mit seinen Wäldern und Seen und seiner vielgestaltigen Küste darstellt, im höchsten Maße anziehend sein. Und wenn meine Arbeit hierbei insbesondere der Ornis von Mecklenburg und den benachbarten Teilen Pommerns gewidmet war, so ist auch dies neben der alten persönlichen Vorliebe für diesen Teil unserer Fauna ebenfalls wieder in den oekologischen und biologischen Verhältnissen begründet. Denn kaum anderwärts in Deutschland ist insbesondere unsere Wasservogelwelt noch so zahlreich auch in ihren größeren Arten vertreten, kaum anderwärts finden auch unsere größten Raubvögel, bis zum Fischadler und Seeadler, noch bis zum heutigen Tage die zum Leben nötigen Voraussetzungen in solchem Maße erfüllt, wie in den Wäldern, den Brüchen und Feldern, auf den großen nahrungspendenden Seen und unzähligen Teichen und Tümpeln und an der vielgestaltigen Küste

von Mecklenburg und Pommern mitsamt der Insel Rügen und Hiddensee. ^{Anm.}

Denn um die biologischen Verhältnisse von Mecklenburg und Pommern in bezug auf ihre Ornithologie richtig zu verstehen, müssen wir uns nicht nur den Reichtum der Landschaft an Wasser und Wald und ihre durch die Eiszeit geschaffene reiche Gliederung vor Augen halten, sondern auch der Nähe des Meeres und der Lage dieser Gebiete im Verhältnis zum übrigen Ostseegebiet gedenken: die biologischen Probleme, das ganze Studium der Ornithologie dieser Landschaften kann nur dann richtig angepackt werden, wenn der Bearbeiter die Möglichkeit hat, seine Tätigkeit in Zusammenarbeit mit andern Beobachtern auf das Gesamtgebiet des Mare Balticum auszudehnen.

Ich habe die Notwendigkeit, die Arbeit in dieser Weise in Angriff zu nehmen, wiederholt mündlich und schriftlich nachdrücklichst betont, aber leider gestattet während des Krieges und infolge seiner Auswirkungen auch in den dann folgenden Jahren die äußeren Verhältnisse nicht, die Arbeit in dieser umfassenden Weise in Angriff zu nehmen. So ließ ich mir in dieser Zeit zunächst die biologische Erforschung bestimmter Lebensgemeinschaften innerhalb Mecklenburgs angelegen sein, worüber ich in zahlreichen größeren und kleineren Abhandlungen berichtet habe. ^{Anm.}

Anm.: Mit Absicht bediene ich mich der Schreibweise „Hiddensee“, da sie aus wohlgesicherten Gründen die einzig berechnete ist im Gegensatz zu der leider jetzt wieder einmal seitens der Reichspost eingeführten Schreibweise „Hiddensee“, die ohne alle historische Berechnung ist, sodaß ihr Gebrauch nichts anderes darstellt, als Sanktionierung einer verständnislosen, nachlässigen sprachlichen Mißdeutung. Vergl. hierzu u. a. „Greifswalder Oie“. Anm.: Da diese meine Mitteilungen z. T. recht verstreut sind und meine weiteren Arbeiten nunmehr voraussichtlich wieder in andern Zeitschriften erscheinen werden, gebe ich am Schluß eine Zusammenstellung meiner hauptsächlichsten diesbezüglichen Abhandlungen.

Gleichzeitig sah ich, daß auch in diesen bislang noch erfreulich menschenleeren Gebieten gerade die Ornithologie durch die vordringende Zivilisation immer mehr gefährdet, alte Kultur durch den Wechsel der Besitzer und andere Notstände verdrängt wurde und damit gewissermaßen die zwölfte Stunde für die biologische Erforschung der hiesigen Vogelwelt immer näher rückte: um hier die drohende Katastrophe so lange wie möglich hinauszuschieben, bewerkstelligte ich die Schaffung eines umfassenden Naturschutzes in Mecklenburg auf entsprechender gesetzlicher Grundlage. Am 14. Juni 1923 wurde das Naturschutzgesetz für Mecklenburg als Rahmengesetz verkündet; am 23. Juni 1924 folgte die Erklärung des Langenwerders zum Naturschutzgebiet, am 13. Januar 1925 die Einführung völligen Schutzes für unsere wilden Schwäne, die nach Mecklenburgischem Jagdrecht vordem nur vom 1. April bis 30. Juni Schonzeit hatten, und am 27. November 1926 bzw. 12. Januar 1927 wurden alle Adler einschließlich des Fischadlers in Mecklenburg für das ganze Jahr unter strengen Schutz gestellt. ^{Anm.}

Die Notwendigkeit, Naturschutz heute in wissenschaftlichem Sinne zu betreiben, hat sich allmählich wohl allgemeine Anerkennung verschafft. Voraussetzung hierzu ist aber, die in einer Landschaft bestehenden biologischen Zusammenhänge auch wirklich zu kennen und zu durchschauen! Für die Erforschung von Pflanzenformationen und insektenbiologischen Zusammenhängen ist dies schon vielfach geschehen — um so reizvoller scheint mir die Aufgabe, in entsprechender Weise ein ornithologisch hervorragendes Gebiet als Ganzes zu bearbeiten. Die Schwierigkeiten sind hierbei allerdings bedeutend, da in diesem Falle unserm Studienobjekt das Eine trefflichst geglückt ist: die Überwindung der Entfernungen! Hierdurch weitete sich

der Raum, den wir als Einheit zu fassen uns bemühen müssen. Aber mit der Schwierigkeit wächst der Reiz der Aufgabe — und hoffentlich auch die Kräfte! Fassen wir das Studium der „Ornithologie des Mare Balticum“ einmal in dieser Weise an, so werden die Ergebnisse, glaube ich, auch auf verwandte Gebiete, wie z. B. auf die Verbreitung mancher Pflanzen, deren Samen oder Sprossen durch die Zugvögel verschleppt werden, die Ausbreitung ento- und ekto-parasitischer Tiere u. a. neues Licht werfen.

Wenn ich nun nachstehend wiederum einen Beitrag zur hiesigen Ornithologie gebe, so ist dies, hoffe ich, in gewissem Sinne Abschluß meiner bisherigen und Anfang neuer Arbeit; denn zwei glückliche Umstände ermöglichen mir endlich, die Arbeit im oben gedachten Sinne zu beginnen: einerseits hat die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft mir in entgegenkommendster Weise ihre Unterstützung ange-deihen lassen, andererseits schafft mir die Berufung nach Stettin als Leiter des Museums für Naturkunde die Basis, die mir bisher fehlte.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, bei dieser Gelegenheit wiederum der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft auch an dieser Stelle für die mir gewährte Unterstützung und Förderung, ohne die ich nicht mehr hätte weiter arbeiten können, meinen ergebensten aufrichtigen Dank auszusprechen. Gleichzeitig möchte ich aber auch all denen, die mir während meiner Tätigkeit in Rostock bei diesen Arbeiten geholfen haben, nochmals herzlichst danken. Mit großer Freude habe ich gesehen, wie immer mehr hilfreiche Hände sich in den Dienst unserer Sache stellen und in immer steigendem Maße genoß ich mitsamt meinen Studenten wertvollste Unterstützung, vor allem auch bei unsern zahlreichen Excursionen und beim Sammeln unseres Beobachtungsmaterials. Nicht nur meine Rostocker Studenten, sondern auch zahlreiche Studierende auswärtiger und außerdeutscher Universitäten und andere Teilnehmer

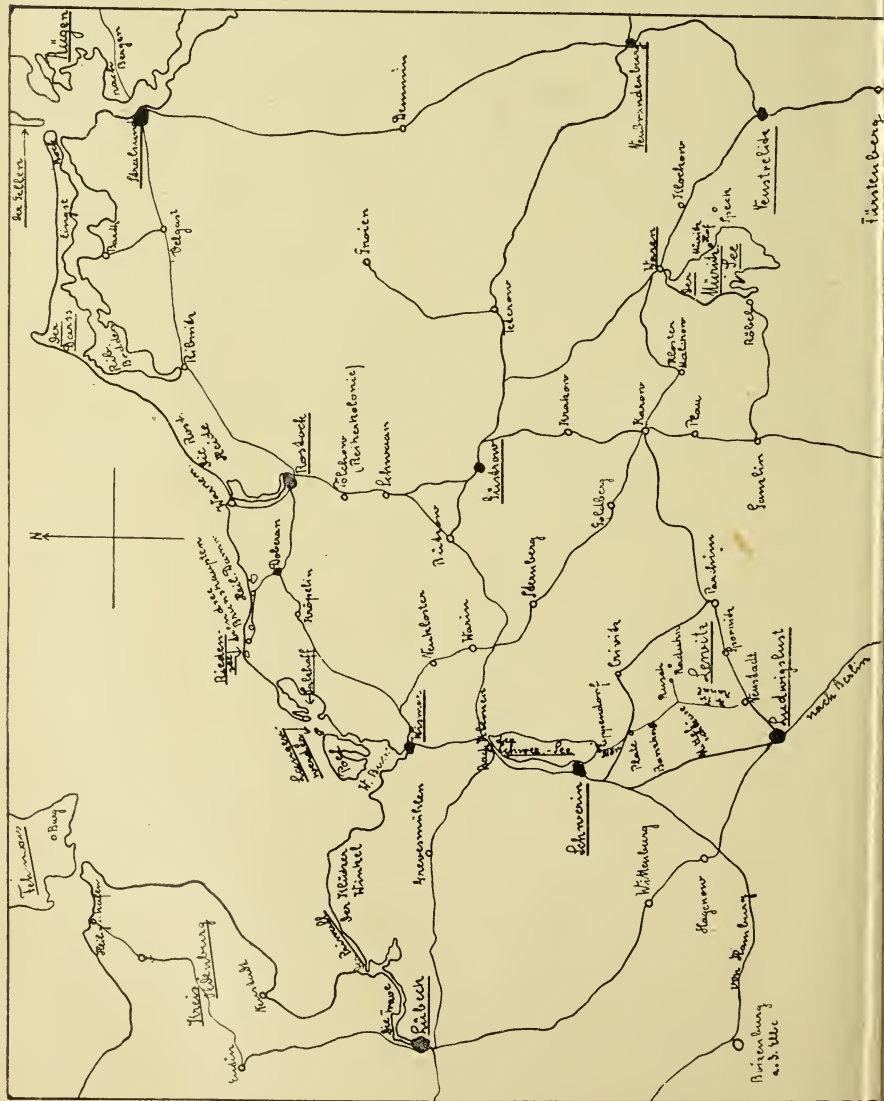
werden sich meinem Dank an unsere Helfer und Gastfreunde anschließen, gern der Stunden und Tage gedenkend, in denen uns das schöne Meklenburg und seine Bewohner gern gebotene Gastfreundschaft gewährten. Denn Untersuchungen wie die hier durchgeführten und hoffentlich auch weiterhin durchzuführenden sind nur bei großzügigem Entgegenkommen seitens der Grundeigentümer, der Nutzungsberechtigten und der staatlichen Verwaltungsbehörden möglich. In der Hoffnung, mich dieser bisher genossenen Förderung seitens unserer Freunde in Mecklenburg auch weiterhin zu erfreuen, ist es mir eine angenehme Pflicht, auch schon denen zu danken, die unsere in Pommern begonnene Arbeit fördern, sowie vor allem auch unsern Freunden in Schweden. Auf Nennung von Namen darf ich verzichten, es würde eine erfreulich lange Liste!

Die Vogelinsel Poel-Langenwerder in Vergangenheit und Gegenwart.

Als *Zander* im Jahre 1848 seine „ornithologische Exkursion nach der Insel Poel“ machte, traf er in vielfacher Beziehung schon ähnliche Verhältnisse, wie wir sie noch heute dort vorfinden: damals wie heute hielten sich im Winter und zur Frühjahrszeit bis in den Mai hinein die Rottgänse (*Branta bernicla* L.) in Scharen in der Wismarschen Bucht auf, schon damals brüteten Seeschwalben (*Sterna spec.*) auf Langenwerder, und heute noch nehmen die Strandvögel, wie damals, auf ihrem Herbstzuge von NO nach SW Aufenthalt auf Langenwerder und Poel.

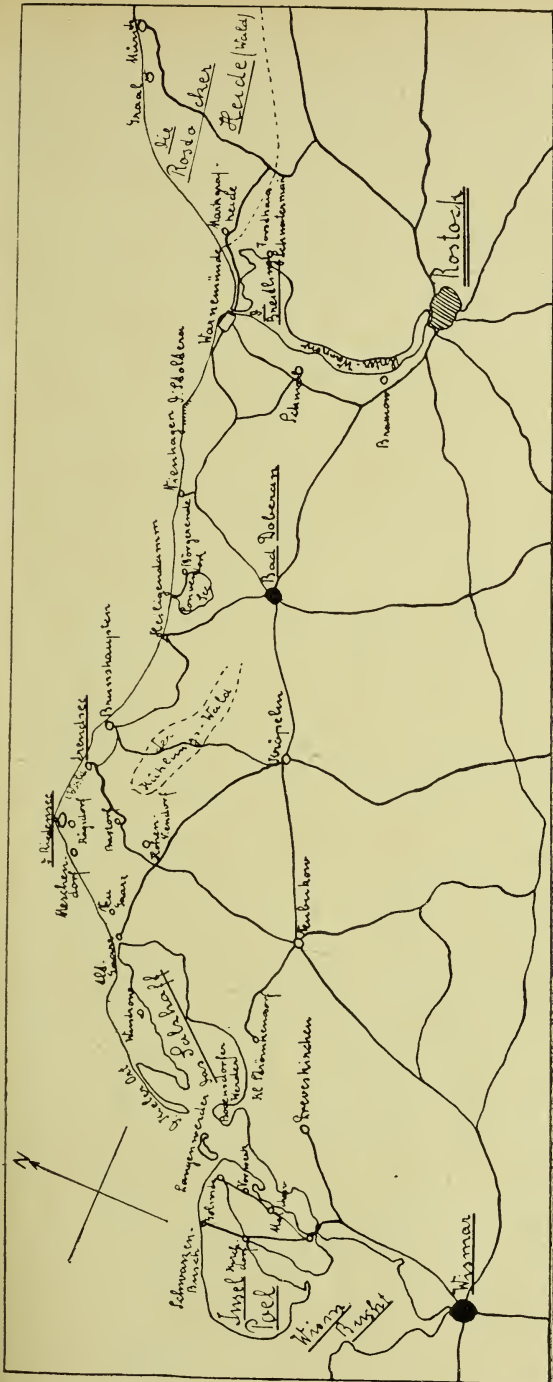
Schon diese Angaben lassen darauf schließen, daß in dem Gebiet um Poel-Langenwerder besondere oekologische Verhältnisse bestehen müssen, die sich biologisch in besonderer Weise auswirken. Wollen wir kurz gefaßt charakterisieren, worin diese Besonderheit besteht, so können wir sagen: „Poel-Langenwerder hat zur Zugzeit wie zur Brut-

Karte I.



Übersichtskarte über den West- Winkel der Ost-See (Mecklenburger Bucht), Mecklenburg u. Lübeck. Rechts oben ist ein Stück von Rügen und die Südspitze von Hiddensee, der „Gellen“, zu sehen, dann folgt der Bock, Zingst und das Fischland (der „Darss“). Von den großen Seen ist der Schweriner See und der Müritz-See, Deutschlands größter See, eingezeichnet; ferner die Bahnliesen. Im Lewitz-Gebiet sind auch die Kanäle eingetragen. Bei der Eintragung der Orte wurden vor allem solche berücksichtigt, die ornithologisch von Interesse sind (Vgl. hierzu auch: Wüstnei und Clodius, „Die Vögel der Großherzogtümer Mecklenburg“, Güstrow 1900).
Gez. L. Wachs.

Karte II.



Spezialkarte des Küstengebietes zwischen der Rostocker Heide und der Wismarschen Bucht. Es ist deutlich wie das Gebiet des Rieden-Sees stark nach Nord-West vorspringt; östlich von ihm zeigt die Küstenlinie einen glatten Verlauf, westlich von ihm aber fassen Wasser und Land vielfach und tief in einander. Das Gebiet um Langenwerder und östlich von Poel, zwischen der Insel und dem Festland (bei Vorwerk und Malchow) hat zum größten Teil Flach-Wasser, dessen Stand je nach Windrichtung und Windstärke fast dauernd stark wechselt, sodaß biologisch ähnliche Verhältnisse entstehen wie im Wattengebiet der Nordsee; da sich außerdem an den dort zahlreich im Wasser liegenden großen und kleineren Felsblöcken (aus dem vom Meer fortgespülten Geschiebe-Mergel der Küste ausgespült) reichster Bewuchs bildet, sind hier besonders günstige Ernährungsbedingungen gegeben.

In Karte 1 sind die Bahnlinien, in Karte 2 die Fahrstraßen eingezeichnet.

gez. L. Wachs.

zeit eine so reiche Vogelwelt, weil in weiten Gebieten verhältnismäßig flachen Wassers zahlreiche große und kleine Steine und Felsblöcke liegen. Wie ist dies zu verstehen? Betrachten wir die beigegefügteten Kartenskizzen, so sehen wir, wie sich die Küste vom „Fischland“ (Darss) aus verhältnismäßig geschlossen von NO nach SW hinzieht; erst im „Salzhaff“ löst sie sich auf, Inseln (Poel und Langenwerder), Halbinseln (Wustrow und den Boiensdorfer Werder) und Nehrungen (Kieler Ort) bildend.

In ihrer vollen Auswirkung können wir diese Verhältnisse aber erst erfassen, wenn wir zu Fuß von Kirchdorf auf Poel nach Golwitz und zum Langenwerder wandern und im Boot vom Langenwerder durch den „Breitling“ nach Fährdorf auf Poel (südlich), nach dem Boiensdorfer Werder (südöstlich) und Alt-Gaarz (östlich) fahren: erst wenn wir diese Fahrten zu verschiedenen Zeiten, das heißt bei verschiedenen Windrichtungen zu wiederholten Malen unternommen haben, sehen wir, daß hier ähnliche biologische Verhältnisse vorliegen wie im Wattengebiet der Nordsee.

Wie dort der Wechsel von Ebbe und Flut weite Flächen überspült und wieder freigibt, so schafft hier der Wechsel des Windes (je nach der Richtung und Stärke) höheren oder niedrigeren Wasserstand. Wie bedeutend diese Unterschiede sind, erhellt vielleicht am besten daraus, daß man mitunter trockenen Fußes von Poel hinüber zum Langenwerder gehen kann, während bei hohem Wasserstand (nicht Sturmflut!) bis zu 2 Meter Wasser dort auflaufen können. Dabei ändert sich der Wasserstand oft innerhalb weniger Stunden um beträchtliche Beträge; dies bedingt ein starkes Ein- bzw. Ausfließen des Wassers, ein Umstand, den man beim Hinüberstaken im Kahn oft genug unliebsam empfindet.

Auch hierin haben wir ähnliche Verhältnisse wie zwischen den Sanden der Nordsee; wie dort der Flutstrom und der Ebbestrom zahllose Meerestiere herbei- bzw. weg-

führt, so verursacht auch hier die Strömung eine ähnliche „Trift“ von allerhand Getier.

Und wie dort bei fallendem Wasser zahllose Tiere auf den freiwerdenden Sand- und Schlickbänken zurückbleiben, so läßt auch hier das fallende Wasser eine reiche Lebewelt zurück; dabei ist noch besonders wichtig, daß das steigende Wasser hier zum Teil Wiesengelände überflutet und daß in den stets vom Wasser bedeckten und verhältnismäßig geschützt liegenden Flachwassergebieten, wie oben gesagt, eine Unzahl große und kleine Steine und Felsblöcke liegen; sie sind es, die einem reichen Pflanzenbewuchs die Entwicklungsmöglichkeit geben, indem sie als willkommene Fixpunkte zum Anheften dienen. Dabei ist das Wasser flach genug, um dem Sonnenlicht in genügender Menge Eingang bis zum Boden zu gewähren — und trotz der Strömung ruhig genug, um ein katastrophales Losreißen der Vegetation durch Brandungswellen auszuschalten. Die Herkunft dieses Gesteins ist klar: all diese großen und kleinen Blöcke wurden zur Eiszeit von Skandinavien mit herübergetragen, lagen eingebettet im Ufer der Küste und wurden bezw. werden nun, bei der Abtragung der Küste durchs Meer, freigespült. Soweit sie dabei ganz unter dem Wasserspiegel verschwinden, bleiben sie erhalten, — ragen sie über das Wasser hinaus, so werden sie mehrminder schnell vom Frost gesprengt.

An ihnen entwickelt sich eine reiche Meeresflora und im Schutze dieser Flora eine reiche Meeresfauna, vor allem Klein-Krebse. Die genaue Untersuchung dieser Lebensgemeinschaft nach Art und Zahl ist von mir seit lange als eine dankenswerte Aufgabe für Rostocker Studenten ins Auge gefaßt, aber leider bisher nicht durchgeführt worden.

Erst wenn wir diese Zusammenhänge erkannt haben, die demjenigen vielleicht verborgen bleiben, der nur über die Wasserfläche hinblickt, — erst dann verstehen wir,

warum z. B. die Rottgänse sich hier alljährlich zu Tausenden aufhalten und bis in den Mai hinein hier verweilen, während man längs der ganzen Küste vom Darss bis hinter Alt-Gaarz vergebens auch nur eine einzige Rottgans suchen würde! Erst im Gebiet um Rügen-Hiddensee liegen die biologischen Verhältnisse ähnlich wie hier. Dann verstehen wir auch, wie es kommt, daß die „Kronschneppen“ (überwiegend *Numenius arquatus* L., im Herbst auch *Numenius phaeopus* L.) an der übrigen Küste zwar gelegentlich in einigen Dutzenden, hier aber zur Herbstzugzeit oft zu vielen Hunderten rasten! Selbst im Frühjahr (März 1927) traf ich hier Scharen von über 200 Stück gleichzeitig an, die ihre Heimwanderung hier langdauernd unterbrechen: niedriges Wasser hatte vor der Nordküste von Poel einen etwa 300 Meter breiten Strand geschaffen, wo er sonst mitunter kaum 2 bis 6 Meter breit ist!

Bei mittlerem Wasserstand haben die größeren Felsblöcke noch eine andere wesentliche biologische Bedeutung: sie schaffen Hunderte von bequemen und sicheren Ruheplätzen mitten im nahrungsreichen Flachwasser! Beobachtet man dann in den frühesten Morgenstunden vor oder kurz nach Sonnenaufgang das Vogelleben dieses Gebietes vom Hochufer der Insel Poel aus, so hat man ein Bild vor sich, wie es der vogelreiche, menschenleere Norden nicht schöner bieten kann: zweit zu zweit stehen dann im März die Rottgänse auf den Felsblöcken, ruhend oder zumeist sich putzend. Zwischen den Ruheplätzen schwimmen andre in größerer oder geringerer Zahl; versucht eine von ihnen die schon besetzten Felsen zu besteigen, so wird sie angegriffen — oft gelingt es trotzdem, den Platz zu gewinnen; — so wechselt das Bild in ununterbrochener Folge.

Aber die Rottgänse sind nicht die einzigen Anwärter auf diese Plätze: Scharen von Stockenten (*Anas boschas* L.), ebenfalls schon angepaart, liegen in der Nähe und besetzen andre Teile des „Insel-Meeres“. Und wo man heute alles

mit Gänsen und Enten besetzt sieht, können morgen zur selben Zeit Hunderte von Sägern ruhen; stets sind es Mittelsäger (*Mergus serrator* L.), die sich typischer Weise immer auf dem Meere aufhalten, während der große Säger (*Mergus merganser* L.) stets die Binnengewässer bevorzugt. Dabei genügt es ihm, wenn nur ein schmaler Landstreifen das Binnengewässer vom Meere trennt, wie es z. B. am Breitling bei Warnemünde und am Conventer-See bei Heiligendamm der Fall ist.

Zumeist halten die einzelnen Arten unter sich zusammen, aber zum Teil mischen sie sich auch untereinander; so hatten wir am 15. April dieses Jahres (1928), gelegentlich unseres 4. ornith. Ferienkurses, im Gesichtsfeld unseres Glases z. B. rechts und links je zwei Rottgänse auf einem Fels, davor in der Mitte ein Pärchen Stockenten und dahinter, einzeln auf einem Fels, eine junge Eiderente. Solche Beobachtungen kann man zur entsprechenden Zeit hier täglich machen.

Selbstredend sind die Plätze gleicherweise beliebt auch bei den Sturmmöwen (*Larus canus* L.), Mantelmöwen (*Larus marinus* L.), Austernfischern (*Haematopus ostralegus* L.) und, später, den Seeschwalben (*Sterna hirundo* L. und *Sterna macrura* L.).

Am Boiensdorfer Wërder sahen wir beim Herbstkurs 1926 mehr als 30 Felsblöcke mit je einem Fischreiher (*Ardea cinerea* L.) besetzt — und im Frühjahr (März-Mai) findet man an geeigneter Stelle vor Poel bestimmt in gleicher Weise mehrere Pärchen Brandenten (*Tadorna tadorna* L.), selbstredend jedes Pärchen auf seiner eigenen „Felsen-Insel“.

Stellen schon diese als ein eigenes Meer von Inseln übers Wasser herausragenden Blöcke mit ihrem Tierleben eine Besonderheit des Poeler Strandes dar, so lassen andere, unschwer zu machende Beobachtungen uns ahnen, daß auch unter Wasser noch andere Besonderheiten bestehen: am

ganzen Poeler Strand, am Langen und am Boiensdorfer Werder und am Kieler Ort wird „Seegras“ in solchen Mengen geworben, wie kaum anderwärts an Mecklenburgs Küste. Das vom Meere ausgeworfene Seegras (*Zostera marina*) wird in geeigneter Weise auf den höheren Strandpartien ausgebreitet, getrocknet und dann an Ort und Stelle mit Handpressen zu großen Ballen gepresst und verschnürt. In Wismar besteht ein eigener, umfangreicher Handel mit dieser anscheinend vielbegehrten Ware. Das Recht der Werbung ist an den einzelnen Teilen des Strandes jeweils bestimmten Familien zugeteilt, und vor allem in der Nachkriegszeit brachte diese Seegraswerbung offenbar besonders guten Gewinn, denn zahlreiche Bewerber bemühten sich um die Erlangung der Berechtigung.

Dadurch wurden übrigens unsere Bemühungen um den Schutz der Brutvögel aufs empfindlichste gestört, da jeder ungebetene Besucher angeblich um des Seegrases willen unterwegs war!

Welcher Zusammenhang besteht nun zwischen Seegras und Fauna? Das vom Meere ausgeworfene Material hat zweifache Bedeutung: in geringen Mengen benutzen es die Sturmmöwen, sofern sie ihre Nester an der Wasserseite anlegen, als Nistmaterial; doch wäre es hierfür entbehrlich, denn in den Wiesen-Nestern nehmen sie ebensogut die Stengel der Grasnelken und des Steinbrech, diesen oft frischblühend mit weißen Blüten! Bedeutsamer als hierfür aber ist das angespülte Seegras als Unterschlupf für kleines Wassergetier, vor allem Kleinkrebse! Anderwärts, am unbedeckten, nackten Sandstrand, würden die Zugvögel vergebens Nahrung suchen — daher sind sie an solchen Stellen auch nicht anzutreffen! Zwischen den feuchten Klumpen und Streifen des Seegrases aber finden sie jederzeit einen reichgedeckten Tisch, und unablässig sieht man alle Arten von Strandläufern und Regenpfeifern hier nach Nahrung stechen und picken.

Aber diese angespülten Mengen sind nur der sichtbare Ausdruck dafür, daß hier, dem Auge verborgen, unter Wasser weite stille Wiesen sich dehnen. Blickt man bei ruhiger See vom Dampfer oder Boot hinunter, sei es in der Wismarschen Bucht, dem Kirchsee oder dem Salzhaff, so sieht man dicht bei dicht diese langen grünen Streifen hin und her fluten. Das sind die Weidegründe der Eisenten und Rottgänse, der Eiderenten und der Schwäne. Wo jede Art diese uns unsichtbaren Wiesen in zusehender Form findet, da hält sie sich auf: für die Eis- und Eiderenten können sie tiefer unter Wasser liegen, da beide stets tauchend sich äsen, die Rottgänse, wenngleich ebenfalls gute Taucher, lieben die leichter erlangbaren Teile, die Schwäne schließlich können nur die Gebiete nutzen, wo sie das Seegras schwimmend fassen können; reicht der ins Wasser versenkte lange Hals nicht tief genug, dann „grundeln“ sie nach Art unserer Hausenten, sodaß die weißen hochauferichteten Hinterleiber wie weiße Zelte auf dem Wasser schwimmen. Aber zu tauchen vermögen sie selbst beim ärgsten Hunger nicht mehr. Dann schlugen die Fischer zur Winterszeit große Wacken, offene Stellen, ins Eis, eben dort, wo das Seegras dann erlangbar wurde — und ein „guter Jagdtag“ kostete Hunderten von Sing- und Höckerschwänen das Leben!

Jetzt verstehen wir, warum schon im ersten Herbst die alten Höckerschwäne mit ihren Jungen hierher ziehen, sodaß man oft nicht nur 20 oder 40, sondern Hunderte von wilden Schwänen hier beisammen liegen sieht. Bald danach treffen die nordischen Singschwäne ein, leichter und schnittiger im Flug, scheuer und flüchtiger als ihre norddeutschen Gefährten. Soviel sie auch in allen Jahren verfolgt und ihre Reihen gelichtet wurden — stets kehrten sie hierher zurück, um der Nahrung willen.

Jetzt verstehen wir, warum gerade hier die Rottgänse zu Abertausenden Wochen und Monate lang verweilen, warum auf See die Eisenten in Scharen liegen und bis ins

Frühjahr hinein hier bleiben, wenn die Balzzeit längst begonnen hat. Weithin schallen dann die klingenden Rufe der „Klas-Hahnen“, der prächtigen Erpel mit den hahnenlangen dünnen Schwanzfedern, die der Seewind ihnen im Bogen über den Rücken legt, und der hellen Stimme der Dohlen (= „Klas“).

Diese Küstenstriche der Ostsee sind am ersten sonnigen Frühjahrstage nicht ohne den Ruf der Eisenten zu denken! In kleinen und größeren Gruppen liegen sie beisammen, nie ruhend, wie etwa die Stockenten, sondern in unablässiger Bewegung: eifersüchtig treiben die Erpel einander von den Weibchen fort oder folgen fliegend einem abstreichenden Weibchen, das einem allzu dringlichen Bewerber zu entfliehen sucht. Taucht ein Stück der Gruppe, so sind in wenigen Sekunden auch die übrigen verschwunden — erstaunlich lange bleibt die Wasserfläche leer — bis ein Stück nach dem andern wieder, in kurzer Folge, sichtbar wird. Oftmals kommen sie so in unmittelbare Nähe des Strandes, und nicht selten gehen einzelne Stücke oder kleine Gesellschaften auf Land. Selbstredend bevorzugen sie hierbei bestimmte Plätze des Ufers, wobei das einzelne Stück seinen Lieblingsplatz zu haben scheint. So gibt es auf Langenwerder eine bestimmte Stelle, wo man sich ansetzen und sie erwarten kann, und einen einzelnen Eiserpel traf ich durch mehrere Tage am gleichen Platz, bis ich ihn ebendort erlegte.

In gleicher Weise haben selbstredend auch die Rottgänse ihre bestimmten Plätze am Ufer, die den Fischern seit Jahrzehnten bekannt sind. Besonders erwähnen möchte ich, daß die Rottgänse am Langenwerder an Land gehen und dabei weitab vom Strande in die Wiesen hineinwandern, immer allerdings sorgsam äugend, sodaß die ganze Gesellschaft bei der geringsten Beunruhigung mit lautem Rufen abstreicht, hinaus auf das rettende Meer. Wie oft habe ich sie stundenlang, im frostigen Unterstand sitzend, so

beobachtet, wenn die ersten sorgsam wachend sich dem Lande nähern, vorsichtig den Fuß aufs Trockene setzen — bis schließlich mehr und immer mehr der schwarzen Gesellen heraussteigen und sich bald längs des Strandes scheinbar sorglos putzen und spielend treiben. Unvergesslich sind diese Bilder der sich am Lande äsenden „Meergänse“, von eigenem Reiz die Beobachtung dieser sonst so scheuen nordischen Gäste. Aber der erste Warnruf einer Möwe, in seiner Bedeutung wohlerkannt, läßt alle Köpfe sich heben, die in den Wiesen eben noch sorglos äsenden tun einige Schritte in der Richtung aufs Wasser zu, die am Strande sich putzenden gleiten aufs Wasser hinaus, einige kurze Rufe, und bevor noch der Jäger oder Fischer überhaupt weiß, daß oder wo sie am Lande standen, streicht die beschwingte dunkle Wolke ab. Mitunter fallen sie nahebei wieder ein und gehen bald wieder an Land, vor allem am frühesten Morgen — mitunter aber ziehen sie weiter und weiter, dem Blick schließlich entschwindend.

Wieviele es sind, die alljährlich hier auf der Wismarschen Bucht und dem Salzhaff in Gruppen verteilt rasten — wer vermag es zu schätzen?

So wie ich es hier ganz kurz zu schildern versuche, stellt sich das Tierleben vor dem Poeler Strand bei mittlerem Wasserstand im Frühjahr täglich dar, sofern keine Beunruhigung stattgefunden hat.

Und wie im Frühjahr die oben genannten und noch andre Arten rasten, sei es wie die Rottgänse als letzte Wintergäste oder wie die Brandgänse heimkehrend zur Niststelle, so verweilen hier zur Herbstzugzeit all die zahlreichen nordöstlichen Zugvogelarten. Zahlenmäßig überwiegen dabei durchaus die Alpenstrandläufer (*Tringa alpina* L.), von denen zumeist mehrere Flüge in Höhe von je 20 bis 80 Stück anwesend sind. Wirken diese kleinen Schnepfenvögel durch ihre Menge und den dichten Zu-

sammenhalt ihrer Scharen, so interessieren den eingeborenen Poeler Jäger (ein Gegenstück zum Helgoländer, im guten Sinne gemeint) vor allem die Kronschnepfen. Dies begehrenswerte Wildpret wird entweder vom Ansitz aus erlegt oder der Schütze fährt sie in mond heller Nacht, im flachen Kahne liegend, an; so werden bezw. wurden von einzelnen Jägern immerhin nicht selten Tagesstrecken von 30 und mehr Stücken erzielt. Nächst ihnen sind die Limosen (so gut wie ausnahmslos *Limosa lapponica* L., meist junge Stücke) und die „Isländer“ (*Tringa canutus* L.), die „grauen“ oder „blauen Schnepfen“ besonders geschätzt; dem Poeler Jäger lohnt der Schuß aber nur, wenn er zahlreiche Stücke gleichzeitig erbeuten kann: bis zu 36 Island-Strandläufer mußten so im Doppelschuß (vor vielen Jahren allerdings) ihr Leben lassen!

Ich erwähne diese Dinge einzig und allein deshalb, weil sie uns am sichersten zeigen, in welchen Mengen sich hier zur Zugzeit die durchziehenden Arten dicht bei dicht sammeln! Wie in Helgoland, so haben auch hier alle Strandvogelarten ihre besonderen Namen; vergleiche hierzu Reichenow, „Die Kennzeichen der Vögel Deutschlands,“ und vor allem Wüstnei und Clodius, „Die Vögel der Großherzogthümer Mecklenburg.“

Die Beobachtung der hier zur Herbstzeit stets zahlreichen Zugvögel bringt uns immer neue Bilder von immer neuem Reiz. Als erste Zuggäste kommen, westwärts wandernd, die Scharen der Kiebitze und kleine Flüge von Brachvögeln. Damit beginnt's schon im Juni, und ungläubig staunend folgen die Augen der Besucher diesen ersten nach West ent schwindenden Kiebitzschwärmen, begleitet von dem Seufzer „Es wird Herbst“! — während wir noch eben den Anfang des Sommers erhofften! Ganz erstaunlich früh pendeln diese ersten Kiebitzflüge hier vorüber — und wenig später folgen ihnen die ersten Brachvögel. Bei den Kiebitzen scheinen es zumeist Jungtiere des gleichen Jahres zu sein

— von den Brachvögeln vermag ich's nicht zu sagen, ob junge oder vielleicht ledige oder des Nestes beraubte Alte als erste kommen.

Vom Juli ab kommen dann in steigender Menge Alpenstrandläufer, bis in den August hinein alle noch mit schwarzer Brust. Weit seltener sieht man den bogen-schnäbligen Strandläufer (*Tringa ferruginea*) in seinem braunen Sommerkleid, meist trägt die Art, wenn sie hier durchkommt, schon die schlichten Farben des Herbstkleides.

Unter den östlichen Gästen kommen die ersten Kiebitzregenpfeifer (*Squatarola squatarola*) noch regelmäßig mit der schwarzen Brust des Sommerkleides an. Merkwürdig leicht ist die Art an den schwarzen Achselfedern im Fluge kenntlich, im Unterschiede zum sonst so ähnlichen Goldregenpfeifer (*Charadrius apricarius*).

Die Anzahl der Durchzügler ist für die einzelnen Arten je nach den Jahren sehr verschieden — beim Herbstkurs dieses Jahres 1928 trafen wir die Kiebitzregenpfeifer auf Poel vom 30. Sept. bis 2. Okt. überaus zahlreich; interessant war, daß die Flügel der Kiebitzregenpfeifer sich fast ausschließlich an der Seeseite hielten, während an dem gleichen Tage Goldregenpfeifer in Flügen von vielen Hunderten über dem „Kirchsee“ und auf den Feldern der Insel Poel weilten. Um diese Zeit trugen alle ihr Herbstkleid.

Während dieser Tage bildeten die Kiebitzregenpfeifer und die Alpenstrandläufer fast das ausschließliche Objekt unserer Beobachtungen; nur einige „Isländer“ fanden sich noch unter den Gesellschaften, die in angenehmster Weise den Flachstrand belebten und unsern Kursteilnehmern in anziehendster Weise typisches „Strandvogelleben“ vor Augen führten.

Kaum war so ein gemischter Flug eingefallen, so lief die Gesellschaft auseinander, sich am Strande verteilend; dabei rückten aber alle in gleicher Richtung vor, ohne Rücksicht auf die Lage der Himmelsrichtungen, da sie

nicht „zogen“, sondern z. Z. „verweilten“ Von größtem Reiz waren die unablässig wechselnden Stellungen der Kiebitzregenpfeifer, von denen der eine oder andere auch wohl springend dem Nachbarn zu Leibe ging, von wunderbarer Feinheit die Bewegungen der um so vieles kleineren Alpenstrandläufer, zwischen denen die dickleibigen „Isländer“ (*Tringa canutus*) mehr den Regenpfeifern glichen. Besonders erfreulich all das, da die Tiere schließlich die große Gruppe von Beobachtern kaum noch beachteten und im Glase zum Greifen nahe vor uns waren.

Wie wir mit unsern Kursteilnehmern die Tiere hier einige wenige Tage vor Augen hatten, so kennen die Poeler Fischer das Vogelleben jahraus jahrein; alljährlich bildeten, seit Generationen, die Mengen dieser Zugvögel das Objekt der Jagd; kein Wunder, daß man eigene Namen prägte und von all diesem wie von den selbstverständlichsten Dingen spricht. Das zeigt aber, daß diese die Zugvögel betreffenden Verhältnisse offenbar seit sehr langer Zeit gleiche oder den heutigen ähnliche gewesen bzw. geblieben sind.

Wie steht es nun aber betreffs der Brutvögel im Gebiete von Poel-Langenwerder?

Von einer Art, den Brandgänsen, sagte ich schon, daß sie sich hier zu einer Zeit zur Brut einfinden, wo die nordischen Wintergäste noch hier weilen (März-April). In welcher Anzahl Brandgänse hier früher gebrütet haben, darüber ist mir nichts Sicheres bekannt. Für die letztvergangenen Jahre schätze ich die Zahl der Brutpaare im Gebiet zwischen Alt-Gaarz bis einschließlich Poel auf ca. 30 Paare, also ca. 60 Stück. Ein Einzelnachweis nach Niststellen ist hier nicht durchführbar, die meisten Niststellen werden zudem alljährlich von Menschen ausgeräubert!

Ebenso erging es regelmäßig einem Paar, das am Rieden-See nahe Arendsee wiederholt zur Brut zu schreiten

suchte. Von dort aus östlich bis hinauf zum Darss scheint die Brandgans nicht zu brüten, höchstens einmal ausnahmsweise in den Dünen am Fischland. An Poel und dem Boiensdorfer Werder hält sie aber trotz allem fest; am Hochufer des Boiensdorfer Werder sah ich Frühjahr 1926 bis zu 30 Stück beisammen! Im Frühjahr 1927 schien ein Paar eine Strohmiete auf Neuhof auf Poel, Besitzer Hauptmann Maertens, als Brutplatz angenommen zu haben.

Zur Paarungszeit bieten die Brandgänse das schönste Objekt zu erfreulicher Beobachtung; weithin klingt ihr Ruf übers Wasser, wenn sie entlang der Küste übers Meer hinstreichen. Unbeschreiblich wirken ihre leuchtend sauberen Farben, wenn 8 oder 10 Stücke einander im Wasser treiben, auffliegen, wieder einfallen oder an Land gehen.

Beobachtet man die Tiere aus guter Deckung vom Hochufer aus, so wird einem plötzlich klar, wie die Farben des sitzenden Tieres auf den fliegenden Partner wirken: wie auf einer Scheibe sind die Farben Schwarz, Weiß und Braun in scharfen Kontrasten konzentrisch angeordnet: der glänzend schwarze Kopf wirkt als Zentrum, darum liegt Weiß als breites Band, und den Abschluß nach außen bildet ein breites Braun, das sich bei dieser Betrachtungsweise um Brust, Seiten und Rücken herumzieht.

Um diese Zeit halten die Gatten unzertrennlich zusammen, sofern nicht ein Eindringling die „Zweiheit“ zu stören sucht. An sonnigen Tagen können sie stundenlang spielend und gelegentlich Nahrung aufnehmend im Wasser liegen, oder sie steigen auf einen größeren Stein, um sich zu putzen. Stets achtet jeder Gatte, was der andere treibt — so nachlässig dem kritiklos oberflächlichen Beobachter die Tiere zu sein scheinen, so interessiert sind sie in Wirklichkeit! Freilich haben sie eines dem Beobachter grundlegend voraus: sie haben unendlich viel Zeit für alle ihre Verrichtungen! Daher kann es gut angehen, daß

sich selbst bei langdauernder Beobachtung kaum etwas „ereignet“! Und doch haben mich gerade die Brandgänse immer wieder zur Beobachtung gereizt, hier ebenso wie im Watt vor der Insel Mellum bei Wilhelmshaven, wo ich sie im Herbst 1925 tagelang zu Hunderten vor mir hatte. Bei einigen dort erlegten Stücken waren Kropf und Magen vollkommen mit jenen kleinen Schnecken angefüllt, die im Watt zu Abertausenden am Queller sitzen; alle waren unzerkleinert geschluckt.

Auffallend ist bei den Brandgänsen der starke Größenunterschied: das Weibchen ist um so vieles kleiner, daß auch der Neuling unschwer selbst auf große Entfernung die Geschlechter zu unterscheiden vermag. Der vor allem beim Fliegen oft ausgestossene Ruf wird, wie bekannt, vom Weibchen hervorgebracht — ihn hört man zumeist, lange bevor man die Tiere sieht! Wie bei allen Vögeln haben die einzelnen Stücke ihre Lieblingsplätze, wo man sie zu bestimmter Stunde trifft, wenn die Witterung entsprechend ist. Allerdings kann man sie in dieser Weise nur in den frühesten Morgenstunden beobachten. Denn trotz allen Balzspieles bemerken sie die geringste Bewegung am Hochufer, recken einen Augenblick die Hälsen und streichen ab.

In welcher Weise hat sich nun, von dieser Art abgesehen, der Bestand der Brutvögel auf Poel-Langenwerder im Laufe der Zeit geändert? Hierüber habe ich in meinem letzten Bericht unserer Norddeutschen Vogelwarte-Rostock (vgl. Nr. 23) Rechenschaft zu geben versucht und kann mich daher unter Hinweis auf diese Arbeit hier kurz fassen.

Offenbar hat das Küstengebiet rings um Poel einschließlich des Boiensdorfer Werders und der Landzunge Kieler Ort schon immer die Küstenvögel zur Brutzeit angezogen. Oekologisch ist dabei der eigentliche Strand von

dem dahinter liegenden Wiesen- bzw. Dünengebiet zu unterscheiden.

Poel selbst hat nach Norden zu Steilküste; bei höherem Wasserstand spült das Meer bis ans Steilufer heran, nur an einigen flachen Stellen liegt ein breiterer Sandstreifen vor.

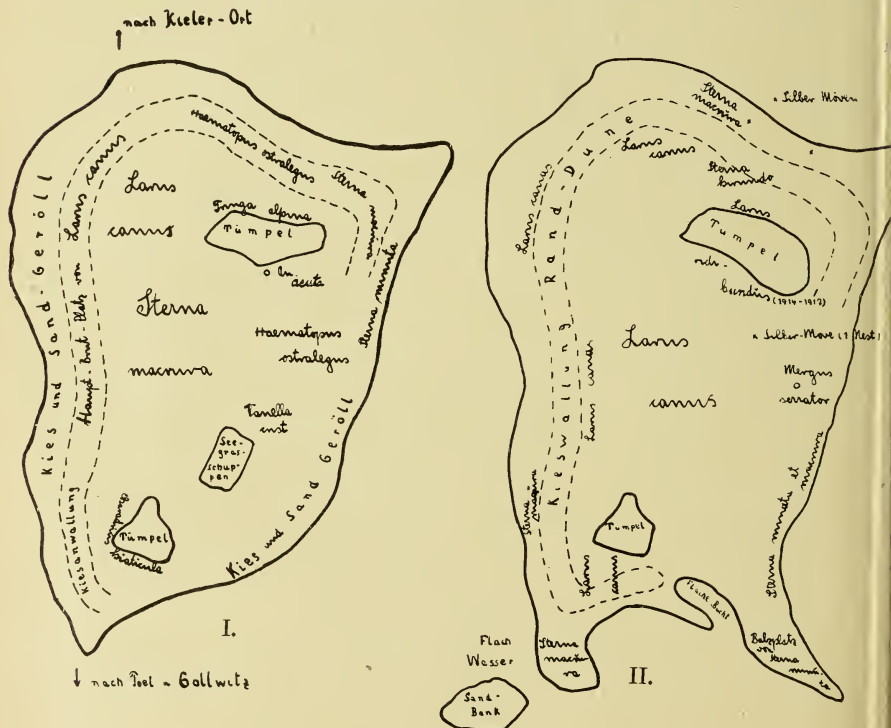
Auf Langenwerder hat die See am Nordstrand, wo die Brandung ansteht, einen Wall aus kleineren und größeren Geröllen aufgeworfen, der zum Teil gut und reichlich mit Sand durchsetzt ist. Der Strand der Ostseite ist ebenfalls teils steinig, teils sandig. Die Südseite, dem Binnenlande zugekehrt, hat flachen kiesigen Sandstrand (hier brüten die Zwergseeschwalben); an der Westseite ziehen sich flache Sande zum Poeler Strande hin, die je nach dem Wasserstande mehrminder große Sandbänke bilden; vgl. die Kartenzkizzen.

Welche Arten bevölkern diese Strandzonen? Der schmale Sandstrand auf Poel selbst erscheint an einigen Plätzen dem Halsbandregenpfeifer (*Charadrius hiaticula* L.) als Brutplatz geeignet. Er ist der einzige Seevogel, der entlang der ganzen Küste von Poel bis zum Darss sich seine Brutplätze sucht: ich fand ihn auf Poel an der Nordküste wie auch im Gebiete des Breitling (Ost-Seite), auf Langenwerder an allen vier Seiten, auf dem Kieler Ort, bei Alt-Gaarz, am Rieden-See und in einzelnen Paaren bis hinauf zum Darss.

Seine der Unterlage gut angepaßten Eier werden höchstens durch Zufall gefunden, — solange der Badestrand und das BADELEBEN noch nicht die gesamte Küste einnehmen, wird er sich als Brutvogel auch ohne besonderen Schutz noch halten können. Die Zahl seiner Nester scheint auf Langenwerder gegen früher eher abgenommen zu haben (vergleiche auch die Tabellen von 1910—1923 in Nr. 23); warum, hören wir noch. Wie hoch der gesamte Bestand an Brutpaaren längs der Mecklenburgischen Küste

(Poel bis Darss) ist, läßt sich nur höchst ungenau schätzen, es mögen 30 Paare, es können auch 60 Paare sein; dies sind vermutlich zur Zeit die Grenzwerte.

Auffallenderweise brüten von dieser Art alljährlich auch mehrere Paare im Mecklenburger Binnenlande nahe Röbel am Ufer des großen Müritz-Sees!



I. Skizze der Insel Langenwerder nach Greverus, 1903. Die Seeschwalben überwiegen; Larus canus nur in beschränkter Zahl vorhanden.

II. Skizze der Insel Langenwerder in ihrem gegenwärtigen Zustand (1928/29). Larus canus beherrscht in Überzahl den Brutplatz. Sterna macrura hat 4 getrennte kleine Brutkolonien, Sterna hirundo und Sterna minuta je eine Kolonie; alle haben jahrein-jahraus ihren typischen Standplatz. Der Seegrasschuppen ist verschwunden, er wurde nach dem Kriege allmählich verheizt. Der Umriß der Insel scheint sich durch Anwachsen von Sanden geändert zu haben.

Auf Poel selbst hat nach Angaben des Fischers *Robert Schwartz*, eines Neffen unseres alten Wärters Schwartz, wiederholt auch der Flußregenpfeifer (*Charadrius dubius*) gebrütet. ^{Anm.}

Selbst konnte ich den Flußregenpfeifer auf Poel noch nicht beobachten, wohl aber bei einer Brut vor den Toren Rostocks im Frühjahr 1926: damals hatte ein Paar sein Nest wenige hundert Meter vom Petri-Tor auf aufgespültem Sand angelegt; ich habe Nest und Brutplatz im Bilde festgehalten.

Der Seeregenpfeifer (*Charadrius alexandrinus* L.) hat nach Clodius (Seite 203) auf Poel gebrütet, ich selbst fand ihn in den Jahren meiner Beobachtung noch nicht.

Nicht selten hielt sich längs der Küste ehemals auch der Steinschmätzer auf; nachdem aber vor zwei Jahren vom Poeler Strand die meisten großen Felsblöcke verschwunden sind, um als Pflastersteine zum Chausseebau verarbeitet zu werden, scheint der Steinschmätzer an Zahl abgenommen zu haben; ob es *Saxicola oenanthe* oder *Saxicola oenanthe leucorhoa* Gm. war, kann mangels vorhandener Belegstücke nicht entschieden werden.

Wie diese Arten, so macht auch der Austernfischer entlang der ganzen Küste gelegentlich Brutversuche; Clodius fand ihn außer auf Poel und Langenwerder auf

Anm.: Die Mitteilungen unseres Rob. Schwartz können als durchaus zuverlässig gelten: die seit langem hier ansässige Familie betrieb von jeher neben der Fischerei die Jagd auf Seevögel, bei guter und ernsthafter Vertiefung in die Lebensgewohnheiten der einzelnen Arten. Dem Vater des Rob. Schwartz verdanken auch Clodius und Wüstnei zahlreiche Angaben, und viele von ihm erlegte Stücke wanderten in ihre Hände und in die Mecklenburgischen Sammlungen. Wie der Vater, so befließigen sich auch die Söhne der Beobachtung der Vogelwelt der Küste und des Meeres und gewähren so unsern Arbeiten vielfache Unterstützung.

dem Kieler Ort, ich selbst habe ihn wiederholt an einer bestimmten Stelle beim Rieden-See (nahe Arendsee) gefunden; wie bekannt, liebt er Plätze mit größerem Geröll, und wo er diese findet und ungestört zu bleiben glaubt, versucht er zu nisten. Stets fand ich hier die Nestmulde säuberlich mit einem Mosaik sehr kleiner Steine ausgelegt; daran erkennt man auch das leere Austernfischernest sofort! Die Zahl seiner Nester scheint mit Schwankungen eher zu- als abgenommen zu haben, wengleich das starke Überwiegen der Sturmmöwen auf Langenwerder auch diese Art abzudrängen droht.

Die Nester der hier brütenden Paare stehen scheinbar wahllos zwischen den Sturmmöwen-Nestern verteilt. Das will aber nur sagen, daß diese Art nicht kolonial zusammenhält, wie es die andern Arten tun — nicht etwa soll damit gesagt werden, daß die Austernfischer nicht doch bestimmte Brutplätze hätten. Denn wenn man den Standplatz der einzelnen Nester in den verschiedenen Jahren genau beobachtet, so findet man, daß jeweils an bestimmten Stellen alljährlich wieder ein Austernfischernest steht.

Als Erklärung für diese Beständigkeit gibt es zwei Möglichkeiten: entweder ziehen bestimmte Plätze immer wieder die Art als solche stark an — oder es sind die gleichen Stücke, die am Brutplatz festhalten. Das letztere scheint richtig! Zwar müssen, wie gesagt, bestimmte Voraussetzungen vom Brutplatz (im engsten Sinne) erfüllt sein — aber das getreue Festhalten an ganz bestimmten Stellen in sonst gleichem Gelände spricht für die Identität der betreffenden Paare, zumindest eines Partners, während verschiedener Jahre; genaue Kontrolle nur durch Beringung der Alt-Tiere möglich.

Einmal beobachtete ich an einem jungen Austernfischer in erstaunlichster Weise unvermutete Tauchkünste: ein großes, aber noch nicht flüggiges Jungtier rettete sich schwimmend aufs Wasser — und tauchte unter, als ich

zufassen wollte. Das Tier schwamm eine ganze Strecke unter Wasser — im Wiederauftauchen ergriff ich's, um es zu beringen. Danach ließ ich den jungen Austernfischer wieder frei — und wieder tauchte er und schwamm diesmal etwa 25 Sek. viele Meter weit unter Wasser dahin.

Daß die jungen Austernfischer ohne weiteres schwimmen (während die Alten dies nur ungern zu tun scheinen), beobachtet man immer wieder, diese Tauchfähigkeit aber war mir neu und scheint mir des Erwähnens wert. Übrigens sind die oben erwähnten Steinblöcke im Flachwasser die beliebtesten Sitzplätze gerade für Austernfischer; vor Beginn der Brutzeit sieht man dann zumeist beide Partner beisammen stehen, oftmals auf einem Bein, mit eingezogenen Köpfen schlafend.

Die hier brütenden Stücke scheinen bald nach dem Flüggewerden der Jungen westwärts abzuziehen, ebenso die weiter östlich im Mare Balticum brütenden. Denn gegen Ende Juli ziehen fast täglich kleine und größere Flüge dieser Art vorüber (vergl. hierzu Nr. 18, S. 213-217). Am 30. Juli 1926 zählte ich während zweistündiger Beobachtung des Zuges (3 Uhr 30 bis 5 Uhr 30 nachmittags) insgesamt 112 Stück in 5 Gruppen; das ist für's Ostseegebiet eine relativ hohe Zahl (unter Berücksichtigung der Beobachtungsdauer); es wäre von großem Interesse zu wissen, von welchem Brutplatze alle diese Stücke kommen. Am 21. Juni 1928 trafen wir im Südteil von Hiddensee schon eine Gesellschaft von etwa 30 Stück beisammen; ob nur alte oder auch junge Tiere, ließ sich leider nicht feststellen.

Wie bekannt, strömen sie alle den Watten der norddeutschen Bucht zu, wo ihre Scharen ja zu Tausenden von Köpfen anwachsen.

Außer auf dem Langenwerder selbst sucht der Austernfischer übrigens auch an geeigneten Plätzen am Poeler Strande, Boiensdorfer Werder und Kieler Ort zu brüten — allerdings glückt's ihm dort wohl nur selten, die Brut

hochzubringen. Seine nächsten gesicherten Brutplätze dürften die bei Rügen gelegenen sein, auf Hiddensee und den kleinen Inseln. Die Kopfzahl der dort brütenden Paare scheint wesentlich höher als auf Poel zu sein, wo die Gesamtzahl der Paare zwischen 10—20 beträgt.

Was war nun ehemals, das heißt vor Beginn des Schutzes durch den Verein Jordsand um 1910, an Brutvogelarten hier weiterhin vorhanden — und wie steht es jetzt damit?

Kurz gefaßt kann man sagen: die Individuenzahl hat ungeheuer zugenommen, die Zahl der Arten ist zurückgegangen.

Ehemals brüteten auf Langenwerder selbst (z. T. nach Angaben unseres alten Wärters Schwartz) alle für den Strand und die Wiesen am Meer charakteristischen Arten, d. h. Rotschenkel, Kampfläufer, Alpenstrandläufer, Kiebitze, Lerchen, Stock- und Spießenten (*Totanus totanus* L., *Pavoncella pugnax* L., *Tringa alpina* L., *Vanellus vanellus* L., *Alauda arvensis* L., *Anas boschas* L., *Anas acuta* L.,) vielleicht auch Löffelenten (*Spatula clypeata* L.), bestimmt Steinwälzer (*Arenaria interpres* L.) in mehreren Paaren, deren Nest, Eier und Verhalten unser alter Schwartz trefflich schilderte, ferner der Mittelsäger (*Mergus serrator* L.), Zwerg-, Küsten- und Flußseeschwalbe, einige Sturmmöwen und wenige Silbermöwen (*Larus argentatus* L.).

Von all diesen Arten sind die meisten verdrängt, seitdem die Sturmmöwe dank des gewährten Schutzes in rascher Zunahme ist.

Denn sie ist es, die die Entwicklung der Brutgemeinschaft auf Langenwerder in den letzten 30 Jahren ausschlaggebend beherrscht hat und vorerst auch in Zukunft richtunggebend sein wird. Vor dem Jahre 1900 scheint diese Art nach den Schilderungen von Clodius und Wüstnei nur in einzelnen Paaren hier Brutversuche gemacht zu haben. Es ist leicht begreiflich, daß es bei

„Versuchen“ blieb, da die Eier der Seevögel gerne gesucht werden und die Nester der größeren Arten hier leicht zu finden sind. In den Kolonien der Nordsee übten seit sehr lange einzelne eingessene Familien Besitzer- und Schutzrechte aus — nach Naumanns Schilderung z. B. auf Sylt mit besserem Erfolge, als nach Einsetzen des staatlichen „Schutzes“ —, hier auf Langenwerder kann von solchem freiwilligen Schutze wohl nicht die Rede sein, erst die Begründung der Kolonie durch den Verein „Jordsand“ (1911) schuf hier Abhilfe. Trotzdem scheint sich die Zahl der Brutpaare von *Larus canus* schon in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts gesteigert zu haben, denn Greverus beziffert sie 1901 auf „etwa 100 Paare“. Gleichzeitig schätzt er die Zwergseeschwalben auf 60, die großen Seeschwalben, die er sämtlich als *Sterna macrura* anspricht, auf 80 Paare.

Heute wird das Gesamtbild der Brutkolonie vollkommen durch die Sturmmöwe beherrscht: von einem Ende der Insel bis zum andern finden wir auf Schritt und Tritt ihre Nester; es sind ihrer so viele, daß unser Wärter kaum noch eine genaue Zählung durchführen kann, und während aus den ersten Gelegen Ende Mai schon die ersten Jungen ausschlüpfen, kommen täglich bis in den Juni hinein neue und Nachgelege dazu.

So haben die Sturmmöwen heute alle andern Arten gewissermaßen „an den Rand“ der Kolonie gedrängt, während sich nach Greverus der Brutplatz der Sturmmöwen 1901 auf den äußeren Steinwall der Nordseite der Insel beschränkte, wo sie allerdings auch heute noch am dichtesten siedeln.

Die Zwergseeschwalben hatten seinerzeit zwei Brutplätze (Vergl. die Skizze), von den großen Seeschwalben sagt Greverus, daß sie „entschieden die Inselmitte d. h. die Kuhweide bevorzugen. Dort fanden wir eine Menge Nester, die garnicht so leicht in dem Grase zu finden und gleich-

falls recht niedlich gebaut waren. Nur wenige Seeschwalben brüteten auf der äußersten, Poel am fernsten gelegenen Seekante des Langen Werders, doch dann aber unmittelbar an der See auf den vereinzelt sandigen Flächen“.

Greverus nimmt also an, daß alle diese Nester der Küstenseeschwalbe angehörten. Leider lassen sich solche Angaben, wenn nicht näher begründet, nachträglich nie kontrollieren; die erwähnte Bauart der Nester scheint eher auf *Sterna hirundo* zu deuten, gibt aber keinen sicheren Anhalt in dieser Richtung, da unter gewissen Verhältnissen auch *Sterna macrura* Nester mit Unterlage baut.

Heute wissen wir durch genaue Kontrolle der Brutpaare auf den Nestern, daß die Küstenseeschwalben z. Zt. vier getrennte, sämtlich außerhalb der Kuhweide gelegene Kolonien haben, während die Flußseeschwalben jahraus jahrein nur an einem bestimmten Brutplatz, an der Innenseite der östlichen Randdüne festhalten, wo wir am 21. Mai 1927 elf Nester mit 21 Eiern, am 20. Mai 1928 fünf Nester mit 11 Eiern zählten.

Außer den bisher genannten Arten fand Greverus 1901 noch den Alpenstrandläufer mit etwa 6 Brutpaaren, Kiebitze und Rotschenkel mit je etwa 4 Paaren, Feldlerchen in 2 Paaren und ein Spießentengelege.

Auf der im Osten gegenüberliegenden Halbinsel „Kieler Ort“ fand er im gleichen Jahre außer Knäck- und Löffelenten u. a. drei Nester vom Austernfischer, zwei Nester der Stockente, ein Nest der Brandente, ferner Nester der Sturmmöwen, der Zwergseeschwalben, vom Halsbandregenpfeifer und schließlich sechs Nester des Mittelsägers.

Der Mittelsäger, auf Hiddensee in größerer Anzahl brütend, hält in einigen Paaren auch heute noch an seinem Brutplatz am Salzhaff fest; auf Langenwerder wurde er 1911 und 1921 festgestellt; ich selbst fand dort jeweils im

Juli der Jahre 1926, 1927 und 1928 je ein Nest vom Mittelsäger, immer am gleichen Platz.

Außer ihm, dem Austernfischer, dem Halsbandregenpfeifer und den Seeschwalben aber sind alle vorstehend von Greverus zitierten Arten, das sind also alle Enten, Kiebitz, Rotschenkel, Alpenstrandläufer, Lerche und Bachstelze durch die Zunahme der Sturmmöwe verdrängt; vor 1900 haben dort auch die Kampfläufer und, wie oben erwähnt, auch Steinwälzer gebrütet, von denen aber weder Greverus 1901 noch Dietrich-Hamburg 1911 Brutpaare fanden. Heute „gehört“ der Langenwerder den Sturmmöwen, sie haben sich zu Herren des Platzes gemacht und beherrschen das Gesamtbild; aus den „zirka 100 Paaren“ von 1901 sind 1914 über 1000, 1921 über 2000 und jetzt wohl weit über 3000 Paare geworden. Mehr als 2500 Eier dieser Art konnten wir im Mai 1928 an das Wohlfahrtsamt in Wismar abliefern und trotzdem hatten wir im Juli Scharen von Dunenjungen auf der Insel, sodaß die Alten zur Futterbeschaffung wieder einmal, als die Felder der Insel und des Festlandes bei Trockenheit nicht genügend Nahrung (Regenwürmer und Engerlinge) gaben, die Kirschbäume plünderten! In trockenen Jahren erleben wir diese „Abwegigkeit“ im Nahrungserwerb seitens der Sturmmöwen immer wieder: Häufchen von Kirschkernen bilden dann die Losung der Jungen, deren Kröpfe mit Sauerkirschen angefüllt sind. Fängt man ein Junges ein, so erbricht es eine gute Portion runder saftiger Kirschen, die, wie alle Nahrung, unzerkleinert geschluckt werden.

Für einen eingehenderen Vergleich der Verteilung der einzelnen Arten auf Langenwerder, vergleiche man die vorstehenden Kartenskizzen eine (vergrößerte) Kopie der von Greverus gegebenen Skizze (1901) und eine eigene Skizze (1928). Die gegenwärtige Besiedelung und den Eindruck, den man heutigen Tags bei einem Besuch

empfängt, habe ich wiederholt, zuletzt im 4./5. Jahresbericht der Norddeutschen Vogelwarte Rostock geschildert, sodaß ich mich hier nicht wiederholen möchte.

So erfreulich es ist, daß wir uns, wie vorstehende Mitteilungen zeigen, heutigentags wenigstens noch einigermaßen rekonstruieren können, wie wesentlich sich die Zusammensetzung dieser interessanten Brutgemeinschaften im Laufe weniger Jahre geändert hat, so bedauerlich ist es, daß sich trotz fortgesetzter Hinweise noch nicht ermöglichen ließ, hier ununterbrochen beobachten zu können. Dabei wäre, wie ich seinerzeit (vergl. Nr. 17) ausführlich begründet habe und wie wohl auch Vorstehendes zeigt, gerade dieser Platz ebenso wie die Brutgebiete auf Hiddensee hierzu besonders geeignet. Denn es handelt sich um eine in sich geschlossene Lebensgemeinschaft, der nur ein beschränkter Lebensraum zur Verfügung steht. Die Zusammensetzung dieser Lebensgemeinschaft ist z. T. in starker Wandlung begriffen und bietet daher die denkbar beste Gelegenheit zu biologischen Beobachtungen! Was für Poel-Langenwerder gilt, gilt in dieser Beziehung auch in ähnlicher Weise für die Brutgebiete um Rügen. Auch hier vollziehen sich von Jahr zu Jahr Wandlungen im Bestande der Ornis, deren Verfolgung von großem biologischen Interesse ist! Hoffen wir, daß es uns vergönnt ist, in vorstehendem Sinne weiter in der Verfolgung des gesetzten Zieles zu arbeiten und in dieser Weise wieder ein wenig zu der Lösung der Gesamtaufgabe beizutragen, der Charakterisierung der Ornis des Mare Balticum!

Stettin, November 1928.

P. S. Im Sommer 1929 konnte mit der dauernden Beobachtung durch Stationierung eines Vogelwartes begonnen werden und es ist wahrscheinlich, daß auch für 1930 und 1931 ein Beobachter entsandt werden kann.

Stettin, Juni 1929.

Literaturverzeichnis.

Greverus: Ein Ausflug nach der Insel Langenwerder, bei Poel, der berühmten Vogelkolonie Mecklenburgs. Zeitschr. f. Zoologie Bd. 13, 1903.

Reichenow, A.: Die Kennzeichen der Vögel Deutschlands. Neumann-Neudamm, 2. Aufl., 1920.

Wachs, Horst:

1. Die Vogelwelt von Sietow und Umgegend. Aus dem Nachlaß von Fr. Hamann. Arch. d. Freunde d. Naturgesch. Meckl. 1914.
2. Brut- und Zugvögel unserer Seeküste. Sitzungsber. d. Geogr. Ges. zu Rostock, 1920.
3. Die Vogelinsel Langenwerder im Jahre 1920. Ornithol. Monatschrift Bd. 46, 1921.
4. Beiträge zur Ornithologie Mecklenburgs. Der Riedensee und der Möllner See. Arch. d. Freunde d. Naturgesch. Festbd. 1922.
5. Experimente zum Vogelzug. Wie verhalten sich ins Binnenland verbrachte junge Sturmmöwen? Ornithol. Monatschr. 1922.
6. Mitteilung über die Norddeutsche Vogelwarte Rostock. Verh. d. Dtsch. Zool. Ges. Würzburg 1922.
7. Weitere Beiträge zur Ornithologie Mecklenburgs. Arch. Meckl. Naturf. Bd. 1, 1923.
8. Die Lage der Naturschutzbestrebungen in Mecklenburg. Beiträge zur Naturdenkmalpflege, her. v. d. Preuß. Staatl. Stelle f. Naturdenkmalpflege, Berlin, Bd. 9, H. 4, 1923.
9. Zweiter und dritter Jahresbericht der Norddeutschen Vogelwarte Rostock, zugleich weitere Beiträge zur Ornithologie Mecklenburgs. Arch. Meckl. Naturf. Bd. 1 H. 2, 1924.
10. Beiträge zum Problem des Vogelzuges und der Orientierung. Naturwissensch. H. 51, 1924.
11. Aus Mecklenburgischen Naturschutzgebieten. Meckl. Landw. Wschr. Nr. 12, 1925.
12. Langenwerder, eine Vogelfreistätte an Mecklenburgs Küste. Lübeckische Blätter Nr. 27, 1925.
13. Aus Mecklenburgs Tierwelt in: „Mecklenburg, ein Heimatbuch“. Verlag von Hinstorff-Wismar.

14. Langenwerder, ein Kleinod unserer Ostseeküste. Meckl. Monatschrift H. 6/7, 1925.
 15. Aufgaben und Ziele des Naturschutzes in Mecklenburg. Meckl. Landw. Wschr. Nr. 48, 1925.
 16. Die Wanderungen der Vögel. Ergebnisse der Biologie Bd. 1, 1926. J. Springer-Berlin.
 17. Die Insel Poel-Langenwerder bei Wismar als ornithologische Arbeits- und Beobachtungsstelle. Journ. f. Orn. Bd. 47, 1926, H. 2.
 18. Zugbeobachtungen an der Mecklenburg. Küste. Verhandl. der Ornith. Ges. in Bayern, Bd. 17, 1927, H. 3.
 19. Beiträge zur Psychologie einiger Vogelarten. „Naturwissenschaften“ Springer-Berlin, Jg. 15, H. 18.
 20. Über die Fähigkeit der Orientierung, insbesondere beim Zugvogel. Vortrag auf d. 89. Vers. Dtsch. Naturf. Ärzte, Düsseldorf 1926, in: Forschungen und Fortschritte, Korrespondenzblatt der Dtsch. Wissenschaft und Technik, Jg. 2 Nr. 21, Berlin 1926.
 21. Die Bedeutung der Lewitz für Mecklenburg. „Naturforscher“ 1926/27, H. 12.
 22. Zum Schutze der Raubvögel in Mecklenburg. Mecklenb. Landwirtsch. Wochenschr. Nr. 3, 1927.
 23. Vierter und fünfter Jahresbericht, zugleich weitere Beiträge zur Ornithologie Mecklenburgs. Arch. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. Neue Folge Bd. 2, 1926/27.
 24. Mit den Zugvögeln nach Rügen und Helgoland. Vortrag vor der Senckenberg. Naturf. Ges. zu Frankfurt a. M. „Natur und Museum“, Zeitschr. d. Senck. Naturf. Ges. Heft 6/7, 1927.
 25. Aufgaben und Erfolge des Naturschutzes in Mecklenburg. „Mecklenburg“, Zeitschrift des Heimatbundes Mecklenburg, 22. Jg., 1927.
 26. Erster Rostocker Ornithologischer Ferienkurs (Bericht). Verh. d. Ornithol. Ges. in Bayern, Bd. 17, H. 4, 1927.
 27. Studien auf Vogelinseln der Nord- und Ostsee, in: Forschungen und Fortschritte, Korrespondenzblatt der deutschen Wissenschaft und Technik.
- Wüstnei und Clodius: Die Vögel der Großherzogthümer Mecklenburg. Opitz-Güstrow, 1900. — Nachträge hierzu im Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturgeschichte in Mecklenburg.
- Zander: Eine Ornithologische Expedition nach der Insel Poel. Naumannia Bd. 1, 1850.
-

Zur Geologie des Kieshofer Moores.

Sammelbericht von Kurd von Bülow-Berlin.

Im Jahre 1921 erschien in dieser Zeitschrift eine erstmalige Behandlung der geologischen Verhältnisse des Kieshofer Moores bei Greifswald, nachdem die floristischen Verhältnisse schon mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen waren. Die Gesamt-Kenntnisse von diesem Moor sind in der 1928 erschienenen Monographie von *Leick* u. a. zusammengefaßt, die als Grundlage für die weitere Erforschung des nunmehrigen Naturschutzgebietes und seiner zu erwartenden Veränderungen gedacht ist.

Da sich die Herausgabe dieser Monographie aus den verschiedensten Gründen von Jahr zu Jahr verzögerte, konnte es nicht ausbleiben, daß sie hinsichtlich des geologischen Abschnittes einen überholten Standpunkt vertritt. Denn inzwischen — d. h. zwischen Druck und Erscheinen — hatte sich herausgestellt, daß die 1921 vom Verfasser mitgeteilten Ergebnisse nicht den Tatsachen gerecht werden, daß vielmehr die in jenen wirtschaftlich denkbar ungünstigen Jahren verwendeten Hilfsmittel ein völlig falsches Bild geliefert hatten (Abb. 1).

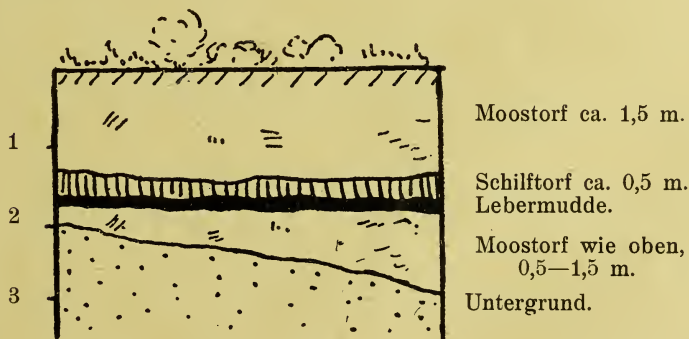


Abb. 1. Kieshofer Moor (altes Profil).

Die ersten Zweifel erhoben sich anlässlich der von A. Klautzsch vorgenommenen amtlichen geologischen Spezialkartierung der Greifswalder Gegend. In den Erläuterungen zu Blatt Neuenkirchen der geol. Spezialkarte (Literaturverz. Nr. 3) streift K. das Moor mit folgenden Worten: „Zwischenmoortorf (ein Irrtum von K! Es handelt sich um Hochmoortorf über Flachmoorbildungen! Verf.) tritt nur in dem bekannten Kieshofer Moor auf. Es ist dies ein durch Verlandung innerhalb der abflußlosen Senke gebildetes Moor, das durch die Litorinasenkung in das Grundwasserniveau geriet, welches sich zunächst als Flachmoor und dann bei Abnahme des Nährstoffgehaltes des Wassers allmählich in seinem zentralen Teil zu einem Zwischenmoor (vgl. die obige Bemerkung! Verf.) entwickelte. Neuerdings, durch Eingreifen des Menschen zeigt es z. B. starke, beginnende Verheidung und Absterben der Torfmoose Nach den ausgeführten Tellerbohrungen (Gesperret! Verf.) ergibt sich, daß die Mooroberfläche auf einem wassergefüllten Becken schwimmt. Ein Profil der ausgeführten Tellerbohrungen ergibt:

Hochmoortorf	1,9 m	Hochmoortorf	2,5 m
Wasser	1,0 m	Wasser	3,3 m
wäßriger Flachmoortorf	2,9 m		
Lehmiger Sand		Schwach lehmiger Sand	

Das wäßrige Becken ist von braunrotem Sphagnumtorf und Stengelresten von Vacciniumarten erfüllt (also kein „Wasser“-Becken mehr! Verf.)

Der Flachmoortorf ist ein reiner Grastorf, dem vielfach Holz- und Wurzelreste von Kiefer, Birke und Erle und Schilf beigemischt sind“.

Der Umstand, daß flüssiger Torf wassergleich vom Tellerbohrer abfließt, sowie Klautzsch's Einstellung — er hat als Erster auf die Existenz von „Wasserkissen“ in

Mooren hingewiesen — haben *K.* verleitet, jenen wasserreichen Torf als Wasserkissen zu deuten.

In erster Linie ist die Ungeeignetheit des Tellerbohrers schuld an diesem Irrtum. *K.*'s Ergebnisse sind daher, ebenso wie die des Verfassers, die auf Bohrungen mit einem einfachen, 2 m langen Mineralbodenbohrer beruhen, nicht einwandfrei.

Nun haben neuere Mooruntersuchungen, die die Gewinnung zur Pollenanalyse geeigneter Proben zum Ziel hatten, den Verf. 1927 erneut in das Kieshofer Arbeitsgebiet geführt. Leider konnte bei dieser Gelegenheit nur eine Bohrung gestoßen werden. Doch stand hierzu ein Spezial-Moorbohrgerät zur Verfügung, sodaß die Ergebnisse dieser Bohrungen (Abb. 2) wenigstens, wie sie 1927

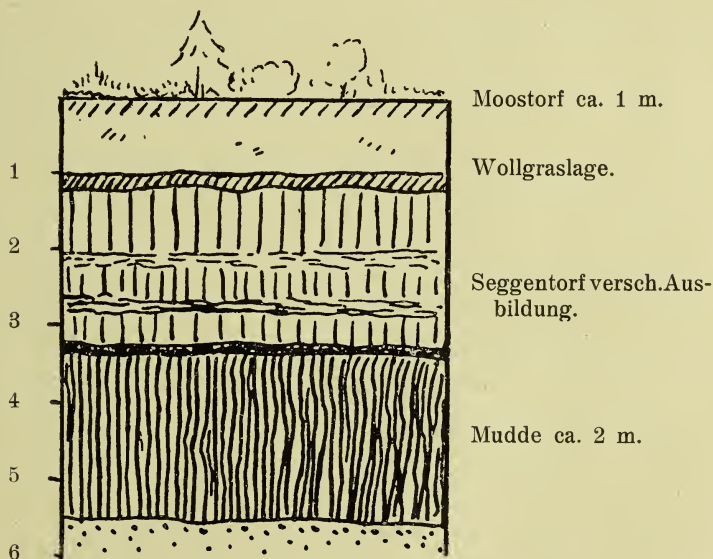


Abb. 2. Kieshofer Moor (neues Profil).

in den Abhandlungen und Berichten der Pommerschen Naturforschenden Gesellschaft mitgeteilt wurden, als mehr oder

weniger einwandfrei gelten dürfen (vgl. Nr. 4). Ich stelle die drei verschiedenen Schichtfolgen zum Vergleich nebeneinander:

1. v. Bülow 1921.

- 4) Leichter Moostorf 1,2—1,6 m
- 3) Schilftorf 0,3—0,6 m
- 2) Lebermudde 0,1—0,3 m
- 1) Leichter Moostorf 0,5—1,5 m
- 0) Untergrund

2. Klautzsch 1924.

- 4) Hochmoortorf 1,9—2,5 m
- 3a) Wasser 1,1—3,3 m
- 3) Wäßriger Flachmoortorf 2,9 m
- 0) Lehmgiger Sand des Untergrundes

3. v. Bülow 1927

- 7) Vegetation
- 6a) Bunkerde (Verwitterungsboden) 0,2—0,3 m
- 6) Heller Sphagnumtorf 0,7—0,8 m
- 5) Eriophorumtorf ca. 0,2 m
- 4) Parvocaritetumtorf (Kleinseggentorf) ca. 0,8 m
- 3) Groß-Seggentorf ca. 1,25 m
- 2) Gallertiger Sumpftorf 0,2 m
- 1) Verschiedenartige Mudden ca. 2,0 m
- 0) Sand des Untergrundes

Die letzte Bohrung ist an etwa der gleichen Stelle niedergebracht worden, wie die unter 2 angeführte von Klautzsch, Nr. 1 stammt dagegen mehr aus den Randgebieten des Moores.

Bohrung 3 hat eine Schichtfolge geliefert, die mit den Profilen anderer, ja der meisten pommerschen

Hochmoore in Einklang steht. Zudem entspricht sie der „normalen“ Verlandungsschichtfolge so weitgehend, das sie aus beiden Gründen die größte Wahrscheinlichkeit für sich beanspruchen darf.

Daraus ergibt sich ein von der bisherigen Auffassung wesentlich abweichender Entwicklungsgang des Moores: Die verschiedenfarbigen Mudden (= Faulschlamm) sind in einem offenen Wasserbecken entstanden, wie alle Faulschlamm. Der „gallertige Sumpftorf“ leitet zu den Seggentorfen des nahezu verlandeten Beckes über. Deren Bildung wurde durch den „trocknen“ Wollgrastorf (Eriophoretum-Torf) abgeschlossen, dessen Vorhandensein auf eine Austrocknung der damaligen Mooroberfläche hinweist, sei es, daß die Torfanhäufung den Grundwasserspiegel erreicht hatte, sei es auch, daß dieser durch eine klimatische Veränderung gesenkt worden war. Der hangende „helle Moostorf“, der durchaus dem sog. jüngeren Sphagnumtorf z. B. der nordwestdeutschen Hochmoore entspricht, beweist eine grundlegenden Klimaänderung in Richtung auf größere Kühle und Feuchtigkeit.

Wie schon gesagt, entspricht eine derartige Aufeinanderfolge der Moorschichten durchaus den aus den anderen pommerschen Hochmooren bekannt gewordenen Profilen, wie sie in Nr. 4 beschrieben sind. Sie läßt sich auch mit der von *Klautzsch* mitgeteilten, die als schematisierte Wiedergabe erscheint, noch einigermaßen in Übereinstimmung bringen.

Hingegen scheinen die von demselben Autor gegebenen Bohrungen Nr. 1 und 3 (vor. S.) keinerlei Beziehungen zueinander zu haben. Der Widerspruch löst sich bis zu einem gewissen Grade, wenn man berücksichtigt, daß 1. im Randgebiet als „Durchschnittsprofil“ gewonnen wurde, Nr. 3 dagegen im Zentralteil. In Literaturnummer 4 zeigt Abb. 15, die hierunten folgt, eine Kombinationsmöglichkeit:

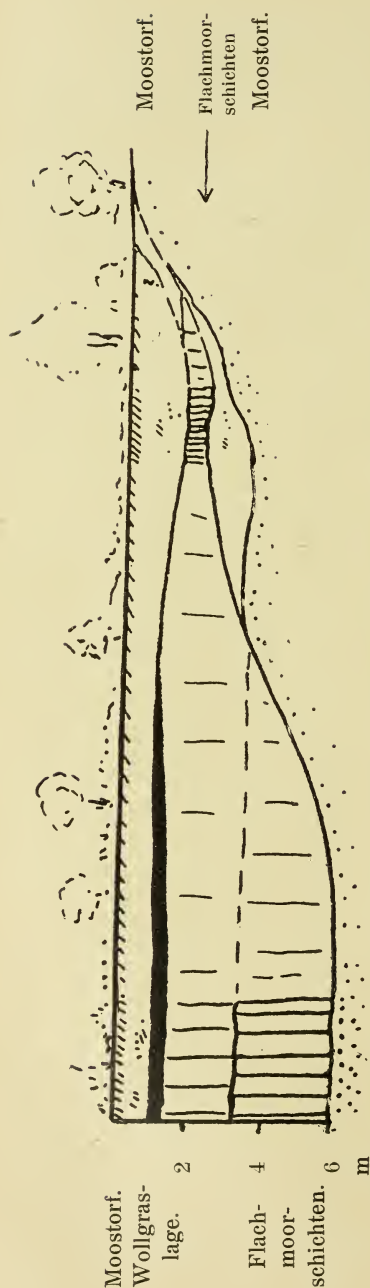


Abb. 3. Schematisches Kombinationsprofil des Kieshofer Moores (Links das neue, rechts das alte Profil.)

Danach wäre die Entwicklung folgendermaßen vor sich gegangen: Während sich in den tiefsten Teilen des Moorbettes, die mit Wasser gefüllt waren, limnische und telmatische Schichten (Mudden und Flachmoortorf) ablagerten, wucherte an den feuchten, doch nährstoffarmen Uferändern des Beckens im Schutze des Waldes Torfmoos und führte zur Anhäufung von 1 m Moostorf. Das Steigen des Grundwassers zur Zeit der Litorinasenkung ertränkte das Torfmoos auch am höher gelegenen Rand und ließ über ihm Ablagerungen des offenen Wassers entstehen. Die subboreale Wärmezeit, die in den Ausklang der Litorinasenkung fällt, trocknete aber dann die Mooroberfläche aus und ließ in der Mitte des Moores — wie überall in Pommern — den Wollgrashorizont entstehen, während die Moorränder vom festen Boden her durchfeuchtet wurden und Spagnum trugen. Als dann in der subatlantischen Zeit über dem Wollgrastorf der Mitte wiederum

Sphagnumrasen emporwachsen, schlossen diese sich mit den Sphagnumpolstern des Randes zu einem einheitlichen Teppich zusammen. So mag es auch zu erklären sein, daß der (obere) Moostorf — wie es den Anschein hat — am Rande mächtiger ist, als in der Mitte.

Ich betone, daß diese Erklärung nur ein Versuch zur Klärung des Widerspruches ist, ein Versuch, der nach dem gegenwärtigen Stande der Kenntnisse das kleinste Übel ist.

Jedenfalls geht daraus hervor, daß eine erneute geologische Untersuchung des Kieshofer Moores ein geeignetes Dissertationsthema liefern könnte und — sofern sie nach den modernen Methoden der Moorforschung geschieht — weit wertvollere und umfangreichere Ergebnisse vermitteln dürfte, als die bisherigen, äußerst bescheidenen Kenntnisse ausmachen. Da derartige Untersuchungen jedoch weit mehr biologische, als rein geologische Erfahrungen voraussetzen, wären sie eine dankbare und mehrfach teilbare Forschungsaufgabe für biologisch geschulte Geologen, bzw. für geologisch erfahrene Botaniker und auch Zoologen.

Es sei schließlich erwähnt, daß auch eine pollenanalytische Durcharbeitung der Bohrproben von 1927 bereits veröffentlicht vorliegt (Nr. 5), sowie daß die Ergebnisse der Pollenanalyse mit denen aus anderen pommerschen Mooren verglichen werden konnten (Nr. 6). Der Inhalt der betr. Veröffentlichung sei der Vollständigkeit halber ganz kurz gestreift.

Auf Grund des Verhaltens der Waldbaumpollen können im Kieshofer Moor folgende zeitliche Abschnitte unterschieden werden:

Kiefer-Birken-Zeit bis zum Schnittpunkt der abfallenden Birken- mit der steigenden Haselkurve (in 4,3 m Tiefe);

von da an die Kiefer-Hasel-Zeit bis zum Schnittpunkt der fallenden Haselkurve mit der steigenden Erlenkurve in etwa 3,4 m Tiefe. Damit beginnt die Zeit der Laubhölzer, deren Ende etwa beim oberen Schnittpunkt Erle—Kiefer in 1,5 m Tiefe zu suchen ist. Die Laubwaldzeit ist zu gliedern in die Zeit des absoluten (I.) Eichenmischwaldhöhepunktes ($-3,25$ m), die Zeit der I. Buchenherrschaft ($-2,35$ m) und die Zeit des II. Mischwaldmaximums ($-1,9$ m). Das oberste Drittel des Moores würde dann die Zeit des Laubwaldes unter der Herrschaft der Kiefer repräsentieren, die heute noch andauert.

Man geht wohl nicht fehl, wenn man nach diesen Ergebnissen die Muddeschichten, soweit sie in die Kiefer-Birken- und die Kiefer-Hasel-Zeit fallen, in den kontinentalen Abschnitt des Boreal-Klimas stellt, ihren oberen Teil aber und den unteren Teil der telmatischen Schichten — mit dem Eichenmischwaldgipfel — in die maritime Atlantische Periode, die Zeit der Litorinaseinkung, deren Einfluß sich in der umfangreichen Sumpftorfbildung spiegelt. Dem subborealen Klimaabschnitt (der sog. Grenzhorizontzeit) mit seinem nacheiszeitlichen Klima-Optimum (?) gehört die Wollgraslage an, die auch makroskopisch dem nordwestdeutschen Grenzhorizont entspricht. Der subatlantischen Klimaverschlechterung schließlich verdankt hier wie anderenorts der helle Moostorf seine Entstehung.

Der in Nr 6. durchgeführten Vergleich des Kieshofer Pollendiagramms mit zwei Diagrammen von Neustettin auf dem ostpommerschen Landrücken, sowie mit solchen, von anderen Autoren mitgeteilten aus der Uckermark, Dänemark, Ostpreußen usw. ergab befriedigende Übereinstimmungen, somit eine allgemeinere Gültigkeit der Kieshofer Resultate als auch die Beseitigung der entwicklungsgeschichtlichen Sonderstellung des Greifswalder Naturschutzgebietes.

Literatur.

1. K. v. Bülow, Das Kieshofer Moor bei Greifswald. (Ds. Ztschr. Jrg. 1921).
 2. E. Leick u. a. Monographie des Kieshofer Moores (Beitr. z. Naturdenkmalpflege XII. 1. Berlin 1927). Darin: v. Bülow, Die geol. Verh. u. d. Entwicklungsgeschichte d. Kiesh. Moores).
 3. Blatt Neuenkirchen der Geol. Karte von Preußen usw. (Lieferung 250, Berlin 1924) mit Erläuterungen hierzu von A. Klautzsch.
 4. K. v. Bülow, Beitrag z. Geologie pommerscher Hochmoore (Abh und Ber. d. Pommerschen Naturforsch. Gesellsch. Stettin 1927. Bd. VIII).
 5. — — — Pollenanalytischer Beitrag zur Kenntnis des Kieshofer Moores bei Greifswald (ebendort IX. 1928).
 6. — — — Drei Pollendiagramme aus Ost- und Vorpommern (Jrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt für 1927. Berlin).
-

Die Lösungsanzahl bei der Bahnbestimmung aus Durchgängen.

Von Theodor Vahlen.

Kennt man von einem Planeten P zur Zeit t die rechtwinkligen Komponenten $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ des Leitstrahls $r = SP$ und der Geschwindigkeit v , so ist seine Bahn bestimmt. Durch die Gleichung

$$v^2 = \frac{2k^2}{r} - \frac{k^2}{a}$$

ist die Axe $2a$ und damit der andere Brennstrahl $2a - r$ bekannt, der von P aus so zu legen ist, daß der Außenwinkel beider Brennstrahlen durch v halbiert wird. Dieser Konstruktion kann die Rechnung folgen. Hat man so die geometrischen Bahnelemente gefunden, so findet man die Perihelzeit durch die Keplersche Gleichung.

Zur Ermittlung der 6 Größen $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ braucht man 6 einzelne Beobachtungen und nimmt meist drei (scheinbare) Örter, d. h. Durchgänge durch 3 Grade. Allgemeiner kann man 6 Durchgänge durch 6 Ebenen nehmen; z. B. Azimute, dann erspart man die Reduktion auf den Erdmittelpunkt. Zwei gleichzeitige Durchgangsebenen geben eine Durchgangsgrade, einen Ort. Bei Kometenbahnen, d. h. Bahnen, deren Halbaxe a so groß ist, daß die Bahn als Parabel gelten kann, braucht man nur 5 Durchgänge, als sechstes Datum hat man noch $a = \infty$.

Von der Bahn eines Punktes (x, y) in einer Ebene seien die Durchgangszeiten t_i ($i = 1, 2, \dots$) durch Grade $\alpha_i x + \beta_i y + \gamma_i = 0$ beobachtet. Hat man 4 solche Grade, also 4 lineare Gleichungen $\alpha_i x + \beta_i y + \gamma_i = 0$, ($i = 1, 2, 3, 4$) so kann man in sie $x_i = x_0 + \dot{x}_0 t_i$, $y_i = y_0 + \dot{y}_0 t_i$ einsetzen und aus den 4 erhaltenen in $x_0, y_0, \dot{x}_0, \dot{y}_0$ linearen Gleichungen den Ort (x_0, y_0) und die Geschwindigkeit (\dot{x}_0, \dot{y}_0) des Punktes zur Zeit $t = 0$ berechnen. Die so gefundene gradlinig gleichförmige

Bewegung ist entweder die Bewegung des Punktes oder eine angenäherte zur Zeit $t = 0$, die die Bewegung des Punktes um so besser tangiert, je kleiner die Zwischenzeiten sind. Hat man 6 Durchgänge, also 6 lineare Gleichungen, so setze man in sie

$$x_i = x_0 + \dot{x}_0 t_i + \frac{1}{2} \ddot{x}_0 t_i^2, \quad y_i = y_0 + \dot{y}_0 t_i + \frac{1}{2} \ddot{y}_0 t_i^2 \quad (i = 1, \dots, 6)$$

ein und berechne daraus den Ort (x_0, y_0) , die Geschwindigkeit (\dot{x}_0, \dot{y}_0) und die Beschleunigung (\ddot{x}_0, \ddot{y}_0) zur Zeit $t = 0$. Die so gefundene parabolische (z. B. Wurf-)Bewegung ist die Bewegung des Punktes oder eine angenäherte zur Zeit $t = 0$, welche die Bewegung des Punktes um so besser oskuliert, je kleiner die Zwischenzeiten sind. Das kann man zur Ermittlung der Bahn eines Doppelsternes mit dunkler Komponente anwenden, von dem 11 Durchgänge beobachtet sind.

Von einem Planeten P seien zu den Zeiten t_i die Durchgänge durch die Ebenen

$$\alpha_i x + \beta_i y + \gamma_i z + \delta_i = 0 \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$$

beobachtet. Die Bewegungsgleichungen

$$\ddot{s} = -\frac{s}{r^3}, \quad (s = x, y, z)$$

wo die Gauß'sche Gravitationskonstante $k = 1$ gesetzt, also die Zeiteinheit ver- k -facht ist, ergeben

$$s_i = f_i s + g_i \dot{s} \quad (s = x, y, z)$$

$$\text{mit} \quad \begin{aligned} f &= 1 - \frac{1}{2r^3}t^2 + \frac{\dot{r}}{2r^4}t^3 + \dots \\ g &= t - \frac{1}{6r^3}t^3 + \frac{\dot{r}}{4r^4}t^4 + \dots \end{aligned} \quad \left(\begin{array}{l} t = t_i \\ f = f_i \\ g = g_i \end{array} \right)$$

Setzt man diese Ausdrücke für x_i, y_i, z_i in die 6 Ebenengleichungen ein, so erhält man

$$\alpha_i f_i x + \beta_i f_i y + \gamma_i f_i z + \alpha_i g_i \dot{x} + \beta_i g_i \dot{y} + \gamma_i g_i \dot{z} + \delta_i = 0, \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$$

6 Gleichungen für die 6 Unbekannten $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$. In den Koeffizienten kommen die Größen $r, \dot{r}, \ddot{r}, \dots$ vor, definiert durch

$$\begin{aligned} r^2 &= x^2 + y^2 + z^2 \\ r\dot{r} &= x\dot{x} + y\dot{y} + z\dot{z} \\ \ddot{r} + \dot{r}^2 &= \dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 - \frac{1}{r} \text{ usw.} \end{aligned}$$

Sind also erst vorläufige Werte für $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ bekannt, so kann man solche für $r, \dot{r}, \ddot{r}, \dots, f_i, g_i$ berechnen, in die 6 linearen Gleichungen einsetzen und daraus verbesserte Werte für $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ entnehmen, usw. Als ersten Schritt könnte man denken, daß man für f_i, g_i unter Vernachlässigung der Zwischenzeitquadrate die Näherungswerte nimmt $f_i = 1, g_i = t_i$. Herr Wilkens äußert sich hierüber (A. N. 5022, S. 86): „Die Mitnahme der in t_i linearen Glieder allein hätte die Annahme einer gradlinigen Bahn zur Voraussetzung, die aber als praktisch mangelhaft von vornherein ausscheiden muß, weil sie mindestens eine weitere Verbesserungsrechnung zur Folge haben würde“. Der Grund kann aber nicht bloß rechnerischer Art sein, denn einem rechnerischen Nachteil stünde der große Vorteil gegenüber, daß die Anfangswerte für $x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ sich aus 6 linearen Gleichungen, also rational ergäben, sodaß das Problem eindeutig lösbar wäre. Daß dies nicht der Fall ist, weist schon darauf hin, daß der Grund tiefer liegen muß. Bezeichnen wir mit $X, Y, Z, \dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z}, R, V, F, G$ die entsprechenden Größen für die Erde T , so sind die 6 Gleichungen erfüllt

$$\alpha_i (x_i - X_i) + \beta_i (y_i - Y_i) + \gamma_i (z_i - Z_i) = 0.$$

Diese ergeben die Gleichungen

$$\begin{aligned} \alpha_i f_i (x - X) + \beta_i f_i (y - Y) + \gamma_i f_i (z - Z) + \alpha_i g_i (\dot{x} - \dot{X}) + \\ \beta_i g_i (\dot{y} - \dot{Y}) + \gamma_i g (\dot{z} - \dot{Z}) + \alpha_i (f_i - F_i) X + \beta_i (f_i - F_i) Y + \\ \gamma_i (f_i - F_i) Z + \alpha_i (g_i - G_i) \dot{X} + \beta_i (g_i - G_i) \dot{Y} + \gamma_i (g_i - G_i) \dot{Z} = 0, \end{aligned}$$

die bei Beschränkung auf die in den t_i linearen Glieder, weil dann $f_i - F_i = 0, g_i - G_i = 0$ ist, homogen in den 6 Un-

bekanntes $x - X, y - Y, z - Z, \dot{x} - \dot{X}, \dot{y} - \dot{Y}, \dot{z} - \dot{Z}$, also zu deren Berechnung unbrauchbar werden. Kinematisch bedeutet das: eine gradlinig gleichförmige Bewegung eines Punktes im Raume kann aus 6 Durchgängen nicht bestimmt werden, wenn der Beobachtungsort selbst sich gradlinig gleichförmig bewegt. Vielmehr sind die 6 Zeiten durch eine Identität verbunden, so daß man nur 5 unabhängige homogene lineare Gleichungen für die relativen Koordinaten und Geschwindigkeitskomponenten $x - X, y - Y, z - Z, \dot{x} - \dot{X}, \dot{y} - \dot{Y}, \dot{z} - \dot{Z}$ hat, aus denen sich nur deren Verhältnisse ergeben. Aus einer solchen beobachteten Bewegung ergeben sich durch Ähnlichkeitstransformation eine Schar von Bewegungen, die denselben Beobachtungen genügen. Das Entsprechende gilt bei ekliptikalischen Bahnen und 4 Durchgängen.

Berücksichtigt man, daß der Beobachtungsort X, Y, Z nicht geozentrisch ist, so gelten nicht die Gleichungen

$$\ddot{S} = - \frac{S}{R^3}, \quad (S = X, Y, Z)$$

also auch nicht die obigen Überlegungen. Das Problem wird dann im Allgemeinen eindeutig lösbar, wenigstens theoretisch.

Für geozentrische Beobachtungen wird, wenn wir jetzt Glieder zweiter Ordnung in den Zeiten mitnehmen

$$f_i - F_i = \frac{1}{2} t_i^2 \left(\frac{1}{R^3} - \frac{1}{r^3} \right), \quad g_i - G_i = 0.$$

Also werden die Orts- und Geschwindigkeitskomponenten lineare Funktionen von r^{-3} und die Gleichung $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$ ergibt $r^{-6} - 2a r^{-3} + b - cr^2 = 0$, eine Gleichung 8^{ten} Grades für r , in der c und $b - a^2$ positiv sind. Da die linke Seite dieser Gleichung für große positive Werte von r negativ, für $r = 0$ positiv ist, hat die Gleichung eine ungrade Anzahl positiver Wurzeln. Also mindestens drei, weil sie die der Erde und dem Planeten entsprechenden Wurzeln hat. Andererseits hat sie nicht mehr als drei positive Wurzeln, weil eine viergliedrige Gleichung höchstens drei Zeichenwechsel, also höchstens

drei positive Wurzeln hat. Es sind also drei positive Wurzeln, drei Zeichenwechsel vorhanden, a positiv.

Sind R, r_1, r_2 die drei positiven Wurzeln, so ist

$$\begin{vmatrix} r^{-6} & r^{-3} & 1 & r^2 \\ R^{-6} & R^{-3} & 1 & R^2 \\ r_1^{-6} & r_1^{-3} & 1 & r_1^2 \\ r_2^{-6} & r_2^{-3} & 1 & r_2^2 \end{vmatrix} = 0$$

die Gleichung, ausgedrückt durch ihre drei Wurzeln R, r_1, r_2 . Die Gleichung und ihre Koeffizienten a, b, c sind also durch die Entfernungen der Erde und der zwei Planeten P_1, P_2 von der Sonne zur Zeit $t = 0$ völlig bestimmt, unabhängig davon, welche der 6 Ebenen $TP_1 P_2$ als Durchgangsebenen genommen werden. Für den Fall, daß man die Ebenen paarweis gleichzeitig nimmt, daß man also den Planeten aus drei vollständigen Örtern bestimmt, ist die Gleichung 8^{ten} Grades in verschiedenen Formen von Lagrange, Laplace und Gauß aufgestellt worden. Das Wesen der Gleichung wird am deutlichsten, wenn man sie (s. des Verfs. Arbeit in den Sitzungsberichten der kgl. pr. Akademie der Wissenschaften, Juli 1914) durch das Gleichungspaar ersetzt:

$$R^{-3} - r^{-3} = \ddot{r} (\text{ctg } \widehat{R} + \text{ctg } \widehat{r}) \quad (1)$$

$$R : r = \sin \widehat{R} : \sin \widehat{r}, \quad (2)$$

wo $\widehat{R} = \angle SPT$, $\widehat{r} = \angle STP$, und \ddot{r} die scheinbare Beschleunigung des Planeten gegen die Sonne zur Zeit $t = 0$ ist. Eliminiert man \widehat{R} , so bekommt man die Gleichung 8^{ten} Grades für r in der Form

$$(r^{-3} - R^{-3} + \ddot{r} \text{ctg } \widehat{r})^2 + \ddot{r}^2 = r^2 \frac{\ddot{r}^2}{R^2 \sin^2 \widehat{r}}.$$

Der Koeffizientenvergleich ergibt

$$\ddot{r}^2 = b - a^2, \quad \sin^2 \widehat{r} = \frac{b - a^2}{cR^2}, \quad R^{-3} - \ddot{r} \text{ctg } \widehat{r} = a, \quad (3)$$

sodaß die 6 Durchgänge zunächst a, b, c, dann r, \widehat{r} , also das Dreieck SPT, und die scheinbare Beschleunigung $\ddot{\widehat{r}}$ bestimmen.

Und zwar zweideutig, während $\ddot{\widehat{r}} \operatorname{ctg} \widehat{r}$, also auch $\frac{\sin 2\widehat{r}}{\ddot{\widehat{r}}}$ eindeutig bestimmt ist. In der Form (1) wird am ersichtlichsten, daß diese Gleichung zwar nicht, wie F. Cohn (VJS. 53, S. 61) meint, die analytische Formulierung des Lambertschen Satzes ist, aber ihn enthält und ergibt, indem man von der Gleichheit der Seiten nur die Gleichheit ihrer Vorzeichen berücksichtigt. Die analytische Formulierung des Lambertschen Satzes ist etwa $\frac{\ddot{\widehat{r}}}{R - r} < 0$.

Wenn r von 0 bis ∞ geht, fällt die rationale Funktion $r^{-6} - 2ar^{-3} + b - cr^2$ von $+\infty$ bis $-\infty$, geht dabei drei Mal durch 0 hindurch, also das mittelste Mal wachsend. Also ist die $-\frac{1}{2}R^4$ -fache Ableitung der Funktion bei R, nämlich $3(R^{-3} - a) + cR^5$ kleiner oder größer als 0, jenachdem R innerhalb oder außerhalb des Intervalls $r_1 \dots r_2$ liegt, jenachdem also $R^{-3} - r_1^{-3}$ und $R^{-3} - r_2^{-3}$ konträren oder gleichen Zeichens sind. Dann sind aber auch bzw. $\ddot{\widehat{r}}_1$ und $\ddot{\widehat{r}}_2$, also auch $\operatorname{ctg} \widehat{r}_1$ und $\operatorname{ctg} \widehat{r}_2$ konträren oder gleichen Zeichens, d. h. \widehat{r}_1 und \widehat{r}_2 bzw. supplementär oder gleich. Dies Kriterium

$$3(R^{-3} - a) \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} - cR^5$$

läßt sich mit Hilfe von (3) in die Form

$$3 \ddot{\widehat{r}} \operatorname{ctg} \widehat{r} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} - \frac{\ddot{\widehat{r}}^2 R^3}{\sin^2 \widehat{r}}$$

oder

$$\frac{\sin 2\widehat{r}}{\ddot{\widehat{r}} R^3} \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} - \frac{2}{3} \tag{4}$$

setzen. Die ungefähre Richtung, in der der Planet zur Zeit der Beobachtungen stand, entscheidet darüber, welcher oder ob beide zu berechnende Planeten in Betracht kommen. Bei der Bestimmung aus drei Örtern bedeuten supplementäre \widehat{r}_1 und \widehat{r}_2

Opposition von P_1 und P_2 , gleiche \widehat{r}_1 und \widehat{r}_2 bedeuten Konjunktion von P_1 und P_2 , sodaß eine oder zwei Lösungen vorhanden sind, jenachdem in (4) das obere oder das untere Zeichen gilt. In der oben erwähnten Arbeit des Verfs. ist dieses Kriterium, das im Wesentlichen von v. Oppolzer stammt, anders hergeleitet.

Eliminiert man aus dem Gleichungspaar (1,2) nicht \widehat{R} sondern r , so erhält man die zur Lösung durch Iteration besonders geeignete Gauß'sche Gleichung in unserer Bezeichnung

$$\sin(\widehat{R} - \omega) = \left| \sqrt{\frac{c^3}{b(b-a^2)^3}} \right| \sin 4\widehat{R},$$

wenn $\left| \frac{a}{\sqrt{b}} \right| = \cos \omega$, $\left| \frac{\ddot{r}}{\sqrt{b}} \right| = \sin \omega$ gesetzt wird.

In den bekannten Bahnbestimmungen kommt unsere Größe \ddot{r} nicht explizit vor, vielmehr an ihrer Stelle mehr oder weniger verwickelte Ausdrücke. Die Methoden unterscheiden sich durch die Art, wie diese Größe aus den bekannten Größen gewonnen wird. Naturgemäß wäre es, sie nur durch die drei scheinbaren Planeten- und Sonnenörter und die Zwischenzeiten auszudrücken, wie dies a. a. O. geschieht. Der gefundene Wert für \ddot{r} ist in jedem Falle nur ein Näherungswert, sodaß das Kriterium (4), wenn die beiden Seiten wenig verschieden sind, im Stiche läßt. Man muß dann erst den einen Planeten und dann den genauen Wert von $\frac{\sin 2\widehat{r}}{\ddot{r}}$ errechnen.

Von einem Kometen P seien 5 Durchgänge beobachtet. Diese ergeben je eine lineare homogene Gleichung für die geozentrischen Koordinaten

$$\xi_i = x_i - X_p, \quad \eta_i = y_i - Y_p, \quad \zeta_i = z_i - Z_p, \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5)$$

also 5 lineare homogene Gleichungen für die 6 Unbekannten $\xi, \eta, \zeta, \dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}$ zur Zeit $t = 0$. Die Koeffizienten enthalten die Größen f_p, g_p , von denen man hier beim ersten Schritt nur die in den Zwischenzeiten linearen Glieder beizubehalten braucht, also

$f_i = 1$, $g_i = t_i$ nehmen kann. Dann geben die 5 Gleichungen Näherungswerte für die 5 Verhältnisse $\xi : \eta : \zeta : \dot{\xi} : \dot{\eta} : \dot{\zeta}$. Bezeichnen wir diese Näherungswerte mit $\varkappa : \vartheta : \mathfrak{z} : \dot{\varkappa} : \dot{\vartheta} : \dot{\mathfrak{z}}$, so wird $x - X = \lambda \varkappa$, $y - Y = \lambda \vartheta$, $z - Z = \lambda \mathfrak{z}$, $\dot{x} - \dot{X} = \lambda \dot{\varkappa}$, $\dot{y} - \dot{Y} = \lambda \dot{\vartheta}$, $\dot{z} - \dot{Z} = \lambda \dot{\mathfrak{z}}$, wo λ ein noch zu bestimmender Faktor ist. Diesen zu bestimmen, ziehen wir die Gleichung $v^2 r = 2k^2$ oder $(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2)^2 (x^2 + y^2 + z^2) = 4k^4$ heran und erhalten zur Bestimmung von λ die Gleichung 6^{ten} Grades

$$\begin{aligned} & ((\lambda \dot{\varkappa} + \dot{X})^2 + (\lambda \dot{\vartheta} + \dot{Y})^2 + (\lambda \dot{\mathfrak{z}} + \dot{Z})^2)^2 \times \\ & ((\lambda \varkappa + X)^2 + (\lambda \vartheta + Y)^2 + (\lambda \mathfrak{z} + Z)^2) = 4k^4. \end{aligned} \quad (5)$$

Jede reelle Wurzel λ gibt vorläufige Werte für ξ , η , ζ , $\dot{\xi}$, $\dot{\eta}$, $\dot{\zeta}$, also für x , y , z , \dot{x} , \dot{y} , \dot{z} , r , v , f_i , g_i , und daraus verbesserte Werte für $\varkappa : \vartheta : \mathfrak{z} : \dot{\varkappa} : \dot{\vartheta} : \dot{\mathfrak{z}}$, usw. Die Anzahl der reellen Wurzeln der Gleichung (5) gibt die Anzahl der Lösungen des Problems. Setzt man

$$\varkappa^2 + \vartheta^2 + \mathfrak{z}^2 = r^2, \quad \dot{\varkappa}^2 + \dot{\vartheta}^2 + \dot{\mathfrak{z}}^2 = v^2,$$

so wird die Gleichung

$$(\lambda^2 v^2 + 2\lambda vV \cos \vartheta V + V^2)^2 (\lambda^2 r^2 + 2\lambda rR \cos rR + R^2) - 4k^4 = 0, \quad (6)$$

deren linke Seite für große positive oder negative Werte von λ positiv ist und wegen $V^2 = \frac{2k^2}{R} - \frac{k^2}{a}$ für $\lambda = 0$ den negativen Wert $V^4 R^2 - 4k^4$ hat. Sie hat also je eine ungrade Anzahl positiver und negativer Wurzeln. Jede solche Gleichung

$$F(\lambda) = \varphi(\lambda)^m \psi(\lambda)^n - C = 0,$$

wo φ und ψ positive quadratische Funktionen sind, hat aber höchstens 4 reelle Wurzeln, weil die vom nicht verschwindenden Faktor $\varphi^{m-1} \psi^{n-1}$ befreite Ableitung $G(\lambda)$ vom dritten Grade ist, also höchstens drei reelle Wurzeln hat. Die gegebene Gleichung hat also nur 2 oder 4 reelle, darunter 1 oder 3 positive Wurzeln. Hat F 4 reelle Wurzeln, so hat G deren 3 und G' deren 2, also deren Diskriminante, d. i. das Wurzel-differenzquadrat Δ einen positiven Wert. Ist also $\Delta < 0$, so hat

F nur 2 reelle Wurzeln. Ist $\Delta > 0$, so hat G' 2 reelle Wurzeln $\nu_1 < \nu_2$. Dann hat G soviel reelle Wurzeln, wie die Reihe

$$G(-\infty), G(\nu_1), G(\nu_2), G(+\infty)$$

Zeichenwechsel hat. Haben $G(\nu_1)$ und $G(\nu_2)$ gleiches Zeichen, so hat demnach G eine, F zwei reelle Wurzeln. Haben aber $G(\nu_1)$ und $G(\nu_2)$ konträres Zeichen, so hat G drei reelle Wurzeln $\mu_1 < \mu_2 < \mu_3$ und F hat soviel reelle Wurzeln, wie die Reihe

$$F(-\infty), F(\mu_1), F(\mu_2), F(\mu_3), F(+\infty)$$

Zeichenwechsel hat. Also vier nur, wenn $F(\mu_1) < 0$, $F(\mu_2) > 0$, $F(\mu_3) < 0$ ist, sonst zwei.

Ist in singulären Fällen $F(\mu_2) = 0$, so fallen die beiden mittleren, ist $F(\mu_1) = 0$ oder (und) $F(\mu_3) = 0$, so fallen die beiden kleinsten oder (und) größten Wurzeln zusammen.

Die Koeffizienten der Gleichung (6) sind nur näherungsweise ermittelt, unter Vernachlässigung der Glieder, die in den Zwischenzeiten von der zweiten Ordnung sind. Alle Gleichungen sind gleichberechtigt, deren Koeffizienten sich von denen der Gleichung (6) um Größen dieser Ordnung unterscheiden. Zu diesen gehört insbesondere die Gleichung, die man erhält, wenn man $\xi, \eta, \zeta, \dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}, \nu, \nu$, bzw. ersetzt durch $\xi, \eta, \zeta, \dot{\xi}, \dot{\eta}, \dot{\zeta}, \rho, \nu$, d. i.

$$(\lambda^2 \nu^2 + 2\lambda \nu V \cos \nu V + V^2)^2 (\lambda^2 \rho^2 + 2\lambda \rho R \cos \rho R + R^2) = 4k^4. \quad (7)$$

Es ist aber keineswegs sicher, daß alle diese Gleichungen von derselben der beiden Arten „2 oder 4 reelle Wurzeln“ sind. Infolgedessen könnte die Anwendung des Kriteriums anfänglich irre führen, bis man durch das Näherungsverfahren zu einer Gleichung gekommen ist, die der Gleichung (7) hinlänglich nahe liegt. Von der Gleichung (7) unterscheidet sich die v. Oppolzer's (Bahnbestimmungen 1882, S. 308, (2)), der, wie üblich, als Zeitnullpunkt die Zeit des mittleren Kometenortes nimmt, nicht nur durch die erwähnten Näherungen, sondern noch dadurch, daß er (die Erdbahnhalbaxe gleich 1 genommen), in $V^2 = \frac{2k^2}{R} - k^2$

näherungsweise $\frac{2}{R} - 1 = \frac{1}{R^2}$ setzt, was wegen $|1 - R| \leq \epsilon$

einen Fehler der Ordnung e^2 bedeutet. Ein solcher Fehler könnte das Kriterium auch dann noch fälschen, wenn man durch hinreichend weit getriebene Annäherung den Einfluß der vernachlässigten Zwischenzeitquadrate beseitigt hat. Nehmen wir z. B. eine strenge Gleichung (7) an, die nur zwei reelle Wurzeln, aber zwei nahe gleiche komplexe Wurzeln habe. Eine Änderung der Gleichung, indem man diese zwei komplexen durch ihr um $\pm e$ geändertes Mittel ersetzt, ändert alle Koeffizienten nur um Glieder der Ordnung e^2 . In dem v. Oppolzer'schen Beispiel (a. a. O. S. 310) sind zwei Wurzeln gleich 0,919542 und 0,956079, also ihr halber Unterschied gleich 0,018268, während $e = 0,01677$ ist. Eine Koeffizientenänderung um Größen der Ordnung e^2 könnte also wohl die Veränderung dieser beiden reellen Wurzeln in zwei nahe gleiche komplexe Wurzeln zur Folge haben. Ein solches Beispiel ist also nicht beweiskräftig für die Behauptung, daß es Gleichungen (7) mit 4 reellen Wurzeln gibt. Allgemein hätte man dazu nachzuweisen, daß die Diskriminante, d. i. das Produkt der Wurzel-differenzenquadrate der Gleichung (7) auch negative Werte annehmen kann. Unwesentlich ist, ob eine nachgewiesene Gleichung mit 4 reellen Wurzeln 3 oder 1 positive hat, da eine Gleichung der einen Art durch Vorzeichenumkehrung von $\cos \psi V$ und $\cos \rho R$ in eine der andern Art übergeht.

Wir bemerken zunächst, daß die Gleichung (7) außer der Gauß'schen Konstanten nur die Größen $R, \rho, \cos \rho R, V, \psi, \cos \psi V$ enthält. Daraus folgt erstens, daß die Entscheidung: ob 2 oder 4 Lösungen nicht von den Beobachtungen abhängt, sondern nur von Ort und Geschwindigkeit der Erde und des Kometen im Zeitnullpunkt. Sie hängt sogar nur ab von dem Lagendreieck SPT aus den Seiten R, r, ρ und dem Geschwindigkeitsdreieck aus den Seiten V, v, ψ , nicht aber von der Lage der beiden Dreiecke zu einander. Alle Fälle sind gleichartig, bei denen diese Dreiecke dieselben sind. Man kann also z. B. beide Dreiecke in eine Ebene, d. h. die Kometenbahn in die Ekliptik legen, die Lösungsanzahl bleibt dieselbe. Das nume-

risch konstruierte Beispiel des Herrn Banachiewicz*) für Kometenbahnen in der Ekliptik war also ohne weitere Rechnung für nicht in der Ekliptik liegende Bahnen beweisend. Oder man konnte aus dem ekliptikalen Beispiel ein nicht-ekliptikales bilden, indem man r aus der Ekliptik unter Erhaltung des Winkels rR herausdrehte und der Geschwindigkeit v eine Richtung gab, die mit V unverändert den Winkel vV bildete, sonst beliebig gerichtet sein konnte.

Wir wollen Gleichungen (7) mit 4 reellen Wurzeln zunächst für den Fall nachweisen, daß $\cos \rho R$ den absoluten Betrag 1 hat. Ist dieser \cos gleich -1 , so sind Komet und Sonne in Konjunktion, ist er gleich $+1$, so sind sie in Opposition. Es genügt die Annahme $\cos \rho R = +1$ zu machen, wenn wir für ρ auch negatives Zeichen zulassen. Die bikubische Gleichung (7) zerfällt in die beiden kubischen

$$(\lambda^2 \nu^2 + 2\lambda \nu V \cos \nu V + V^2) (\lambda \rho + R) = 2k^2 \quad (8)$$

$$(\lambda^2 \nu^2 + 2\lambda \nu V \cos \nu V + V^2) (\lambda \rho + R) = -2k^2, \quad (9)$$

von denen die eine 3, die andere 1 reelle Wurzel haben soll. Sind $D(+2k^2)$ und $D(-2k^2)$ die Diskriminanten beider Gleichungen, so müßten diese konträren Zeichens, also $D(0) = 0$ sein, d. h. die Gleichung $(\lambda^2 \nu^2 + 2\lambda \nu V \cos \nu V + V^2) (\lambda \rho + R) = 0$ müßte eine Doppelwurzel haben, was nur für $\cos \nu V = +1$ oder $= -1$ möglich ist. Die eine Annahme kommt auf die andere zurück, indem man das Vorzeichen von ν umkehrt. Diese Annahme schließt insbesondere ein, daß die Geschwindigkeiten v und V mit S in einer Ebene liegen, zunächst im Zeitnullpunkt, also überhaupt, d. h. daß die Kometenbahn in der Ekliptik liegt. Nehmen wir also $\cos \nu V = +1$. Die kubische Gleichung wird bzw. $(\lambda \nu + V)^2 (\lambda \rho + R) = \pm 2k^2$ oder

$\rho(\lambda \nu + V)^3 + (\lambda \nu + V)^2 (R\nu - V\rho) = \pm 2k^2 \nu$, eine reduzierte kubische Gleichung für $(\lambda \nu + V)^{-1}$, deren Diskriminante ergibt

$$\pm 2k^2 \nu (4(R\nu - V\rho)^3 \mp 27 \cdot 2k^2 \nu \rho^2) \geq 0$$

*) Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, Série A, Sciences Mathématiques, 1924. — A. N. 5339.

als Bedingung für 3 oder 1 reelle Wurzel. Jeder dieser Bedingungen kann nach Wahl des Vorzeichens von $2k^2$ und z. B. von ν genügt werden, indem man ρ einen hinreichend großen positiven oder negativen Wert beilegt. Nehmen wir bei $2k^2$ das Zeichen $+$ und bei ρ das Zeichen $-$, so hat unter der Bedingung

$$\operatorname{sgn} [4 (R\nu + V\rho)^3 - 27 \cdot 2k^2\nu\rho^2] = \operatorname{sgn} \nu \quad (10)$$

die kubische Gleichung (8) drei, also die bikubische Gleichung (7) vier reelle Wurzeln. Die so gefundenen bikubischen Gleichungen mit 4 reellen Wurzeln sind zwar insofern von spezieller Art, als $\cos \nu V = 1$ und $\cos \rho R = -1$ genommen ist. Die Diskriminante der bikubischen Gleichung ändert aber ihr Vorzeichen nicht bei kleinen Koeffizientenänderungen. Es gibt also auch solche bikubische Gleichungen mit 4 reellen Wurzeln, in denen $\cos \nu V$ und $\cos \rho R$ nicht die speziellen Werte $+1$ bzw. -1 haben.

Man muß jedoch wünschen die Realitätsverhältnisse des Problems in einem geeigneten Bilde anschaulich vor die Augen zu stellen. Ein solches gewinnen wir folgendermaßen. Da wir über die gegenseitige Lage des Lagendreiecks $Rr\rho$ und des Geschwindigkeitendreiecks $Vv\nu$ frei verfügen können, legen wir sie erstens in eine Ebene. Zweitens wollen wir den Maßstab des Geschwindigkeitendreiecks so ändern, daß $\nu = \rho$ wird, d. h. wir wollen die Zeiteinheit im Verhältnis $\rho : \nu$ ändern. Drittens legen wir die beiden Dreiecke mit den gleichen Seiten aufeinander, sodaß das Viereck $SPQT$ entsteht, in dem $SP = r$, $ST = R$, $PT = \rho = \nu$, $QP = v$, $QT = V$ ist. Das ist auf zwei Arten möglich; wir wählen diejenige, bei der die Punkte S und Q durch die Gerade TP getrennt sind. Irgend einem Punkte P_i der Geraden TP entspricht ein $\rho_i = TP_i = \lambda\rho$ und ein $\nu_i = TP_i = \lambda\nu$ für einen gewissen Wert von λ . Der Punkt entspricht also einem den Bedingungen des Problems genügenden Kometen, wenn $SP_i \cdot QP_i^2$ denselben Wert hat wie $SP \cdot QP^2$. Nehmen wir also S und Q als Pole von biradialen

Koordinaten und konstruieren die Kurven $SP \cdot QP^2 = \text{konst.}$, so ist die Frage, in wieviel Punkten eine Gerade TP die durch P gehende Kurve schneidet. Diese Kurven $rv^2 = \text{konst.}$ gehören zu den allgemeinen Lemniskaten $r^m v^n = \text{konst.}$ ($m > 0, n > 0$) und haben wie diese verschiedene Gestalt je nach der Größe des konstanten Wertes von rv^2 . Bei kleinen Werten besteht die Kurve aus zwei getrennten Ovalen, die bezw. die Pole S und Q umschließen. Bei großen Werten besteht die Kurve aus einem Ovale, das die Pole umschließt. Den Übergang von den einteiligen zu den zweiteiligen Kurven bildet eine ∞ -förmige Kurve, die dem größten Werte entspricht, den $SP \cdot QP^2$ für Punkte P auf der Strecke SQ annehmen kann. Dieser größte Wert tritt ein für $SP = \frac{1}{3} SQ, QP = \frac{2}{3} SQ$, also für $SP \cdot QP^2 = \frac{4}{27} SQ^3$. Demnach ist

$$4(r + v)^3 - 27rv^2 > 0$$

die Bedingung für zweiteilige Kurven. Schreibt man sie in der Form

$$4(r + v)^3 - 27 \cdot 2k^2 > 0$$

und hebt die Annahme $v = \rho$ auf, indem man Zeiten mit v/ρ , also die Geschwindigkeit v mit ρ/v und k^2 mit ρ^2/v^2 multipliziert, so erhält man

$$[4(rv + v\rho)^3 - 27 \cdot 2k^2 v \rho^2] v > 0,$$

was mit der Bedingung (10) übereinstimmt, da, wenn $\cos vV = +1$ und $\cos \rho R = -1$ ist, $V + v = v$ und $R - \rho = r$ gesetzt werden kann. Das Kriterium für bikubische Gleichungen mit 4 reellen Wurzeln bedeutet also, daß bei zweiteiligen Kurven sicher 4 Schnitte mit TP vorhanden sind, wenn TP auf SQ fällt. Dies ist augenscheinlich, aber man sieht auch, daß bei zweiteiligen Kurven noch andere Grade TP mit 4 Schnitten möglich sind. Andererseits sind auch bei einteiligen Kurven 4 Schnitte mit einer Graden möglich, wenn nämlich die Kurve ein der ∞ -förmigen Kurve nahes eingeschnürtes Oval mit 4 Wendepunkten ist.

Die von Herrn Wilkens (Bayr. Akad. d. Wiss. 1928, S. 140) als „die strengen und notwendigen Bedingungen für die Multi-

plizität der Lösungen der parabolischen Kometenbahnbestimmung aus 5 Beobachtungsdaten“ angegebenen Bedingungen sind also sicher nicht notwendig. Seine Annahme, daß der erste und dritte Kometenort mit dem zweiten auf einem Großkreise liegen soll, bedeutet bei hinreichend kleinen Zwischenzeiten, daß die scheinbare Krümmung der Kometenbahn verschwinden, also $r = R$ sein soll. Außerdem sollen SPT in Linie sein. Von seiner Ungleichung

$$e^{-1/4} \frac{d^2}{c} < \frac{16k^4c^2}{c'd^2 - 2cdd' + 4c^2e'}$$

sagt Herr Wilkens „Da dieser Ausdruck keine einfache und übersichtliche Funktion der Längen und Breiten des Kometen, der Sonnenlängen und Zeiten ist, erscheint eine explizite Darstellung des Ausdruckes in Abhängigkeit von den genannten Größen als nicht lohnend.“

Da die Wilkens'sche Ungleichung bei hinreichend kleinen Zwischenzeiten eine Eigenschaft der bikubischen Gleichung (7) ausdrücken muß, können im Grunde nur deren Koeffizienten darin vorkommen. Die Größen c, d, e, c', d', e' , definiert durch

$$r^2 = cx^2 + dx + e, \quad v^2 = c'x^2 + d'x + e'$$

können bzw. durch $\rho^2, 2\rho R \cos \rho R, R^2, \upsilon^2, 2\upsilon V \cos \upsilon V, V^2$ ersetzt werden, da der Charakter der bikubischen Gleichung unabhängig davon ist, ob man λ oder x als Unbekannte einführt. Macht man diese Substitution in die Wilkens'sche Ungleichung, so wird dieselbe trivial, da die linke Seite wegen $\sin \rho R = 0$ verschwindet und die rechte positiv ist.

Für die Anwendung unseres geometrischen Bildes wird es zweckmäßig sein, die Kurvenschar $rv^2 = \text{konst.}$ in passendem Maßstab und genügender Dichte ein für alle Mal zu konstruieren. Für einen beobachteten und annähernd berechneten Kometen konstruiere man das Viereck STPQ und lege es so und in solcher Größe auf die Kurvenschar, daß S und Q auf die Pole zu liegen kommen. Dann liegt T wegen $RV^2 < rv^2$ innerhalb

der durch P gehenden Kurve und die Schnitte der Graden TP mit dieser Kurve geben Näherungen für die anderen Lösungen. Wenn die erste Lösung bereits genau ist, so ergeben sich daraus die evtl. möglichen anderen ohne weitere Rechnung. Die Zeichnung liefert zunächst nur die Vierecke $STQP_i$, also r_i, ρ_i, v_i, u_i , ferner $\lambda_i = TP_i : TP$, dann $x_i, y_i, z_i, \dot{x}_i, \dot{y}_i, \dot{z}_i$ aus $x_i - X = \lambda_i(x - X)$, $y_i - Y = \lambda_i(y - Y)$, $z_i - Z = \lambda_i(z - Z)$, $\dot{x}_i - \dot{X} = \lambda_i(\dot{x} - \dot{X})$, $\dot{y}_i - \dot{Y} = \lambda_i(\dot{y} - \dot{Y})$, $\dot{z}_i - \dot{Z} = \lambda_i(\dot{z} - \dot{Z})$, also durch Rechnungen einfachster Art.

Da T im Kurveninneren liegt, so liegen auf TP einerseits von T 1, andererseits 1 oder 3 Schnittpunkte mit der Kurve. Die ungefähre Richtung, in der der Komet zur Zeit der Beobachtung stand, entscheidet darüber, welcher bzw. welche Schnittpunkte für Lösungen in Betracht kommen.

Die deutsche Hochseefischerei.

Grundzüge ihrer Entwicklung, ihre hauptsächlichsten Gegenwartsprobleme.

Von Hans Wriedt, Bremen.

Wenn nach älterer Volkswirtschaftstheorie Jagd und Fischerei, einander gleichwertig, als erste Wirtschaftsstufe, also als primitivste Form menschlicher wirtschaftlicher Betätigung angesehen werden, so ist hinsichtlich der Fischerei zu sagen, daß sie im Laufe der neueren Entwicklung ihren Charakter grundlegend geändert hat. Sie hat sich im Gegensatze zur Jagd aus ihren extensivsten Formen im Rahmen des allgemeinen Aufschwungs der Technik heute zu einem Gewerbe entwickelt, das mit intensivsten Betriebsformen und großen investierten Kapitalien arbeitet, sodaß sie, wie ich noch näher ausführen werde, einen erheblichen Anteil an unserer nationalen Güterproduktion hat.

Eine Einschränkung ist indessen zu machen, nämlich, daß Binnenfischerei und Küstenfischerei bei dieser Betrachtung auszuschneiden haben. Beide Zweige sind ihrer Natur nach nur in geringem Maße entwicklungsfähig; Träger der modernen Fischereientwicklung ist unbedingt die Fischerei auf hoher See (Hochseefischerei), deren historische Entwicklung zunächst dargelegt werden soll, bevor ich in einem zweiten Teil meiner Ausführungen zur Erörterung der Gegenwartsprobleme und der augenblicklich festzustellenden Entwicklungstendenzen übergehe.

A. Historische Entwicklung.

Bei der Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung der Seefischerei fallen zwei deutlich voneinander getrennte Abschnitte auf, einmal die bis ins Ende des vorigen Jahrhunderts dauernde Segelfischerei, ferner die eigentliche Dampfhochseefischerei. Da

wegen der Primitivität der Verkehrsmittel in früheren Jahrhunderten ein irgendwie gearteter Fischtransport auf dem Landwege unmöglich war, konnte naturgemäß eine Fischerei nur an solchen Plätzen sich entwickeln, wo größere Siedlungen in unmittelbarer Nähe des Meeres bzw. der Flußmündungen vorhanden waren. Es ist deshalb kein Zufall, daß sich gerade von Hamburg aus an der Elbe die Fluß- und Küstenfischerei zu allererst in Deutschland in größerem Ausmaße entwickelt hat. Der Hauptort für diese älteste Form der Küsten- und Seefischerei war Blankenese. Bereits im Jahre 1740 fuhren von Blankenese aus 60 Fischkutter, die im Laufe der Jahre mit dem Größerwerden der Fahrzeuge allmählich von der Fischerei auf der Elbe in das Mündungs- und Küstengebiet und schließlich in die offene See vordrangen.

Die Absatzmöglichkeit der von diesen Fischern eingebrachten Fischmengen beschränkte sich naturgemäß auf Hamburg. Als daher gegen Ende des 18. Jahrhunderts sich die Blankeneser Fischerflotte vergrößerte, mußten neue an der See gelegene Absatzmärkte gesucht werden, und zwar wurden solche vorwiegend in Holland gefunden, wo damals bereits Fischauktionen in modernem Sinne stattfanden, die zum großen Teil von Blankeneser Fahrzeugen beliefert wurden.

Mit dem Beginn des 19. Jahrhunderts ist die Blankeneser Seefischerei durch die politischen Verhältnisse — insbesondere durch die Schwierigkeiten, die die Herrschaft Napoleons mit sich brachte, — eingedämmt worden. Die Nachfolgerschaft Blankeneses ging auf die Finkenwärder Fischerei über, die sich das ganze 19. Jahrhundert hindurch in stetig fortschreitender Entwicklung bewegte und außer der Versorgung Hamburgs mit Fischprodukten zeitweise auch den Londoner Markt belieferte, dann aber etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts hauptsächlich zur Belieferung Bremens, Bremerhavens und vor allen Dingen Geestemündes übergang.

Die moderne Entwicklung der Hochseefischerei seit 1884/85 erhält ihr bedeutendstes Gepräge durch den Übergang zur Schleppnetzfisherei mit Dampfern.

Es bedarf somit zuvor einer Erläuterung dessen, was man unter Schleppnetzfisherei versteht. Wie der Name sagt, handelt es sich um eine Fischereimethode, deren Gerät das von dem Dampfer über den Meeresgrund geschleppte Netz ist. Durch besondere, an beiden Seiten dieses Netzes angebrachte Bretter (die sogenannten Scheerbretter) wird es ermöglicht, daß trotz bedeutender Fahrt des Dampfers das Maul des Netzes zum Aufnehmen der hauptsächlich in geringer Höhe über dem Meeresboden schwimmenden Fische offengehalten bleibt. Es leuchtet ein, daß diese Schleppnetzfisherei im Gegensatz zu allen im offenen Wasser ausgeübten Fischereimethoden, wie z. B. der noch kurz zu besprechenden großen Heringsfisherei, nur in Meeresteilen ausgeübt werden kann, die eine gewisse Tiefe (etwa 300—400 Meter) nicht überschreiten, und deren Meeresboden nicht ausgesprochen felsig ist. Nach etwa 2—6 stündigem Schleppen des Netzes wird dieses durch die an Bord befindlichen Dampfwinden heraufgeholt und der hintere Teil des Netzes, der sogenannte Steert, an Deck gehievt, wo sein Inhalt alsdann nach vorheriger Öffnung herausfällt. Nachdem das Netz sofort wieder ausgesetzt worden ist, wird die Zwischenzeit bis zum nächsten Aufholen dazu verwandt, die Fische auszuweiden, zu reinigen, zu sortieren und in die mit Eis gefüllten Lagerräume des Schiffes zu verpacken. Die Fischladung eines modernen Dampfers beläuft sich auf etwa 2000 bis 3000 Zentner.

An diesem Grundprinzip der Schleppnetzfisherei-Methode ist seit ihrer Einführung nichts Prinzipielles geändert worden, und es scheint, als ob diese Methode auch die der Zukunft sein wird.

Kehren wir nunmehr zu der historischen Entwicklung zurück, so ist für diese seit Mitte des vorigen Jahrhunderts bezeichnend, daß im Gegensatz zur Elbe an der Weser selbst keine eigene Fischerflotte entstand. Der Geestemünder Fischmarkt wurde ausschließlich durch die Finkenwärdler Fahrzeuge und teils auch durch einzelne Kutter von den nahen Friesischen Inseln, welche eine Jahrhunderte alte Fischereitradition innehatten, versorgt.

Dieses Bild veränderte sich indessen grundlegend bei dem Übergang zur Fischerei mit Dampfern, derjenigen Betriebsform, auf deren Grundlage sich die heutige moderne Fischerei aufbaut.

Nachdem in England und Frankreich zu Anfang der 80er Jahre bereits verschiedene Versuche zur Einführung von Dampfern in den Fischereibetrieb teils mit, teils ohne Erfolg gemacht worden waren, wurde der erste Fischdampfer in Deutschland 1885 durch einen Geestemünder Reeder, und zwar entgegen der Meinung der sämtlichen damals führenden Fischereiinteressenten in Fahrt gestellt. Die Erfolge dieses ersten Fischdampfers waren so augenfällig, daß die Vergrößerung der Flotte rasche Fortschritte machte; im Jahre 1900 war die Dampferzahl bereits auf 127 gestiegen. Heute beträgt sie 354, wovon 117 — also etwa $\frac{1}{3}$ der Gesamt-Hochseefischerei — auf die „Nordsee“, Deutsche Hochseefischerei - A.-G., Bremen-Cuxhaven, entfällt, während der Rest sich auf ca. 30 kleinere Gesellschaften verteilt.

An dieser Stelle ist des ferneren auszuführen, daß die deutsche Seefischerei z. Zt. außerdem noch 136 Logger umfaßt, die der schon erwähnten großen Heringsfischerei obliegen, und 127 Hochseemotorkutter, die mit ihrem Spezialfang von Edelfischen der Küstenfischerei zuzurechnen sind. In der Küstenfischerei sind, um dieses ebenfalls mit anzuführen, darüber hinaus 2000 Fischer in der Nordsee und 10000 Fischer in der Ostsee tätig, von denen die letzteren zum überwiegenden Teile aber nur Ruderbootseigentümer sind. Die jährliche Gesamtproduktion der Hochseefischerei, mit Einschluß der Küsten- und Heringsfischerei, beläuft sich nach der Statistik für 1928 auf 271 Millionen kg. Der Dampfertyp hat sich gleichfalls in verschiedenster Beziehung vervollkommnet, wenn auch keine prinzipiellen Konstruktionsänderungen eintraten und wahrscheinlich ebenso wenig wie bei der Methode der Schleppnetzfisherei möglich sind. Auch der Motorschiffbau hat in die Fischereiflotte Eingang gefunden. Die Ausmaße der Fahrzeuge haben sich entwickelt von Schiffen mit 25 m Länge und 140 PS Maschinen-

leistung bis zu den neuen Typen, die bei 53 m Länge eine Maschinenleistung von etwa 800 PS aufweisen, womit sie eine Fahrtgeschwindigkeit von ca. 12 Seemeilen pro Stunde erzielen gegen etwa 7—8 Seemeilen bei den älteren Typen.¹⁾

Dieser Übergang zum Bau immer größerer Fischdampfer hat den speziellen Grund, daß die seit Jahrzehnten und teils Jahrhunderten befischten nahen Fangplätze, darunter die ganze, insbesondere aber die südliche Nordsee, durch die dauernde Befischung eine Verringerung ihres Fischbestandes aufweisen, und infolgedessen mit fortschreitender Entwicklung immer entfernter gelegene Fangplätze aufgesucht werden müssen, was wiederum für die einzelnen Fischereifahrzeuge eine notwendige Vergrößerung ihres Aktionsradius bedeutet.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich in aller Kürze auf das Betätigungsgebiet der deutschen Hochseefischerei überhaupt eingehen.

Es ist eine hydrographische Tatsache, daß diejenigen Meeresteile die fischreichsten sind, in denen sich kalte und warme Meeresströme mischen, das sind also im Atlantischen Ozean überall diejenigen Golfstromgebiete, die mit nördlichen Meeresströmungen in irgendeiner Berührung stehen. So erklärt es sich, daß die Neufundlandbänke, die Gewässer um Island, Faeroer, die Meeresteile um Nordnorwegen und die Barentsee, die alle ausgesprochene Mischwassergebiete sind, die Hauptfischereigründe der nordeuropäischen Fischerei darstellen.

Auch die Ausbreitung der deutschen Hochseefischerei ist bereits frühzeitig über die Faeroer nach Island, alsdann nach dem Weißen Meer bzw. der Barentsee erfolgt, während ein Übergang nach Neufundland, wo seit längerer Zeit von Frankreich aus bereits intensiv Fischerei betrieben wird, auch für die deutsche Fischerflotte vielleicht noch bevorsteht.

1) Je größer die Geschwindigkeit, desto größer ist die in gleicher Zeit abzufischende Schlepstrecke, desto größer auch infolge der stärkeren Winde (Dampfnetzwinde) die Tiefe, bis zu welcher gefischt werden kann.

In diesem Zusammenhange darf nicht unerwähnt bleiben, daß die „Nordsee“ im Laufe der Jahrzehnte außerhalb des Rahmens der deutschen Hochseefischerei ausgedehnte Fischereiversuche in dem Schwarzen Meer (Störfang) sowie in fast allen Teilen des Mittelmeeres unternommen hat. Außerdem ist von der „Nordsee“ als einziger deutscher Fischereigesellschaft an der atlantischen Küste Marokkos bis in die letzten Jahre hinein mit Erfolg gefischt worden, bis durch französische Regierungsmaßnahmen der Ausbreitung nach dieser Seite hin ein Ziel gesetzt wurde.

Wenn es zunächst eigenartig erscheint, daß gerade an der marokkanischen Küste — also in ausgesprochen subtropischem Gebiet — Massen von Fischen sich darbieten, so ist dies dadurch zu erklären, daß an diesen Küstenteilen kalte atlantische Unterströmungen an die Oberfläche steigen, und somit auch hier wiederum die vorher erwähnten Mischwassergebiete entstehen, die Vorbedingung für das Massen-Vorkommen des Seefisches sind.

Aus dem, was ich über die Technik der Schleppnetzfisherei sagte, ging hervor, daß nicht alle Meeresteile, die Fischreichtum in sich bergen, nun auch ohne weiteres befischbar sind. Die zu tiefen Meeresgebiete sind somit natürliche Schonreviere für den Fischbestand. Dasselbe gilt von denjenigen Meeresteilen, die infolge ihres felsigen Grundes Schleppnetzfisherei unmöglich machen. Durch die Abnahme des Fischbestandes in der Nordsee ist das außerordentlich schwerwiegende Problem aufgetaucht, ob nicht das Anwachsen der Hochseefischerei fortschreitend eine Reduzierung der Fischbestände der Meere bedingt. Hierzu muß gesagt werden, daß das, was für die Nordsee unbedingt richtig ist, nicht für die übrigen Fanggründe, insbesondere nicht für die isländischen Meere gilt. Wegen ihrer stark wechselnden Tiefe sind, wie ich eben angedeutet habe, hier die Schleppnetzfishereigründe wenigstens im Verhältnis zu den nicht befischbaren Meeresteilen nur klein. Im Gegensatz dazu steht die Nordsee, die fast als Ganzes ihrer geringen Tiefe wegen

Fischereigrund ist, sodaß in ihr die Fischbestände nicht genügend geschont werden, wie das bei Island der Fall ist. Es ist daher meine Überzeugung, daß die natürliche Grundlage der Hochseefischerei, der Fischbestand des Meeres, wenn man das Problem als Ganzes betrachtet, auch für die weitere Zukunft durch das zu starke Abfischen nicht erschüttert werden kann. Hinzu kommt, daß in den letzten Jahren in den nördlichen Meeren, beispielsweise an der Nordwestecke Islands und bei Grönland sowie in der Barentsee noch weit westlich des Kaps Kanin, bisher unbekannte Fischgründe entdeckt wurden, und daß mit dem Auffinden weiterer Fischgründe in wenig bekannten Meeresteilen zu rechnen ist.

Die Abrundung unserer historischen Betrachtung zwingt dazu, uns auch mit der Entstehung des modernen Handels und der Fischmärkte, sowie mit den Unternehmungsformen der Hochseefischerei zu befassen.

Die Ausbreitung der deutschen Hochseefischerei-Tätigkeit nach allen erreichbaren Fischgründen des Atlantischen Ozeans und des europäischen Nordmeeres, sowie das stetige Anwachsen der Fischdampferflotten in den letzten Jahrzehnten ist nur möglich gewesen durch eine gleichzeitige Umwälzung oder eigentlich einen Neuaufbau des Fischhandels von Grund auf. Die frühere Hochseefischerei konnte sich, wie ich schon angedeutet habe, abgesehen von ihrer technischen Leistungsbeschränktheit, hauptsächlich deshalb nicht zu einer Massenfischerei entwickeln, weil die nötigen Absatzgebiete fehlten.

Alle alten Fischmärkte (wie Amsterdam, Hamburg, London) sind ausgesprochene Lokalmärkte; der Absatz ihrer Fischmengen war beschränkt auf die Stadt und deren nächste Umgebung. Erst der Eisenbahnverkehr hat darin Wandel geschaffen, da hierdurch die Möglichkeit der Einbeziehung des Binnenlandes in das Seefischkonsumgebiet geschaffen wurde.

Dieser Fischhandel im modernen Sinne, der Fischtransithandel, hat seine erste Entwicklung von Geestemünde aus genommen. Von den Löschplätzen an der Geeste sind die

ersten umfangreichen Fischladungen der neu entstehenden Fischdampferflotte ins deutsche Binnenland gesandt worden, und es ist als eine Großtat der Preußischen Regierung anzusehen, daß sie bereits 1895/96 in richtiger Erkenntnis dieses aufkeimenden Wirtschaftszweiges einen Spezialfischereihafen gründete, der der Stadt Geestemünde als Seefischplatz allen anderen deutschen Fischereiplätzen gegenüber einen Vorrang einräumte, den es auch jetzt noch besitzt. Geht doch heute noch nicht viel weniger als die Hälfte der gesamten deutschen Seefischanfuhr über den Markt in Geestemünde.

Nach Art des in Geestemünde organisierten Fischumschlages reorganisierten sich im Laufe der Entwicklung alsdann auch die Märkte Hamburg und Altona, in geringerem Stile auch verschiedene andere Küstenplätze. Einen neuen Impuls bekam aber die Seefischwirtschaft erst mit dem Jahre 1908, wo in dem für Hochseefischereizwecke geographisch hervorragend gelegenen Cuxhaven mit Hamburger Kapitalien und unter Mitwirkung erster Wirtschaftsführer, wie Ballin und Warburg, ein in jeder Richtung moderner Fischereihafen gegründet wurde, der innerhalb weniger Jahre eine sprunghafte Entwicklung durchgemacht hat.

Um die heutige Bedeutung der einzelnen deutschen Fischmärkte in ihrem Verhältnis zueinander klar zu legen, seien in Kürze die Auktionsumsätze des Jahres 1928 mitgeteilt; sie belaufen sich für Wesermünde auf 25,2 Millionen Reichsmark

„ Cuxhaven	„ 11,2	„	„
„ Altona	„ 10,6	„	„
„ Hamburg	„ 5,7	„	„
„ Bremerhaven	„ 2,1	„	„
„ Emden	„ 1,3	„	„

Ein bedeutungsvolles Sonderkapitel innerhalb der Entwicklung der deutschen Seefischmärkte bildet der an der Weser auf oldenburgischer Seite gegenüber Geestemünde befindliche Fischereihafen Nordenham. Sein Aufblühen ist wiederum nur verständlich im Zusammenhange mit der Entstehung der ersten deutschen Hochseefischerei-Aktiengesellschaft, die im

Jahre 1896, also gleichzeitig mit Inbetriebnahme des Fischereihafens Geestemünde, gegründet wurde. Der Bremer Reeder Adolf Vinnen hatte ebenso klar wie die Preußische Regierung erkannt, daß die Zukunftsentwicklung des Fischereiwesens in erster Linie auf einer Organisierung des Fischumschlages nach dem Binnenlande basieren würde. Deshalb wurde die „Nordsee“ nicht als reine Fischdampfer-Reederei gegründet, sondern von vornherein gleichzeitig als Fischhandelsunternehmen, das den mit eigenen Dampfern gefangenen Seefisch über ihren eigenen Fischereihafen Nordenham in die über ganz Deutschland verteilten, ihr gehörigen Verkaufsläden brachte.

Dieser grandiose Plan ist trotz häufiger Rückschläge und trotz zähen Kampfes um jedes weitere Absatzgebiet in vollem Ausmaße in die Praxis überführt worden. Bereits vor dem Jahre 1900 war die Absatzorganisation bis nach München vorgedrungen.

Vinnen ist unstreitig der Erste gewesen, der die Wichtigkeit eines organisierten Fischkleinhandels erkannt hat, und es ist festzustellen, daß überall dort, wo sich einer dieser den Anforderungen der Hygiene entsprechenden „Nordsee“-Fischläden befand, der Seefischkonsum der Bevölkerung eine ganz andere Höhe erreichte als anderswo. Die Schwierigkeiten, mit denen man zu kämpfen hatte, lagen hauptsächlich darin, daß der Seefisch als Volksnahrung im Binnenlande eben ein vollständiges Novum darstellte, das noch dazu belastet war mit einer Unzahl unbegründeter Vorurteile, die in manchen Gegenden sogar heute noch nicht ganz verschwunden sind.

Diese Pionierarbeit der „Nordsee“ für den Fischabsatz im Binnenlande hat sich ferner, privatwirtschaftlich gesehen, für die „Nordsee“ so ausgewirkt, daß sie Zeiten der Depression in einzelnen Zweigen der Fischwirtschaft leichter überwinden konnte. In Zeiten des Darniederliegens der Hochseefischerei auf Grund eines geringen Großhandelspreises (der wiederum ständig beeinflußt ist durch die Fleischpreise und die Preise anderer Lebensmittel) wurde die Rentabilität der Gesellschaft gewahrt durch entsprechende Mehrverdienste der Absatzorganisation oder der

Industrieabteilungen, während bei zu hohem Preisniveau die Dampfergewinne etwaige Verluste des Kleinhandels der „Nordsee“ aufwiegen konnten.

Zusammenfassend möchte ich noch einmal hervorheben, daß die „Nordsee“ innerhalb der großen deutschen Fischwirtschaft ein in sich geschlossener Fischwirtschaftskomplex ist, der in jeder Hinsicht, auch in allen Hilfsbetrieben, genau so ausgebaut ist, wie die Fischwirtschaft im allgemeinen, mit anderen Worten, daß es keine Zweigbranche der Fischwirtschaft gibt, die nicht in Gestalt einer Sonderabteilung innerhalb der „Nordsee“-Organisation gleichfalls zur Durchführung gekommen wäre.

Der privatwirtschaftliche Vorteil, welcher für die „Nordsee“ in dem eben geschilderten Ausgleich zwischen Produktion (Reederei) einerseits und Industrie sowie Absatz (Filialnetz) andererseits liegt, hat sich, um ein praktisches Beispiel anzuführen, in den letzten Jahren, d. h. seit 1924, in hervorragender Weise erwiesen. War in den ersten Jahren das Preisniveau für den Reeder denkbar ungünstig und die Aufnahmefähigkeit des Binnenlandes gegenüber dem Angebot zu gering, so legte die „Nordsee“ ihr Hauptaugenmerk auf den Ausbau ihres Verkaufsfilialnetzes (Steigerung der Läden 1924—1928 von 60 auf 157). In Verbindung hiermit stand eine systematisch aufgebaute Propaganda zur Hebung des Fischkonsums, die schließlich in eine in Verbindung mit dem Reichsernährungs-Ministerium gegründete und dem ganzen Gewerbe zugute kommende Reichspropagandastelle ausmündete. Als nunmehr, nicht zuletzt infolge dieses systematisch richtigen Vorgehens, die wirtschaftlichen Verhältnisse sich für die Fischreedereien besserten, hat die „Nordsee“ durch Fusionen mit reinen Fischdampfer-Reedereien (Cuxhavener Hochseefischerei und Hochseefischerei Bremerhaven) ihre Produktionsbasis erweitert und so das von Anfang an geplante Gleichgewicht zwischen Produktion und Absatz innerhalb ihres Konzerns wieder hergestellt.

Die Gründung der „Nordsee“ war 1896 auch insofern bedeutungsvoll für die Hochseefischerei, als damit zum ersten

Male eine Fischdampfer-Reederei auf kapitalistischer Grundlage, nämlich in Form einer Aktiengesellschaft, erstand. Fast alle bisherigen Reedereien hatten nämlich die Rechtsform der Parten-Reederei gehabt, die ein außerordentlich unübersichtliches, nach mittelalterlichen Schifffahrtsgrundsätzen aufgebautes Gebilde darstellt. Die Einheit der Reederei ist dabei in keiner Weise gewahrt, sondern jedes Schiff stellt insofern ein gesondertes Unternehmen für sich dar, als das Schiffskapital in einzelne, manchmal 100, manchmal auch mehrere hundert Schiffsparten aufgeteilt ist, von denen jede für ihren Besitzer die Mitreeder-Eigenschaft mit sich bringt.

Die Gesellschaftsform der Parten-Reederei ist in ihrer wirtschaftlichen Auswirkung als denkbar ungünstig anzusehen; ihr Hauptnachteil ist nämlich der, daß sie anders als die Aktiengesellschaft der Neubildung von Kapital hemmend entgegensteht. Die Gesamtheit der zu einem Schiff gehörenden Partner beschränkt sich im Regelfall darauf, die jährlichen Gewinne aus der Reederei herauszuziehen; diese ist also nicht imstande, ein konsequentes Neubauprogramm zur Durchführung zu bringen, da der Jahresgewinn eines Partenschiffes keinesfalls für Neubauten ausreicht und, wie gesagt, eine Gesamtreederei-Politik bezüglich aller Reedereischiffe erheblichen Schwierigkeiten begegnet.

B. Moderne Probleme.

Wenn wir uns nunmehr den Gegenwartsproblemen zuwenden, so handelt es sich im wesentlichen um die Beantwortung der Frage, wo Reformen und Besserungen einzusetzen haben, um die gesunde Weiterentwicklung des Gewerbes zu gewährleisten. — Ist bisher schon die moderne Hochseefischerei über den primitiven Stand einer extensiven Wirtschaftsform hinausgelangt, so ist festzustellen, daß ihrer Gesamtorganisation noch erhebliche Rationalisierungsmöglichkeiten innewohnen, die erst zu einem Teil durchgeführt sind. Die geringsten Möglichkeiten auf diesem Wege scheinen mir für die sogenannte große Heringsfischerei vorzuliegen, deren Entwicklung ich bisher nicht erörterte, da

sie als Spezialbetrieb in sich geschlossen neben der Entwicklung aller übrigen Fischereizweige selbständig herläuft. Die große Heringsfischerei bedient sich der Logger als Fahrzeuge. Die Fangmethode hat sich seit Jahrhunderten kaum wesentlich verändert. Sie benützt als Fanggerät im Gegensatz zum Schleppnetz, das ein aktives Gerät ist, indem es die Fische aufsucht, das Treibnetz, das im Wasser liegt und als passives Gerät aufzufassen ist, da es sozusagen auf die zufällig hereinlaufenden Schwärme wartet. Das Treibnetz hat man sich vorzustellen als eine in gewisser Höhe unter der Oberfläche schwimmende, sich auf mehrere Kilometer erstreckende Netzwand. Auf diese stoßen die Heringsschwärme, wobei sie sich in den Maschen verfangen. Ein solches Netz repräsentiert einen Kapitalwert von über 10 000 Reichsmark; seine ungeheure Ausdehnung birgt bei ausbrechendem Unwetter die Gefahr des Verlustes in sich; da ein solcher mit ziemlicher Regelmäßigkeit alljährlich immer wieder eintritt, wird durch ihn die Rentabilität ganzer Fangperioden in Frage gestellt. Hinzu kommt, daß die Loggerflotte während eines großen Teiles des Jahres nicht auf Fang ausfahren kann, da der Hering nur während der Saison, d. h. von Mai bis Oktober/November, gefangen werden kann, sodaß während der übrigen Monate das investierte Kapital brach liegt. Weiter kommt hinzu, daß die Fangplätze, jedenfalls soweit es sich um deutsche Heringsfischerei-Gesellschaften handelt, der englischen Konkurrenz gegenüber verhältnismäßig ungünstig gelegen sind. Noch mehr verschlechtert hat sich die Lage der Heringsfischereigesellschaften dadurch, daß, wie schon gesagt, seit einigen Jahren alle Dampferreedereien auch mit Schleppnetzen auf Heringsfang ausgehen. Das Produkt der großen Heringsfischerei, der auf See in Tonnen eingesalzene Hering (während die Schleppnetz- oder Trawl-Heringsfischerei frische Heringe anbringt), hat ferner noch unter ungünstiger Preisbildung zu leiden wegen der Notwendigkeit der Konkurrenz gegen die geographisch günstiger gelegene englische Heringsfischerei. Aus all' diesen Gründen ist man trotz der eminenten volkswirtschaftlichen Bedeutung,

welche die große Heringsfischerei zweifellos hat (nur $\frac{1}{10}$ des deutschen Salzheringskonsums wird durch eigene Herings-Fischereien produziert, $\frac{9}{10}$ werden noch immer vom Ausland eingeführt), nunmehr auch regierungsseitig zu der Überzeugung gekommen, daß eine weitere Subventionierung von Reichs wegen nicht mehr zu verantworten ist.

Mit der Ausdehnung der Hochseefischerei auf entfernter gelegene Fanggründe ist das Problem des Frischhaltens der gefangenen Ware noch weit dringlicher in den Vordergrund gerückt als früher. Abgesehen von dauernden Bestrebungen, die auf schnelleren Eisenbahntransport der Fischladungen, insbesondere der Waggonladungen nach Süddeutschland und Österreich, und die Verbesserung der Transportmittel in Gestalt von neuzeitlichen Fischkühlwagen abzielen, konzentriert sich die Aufmerksamkeit zur Frischhaltung der verschiedenen Fischarten an den Fischplätzen (Löschhäfen) und innerhalb der Reedereien auf stetige Verbesserung der Laderäume der Fischdampfer sowie der angewandten Staumethoden. Darüber hinaus ist man aber darangegangen, das Problem an der Wurzel zu fassen, und zwar wurde man dazu in die Lage versetzt durch praktische Anwendung eines neuen Spezial-Fisch-Gefrierverfahrens (Ottesen-Patent), das durch Eintauchen der Fische in eine unterkühlte Sole ein plötzliches Erstarren des Fisches im Gefrierzustande ermöglicht.

Eine Teillösung des Fischgefrier-Problems hat stattgefunden durch Errichtung von Gefrieranlagen nebst Lagerräumen in Wesermünde und Cuxhaven; das Ideal jedoch, das nach meiner Ansicht unter allen Umständen anzustreben ist, würde ein Fangschiff sein, das in einer eigenen Gefrieranlage den Fisch durch Gefrieren konserviert, sobald er auf See gefangen ist. Bei der eminenten Wichtigkeit der Durchführung derartiger Versuche hat neuerdings das Reich sich entschlossen, die Mittel zum Erbauen und Ausprobieren eines solchen Kühlschiffes zur Verfügung zu stellen und dieses der „Nordsee“ zur Bereederung zu übergeben. In diesem Zusammenhange darf ich mitteilen, daß das Reichs-

Kühlschiff bereits im Dezember 1929 von der „Nordsee“ in Betrieb genommen werden wird.

Dringend reformbedürftig ist gleichfalls die Frage der Preisgestaltung, insbesondere unter dem Gesichtspunkte der Beseitigung der Preisschwankungen, die bisher immer wieder eine ruhige Entwicklung des Fischgroßhandels wie auch des Kleinhandels gefährden. Die gesamte deutsche Seefischproduktion geht auf dem Wege über die täglich an den Seefischmärkten morgens 7 Uhr beginnenden Auktionen in den Besitz des Fischgroßhandels über, der alsdann die Verteilung an den Fischkleinhandel im Binnenlande übernimmt. Infolgedessen kommen die gerade im Fischereigewerbe wegen der vielen unberechenbaren Faktoren (warme und kalte Witterung im Binnenland, Sturmperioden auf See) stark in Erscheinung tretenden Verhältnisse von Angebot und Nachfrage zur krasssten Auswirkung durch Preisschwankungen, deren Ausmaße auf anderen Lebensmittelmärkten nicht entfernt erreicht werden. Ein wichtiger Faktor hierbei ist die von Zufälligkeiten abhängende verschiedene Belieferung der einzelnen Fischereihäfen. Hier muß unter allen Umständen eine Reform einsetzen auf dem Wege einer Zusammenfassung des Angebots und der Nachfrage an möglichst wenigen Marktplätzen.

Nimmt man den Wert des gesamten deutschen Fischkonsums mit 200 Millionen Reichsmark an, so erhellt aus dieser Tatsache die rein zahlenmäßige Bedeutung des Seefisches für die deutsche Volksernährung. In ganz anderem Lichte aber erscheint diese volkswirtschaftliche Bedeutung unter dem Gesichtspunkt, daß Hochseefischfang Zuwachs am Volksvermögen schafft, da durch ihn ohne Kompensation der nationale Vorrat an wirtschaftlichen Gütern vermehrt wird. Jede Reichsmark von Deutschland gefangenen Seefisches steigert das in der deutschen Volkswirtschaft arbeitende Kapital. Aus diesen Gründen liegt es im öffentlichen Interesse und im Interesse jedes einzelnen Staatsbürgers, den Fischkonsum bei gleichzeitiger Steigerung der Produktion zu heben. Die Produktionsfähigkeit und -möglichkeit

läßt sich, wie ich aufzuzeigen versuchte, vorläufig unbegrenzt steigern, und damit ist die Möglichkeit gegeben, das deutsche Volksvermögen noch um erheblich größere Beträge, die sich nach hunderten von Millionen beziffern, zu mehren. Fraglich ist nur, ob es gelingen wird, die Aufnahmefähigkeit für diese Erzeugung ausreichend zu erhöhen. Dies bedingt, daß jeder einzelne Haushalt mehr als bisher zum Seefischkonsum übergeht. Heute werden in Deutschland pro Kopf der Bevölkerung 8,8 kg Seefische pro Jahr verzehrt, in England pro Kopf 25 kg. Diese beiden Zahlen sprechen Bände. Hinzuzufügen wäre nur noch die Tatsache, daß in Deutschland auf der anderen Seite pro Kopf der Bevölkerung etwa 50 kg Fleisch jährlich verzehrt werden.

Die Frage der Hebung des Fischabsatzes ist also nicht eine privatwirtschaftliche, sondern überwiegend eine Aufgabe, welche den Lebensnerv der deutschen Nationalwirtschaft berührt.

Zur Frage der Wasserbilanz von Hochmooren.

Untersuchungen über das ökologische Sättigungsdefizit.

Von Erich Leick.

Mit Recht bemerkt H. Potonié (1909, S. 328): „Bei der Abhängigkeit der Hochmoore vom atmosphärischen Wasser nimmt es kein Wunder, daß sie sich unterscheiden, je nachdem mehr oder minder davon zur Verfügung steht.“ Man könnte nun meinen, daß die Niederschlagshöhen ein direktes Maß für Gunst oder Ungunst der Hochmoorbildung abgeben könnten. Aber schon ein oberflächlicher Vergleich verschiedener Hochmoorstandorte erweist die Haltlosigkeit einer solchen Annahme. In der Umgebung von Greifswald haben wir bei einer Niederschlagshöhe von 588 mm Hochmoore in Form des Calluneto-Sphagnetums (H. Rabbow, 1925; E. Leick u. a., 1927), während auf gleicher Breitenlage im mittleren England entsprechende Assoziationen erst oberhalb 910 mm Jahresniederschlag gefunden werden. Ebenso stehen den reinen Sphagneteten des Memeldeltas, denen jährlich 695 mm Niederschlag zukommen, die gleichen Bildungen in der Grafschaft York mit einer jährlichen Regenspendung von mindestens 1400 mm gegenüber (J. Hann, 1911). Diese bekannten Tatsachen lassen erkennen, daß die seinerzeit von H. Potonié (1909) vorgeschlagene Einteilung der Hochmoorformationen in „Landklimahochmoore“ und „Seeklimahochmoore“ nicht gerechtfertigt ist, da ja für das Zustandekommen beider Hochmoortypen keineswegs See- und Landklima schlechtweg verantwortlich zu machen sind. H. Rabbow, der 1922—1924 auf meine Veranlassung eine genaue Untersuchung des Kieshofer Moores bei Greifswald vornahm, war bestrebt, die klimatischen Bedingungen der Hochmoorbildung näher zu präzisieren. Er setzte die jährlichen bzw. monatlichen Niederschlagsmengen zu den entsprechenden Werten des Sättigungsdefizites in Beziehung

und schuf so den Begriff des „Wasserbilanzquotienten“, der, als $\frac{\text{Niederschlagshöhe in cm}}{\text{Sättigungsdefizit in mm}} = \frac{N}{Sd}$ zu definieren ist. Natürlich vermittelt auch er noch kein zuverlässiges Bild der tatsächlichen Wasserbilanz, aber er läßt doch Gunst und Ungunst wenigstens in groben Umrissen erkennen. Um das zu zeigen, setze ich hier einige Kurven her, die von mir nach den Rabbowschen Zahlenwerten konstruiert wurden.

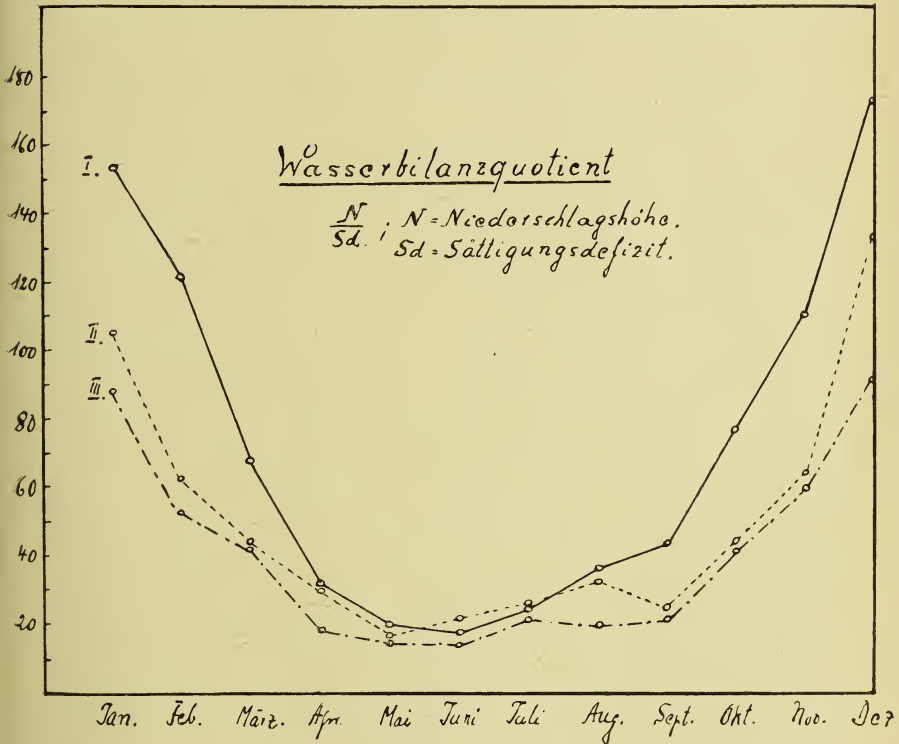


Fig. 1

- I. Sphagnetum (Sphagnummoor = Seeklimahochmoor) im Memeldelta.
- II. Calluneto-Sphagnetum (Heidemoor = Landklimahochmoor) bei Greifswald; nur in geschützter Lage existenzfähig.
- III. Hochmoorfreie Umgebung Stettins.

Man sieht aus den Kurven deutlich, daß die Sommermonate infolge ihres verhältnismäßig hohen Sättigungsdefizites und ihres wenig oder garnicht gesteigerten Niederschlages die kritische Zeit für die Hochmoore darstellen. Je weniger tief die Kurve sinkt, je weniger lange ihr Tiefstand andauert, und je steiler Ab- und Aufstieg der Kurve sind, um so günstiger gestaltet sich die Wasserbilanz des betreffenden Moores, und um so mehr nähert es sich dem reinen Typ des Sphagnummoores. Im umgekehrten Falle treten Hochmoorbildungen mehr und mehr zurück bzw. bevorzugen Örtlichkeiten, die Windschutz gewähren, und zeigen in steigendem Maße den bekannten Heidemoortyp. Die von C. A. Weber (1902, 1908) immer wieder betonte Tatsache, daß durch Wasserentzug zum langsamen Absterben gebrachte Hochmoore den Charakter von Heidemooren annehmen, darf auf keinen Fall so verstanden werden, als ob dieser Typ unter bestimmten klimatischen Bedingungen nicht auch von selber in die Erscheinung treten könnte. Sinkt schließlich die Wasserbilanzquotienten-Kurve unter eine bestimmte Tiefenlage, so pflegt dem betreffenden Gebiete jegliche Art von Hochmoorbildung zu fehlen.

Natürlich ist das „Feuchtigkeitsklima“ nicht einzig und allein durch den Wasserbilanzquotienten bestimmt, sondern es kommen noch zahlreiche Faktoren nachgeordneter Bedeutung hinzu, unter denen vor allem die Windwirkung, der Hellmannsche Schwankungsquotient (G. Hellmann, 1909) und die Regenhäufigkeit zu nennen sind. Während von dem Windfaktor weiter unten noch eingehend gesprochen werden wird, sei hier hervorgehoben, daß der Hellmannsche Schwankungsquotient durch Division des maximalen durch den minimalen Jahresniederschlag zustande kommt. Die Regenhäufigkeit findet ihren Ausdruck in der durchschnittlichen Zahl der jährlichen bzw. monatlichen Regentage mit mindestens 1 mm Niederschlagshöhe. Eine einfache Überlegung sagt uns, daß der Schwankungs-

quotient von allergrößter Wichtigkeit für die Existenz der Hochmoore ist und vielfach geradezu grenzsetzend wirkt. Mag ein Gebiet eine für den Jahresdurchschnitt sehr günstige Wasserbilanz aufweisen, so wird trotzdem bei hohem Betrage des Schwankungsquotienten oft keine Hochmoorbildung mehr möglich sein; denn die günstigen Jahre werden ja von solchen unterbrochen, die nur einen Bruchteil der üblichen Regenmenge bringen und dadurch die Moorvegetation in einer nicht wieder gut zu machenden Weise schädigen. Es ist eine überraschende Tatsache, daß die ökologische Geobotanik den für das Verständnis mancher Vegetationstypen ganz unentbehrlichen Schwankungsquotienten bisher so gut wie ganz übersehen hat. Der Faktor „Regenhäufigkeit“ pflegt mit der Schwankung der Regenpendung gekoppelt zu sein, und zwar in dem Sinne, daß die Verminderung der Regenmenge meist auf eine ungewöhnliche Verlängerung der Regenspauzen zurückzuführen ist.

Ziehen wir die genannten Faktoren für die vergleichsweise einander gegenübergestellten Örtlichkeiten (Memel, Greifswald, Stettin) mit heran, so erfährt das durch den Bilanzquotienten entworfene Bild noch eine Verschärfung in dem oben besprochenen Sinne (H. Rabbow, 1925). Alles in allem: das Feuchtigkeitsklima der Greifswalder Umgebung steht hart an der Grenze des für Hochmoore erforderlichen Minimums. Der labile Zustand der Moore solcher Gebiete ist für Wasserbilanzstudien besonders geeignet, da hier auch die sonst weniger belangreichen Außenfaktoren in ausschlaggebender Weise hervortreten können.

Werden — wie es oft geschieht — zur Charakterisierung der Wasserbilanzverhältnisse am Standorte außer der Niederschlagshöhe nur die Werte der relativen Feuchtigkeit herangezogen, so führt das leicht zu verhängnisvollen Irrtümern. Es darf eben nicht vergessen werden, daß bei gleicher relativer Feuchtigkeit je nach den obwaltenden Temperaturen ganz verschiedene Sättigungsfehlbeträge be-

stehen können, und daß diese allein der maßgeblichen Evaporationskraft (Verdampfungsgeschwindigkeit) wenigstens unter gewissen Umständen annähernd proportional verlaufen. Man muß sich also daran gewöhnen, das Sättigungsdefizit aus den Angaben der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit zu errechnen, was leicht nach der Formel

$$Sd = E_t - rF \cdot E_t$$

geschieht. Hierbei bedeutet Sd Sättigungsdefizit, E_t maximale Dampfspannung bei der Temperatur t und rF relative Feuchtigkeit. Die ausgezogene Kurve in Fig. 2 zeigt deutlich, wie trotz der gleichbleibenden relativen Feuchtigkeit (75%) der Sättigungsfehlbetrag einen schnellen Anstieg mit wachsender Temperatur erfährt.

Bei genauerer Überlegung erkennen wir aber leicht, daß die Verdunstungsgeschwindigkeit dem in der Luft gemessenen Sättigungsdefizit keineswegs proportional zu sein braucht. Die Verdunstungsgeschwindigkeit hängt ja von der Größe der maximalen Dampfspannung unmittelbar über der verdunstenden Fläche ab, d. h. also von einer Spannkraft, die kleiner, bei trockener, unbewegter Luft sogar erheblich kleiner als die der höher gelegenen Luftschicht ist; denn wenn die Verdunstungsfläche wirklich „feucht“ ist, so muß sie auch mehr oder weniger zusamt der anhaftenden Luftlamelle die Temperatur des feuchten Thermometers und damit einen höheren Grad relativer Feuchtigkeit (also eine geringere maximale Tension) zeigen, als sonst im Raume vorhanden ist. Will man also tatsächlich eine der „Evaporationskraft“ proportionale Größe gewinnen, so darf man bei der Berechnung des Sättigungsdefizites nicht die maximale Dampftension bei der Temperatur (t) des trockenen Thermometers (E_t) wählen, sondern die entsprechende Größe bei der Temperatur (t_1) des feuchten Thermometers (E_{t_1}). An die Stelle der üblichen Formel

$$Sd = E_t - e_t,$$

wo E_t die maximale Dampfspannung bei der Temperatur t und e_t die bei der gleichen Temperatur tatsächlich ermittelte Dampfspannung bedeuten, muß dann folgende treten:

$$Sd_1 = E_t - e_t.$$

Streng genommen darf Sd_1 nicht mehr als ein Sättigungsdefizit bezeichnet werden, (vergl. J. Hann und R. Süring, 1926); denn die maximale Dampfspannung ist ja nicht der gleichen Temperatur (feuchtes Thermometer!) zugeordnet wie die empirisch festgestellte (trockenes Thermometer!). Da Sd_1 für viele Fragen der ökologischen Geobotanik von weit größerer Bedeutung ist als das „richtige“ Sättigungsdefizit, möchte ich es als „ökologisches Sättigungsdefizit“ den Botanikern zur Benutzung empfehlen.¹⁾ Um zu zeigen, wie weit sich das „ökologische“ vom „richtigen“ Sättigungsdefizit zu entfernen vermag, habe ich in Fig. 2 als gestrichelte Kurve Sd_1 eingetragen.

Es muß aber gleich hervorgehoben werden, daß Sd_1 zunächst nur für unbewegte Luft Gültigkeit hat, und daß in demselben Maße, wie die Windbewegung zunimmt, die Divergenz beider Kurven sich verringert. Ist die Windwirkung hinreichend, um ununterbrochen die der verdunstenden Fläche angelagerte Luft zu entfernen, so hat nur noch die Sd -Kurve für die Evaporationskraft Gültigkeit. Aus dem Vergleiche beider Kurven ergibt sich mit großer Deutlichkeit, welchen Einfluß stark bewegte Luft auf die Wasserdampfabgabe einer feuchten Fläche — etwa eines mit Wasser durchtränkten Sphagnumrasens — ausübt. Bereits bei $+10^0$ wird ein sehr kräftiger Wind, der an sich weder trockener noch wärmer als die über dem Moore lagernde Luftschicht ist, die Evaporationskraft rund ver-

1) Die Bezeichnung „physiologisches Sättigungsdefizit“ ist bereits von den Medizinern mit Beschlag belegt, und zwar für die Differenz zwischen maximaler Dampfspannung bei Körpertemperatur und der wirklich vorhandenen Tension (C. Dorno, 1921).

doppeln und bei $+30^{\circ}$ fast auf das vierfache steigern. Auf diese Dinge werden wir weiter unten noch näher einzugehen haben.

Wir wenden uns jetzt der Frage zu, in welcher Weise das „ökologische Sättigungsdefizit“ am einfachsten ermittelt werden kann. Arbeiten wir — wie üblich — mit einem Psychrometer, so gewinnen wir unmittelbar die Temperaturen t und t_1 . Wir brauchen also nur aus einer Psychrometertabelle zu t_1 die maximale Dampfspannung und zu t den der tatsächlichen Psychrometerdifferenz zugeordneten Dampfdruck in mm zu entnehmen, um so die Differenz $E_{t_1} - e_t$ bilden zu können. Wir sind aber auch imstande, auf viel einfacherem Wege unser Ziel zu erreichen, indem wir nämlich das „ökologische Sättigungsdefizit“ mit Hilfe der bekannten Psychrometerformel berechnen:

$$e_t = E_{t_1} - A \cdot (t - t_1) \cdot b.$$

A ist die empirisch für verschiedene Windstärken ermittelte Psychrometerkonstante, während b den jeweiligen Barometerstand andeutet. Eine einfache Umformung ergibt:

$$E_{t_1} - e_t = A \cdot b \cdot (t - t_1).$$

Demnach genügt es, die Psychrometerdifferenz mit $A \cdot b$ zu multiplizieren, um den gesuchten Wert zu erhalten. Da die Psychrometerkonstante für Windstille 0,0012, für leichte Luftbewegung 0,0008 und für starken Wind 0,000656 beträgt, so erhalten wir für $A \cdot b$ bei einem Barometerstand von 760 mm je nach den äußeren Umständen die angehöhten Werte 0,9, 0,6 oder 0,5. Es bedarf also nur einer Multiplikation (beim Aspirationspsychrometer ist $A \cdot b$ als 0,6 zu rechnen), um sofort das „ökologische Sättigungsdefizit“ zu erhalten. Wie weit die einerseits nach der Formel $Sd_1 = E_{t_1} - e_t$ und andererseits der Formel $Sd_1 = A \cdot b \cdot (t - t_1)$ berechneten Zahlenwerte übereinstimmen, das zeigt die nachfolgende Tabelle, die das den Kurven in Fig. 2 zugrunde liegende Zahlenmaterial enthält.

Tabelle 1.

Trockenes Thermo- meter	Feuchtes Thermo- meter	Diiferenz	Max. Dampf- spannung bei t	Max. Dampf- spannung bei t ₁	Ermittelte Dampfspann. bei t	Sd	Sd ₁	Sd ₁
t	t ₁	t-t ₁	E _t	E _{t₁}	e _t	E _t -e _t	E _{t₁} -e _t	A. b. (t)
- 5°	- 5,85° ¹⁾ - 6,05°	0,85	3,17 mm	2,80 mm	2,38 mm	0,79 mm	0,42 mm	0,51 mm
± 0°	- 1,30° ¹⁾ - 1,35°	1,30	4,58 "	4,11 "	3,43 "	1,15 "	0,68 "	0,78 "
+ 5°	+ 3,4°	1,60	6,54 "	5,85 "	4,90 "	1,64 "	0,95 "	0,96 "
+ 10°	+ 8,1°	1,90	9,21 "	8,10 "	6,91 "	2,30 "	1,19 "	1,14 "
+ 15°	+ 12,7°	2,30	12,79 "	11,01 "	9,59 "	3,20 "	1,42 "	1,38 "
+ 20°	+ 17,3°	2,70	17,54 "	14,81 "	13,15 "	4,39 "	1,66 "	1,62 "
+ 25°	+ 21,9°	3,10	23,76 "	19,71 "	17,82 "	5,94 "	1,89 "	1,86 "
+ 30°	+ 26,5°	3,50	31,88 "	25,96 "	23,87 "	7,96 "	2,09 "	2,10 "

Wenn man die Wasserbilanz von Mooren untersucht, dann wird sowohl bei einigermaßen ruhiger Luft als auch an solchen Stellen, die durch randliche Bewaldung Windschutz genießen, Sd_1 als proportional der Evaporationskraft — und damit auch als annähernd proportional dem tatsächlichen Verdunstungsverlust — betrachtet werden können. Anders liegen die Dinge bei stark bewegter Luft, namentlich dann, wenn es sich um pflanzliche Objekte handelt, die in höhere Luftschichten tauchen. Hier wird die Evaporation größer sein, als das „ökologische Sättigungsdefizit“ erkennen läßt, und in solchen Fällen tut man gut, das normale Sättigungsdefizit (Sd) zum Vergleich heranzuziehen.

1) Die erste Temperatur ist über Eis, die zweite über Wasser ermittelt.

2) Die starken Abweichungen der ersten beiden Werte hängt damit zusammen, daß die Wasserdampfspannungen über Eis gemessen wurden.

Aus der oben entwickelten Formel für das „ökologische Sättigungsdefizit“ ergibt sich:

$$\frac{Sd_1}{A \cdot b} = t - t_1.$$

Damit ist ohne weiteres klar, daß das „ökologische Sättigungsdefizit“ und die Psychrometerdifferenz in einem bestimmten errechenbaren Verhältnis zueinander stehen. Es muß also die Kurve der Psychrometerdifferenzen einen der Sd_1 -Kurve zwar nicht parallelen, aber doch gesetzmäßig entsprechenden Verlauf besitzen. Um das zu zeigen, habe ich in Fig. 2 auch die Psychrometerdifferenzkurve (Pd) eingezeichnet, die natürlich nicht ihren numerischen Werten nach mit den Sättigungsdefizitkurven verglichen werden darf; denn sie gelangt ja in ganz anderen Einheiten (C^0 , nicht Druck in mm) zur Darstellung. Da es von Wichtigkeit ist, die Werte des „ökologischen Sättigungsdefizites“ mit derjenigen des „normalen“ in Parallele stellen zu können, ist die klar definierte Sd_1 -Kurve, zumal ja ihre Berechnung keine Schwierigkeit macht, der Psychrometerdifferenzkurve entschieden vorzuziehen.

Interessant ist die Tatsache, daß wir hier auf einem ganz anderen Wege ungefähr zu dem gleichen Resultat gelangt sind, zu dem B. Huber (1924) durch seine Messungen der Verdunstungskraft geführt wurde. Huber hat nämlich die in 2 m Höhe mit einem Piche-Evaporimeter gemessenen Verdunstungswerte durch die jeweils in gleicher Höhe festgestellten Aspirationspsychrometerdifferenzen dividiert und so wenigstens annähernd gleiche Quotienten erhalten, ein Zeichen, daß die eine Größe der anderen ungefähr proportional sein muß. Huber macht den Vorschlag, in Zukunft die Psychrometerdifferenz als Maßstab für die Verdunstungskraft zu benutzen. Wir können dem beistimmen, allerdings mit der Einschränkung, daß nur bei ruhiger Luft (also in geschlossenen Räumen, bei Wind-

stille, bei der Bodenvegetation windgeschützter Standorte) eine ungefähre Proportionalität zu erwarten ist. Starke Luftbewegung läßt die Verwendung des „normalen“ Sättigungsdefizites zu dem gleichen Zwecke geboten erscheinen.

Ehe ich auf die an Spagnumrasen gemessenen Verdunstungsgrößen eingehe, muß ich noch einmal auf den Ausgangspunkt unserer Diskussion, den Wasserbilanzquotienten, zu sprechen kommen. Der Wert $\frac{N}{Sd}$ besteht nur solange zu recht, als das Moor eine dauernd windbestrichene Fläche darstellt, auf der sich keine feuchtere bodennahe Luftschicht zu bilden vermag. Ist das nicht der Fall, liegt also beispielsweise das Hochmoor in einem dichten Waldrahmen, und ist es obendrein noch durch Gebüsch, Hochseggen, Schilfbestände, Eriophorumbulten oder Heidekrautbewuchs einer merklichen Windbewegung an seiner Oberfläche entrückt, so muß an Stelle von $\frac{N}{Sd}$

$$\frac{N}{Sd_1} \left(= \frac{\text{Niederschlagsmenge in cm}}{\text{Ökolog. Sättigungsdefizit in mm}} \right)$$

treten. Was das aber zu bedeuten hat, mag aus folgender Zusammenstellung der für Memel, Greifswald und Stettin errechneten Werte entnommen werden.

Tabelle 2. Mittlere Jahreswerte des Wasserbilanzquotienten.

Ort	t	t ₁	rF.	N in cm	Sd in mm	Sd ₁ in mm	$\frac{N}{Sd}$	$\frac{N}{Sd_1}$
Memel	+ 6,8°	+ 5,6°	83%	70	1,3	0,72	54	97
Greifswald	+ 8,0°	+ 6,7°	82%	59	1,5	0,84	39	70
Stettin	+ 8,2°	+ 6,7°	80%	54	1,7	0,90	32	60

Lägen die Memelmoore in sicherem Windschutz, so würde ihre Wasserbilanz unvergleichlich günstiger sein.

Tatsächlich wird auch ohne direkten Windfang infolge der vorhandenen Bremsung der basalen Luftschicht der Bilanzquotient über 54 hinaus steigen, aber er wird auf jeden Fall sehr weit vom Werte 97 abbleiben. Ganz anders das Kieshofer Moor bei Greifswald, das nicht nur einen windhemmenden Waldgürtel aufzuweisen hat, sondern obendrein teils mit Buschwerk, teils mit Schilf, Seggen und Ericaceen bestanden ist! Hier kommen die Winde an der Oberfläche des Sphagnumrasens garnicht mehr oder nur noch sehr abgeschwächt zur Geltung, sodaß der Bilanzquotient dadurch dem Werte $\frac{N}{Sd_1}$ wesentlich näher rückt. Ja, es ist

sogar anzunehmen, daß hier wie dort die für die Sphagnumfläche maßgeblichen Verdunstungsverhältnisse ungefähr die gleichen sind, daß aber Greifswald diese Gunst nur durch die geschützte Lage bzw. die „Verheidung“ der Mooroberfläche zu erreichen vermag. In diesem Falle stellt also der Heidemoortyp eine Vereinigung von Vegetationselementen dar, die das Mindestmaß der für sie notwendigen Existenzbedingungen erst durch ihren Zusammenschluß schaffen. Der günstige Wasserbilanzquotient wird an der einen Stelle direkt, an der anderen nur indirekt erreicht. Auch die Umgebung Stettins könnte verheidete Hochmoore aufweisen unter der Voraussetzung, daß sich hier irgendwo Gunstfaktoren miteinander vereinigten, die den Bilanzquotienten bis zur erforderlichen Höhe zu steigern vermögen. Es gibt also keine absolute, durch allgemeine klimatische Daten festlegbare Grenze für Hochmoorvorkommen. Vielmehr können durch Kombination günstiger Standortfaktoren die Klimabedingungen unter Umständen soweit „korrigiert“ werden, daß Hochmoorassoziationen wenigstens noch als inselartige Einsprenglinge möglich sind.

Die eben angestellten Betrachtungen haben nur dann ihre Berechtigung, wenn es zu zeigen gelingt, daß tatsächlich die Windwirkung standortsweise sehr verschieden

sein kann. Wie stark die Abbremsung des Windes in einem Kiefernhochwalde zur Geltung kommt, das geht beispielsweise aus den Angaben von R. Geiger (1925—26, 1927) hervor, der folgende Windstärken maß:

Tabelle 3.

Höhe des Anemometers	Mittlere Windstärke m/s	Lage im Waldbestand
16,85 m	1,61	Über den Baumkronen
13,70 m	0,90	Obere Grenze der Baumkronen
10,55 m	0,69	In den Baumkronen
7,40 m	0,67	Oberer Teil des Stammraumes
4,25 m	0,69	Mitten im Stammraum
1,10 m	0,60	Über dem Waldboden

Das Kronendach des Waldes ist also bereits imstande, die Windstärke auf einen Bruchteil ihres ursprünglichen Wertes herabzumindern. Dann folgt eine Zone langsamer Abnahme, an die sich dicht über dem Erdboden abermals ein starkes vertikales Gefälle anschließt. Ist der Wald mit Strauch- und Staudenschicht ausgestattet, so kommt ein Wind geringer Stärke schon in größerer Entfernung vom Erdboden zum völligen Erlöschen. Aber selbst auf offener Fläche ist — wie aus den Untersuchungen G. Hellmanns (1919) hervorgeht — die Prozentzahl der windstillen Stunden dicht über dem Boden bei weitem am größten.

Natürlich muß in dem praktisch windstillen Raume einer aus mehreren Schichten aufgebauten Vegetationsdecke auch eine schrittweise Abnahme des „ökologischen Sättigungsdefizites“ zu verzeichnen sein. Daß das tatsächlich der Fall ist, können wir aus Untersuchungen von O. Stocker (1923) entnehmen, der in einem Fichtenhochwalde bei 6 cm (Oxalis-Bestand), bei 30 cm (Myosotis-Büsche) und bei 100 cm (freie Atmosphäre) die Temperaturen und die relativen Feuchtigkeiten maß. Benutzen

wir seine Werte zur Ermittlung der „ökologischen Sättigungsfehlbeträge“ und stellen diese — ebenso wie die „normalen“ Defizite — graphisch dar, so ergibt sich das nachstehende Bild:

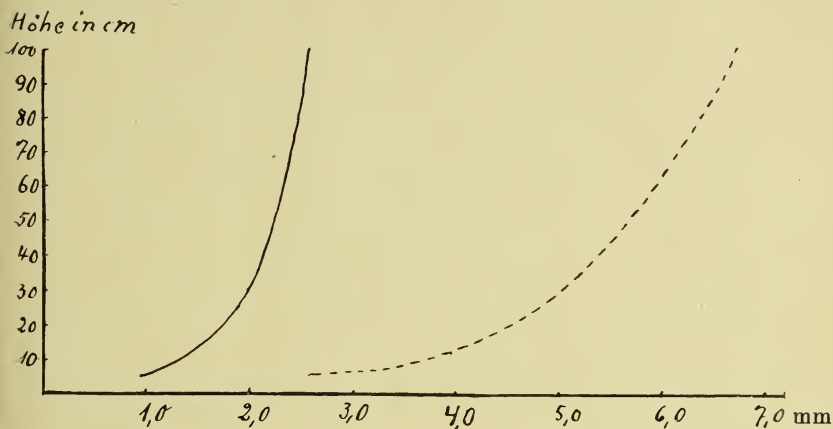


Fig. 3

Abfall des „ökologischen“ und des „normalen“ Sättigungsdefizites in einem Fichtenhochwald. Nach O. Stocker, 1923.

———— Kurve des „ökologischen“ Sättigungsdefizites.

..... Kurve des „normalen“ Sättigungsdefizites.

Die schnelle Abnahme der Werte nach dem Boden zu tritt eindrucksvoll in die Erscheinung. Weiter zeigt sich, daß die tatsächlichen Verhältnisse sehr viel günstiger liegen, als es nach dem „normalen“ Sättigungsdefizit den Anschein hatte. Die letzterwähnte Kurve gewinnt erst dann Gültigkeit, wenn ein hinreichend starker Wind keine tieferen Temperaturen (und damit auch keine geringeren Sättigungsfehlbeträge) in der der verdunstenden Fläche benachbarten Luftschicht zustande kommen läßt.

Wenn sich ergibt, daß trotz schwacher Windbewegung das „ökologische“ Sättigungsdefizit an der Bodenoberfläche lange Zeit seine Gültigkeit behält, und daß es bei völliger Windstille oft sogar einen zu großen Wert für die Evapo-

rationskraft anzeigt, so hat das seinen Grund in der nur langsamen Diffusion des Wasserdampfes in die höheren Luftschichten. Ohne hier auf die durch Diffusion bedingten Dampfdruckdifferenzen, deren Bedeutung für die Transpirationsvorgänge neuerlich A. Seybold (1929) mit großer Sorgfalt behandelt hat, näher einzugehen, sei nur betont, daß die von der verdunstenden Fläche immer wieder „angestrebte“ Dampfhaubenbildung der Angleichung des „ökologischen“ an den „normalen“ Sättigungsfehlbetrag hindernd entgegentritt. Zunehmende Windbewegung wirkt also einmal erwärmend auf die kühlere Bodenluftschicht, zum anderen steigernd auf das Dampfdruckgefälle durch Wegführung der dem Substrat anhaftenden feuchteren Luftlamelle. Zu diesen beiden Wirkungen gesellt sich die bisher viel zu wenig beachtete Sogwirkung des Windes, die nicht nur durch die gleichmäßig fortschreitende Luftbewegung, sondern vor allem durch die in schnellem Wechsel einander folgenden Luftverdichtungen und Luftverdünnungen bedingt ist (vergl. R. Seeliger u. E. Bräuer, 1918). Die Berücksichtigung dieser Verhältnisse wird uns zu einer weitgehenden Revision unserer Anschauungen über den Einfluß des Windes auf die Transpiration und über die der Pflanze zur Verfügung stehenden Regulationsmittel zwingen. Im vorliegenden Falle, wo es sich um den Verdunstungsverlust feuchter Sphagnumrasen handelt, also um einen Vorgang, der nicht der stomatalen Transpiration höherer Pflanzen gleichzusetzen ist, kann die eben erwähnte Wirkungsweise des Windes unberücksichtigt bleiben (obgleich sie auch hier in gewissem Sinne mitspricht, indem sie aus den Zwischenräumen des dichten Rasens dampfgesättigte Luft herausreißt). Roh ausgedrückt kann man die feuchte Moosfläche eines Hochmoores einer offenen Wasserfläche gleichsetzen. Ja, ihre tatsächliche Wasserabgabe ist sogar — ganz im Gegensatz zur Transpiration — durchweg größer als bei einer solchen. Das hat seinen

Grund in der sehr erheblichen Oberflächenentwicklung der zahlreichen aneinandergfügten Pflänzchen. Nachdem schon F. Oltmanns (1884) und M. Düggele (1903) den ungewöhnlich großen Verdunstungsverlust eines Sphagnumrasens festgestellt hatten, kam H. Rabbow (1925) zu dem Resultat, daß dieser Verlust das 1,27- bis 2,18-fache einer unter gleichen Bedingungen (verhältnismäßig trockene, bewegte Luft) befindlichen Wasserfläche ausmacht.

Die nachstehenden Untersuchungen gehen darauf aus, auf folgende Fragen Antwort zu gewinnen:

- a) Wie hängt die Verdunstungsgröße eines Sphagnumrasens bei windstiller Luft von dem jeweiligen ökologischen Sättigungsdefizit ab? Wie groß sind diese Verdunstungsverluste im Vergleich zu der dargebotenen Niederschlagsmenge?
- b) Ist der Sphagnumrasen imstande, aus feuchter Luft oberhalb des Taupunktes Wasser zu kondensieren und so seine Wasserbilanz zu verbessern?
- c) Welches Ausmaß kommt der Taubildung für die Wasserbilanz eines Hochmoores zu?

a) Abhängigkeit der Verdunstungsgröße eines Sphagnumrasens vom ökologischen Sättigungsdefizit.

Die Sphagnumrasen — es handelte sich um *Sphagnum recurvum* und *Sph. cymbifolium* — wurden in der Weise gewonnen, daß Bechergläser bestimmter Öffnungsweite über das intakte Moospolster gestülpt und soweit hineingedrückt wurden, bis die Spitzen der Pflänzchen den Boden des Glases berührten. Dann wurden die Moosstämmchen an der Mündung des Becherglases mit der Scheere durchgetrennt und das Gefäß umgekehrt auf ein anderes von genau derselben Größe gesetzt. Durch vorsichtiges Klopfen gelang es, das Rasenstück in völlig unveränderter Lage in das untere Becherglas zu bringen, das nun als Versuchsgefäß diente und sowohl an seiner Außenseite als am

oberen Rande mit einer hauchdünnen Schicht flüssigen Wachses überzogen wurde, um eine Benetzung der Glaswand von außen her zu vermeiden. Leider mußten die Bechergläser in Rücksicht auf die Belastungsgrenze der Analysenwage recht klein gewählt werden. Die Höhe betrug 8 cm, die Mündungsfläche 8—8,2 cm². Die Wägungen wurden Mitte April in einem ungeheizten Laboratoriumsraum von ziemlich konstanter Temperatur vorgenommen. Die Feuchtigkeit der Luft schwankte zwischen 61 und 70%. Die Bechergläser mit den Moosrasen standen frei auf umgestülpten Blumentöpfen. Dazwischen befanden sich in etwa gleicher Höhe mit der Rasenoberfläche, aber in 20 cm Abstand von den Bechergläsern das trockene und das feuchte Thermometer. Der Laboratoriumsraum wurde nur zur Zeit der Ablesungen betreten. Die Analysenwage befand sich auf einem benachbarten Tisch. Die Wägungen wurden in Abständen von 2 oder 3 Stunden (mit Ausnahme der Nacht) vorgenommen. Infolge der Wasserdampfabgabe der Moose zeigte die relative Feuchtigkeit im Untersuchungsraum einen langsamen Anstieg.

Tabelle 4. *Sphagnum recurvum*:
Verdunstung bei hohem ökolog. Sättigungsdefizit.

Zeit	Ge- wicht d. Sphag- Rasens in g	Ge- wichts- verlust in g	Ge- wichts- verlust pro St. in g Gv	Ge- wichts- verlust pro 1 m ² u. pro St. in g	Trock. Therm. t	Feucht. Therm. t ₁	Diffe- renz t-t ₁	Rel. Feuch- tigkeit	Normales Sättigungs- defizit in mm Druck Sd	Ökolog. Sättigungs- defizit in mm Druck Sd ₁
14. 4. 13 ^h	11,420	—	—	—	8,5 ^o	6,3 ^o	2,2 ^o	62%	3,14	1,98
14. 4. 16 ^h	11,235	0,185	0,062	75,6	8,7 ^o	6,4 ^o	2,3 ^o	61%	3,30	2,07
14. 4. 18 ^h	11,120	0,115	0,057	69,5	8,2 ^o	6,1 ^o	2,1 ^o	64%	2,99	1,89
14. 4. 20 ^h	11,005	0,115	0,057	69,5	8,0 ^o	6,0 ^o	2,0 ^o	65%	2,84	1,80
14. 4. 22 ^h	10,890	0,125	0,063	76,9	8,1 ^o	6,0 ^o	2,1 ^o	64%	2,98	1,89
15. 4. 9 ^h	10,325	0,565	0,051	62,2	8,5 ^o	6,6 ^o	1,9 ^o	67%	2,72	1,71
15. 4. 11 ^h	10,225	0,100	0,050	61,0	9,4 ^o	7,6 ^o	1,8 ^o	70%	2,64	1,62
Mittelwerte	—	—	0,057	69,1	8,5 ^o	6,4 ^o	2,1 ^o	65%	2,95	1,85

Die vorstehende Tabelle gibt Auskunft über den Verdunstungsverlust eines Rasens von *Sphagnum recurvum*. Man sieht, daß der auf die Stunde umgerechnete Wasserverlust ein recht gleichmäßiger ist. Die Verringerung der Verdunstungsmenge am zweiten Tage findet ihre Erklärung darin, daß trotz etwas erhöhter Temperatur das „normale“ und das „ökologische“ Sättigungsdefizit kleiner geworden sind. Zu bemerken ist noch, daß bei der Feststellung des „ökologischen“ Sättigungsfehlbetrages der Faktor $A \cdot b$ (= Psychrometerkonstante \times Barometerstand) gleich 0,9 gesetzt werden muß (ruhende Luft!). Dividiert man die Sd_1 -Werte durch die stündlichen Gewichtsverluste (G_v), so ergibt sich ein annähernd konstanter Betrag. Das zeigt an, daß hier tatsächlich eine Proportionalität zwischen Sd_1 und G_v besteht. Wie weit die gleiche Proportionalität auch bei stark geändertem Sd_1 gewahrt bleibt, werden uns die späteren Versuche vor Augen führen.

Berechnen wir die Gewichtsverluste für 1 m² Fläche — ohne Rücksicht darauf, daß in Wirklichkeit mit größer werdendem Rasen die Verdunstungsrate fällt — so kommen wir zu recht beträchtlichen Werten. *Sphagnum recurvum* ergibt im vorliegenden Versuch durchschnittlich pro 1 m² seiner Oberfläche einen Stundenverlust von 69,1 g. Rechnet man diesen Verlust auf den Tag um, so erhält man 1658,4 g, d. h. eine Wassermenge, die einer Niederschlagshöhe von 1,66 mm entsprechen würde. Für die Umgebung Greifswalds beträgt die jährliche Tagesniederschlagshöhe nur 1,61 mm; es würde also der vorliegende Verdunstungsverlust bereits die durchschnittliche Tageseinnahme übertreffen. Zieht man die Tagesniederschlagsmengen der einzelnen Monate zum Vergleich heran, so würden in Greifswald nur Juni, Juli, August und Dezember imstande sein, einen solchen Verlust täglich zu ertragen. Im Gegensatz dazu würde eine Wasserabgabe, wie sie hier im Experiment vorliegt, einem Memel-Moor, das eine Durchschnitts-Tages-

spendung von 1,92 mm Regen erhält, noch nicht verhängnisvoll werden. Allerdings wäre auch hier in den Monaten Januar bis Juni eine ziemlich beträchtliche Unterbilanz zu verzeichnen.

Wir kommen demnach zu dem Resultat: Moore, deren Oberflächen zeitweilig mit relativ trockener Luft überschichtet werden, vermögen den dadurch hervorgerufenen Wasserverlust nur dann in erträglichen Grenzen zu halten, wenn durch relative Windstille dafür gesorgt ist, daß der ökologische Sättigungsfehlbetrag seine Gültigkeit behält. Stark turbulente Luftbewegung läßt an die Stelle des ökologischen das normale Sättigungsdefizit treten und ruft dadurch eine das Moor schädigende Verdunstungssteigerung hervor. Aber auch bei Windstille würde eine relative Feuchtigkeit zwischen 60 und 70% — das Jahresmittel in Greifswald beträgt 82% — in unserem Gebiete (d. h. bei einer mittleren Jahrestemperatur von 8,0°) die Existenz eines Sphagnumrasens schlechterdings unmöglich machen.

Werfen wir jetzt einen Blick auf Tabelle 5!

Tabelle 5. *Sphagnum cymbifolium*:
Verdunstung bei hohem ökolog. Sättigungsdefizit.

Zeit	Ge- wicht d. Sphag- Rasens in g	Ge- wichts- verlust in g Gv	Ge- wichts- verlust pro St. in g	Ge- wichts- verlust pro 1 m ² u. pro St.	Trock. Therm. t	Feucht. Therm. t ₁	Diffe- renz t-t ₁	Rel. Feuch- tigkeit	Normales Sättigungs- defizit S _d	Ökolog. Sättigungs- defizit S _d ₁
14. 4. 13 ¹⁵	10,785	—	—	—	8,5°	6,3°	2,2°	62%	3,14	1,98
14. 4. 16 ¹⁵	10,635	0,150	0,050	62,5	8,7°	6,4°	2,3°	61%	3,30	2,07
14. 4. 18 ¹⁵	10,535	0,100	0,050	62,5	8,2°	6,1°	2,1°	64%	2,99	1,89
14. 4. 20 ¹⁵	10 435	0,100	0,050	62,5	8,0°	6,0°	2,0°	65%	2,84	1,80
14. 4. 22 ¹⁵	10,335	0,100	0,050	62,5	8,1°	6,0°	2,1°	64%	2,98	1,89
15. 4. 9 ¹⁵	9,851	0,484	0,044	55,0	8,5°	6,6°	1,9°	67%	2,72	1,71
15. 4. 11 ¹⁵	9,755	0,096	0,048	60,0	9,4°	7,6°	1,8°	70%	2,64	1,62
15. 4. 13 ¹⁵	9,675	0,080	0,040	50,0	9,8°	8,0°	1,8°	71%	2,66	1,62
Mittelwerte	—	—	0,047	59,3	8,6°	6,6°	2,0°	65,5%	2,91	1,82

In ihr sind die entsprechenden Messungen an einem Sphagnum-cymbifolium-Rasen verzeichnet. Die schon bei Sphagnum recurvum näher erörterten Ergebnisse finden auch in diesem Falle ihre Bestätigung. Allerdings weist hier der Quotient $\frac{Sd_1}{Gv}$ stärkere Schwankungen auf, ein Zeichen dafür, daß die Proportionalität zwischen dem tatsächlichen Wasserverlust und dem ökologischen Sättigungsdefizit nicht ganz so streng gewahrt bleibt. Ferner fällt auf, daß der stündliche Verdunstungsverlust bei Sph. cymbifolium geringer ist als bei Sph. recurvum (im Mittel 0,047 gegenüber 0,057). Berechnet man den Tagesverlust pro 1 m², so kommt man nur auf 1423,2 g, was einer Niederschlagshöhe von 1,42 mm entsprechen würde. Mit anderen Worten: Sph. cymbifolium stellt geringere Ansprüche an die Wasserbilanz seines Standortes. Wie weit das ganz im allgemeinen dem Vorkommen beider Pflanzen entspricht, vermag ich nicht zu entscheiden. Sicherlich trifft es für das Kieshofer Moor zu, wo Sph. recurvum fast immer die feuchten Schlenken zwischen den Wollgrasbulten aufsucht, während Sph. cymbifolium freiliegende Polster bildet. Die Ursache für die verlangsamte Wasserdampfabgabe hat ihren Grund wohl hauptsächlich in der größeren Geschlossenheit des Sph.-cymbifolium-Rasens und seiner dementsprechend verringerten Oberflächenentwicklung.

Wir wenden uns nun den Untersuchungen zu, durch die der Wasserverlust bei stark herabgesetztem ökologischen Sättigungsdefizit einer Prüfung unterzogen wurde. Die Versuchsanordnung war folgende: die Sphagnum-Rasen wurden, um wieder volle Wassersättigung zu erzielen, vorsichtig besprengt und dann samt den Blumentöpfen in einen geräumigen Glaskasten gesetzt. Der Boden dieser „feuchten Kammer“ war mit einer Schicht von nassem Torfmoos bedeckt. Als Verschuß diente eine locker

aufgelegte, mit zahlreichen Durchbohrungen versehene Papplatte.

Trockenes und feuchtes Thermometer wurden an diesem Deckel befestigt und ragten soweit in den Innenraum, daß sich ihre Quecksilbergeläße etwa in gleicher Höhe mit der Mündung der Bechergläser befanden. Die Temperatur des Laboratoriums zeigte infolge des sonnigen Wetters einen etwas stärkeren Anstieg. Die Wägungen wurden in der schon beschriebenen Weise vorgenommen, und zwar wurde mit ihnen bei *Sph. recurvum* um 13³⁰ begonnen (seit 11 Uhr in der feuchten Kammer), bei *Sph. cymbifolium* dagegen erst um 16³⁵ (seit 13³⁰ in der feuchten Kammer). Als Beispiel mag auch hier wieder je eine Messungsserie beider *Sphagnum*-Arten dienen.

Tabelle 6. *Sphagnum recurvum*:
Verdunstung bei niedrigem ökolog. Sättigungsdefizit.

Zeit	Ge- wicht d. Sphag- Rasens in g	Ge- wichts- verlust in g	Ge- wichts- verlust pro St. in g Gv	Ge- wichts- verlust pro 1 m ² u. pro St. in g	Trock. Therm. t	Feucht. Therm. t ₁	Diffe- renz t-t ₁	Rel. Feuch- tigkeit	Normales Sättigungs- defizit Sd	Ökolog. Sättigungs- defizit Sd ₁
15. 4. 13 ³⁰	10,290	—	—	—	9,1°	8,8°	0,3°	95%	0,45	0,27
15. 4. 16 ³⁰	10,265	0,025	0,008	9,8	10,3°	10,0°	0,3°	95%	0,46	0,27
15. 4. 18 ³⁰	10,247	0,018	0,009	10,9	10,1°	9,8°	0,3°	95%	0,45	0,27
15. 4. 20 ³⁰	10,232	0,015	0,008	9,8	9,9°	9,6°	0,3°	95%	0,45	0,27
15. 4. 22 ³⁰	10,232	0,000	0,000	0,0	9,7°	9,7°	0,0°	100%	0,00	0,00
15. 4. 24 ³⁰	10,232	0,000	0,000	0,0	9,5°	9,5°	0,0°	100%	0,00	0,00
Mittelwerte	—	—	0,008	10,2	9,9°	9,6°	0,3°	95%	0,45	0,27

Tabelle 7. Sphagnum cymbifolium:
Verdunstung bei niedrigem ökolog. Sättigungsdefizit.

Zeit	Gewicht d. Sphag.-Rasens in g	Gewichtsverlust in g	Gewichtsverlust pro St. in g Gv	Gewichtsverlust pro 1 m ² u. pro St. in g	Trock. Therm. t	Feucht. Therm. t ₁	Differenz t-t ₁	Rel. Feuchtigkeit	Normales Sättigungsdefizit Sd	Ökolog. Sättigungsdefizit Sd ₁	Sd ₁ /Gv
4. 16 ³⁵	9,710	—	—	—	10,3 ^o	10,0 ^o	0,3 ^o	95%	0,46	0,27	—
4. 18 ³⁵	9,698	0,012	0,006	6,3	10,1 ^o	9,8 _o	0,3 ^o	95%	0,45	0,27	45
4. 20 ³⁵	9,686	0,012	0,006	6,3	9,9 ^o	9,6 ^o	0,3 ^o	95%	0,45	0,27	45
4. 22 ³⁵	9,686	0,000	0,000	0,0	9,7 ^o	9,7 ^o	0,0 ^o	100%	0,00	0,00	0
4. 24 ³⁵	9,686	0,000	0,000	0,0	9,5 ^o	9,5 ^o	0,0 ^o	100%	0,00	0,00	0
Iwerte	—	—	0,006	6,3	10,1^o	9,8^o	0,3^o	95%	0,45	0,27	45

Die relative Feuchtigkeit wies während der ganzen Dauer der Beobachtung einen Betrag von 95% auf. Auch die Temperaturschwankungen waren nur geringfügig und traten sehr langsam ein. Das ökologische Sättigungsdefizit zeigte jetzt naturgemäß einen sehr viel kleineren Wert als vorhin, und zwar stehen diese Werte im Verhältnis von 6,1 : 1,0. Berechnen wir ebenso die Verhältniszahlen der in jedem Falle verdunsteten stündlichen Wassermengen, so erhalten wir:

bei Sph. recurvum 6,1:1,0

bei Sph. cymbifolium 7,8:1,0

Daraus geht hervor, daß die Proportionalität zwischen ökologischem Sättigungsdefizit und Verdunstungsgröße bei Sphagnum recurvum mit überraschender Genauigkeit hervortritt, während bei Sph. cymbifolium der tatsächliche Wasserverlust eine stärkere Einschränkung erfährt, als man dem ökologischen Sättigungsfehlbetrage nach hätte erwarten sollen. Auch sonst zeigte ja der Sph.-cymbifolium-Rasen größere Unregelmäßigkeiten in seinen Verdunstungsraten. Das eben Gesagte kommt deutlich in dem Quotienten

$\frac{Sd_1}{Gv}$ zum Ausdruck. Berücksichtigt man die mancherlei Fehlerquellen, mit denen sowohl die Wägungen als auch die Temperaturmessungen behaftet sein können, so ergibt sich auf jeden Fall, daß das ökologische Sättigungsdefizit ein brauchbares Maß für die Verdunstungsgröße feuchter Sphagnumrasen ergibt.

Unterziehen wir jetzt noch die absoluten Werte der Verdunstung bei sehr niedrigem ökologischen Sättigungsdefizit einer kurzen Betrachtung! Berechnen wir den Wasserverlust eines Tages pro 1 m² Fläche, so kommen wir auf 244,8 g für *Sph. recurvum* und auf 151,2 g für *Sph. cymbifolium*. Das entspricht einer Niederschlagshöhe von 0,24 bzw. 0,15 mm. Damit haben wir ein sehr eindrucksvolles Bild von der Bedeutung des ökologischen Sättigungsfehlers für die Wasserökonomie der Hochmoore gewonnen. Halten wir uns weiter vor Augen, daß bei völliger oder annähernder Windstille die den Boden überlagernden Luftschichten einen ganz verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen können, so wird tatsächlich der Fall eintreten, daß etwa in 1 m Höhe über dem Boden die in der ersten Versuchsserie verwirklichten Bedingungen Platz greifen, während die den Moosrasen bedeckende Luftschicht durchaus die gleichen Verhältnisse aufweist, wie sie für unsere feuchte Kammer maßgeblich sind. Daß die hier herangezogenen Gegensätze keineswegs zu kraß gewählt sind, das zeigen deutlich die Messungen O. Stockers (1923). Auf einer Wiese ergab sich z. B. bei geringer Luftbewegung zwischen 3 cm Höhe (Klee und Gras) und 30 cm Höhe (*Galium mollugo*) ein Unterschied in der relativen Feuchtigkeit von 29%, während die Temperaturen in beiden Fällen ungefähr die gleichen waren. In einem Erlenwalde des Riesengebirges (bei Jannowitz) stellte der gleiche Forscher 5 cm über dem Boden bei 17,0° 100% relative Feuchtigkeit, d. h. also ein ökologisches Sättigungsdefizit von 0 mm, in 30 cm

Höhe hingegen bei 19,5⁰ 61% relative Feuchtigkeit fest, was einem ökologischen Sättigungsdefizit von 5,13 mm entspricht.

Einen sicheren Eindruck von den Gunst- bzw. Ungunstverhältnissen eines Moores gewinnen wir also erst dann, wenn wir die Größe des ökologischen Sättigungsfehlbetrages unmittelbar oberhalb des Moosrasens fortlaufend ermitteln.

b) Vermag der Sphagnumrasen schon vor Eintritt der Taubildung aus sehr feuchter Luft Wasserdampf zu kondensieren?

Bekannt ist die oft wiederholte Behauptung, die mit Velamen ausgestatteten Luftwurzeln gewisser Epiphyten seien imstande, schon oberhalb des Taupunktes den Wasserdampf in ihren Speicherzellen zu kondensieren. Da die hyalinen Zellen der Torfmoose in vielen Beziehungen den erwähnten Zellen des Velamens ähneln, war auch die in der Überschrift aufgeworfene Frage einer näheren Prüfung zu unterziehen. Zu dem Zwecke wurde der Pappdeckel der feuchten Kammer entfernt; dann wurden rings an den Innenwänden nasse Tücher angebracht, die über den Kastenrand nach außen umgeschlagen waren; schließlich wurde eine Glasplatte darübergelegt. Schon nach ganz kurzer Zeit erreichte der Feuchtigkeitsgehalt im Innern des Kastens 100%. Wie aus den Tabellen 6 und 7 ersichtlich ist, zeigten die Moosrasen fernerhin nicht mehr den geringsten Gewichtsverlust, aber auch keinerlei Gewichtszunahme. Wenn schon zuzugeben ist, daß die vorliegenden Versuche nicht zahlreich genug sind, um eine endgültige Lösung zu bringen, so besteht doch andererseits nicht die geringste Veranlassung zu einer in der genannten Richtung liegenden Annahme. Übrigens haben ja die Untersuchungen von A. Nabokich (1899) sehr wahrscheinlich gemacht, daß auch den Luftwurzeln der Epiphyten die ihnen früher zugeschriebene Fähigkeit abgeht.

c) Einfluß der Taubildung auf die Wasserbilanz der Hochmoore.

In steigendem Maße macht sich für den Ökologen der Mangel jeglicher zuverlässiger Messungen über Häufigkeit und Ausgiebigkeit der Taubildung bemerkbar. Ein Fortschritt unserer Kenntnisse in der genannten Richtung wird auch erst dann möglich sein, wenn wir über ein wirklich zuverlässiges und handliches Drosometer verfügen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Taubildung für die Wasserbilanz der Hochmoore keine geringe Rolle spielt, nur läßt sich sehr schwer ein Bild von der wirklichen Größe der Tauspendung gewinnen. Selbstverständlich ist auch hier wieder die Luftbewegung von entscheidender Bedeutung. Wird die durch Ausstrahlung bedingte Abkühlung der Bodenoberfläche durch die fortwährende Berührung mit wärmerer, aus höheren Schichten stammender Luft ausgeglichen oder verringert, und wird gleichzeitig die Stauung feuchter Luft verhindert, so kann dadurch auch unter sonst günstigen Bedingungen die Taubildung unterbunden werden. Umgekehrt kommt bei ruhender Luft Taubildung auch dann noch zustande, wenn man es nach dem Feuchtigkeitsgehalt der etwa 1 m über dem Boden befindlichen Luft keineswegs erwarten sollte. So hat R. Sutton (1912) selbst bei 60% relativer Feuchtigkeit in 122 cm Höhe nicht selten am Boden Taufall feststellen können.

Um wenigstens einen Anhalt für die Ausgiebigkeit der Taubildung zu gewinnen, wurde die feuchte Kammer nach Beendigung der vorerwähnten Versuche in einen geheizten Raum gebracht und nach Entfernung der feuchten Tücher wieder mit dem Pappdeckel versehen. Hier blieb sie bis zum nächsten Vormittage stehen. Die Temperatur war jetzt in ihrem Innern auf 16,2° gestiegen. Nunmehr wurde das Gewicht der Sphagnumrasen festgestellt; die Gewichtsabnahme während der Nacht entsprach ungefähr den bei den früheren Versuchen gefundenen Werten. Unmittelbar

darauf wurde die feuchte Kammer wieder mit der Glas-
scheibe verschlossen und in den kalten Raum zurück-
gebracht. Um die Temperaturabnahme zu beschleunigen,
wurde die Kammer in eine Wanne gesetzt, in der sich eine
etwa 10 cm hohe Schicht kalten Wassers befand. Nach
2 Stunden hatte sich die Temperatur von 16,2° auf 7,6°
abgekühlt. Die jetzt vorgenommenen Wägungen ergaben
die in der nachstehenden Tabelle verzeichneten Gewichts-
zunahmen der Sphagnumrasen.

Tabelle 8. Gewichtszunahme des Sphagnumrasens durch Taubildung.

Sph. recurvum.

Zeit	Ge- wicht d. Sphag- Rasens in g	Ge- wichts- gewinn in g	Ge- wichts- gewinn pro St. in g	Gewichts- gewinn pro 1 m ² u. pro St. in g	Trock. Therm. t	Feucht. Therm. t ₁	Diffe- renz t-t ₁	Rel. Feuch- tigkeit	Normales Sättigungs- defizit S _d	Ökolog. Sättigungs- defizit S _d ₁
4. 10 ³⁰	10,100	—	—	—	16,2°	15,8°	0,4°	95%	0,62	0,36
4. 12 ³⁰	10,245	0,145	0,073	89,0	7,6°	7,6°	0,0°	100%	0,00	0,00

Sph. cymbifolium.

4. 10 ⁴⁰	9,600	—	—	—	16,2°	15,8°	0,4°	95%	0,62	0,36
4. 12 ⁴⁰	9,710	0,110	0,055	68,7	7,6°	7,6°	0,0°	100%	0,00	0,00

Ganz entsprechend den früheren Gewichtsverlusten
zeigte Sph. recurvum eine beträchtlichere Zunahme als
Sph. cymbifolium. Die Umrechnung auf 1 m² Fläche ergab
einen Gewinn von 89,0 bzw. 68,7 g. Anders ausgedrückt:
die Moosrasen hatten in 2 Stunden soviel Wasser gewonnen,
als sie zuvor bei geringem ökologischen Sättigungsdefizit
in 9 Stunden verloren hatten. Dabei ist bemerkenswert,
daß das Verhältnis der Gewichtsverluste (1:0,75) beider
Sphagnumarten genau mit dem Verhältnis ihrer Gewichts-
zunahmen (1:0,75) übereinstimmte.

Da nun Temperaturabnahmen, wie sie hier im Experiment hervorgerufen wurden, in der freien Natur recht häufig vorkommen (G. Hellmann, 1918), so ist gar nicht daran zu zweifeln, daß die Tauspendung von recht großer Bedeutung ist. Das gilt besonders von denjenigen Hochmooren, die sich infolge eines wenig günstigen Wasserbilanzquotienten schon der Grenze ihrer Existenzfähigkeit nähern. Gerade sie sind es ja, die meist nur noch im Schutze eines Waldgürtels ihr Dasein fristen können, eines Waldgürtels, der ihnen durch die Windbremsung nicht nur ein günstiges ökologisches Sättigungsdefizit verschafft, sondern gleichzeitig auch der Taubildung Vorschub leistet.

Literaturverzeichnis.

- Dorno, C.; 1921: *Klimatologie im Dienste der Medizin*. Braunschweig.
- Düggeli, M.; 1903: *Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln*. Vierteljahrsschr. der Naturforsch. Ges. Zürich. Bd. 48.
- Geiger, R.; 1925—26: *Untersuchungen über das Bestandsklima*. Forstw. Centralbl. Teil 1 u. 2, 1925; Teil 3 u. 4, 1926.
- Geiger, R.; 1927: *Das Klima der bodennahen Luftschicht*. Braunschweig.
- Hann, J.; 1911: *Handbuch der Klimatologie*. 3. Aufl. 3 Bde., 1908 bis 1911. Bd. 3, 1911, S. 211.
- Hann, J., u. Süring, R.; 1926: *Lehrbuch der Meteorologie*. 4. Aufl. Leipzig.
- Hellmann, G.; 1909: *Untersuchungen über die Schwankungen der Niederschläge*. Veröffentl. d. Preuß. Meteorol. Inst. Nr. 207; Abhandl. Bd. III, 1.
- Hellmann, G.; 1918: *Über die nächtliche Abkühlung der bodennahen Luftschicht*. Sitzungs-Ber. d. Pr. Akad. d. Wiss. Bd. 38, S. 806.
- Hellmann, G.; 1919: *Über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre*. Sitz.-Ber. d. Pr. Akad. d. Wissensch. Bd. 22, S. 404.
- Huber, B.; 1924: *Eine einfache Methode zur Messung der Verdunstungskraft am Standort*. Berichte d. deutschen Bot. Ges. Bd. 42, S. 19—26.
- Jelinek, C., u. Dörr, J. N.; 1929: *Psychrometer-Tafeln*. 7. Aufl. Leipzig.
- Leick, E. u. a.; 1927: *Das Kieshofer Moor bei Greifswald*. Beiträge zur monographischen Behandlung eines Naturschutzgebietes. „Beiträge zur Naturdenkmalpflege“. Bd. XII, 1. Berlin.
- Nabokich, A.; 1899: *Über die Funktionen der Luftwurzeln*. Botan. Zentralbl. Bd. 80.
- Potonié, H.; 1909: *Die Bildung der Moore*. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin.

- Oltmanns, F.; 1884: Über die Wasserbewegung in der Moospflanze und ihren Einfluß auf die Wasserverteilung im Boden. Diss. Straßburg.
- Rabbow, H.; 1925: Beitrag zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse des Kieshofer Moores (Greifswalder Naturschutzgebiet). Diss. Greifswald.
- Seeliger, R., u. Bräuer, E.; 1918: Über die Methoden zur Untersuchung der Struktur des Windes. Meteorol. Zeitschr. (Heft 1/2) S. 30—41, 82—89, 124—132.
- Seybold, A.; 1929: Die physikalische Komponente der pflanzlichen Transpiration. (Monogr. aus dem Gesamtgeb. d. wissensch. Botanik). Berlin.
- Stocker, O.; 1923: Klimamessungen auf kleinstem Raum an Wiesen-, Wald- und Heidepflanzen. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 41, S. 145—150.
- Sutton, J. R.; 1912: On some meteorological conditions controlling nocturnal radiation. Transact. of the Royal Soc. of South Africa II, 5. Vergl. auch Meteorol. Zeitschr. Bd. 49, 1914, S. 500—502.
- Weber, C. A.; 1902: Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta mit vergleichenden Ausblicken auf andere Hochmoore der Erde.
- Weber, C. A.; 1908: Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands. Englers Botan. Jahrb. Bd. 40 (Beiblatt Nr. 90).
-

Anhang.

**Meteorologische Jahresübersichten
über die Jahre 1925, 1926, 1927.**

1925

H_b = 7,5 m C = 54° 6' N λ = 13° 23' E H = 5 m

Monat	auf 0° N mpfdruck				Relative Feuchtigkeit				
	Mittel	Maxim ^p	9 ^p	Mittel	7 ^a	2 ^p	9 ^p	Mittel	Min.
	mm	mm	mm	mm	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Januar . . .	66,7	785,35,7	5,5	5,4	91	87	90	90	66
Februar . . .	55,1	768,35,8	5,4	5,4	92	82	89	88	69
März	60,2	774,64,8	4,4	4,5	89	80	89	86	53
April	58,5	766,13,3	5,9	6,0	83	65	83	77	40
Mai	59,7	767,09,6	8,9	9,1	82	63	81	75	45
Juni	59,9	769,30,1	9,7	9,9	85	68	82	78	38
Juli	59,9	768,43,1	11,9	12,5	85	69	80	78	49
August	58,3	767,42,5	11,7	12,0	90	71	86	82	56
September . .	57,6	771,60,2	8,7	9,3	95	83	92	90	61
Oktober . . .	58,5	772,47,9	7,3	7,2	91	84	92	89	64
November . . .	58,6	777,95,4	4,9	5,1	92	87	91	90	73
Dezember . . .	53,0	776,94,4	4,2	4,2	91	90	92	91	64
Jahr Mittel	758,8	785,38,0	7,4	7,6	89	77	87	84	38

h_t = 2,0 mh_r = 1,0 m

Monat	Bew				Windverteilung								
	7 ^a	2 ^p	re	trübe	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
	Januar	8,1	8,1	17	—	—	6	17	6	14	41	7	2
Februar	8,6	6,8	12	—	2	8	16	18	16	15	9	—	
März	6,4	7,6	12	13	11	12	8	3	5	19	17	5	
April	4,8	4,9	8	4	10	25	5	5	13	16	9	3	
Mai	4,0	4,8	3	2	12	21	15	5	7	9	10	12	
Juni	5,9	6,2	9	8	10	4	4	1	2	16	38	7	
Juli	5,3	3,7	6	4	7	40	6	—	10	5	14	7	
August	6,4	7,5	10	7	2	6	7	2	4	20	28	17	
September . . .	7,5	7,2	5	6	1	—	3	3	21	33	3	20	
Oktober	6,9	7,7	9	4	1	4	7	3	23	16	24	11	
November . . .	8,6	7,3	15	1	4	4	21	2	9	15	24	10	
Dezember . . .	8,2	8,1	15	2	2	1	11	6	20	27	17	7	
Jahr Mittel	6,7	6,6	121	51	62	131	120	54	144	232	200	101	

Monat	Luftdruck auf 0° Normalschwere reduziert					Lufttemperatur: C°										Dampfdruck				Relative Feuchtigkeit					
	Mittel mm	Maximum mm	Datum	Minimum mm	Datum	7 ^a	2 ^P	9 ^P	Tages- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Tages- schwan- kung	Absol. Max.	Datum	Absol. Min.	Datum	7 ^a mm	2 ^P mm	9 ^P mm	Mittel mm	7 ^a Proz.	2 ^P Proz.	9 ^P Proz.	Mittel Proz.	Min. Proz.
Januar . . .	66,7	785,3	20.	741,6	2.	2,3	4,3	3,0	3,2	5,2	0,9	4,3	10,4	4.	-4,1	29.	5,0	5,7	5,5	5,4	91	87	90	90	66
Februar . . .	55,1	768,3	4.	743,5	27.	2,3	5,9	3,7	3,9	6,7	1,2	5,5	12,2	12.	-3,4	25.	5,1	5,8	5,4	5,4	92	82	89	88	69
März	60,2	774,6	16.	742,2	8.	0,1	3,7	1,1	1,5	4,5	-0,8	5,3	10,7	1.	-7,5	13.	4,3	4,8	4,4	4,5	89	80	89	86	53
April	58,5	766,1	11.	745,2	16.	5,6	10,9	6,2	7,2	12,0	3,3	8,7	17,4	23.	-1,2	4.	5,7	6,3	5,9	6,0	83	85	83	77	40
Mai	59,7	767,0	13.	751,6	28.	12,2	17,8	12,6	13,8	19,2	8,9	10,3	25,2	28.	3,5	1.	8,8	9,6	8,9	9,1	82	63	81	75	45
Juni	59,9	769,3	7.	748,7	14.	13,6	17,5	13,8	14,6	18,9	9,4	9,5	28,6	11.	5,5	24.	9,9	10,1	9,7	9,9	85	68	82	78	38
Juli	59,9	768,4	22.	752,3	26.	17,2	21,5	17,7	18,4	23,5	13,3	9,2	29,6	18.	8,1	10.	12,5	13,1	11,9	12,5	85	69	80	78	49
August	58,3	767,4	13.	750,6	25.	15,4	20,2	16,0	16,9	20,8	13,2	7,7	28,2	10.	10,0	16.	11,8	12,5	11,7	12,0	90	71	86	82	56
September . .	57,6	771,6	15.	744,8	3.	10,1	14,6	10,3	11,3	15,0	8,5	6,5	2 x 18,7	20. 21.	5,1	15.	8,9	10,2	8,7	9,3	95	83	92	90	61
Oktober	58,5	772,4	1.	742,2	14.	6,0	10,1	7,4	7,7	10,8	4,5	6,3	17,0	1.	-2,1	20.	6,6	7,9	7,3	7,2	91	84	92	89	64
November . . .	58,6	777,9	18.	736,6	8.	2,0	4,0	1,8	2,4	4,9	0,5	4,9	12,6	4.	-12,6	30.	5,0	5,4	4,9	5,1	92	87	91	90	73
Dezember . . .	53,0	776,9	4.	730,6	21.	-1,5	+0,2	-0,9	-0,8	+1,3	-4,1	5,4	12,0	30.	-16,2	3.	4,1	4,4	4,2	4,2	91	90	92	91	64
Jahr Mittel	758,8	785,3	20,1	730,6	21. 12.	7,3	10,8	7,8	8,4	11,8	4,8	7,0	20,6	18. 7.	-16,2	8. 12.	7,3	8,0	7,4	7,6	89	77	87	84	38

h_t = 2,0 m

Greifswald

h_r = 1,0 m

Monat	Bewölkung				Niederschlag			Zahl der Tage										Windverteilung										
	7 ^a	2 ^P	9 ^P	Mittel	Summe mm	Tagesmaximum		Niederschlag			⊗	△	▲	K	≡	heitere	trübe	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C		
						Betrag mm	Gemessen am	≥0.1 mm	≥1.0 mm	≥10.0 mm																		
Januar	8,1	8,1	7,0	7,8	44	6,6	3.	16	11	—	1	1	1	—	—	4	2	17	—	—	6	17	6	14	41	7	2	
Februar	8,6	6,8	5,9	7,1	40	9,1	10.	15	11	—	3	4	1	—	—	—	12	—	2	8	16	18	16	15	9	—		
März	6,4	7,6	5,7	6,5	45	17,5	28.	19	12	1	10	11	3	—	—	3	1	12	13	11	12	8	3	5	19	17	5	
April	4,8	4,9	4,5	4,7	32	6,5	16.	11	10	—	—	—	—	—	—	—	12	8	4	10	25	5	13	16	9	8		
Mai	4,0	4,8	4,6	4,6	35	13,0	27.	9	4	2	—	—	—	—	—	5	2	7	3	2	12	21	15	5	7	9	10	12
Juni	5,9	6,2	4,0	5,3	38	7,7	24.	11	9	—	—	—	1	—	2	—	6	9	8	10	4	4	1	2	16	38	7	
Juli	5,3	3,7	4,1	4,4	40	20,0	28.	8	4	2	—	—	—	—	2	—	10	6	4	7	40	6	—	10	5	14	7	
August	6,4	7,5	5,6	6,5	68	18,4	18.	17	10	2	—	—	—	—	2	—	2	10	7	2	6	7	2	4	20	28	17	
September . . .	7,5	7,2	3,2	6,0	118	20,4	8.	20	18	3	—	—	—	—	—	2	1	5	6	1	—	3	3	21	33	3	20	
Oktober	6,9	7,7	5,0	6,6	64	17,9	22.	18	11	1	1	—	2	—	—	3	1	9	4	1	4	7	3	23	16	24	11	
November	8,6	7,3	6,3	7,4	42	12,9	9.	15	6	1	6	5	—	—	—	1	1	15	1	4	4	21	2	9	15	24	10	
Dezember	8,2	8,1	7,3	7,9	84	20,7	31.	20	15	1	12	25	—	—	—	2	—	15	2	2	1	11	6	20	27	17	7	
Jahr Mittel	6,7	6,6	5,2	6,2	650	20,7	31. 12.	179	121	13	33	46	8	—	11	17	43	121	51	62	181	120	54	144	282	200	101	

1926

H_b = 7,5 m C_g = 54° 6' N λ = 13° 23' E H = 5 m

Monat	Luftdruck					Relative Feuchtigkeit				
	auf 0° Nord		p	9 ^p	Mittel	7 ^a	2 ^p	9 ^p	Mittel	Min.
	Mittel	Maximum								
Januar . . .	61,3	779,3	6	4,4	4,4	91	90	92	91	68
Februar . .	61,0	776,9	5	5,2	5,3	95	94	96	95	81
März	59,3	771,3	5	5,4	5,7	93	92	92	92	61
April	59,1	776,8	4	7,1	7,8	92	89	90	90	58
Mai	57,7	768,1	8	7,9	7,8	85	66	85	79	44
Juni	58,2	770,9	5	10,4	10,4	86	69	86	80	49
Juli	59,1	768,1	7	12,7	12,6	87	70	85	80	38
August . . .	61,1	771,1	1	10,6	10,9	90	66	84	80	45
September .	62,4	773,5	6	10,3	10,3	93	74	89	85	56
Oktober . .	56,6	773,9	5	7,1	7,1	91	81	92	88	60
November .	57,0	770,7	7	6,3	6,4	90	84	90	88	70
Dezember .	62,1	780,6	1	5,0	5,0	86	86	90	87	61
Jahr Mittel	759,6	780,6	4	7,7	7,8	90	80	89	86	38

h_t = 2,0 mh_r = 1,0 m

Monat	Bewöl				Windverteilung								
	7 ^a	2 ^p	e	trübe	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Januar	9,1	8,1	21	—	2	18	27	11	14	15	2	4	
Februar . . .	9,7	9,7	24	1	7	20	9	18	11	11	4	3	
März	6,4	6,6	11	2	9	11	9	2	13	22	20	5	
April	6,5	6,8	10	2	4	24	12	2	12	16	8	10	
Mai	7,0	6,4	9	—	24	21	3	5	10	18	3	9	
Juni	6,8	6,3	10	6	9	13	7	3	4	26	12	10	
Juli	6,5	5,3	7	15	9	23	1	5	8	13	5	14	
August	5,4	4,9	4	8	5	10	4	6	6	25	13	16	
September .	6,7	6,8	10	1	5	4	6	7	12	19	15	21	
Oktober . . .	7,9	7,7	14	7	3	9	6	3	10	24	10	21	
November . .	6,8	6,6	12	1	8	10	14	21	19	4	5	8	
Dezember . .	8,8	7,6	20	3	11	3	4	2	7	28	19	16	
Jahr Mittel	7,3	6,9	152	46	96	166	102	85	126	221	116	137	

Monat	Luftdruck auf 0° Normalschwere reduziert					Lufttemperatur: C°										Dampfdruck				Relative Feuchtigkeit					
	Mittel mm	Maximum mm	Datum	Minimum mm	Datum	7 ^a	2 ^p	9 ^p	Tages- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Tages- schwau- kung	Absol. Max.	Datum	Absol. Min.	Datum	7 ^a mm	2 ^p mm	9 ^p mm	Mittel mm	7 ^a Proz.	2 ^p Proz.	9 ^p Proz.	Mittel Proz.	Min. Proz.
Januar . . .	61,3	779,3	12.	748,3	2.	-0,4	0,9	-0,2	0,0	2,1	-1,7	3,8	7,1	26.	-9,0	14.	4,2	4,6	4,4	4,4	91	90	92	91	68
Februar . . .	61,0	776,9	26.	744,3	3.	1,7	3,3	2,1	2,3	3,9	0,7	3,2	9,5	23.	-4,5	8.	5,1	5,5	5,2	5,3	95	94	96	95	81
März	59,3	771,3	1.	743,0	4.	2,4	5,7	3,1	3,5	6,9	0,6	6,3	16,1	29.	-3,5	24.	5,2	6,5	5,4	5,7	93	92	92	92	61
April	59,1	776,8	3.	745,1	21.	6,5	11,8	7,5	8,3	13,1	4,0	9,0	20,9	15.	-0,4	3.+4.	6,8	9,4	7,1	7,8	92	89	90	90	58
Mai	57,7	768,1	27.	747,2	17.	9,4	13,9	9,9	10,8	14,8	6,2	8,5	22,8	28.	0,4	6.	7,7	7,8	7,9	7,8	85	66	85	79	44
Juni	58,2	770,9	29.	751,5	18.	13,9	17,7	14,2	15,0	18,7	10,9	7,8	23,9	21.	7,0	2.	10,2	10,5	10,4	10,4	86	69	86	80	49
Juli	59,1	768,1	1.	748,0	25.	16,7	21,0	17,2	18,0	21,9	13,9	8,0	29,0	19.	8,5	1.	12,3	12,7	12,7	12,6	87	70	85	80	38
August	61,1	771,1	30.	751,3	22.	14,5	19,5	14,9	16,0	20,4	11,5	9,0	25,4	11.	8,3	30.	11,1	11,1	10,6	10,9	90	66	84	80	45
September . .	62,4	773,5	30.	752,8	12.	12,1	16,8	13,2	13,8	17,9	10,4	7,5	25,1	1.	3,9	30.	10,0	10,6	10,3	10,3	93	74	89	85	56
Oktober . . .	65,6	773,9	5.	732,7	10.	6,4	9,5	7,0	7,5	10,4	4,5	6,0	17,2	3.	-1,8	25.	6,8	7,5	7,1	7,1	91	81	92	88	60
November . . .	57,0	770,7	2.	736,5	19.	5,3	7,9	5,9	6,2	8,7	3,7	5,0	14,1	18.	-2,0	2.	6,1	6,7	6,3	6,4	90	84	90	88	70
Dezember . . .	62,1	780,6	23.	742,4	18.	2,6	3,3	2,5	2,7	4,5	0,8	3,7	9,2	13.	-2,4	2.	4,8	5,1	5,0	5,0	86	86	90	87	61
Jahr Mittel	759,6	780,6	23. 12.	732,7	10. 10.	7,6	10,9	8,1	8,7	11,9	5,5	6,4	29,0	19,7	-9,0	14. 1.	7,5	8,4	7,7	7,8	90	80	89	86	38

Monat	Bewölkung				Niederschlag			Zahl der Tage										Windverteilung										
	7 ^a	2 ^p	9 ^p	Mittel	Summe mm	Tagesmaximum		Niederschlag			* ≥0,1	☒	△	▲	K	≡	heitere	trübe	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
						Betrag mm	Gemessen am	≥0,1 mm	≥1,0 mm	≥10,0 mm																		
Januar	9,1	8,1	8,3	8,5	38	6,5	24.	18	11	—	4	8	—	—	—	7	1	21	—	2	18	27	11	14	15	2	4	
Februar	9,7	9,7	9,3	9,6	39	6,4	11.	18	12	—	2	2	—	—	—	9	—	24	1	7	20	9	18	11	11	4	3	
März	6,4	6,6	5,1	6,0	33	7,3	10.	17	9	—	5	2	2	—	—	2	6	11	2	9	11	9	2	13	22	20	5	
April	6,5	6,8	4,6	6,0	36	8,4	27.	10	8	—	—	—	1	—	—	2	3	10	2	4	24	12	2	12	16	8	10	
Mai	7,0	6,4	5,9	6,4	19	5,8	15.	11	6	—	—	—	—	—	—	2	9	—	24	21	3	5	10	18	3	9		
Juni	6,8	6,3	6,0	6,4	81	20,3	23.	14	11	2	—	—	—	—	2	—	3	10	6	9	13	7	3	4	26	12	10	
Juli	6,5	5,3	4,8	5,5	129	42,5	11.	15	11	5	—	—	—	—	4	—	5	7	15	9	23	1	5	8	13	5	14	
August	5,4	4,9	3,9	4,7	74	31,0	12.	14	9	3	—	—	—	—	—	—	—	—	4	8	5	10	4	6	6	25	13	16
September . .	6,7	6,8	5,4	6,3	49	13,2	16.	14	9	1	—	—	—	—	—	3	2	10	1	5	4	6	7	12	19	15	21	
Oktober . . .	7,9	7,7	5,9	7,2	122	17,0	16.	23	18	4	2	—	—	—	1	1	5	2	14	7	3	9	6	3	10	24	10	21
November . . .	6,8	6,6	6,2	6,5	78	30,2	1.	17	12	2	—	—	—	—	—	5	3	12	1	8	10	14	21	19	4	5	8	
Dezember . . .	8,8	7,6	8,5	8,3	44	8,1	17.	19	15	—	3	1	—	—	—	5	—	20	3	11	3	4	2	7	28	19	16	
Jahr Mittel	7,3	6,9	6,1	6,8	742	42,5	11. 7.	190	131	17	16	13	3	1	9	33	32	152	46	96	166	102	85	126	221	116	137	

1927

H_b = 7,5 m C = 54° 6' N λ = 13° 23' E H = 5 m

Monat	Impfdruck					Relative Feuchtigkeit				
	auf 0° No					7 ^a	2 ^p	9 ^p	Mittel	Min.
	Mittel	Maximum	7 ^p	9 ^p	Mittel					
mm	mm	mm	mm	mm	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	
Januar . . .	56,5	768,7	4,8	4,8	4,7	89	85	89	88	56
Februar . .	64,7	778,0	4,1	4,5	4,2	84	73	88	82	61
März	57,0	774,9	3,5	6,2	6,2	91	71	88	83	44
April	55,0	766,4	3,0	5,6	5,8	86	69	83	80	40
Mai	60,4	773,1	3,9	6,7	6,7	81	63	83	76	38
Juni	58,5	768,7	3,5	8,8	9,1	86	73	84	81	38
Juli	58,1	764,5	3,0	12,6	12,7	89	70	85	81	36
August . . .	59,0	771,6	2,7	12,1	12,3	92	73	89	85	55
September .	56,5	771,5	3,1	9,7	9,8	90	73	88	84	49
Oktober . .	60,4	776,0	3,2	7,6	7,7	93	82	90	88	67
November .	61,6	774,7	3,4	4,9	5,0	89	85	88	88	63
Dezember .	63,2	779,9	3,5	3,2	3,3	83	84	82	83	61
Jahr Mittel	759,2	779,9	7,5	7,2	7,3	88	76	86	83	36

h_t = 2,0 mh_r = 1,0 m

Monat	Bew				Windverteilung								
	7 ^a	2 ^p	ere	trübe	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Januar	8,3	8,7		19	0	1	3	26	11	17	10	10	15
Februar . . .	7,1	6,1		13	9	14	4	6	1	10	14	5	21
März	6,7	6,2		10	2	4	15	8	11	17	19	1	16
April	7,3	7,5		11	2	2	7	5	5	6	28	30	5
Mai	6,0	5,8		10	2	13	15	6	2	5	17	24	9
Juni	6,9	6,8		13	3	7	9	3	7	15	27	10	9
Juli	5,7	5,7		10	8	8	20	6	5	8	17	12	9
August	6,8	7,0		11	3	0	11	8	1	26	18	10	16
September . .	6,0	6,0		6	3	2	5	21	7	19	24	7	2
Oktober . . .	6,4	7,3		12	8	3	2	11	4	22	20	15	8
November . .	8,1	7,9		17	5	0	13	7	4	14	28	6	13
Dezember . .	7,3	6,8		16	4	14	26	32	3	1	4	2	7
Jahr Mittel	6,8	6,8		148	49	68	130	139	61	160	226	132	130

Monat	Luftdruck auf 0° Normalsdruck reduziert					Lufttemperatur: C°											Dampfdruck				Relative Feuchtigkeit				
	Mittel	Maximum	Datum	Minimum	Datum	7 ^a	2 ^P	9 ^P	Tages- mittel	Mittl. Max.	Mittl. Min.	Tages- schwän- kung	Absol. Max.	Datum	Absol. Min.	Datum	7 ^a	2 ^P	9 ^P	Mittel	7 ^a	2 ^P	9 ^P	Mittel	Min.
	mm	mm		mm													mm	mm	mm	mm	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Januar . . .	56,5	768,7	25.	745,2	31.	1,6	2,9	1,9	2,1	4,0	0,3	3,7	8,0	10.	-4,2	6.-25.	4,6	4,8	4,8	4,7	89	85	89	88	56
Februar . . .	64,7	778,0	9.	747,1	1.	0,5	2,6	1,3	1,4	3,2	-0,7	3,9	9,2	25.	-7,0	21.	4,1	4,1	4,5	4,2	84	73	88	82	61
März	57,0	774,9	16.	741,1	26.	4,4	9,8	6,0	6,6	10,8	3,6	7,2	19,7	22.	-0,6	16.	5,8	6,5	6,2	6,2	91	71	88	83	44
April	53,0	766,4	19.	735,1	26.	4,9	9,3	5,3	6,2	10,6	2,8	7,8	17,3	20.	-1,8	28.	5,7	6,0	5,6	5,8	86	69	83	80	40
Mai	60,4	773,1	7.	749,3	23.	8,0	12,4	8,1	9,1	13,3	5,1	8,2	21,2	17.	-0,5	14.	6,6	6,9	6,7	6,7	81	63	83	76	38
Juni	58,5	768,7	16.	749,5	19.	11,8	15,6	12,0	12,9	17,2	8,5	8,7	25,8	17.	5,2	11.	8,9	9,5	8,8	9,1	86	73	84	81	38
Juli	58,1	764,5	31.	746,5	10.	16,7	21,3	16,9	18,1	22,2	13,9	8,3	27,9	7.	9,6	5.	12,6	13,0	12,6	12,7	89	70	85	81	36
August	59,0	771,6	31.	745,7	16.	15,5	20,0	16,1	16,9	20,8	13,4	7,4	27,6	8.	10,5	18.	12,1	12,7	12,1	12,3	92	73	89	85	55
September . .	56,5	771,5	1.	742,2	24.	12,1	16,5	12,7	13,5	17,3	10,1	7,2	24,0	7.	5,4	29.	9,6	10,1	9,7	9,8	90	73	88	84	49
Oktober . . .	60,4	776,0	9.	743,5	17.	7,3	11,1	8,6	8,9	12,3	5,9	6,4	18,0	27.	0,8	22.	7,3	8,2	7,6	7,7	93	82	90	88	67
November . .	61,6	774,7	26.	740,9	10.	1,2	3,2	1,8	2,0	4,2	-0,5	4,6	14,6	4	-12,3	20.	4,8	5,4	4,9	5,0	89	85	88	88	63
Dezember . .	63,2	779,9	29.	732,9	23.	-3,4	-1,8	-2,7	-2,7	-0,6	-4,9	4,3	5,2	24.	-14,5	29.	3,1	3,5	3,2	3,3	83	84	82	83	61
Jahr Mittel	759,2	779,9	29. 12.	732,9	23. 12.	6,7	10,2	7,3	7,9	11,3	4,8	6,5	27,9	7. 7.	-14,5	29. 12.	7,1	7,5	7,2	7,3	88	76	86	83	96

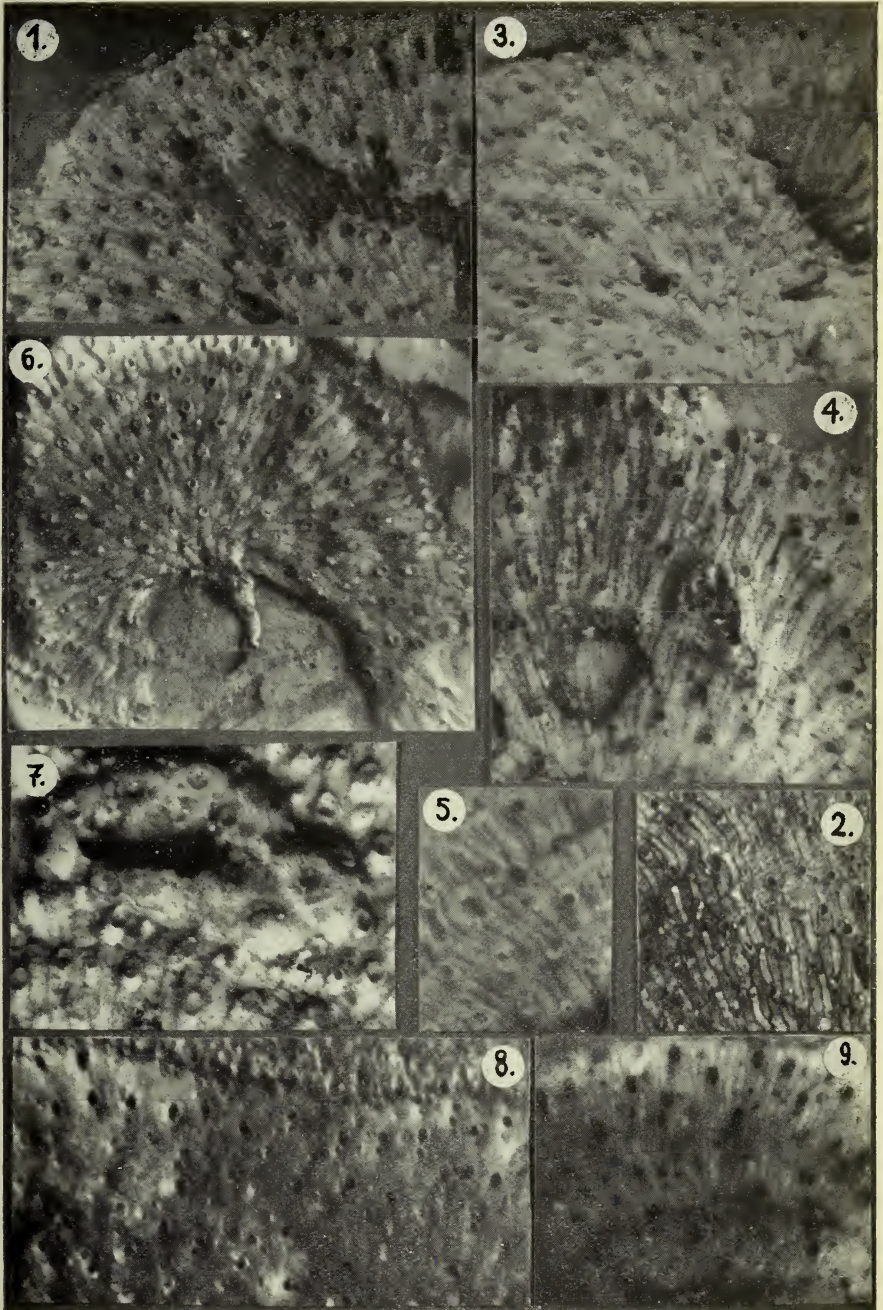
b_t = 2,0 m

Greifswald

b_r = 1,0 m

Monat	Bewölkung				Niederschlag			Zahl der Tage											Windverteilung								
	7 ^a	2 ^P	9 ^P	Mittel	Summe mm	Tagesmaximum		Niederschlag			*	⊗	△	▲	K	≡	heitere	trübe	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
						Betrag	Gemessen	≥0.1	≥1.0	≥10.0																	
						mm	an	mm	mm	mm																	
Januar	8,3	8,7	7,5	8,2	44	12,6	2.	17	11	1	4	4	—	—	—	1	1	19	0	1	3	26	11	17	10	10	15
Februar	7,1	6,1	6,4	6,5	22	4,8	5.	11	8	—	3	3	—	—	—	3	3	13	9	14	4	6	1	10	14	5	21
März	6,7	6,2	5,9	6,3	30	7,6	26.	13	8	—	—	—	—	—	—	5	10	2	4	15	8	11	17	19	1	16	
April	7,3	7,5	5,7	6,8	77	13,2	26.	21	14	1	—	—	—	1	1	—	—	11	2	2	7	5	5	6	28	30	5
Mai	6,0	5,8	4,9	5,7	42	15,3	17.	18	9	1	1	—	1	—	—	6	10	2	13	15	6	2	5	17	24	9	
Juni	6,9	6,8	6,2	6,6	150	33,0	7.	21	18	6	—	—	—	3	1	1	13	8	7	9	3	7	15	27	10	9	
Juli	5,7	5,7	5,1	5,5	150	35,0	19.	16	13	6	—	—	—	3	1	3	10	8	8	20	6	5	8	17	12	9	
August	6,8	7,0	5,7	6,5	192	56,3	26.	17	13	6	—	—	—	—	—	4	11	3	0	11	8	1	26	18	10	16	
September . .	6,0	6,0	4,2	5,4	54	16,4	15.	14	8	2	—	—	—	—	—	6	6	3	2	5	21	7	19	24	7	2	
Oktober . . .	6,4	7,3	6,1	6,6	58	9,0	4.	20	14	—	—	—	—	—	—	3	3	12	8	3	2	11	4	22	20	15	8
November . .	8,1	7,9	7,1	7,7	46	14,5	14.	19	10	2	4	12	1	—	—	8	—	17	5	0	13	7	4	14	28	6	13
Dezember . .	7,3	6,8	7,7	7,3	45	13,1	18.	13	8	1	10	17	—	—	—	2	2	16	4	14	26	32	3	1	4	2	7
Jahr Mittel	6,8	6,8	6,0	6,5	910	56,3	26. 8.	200	134	26	22	36	2	1	10	19	34	148	49	68	130	139	61	160	226	132	130

Tafel 1



5)
2
7-58

Mitteilungen

aus dem

Naturwissenschaftlichen Verein für Neuvorpommern und Rügen in Greifswald

—
Herausgegeben vom Vorstand
—

57. und 58. Jahrgang
1929/1930

Mit 19 Textabbildungen und 16 Tafeln



Greifswald
Verlag Ratsbuchhandlung L. Bamberg
1931

Mittlg. Nat. Ver. Neuvorp. Rügen	57/58	VIII, 142 S.	Greifswald 1931
-------------------------------------	-------	--------------	-----------------

1931



Otto Jaekel †

Aus der Paläontologischen Zeitschrift,
Bd. 11, Nr. 3, 1929

Mitteilungen

aus dem

Naturwissenschaftlichen Verein für Neuvorpommern und Rügen in Greifswald

Herausgegeben vom Vorstand

57. und 58. Jahrgang

1929/30

Mit 19 Textabbildungen und 16 Tafeln



Greifswald

Verlag Ratsbuchhandlung L. Bamberg

1931

Mittlg. Nat. Ver.
Neuvorp. Rügen

57/58

VIII, 142 S.

Greifswald 1931

Inhalt.

	Seite
Vorwort	V
Geschäftsbericht über die Jahre 1929 und 1930	VI
Sitzungen während der Jahre 1929 und 1930	VIII
 Wissenschaftliche Mitteilungen und Abhandlungen:	
I. S. Bubnoff: Otto Jaekel als Forscher	3
II. F. Krüger: Otto Jaekel als Persönlichkeit	10
III. Th. Handt und H. Kneser: Beispiele zur Iteration analytischer Funktionen	18
IV. K. Skowronnek: Der Erfinder der elektrischen Glühlampe — ein Deutscher	26
V. Siegfried Strugger: Zur Kolloidchemie des ruhenden Zellkernes	31
VI. Fritz Geßner: Ökologische Untersuchungen an Salzwiesen	53
VII. E. Leick u. G. Propp: Bodentemperaturen und Pflanzenwuchs in ihren wechselseitigen Beziehungen auf der Insel Hiddensee	79
VIII. R. N. Wegner: Durch Inner-Bolivien und Hoch-Peru	114

Vorwort.

Der Naturwissenschaftliche Verein für Neuvorpommern und Rügen bringt seinen Mitgliedern und Freunden trotz mannigfacher — in der allgemeinen Wirtschaftslage begründeter — Schwierigkeiten wieder ein stattliches Bändchen „Mitteilungen“ in der Hoffnung, daß es ihm neue Freunde und Gönner gewinnen hilft. Auch in diesem Jahr ist es nicht möglich gewesen, den Druck aus eigenen Mitteln zu bestreiten, und wir wissen dem Herrn Landeshauptmann der Provinz Pommern, der Gesellschaft von Freunden und Förderern der Universität Greifswald und dem Herrn Direktor der Universitätsbibliothek Dank, daß uns trotz der jetzt gebotenen Sparmaßnahmen Druckkostenzuschüsse gewährt werden konnten.

Greifswald, im April 1931.

P. Metzner.

Geschäftsbericht

über die Jahre 1929 und 1930.

- 1. Mitgliederzahl:** Der Verein zählte am 1. Januar 1929:
- | | |
|---|-----|
| an Ehrenmitgliedern | 2 |
| an ordentlichen Mitgliedern in
Greifswald und Umgegend . . . | 117 |
| an auswärtigen Mitgliedern . . . | 32 |
| zusammen | 141 |
- Neu eingetreten sind in den
Jahren 1929 und 1930 . . . 48
- Ausgetreten sind in den
Jahren 1929 und 1930 . . . 40
- Mithin vermehrte sich die Mit-
gliederzahl um 8
- auf insgesamt 149 Mitglieder.

- 2. Vorstand für 1930:** Prof. Dr. W. Steinhausen, 1. Vorsitzender.
Prof. Dr. E. Matthes, 2. Vorsitzender.
Prof. Dr. O. Dragendorff, 3. Vorsitzender.
Privat-Dozent Dr. S. Lange, 1. Schriftführer.
Oberassistent Dr. J. Richter, 2. Schriftführer.
Oberschullehrer W. Redmann, Kassenführer.

- für 1931:** Prof. Dr. P. Metzner, 1. Vorsitzender.
Prof. Dr. E. Matthes, 2. Vorsitzender.
Prof. Dr. O. Dragendorff, 3. Vorsitzender.
Privat-Dozent Dr. S. Lange, 1. Schriftführer.
Oberassistent Dr. F. Richter, 2. Schriftführer.
Oberschullehrer W. Redmann, Kassenführer.

3. Kassenbericht: 1929

Einnahmen	<i>R.M.</i>	Ausgaben	<i>R.M.</i>
Kassenbestand am 1. 1. 29	1 340.77	Vorträge	172.90
Zinsen in 1929	61.75	Druckkosten u. Porto für Einladungskarten . . .	83.29
Mitgliederbeiträge 1929 . . .	327.—	Hilfeleistungen	25.—
Restbeiträge aus den vo- rigen Jahren	30.—	Gewinnübertrag für 1930	1 478.33
Gesamteinnahmen	1 759.52	Gesamtausgaben	1 759.52

1930

Einnahmen	R.M.	Ausgaben	R.M.
Kassenbestand am 1. 1. 30	1 478.33	Druck der „Mitteilungen“	1 497.—
Zinsen in 1930 . . .	46.25	Vorträge	100.—
Erlös aus d. Verkauf von „Mitteilungen“ durch die Univ.-Bibl. . . .	15.50	Druckkosten u. Porto für Einladungskarten . .	95.23
Mitgliederbeiträge 1930 .	360.—	Hilfeleistungen	15.—
Restbeiträge aus den vor- rigen Jahren	60.—	Gewinnübertrag für 1931	252.85
Gesamteinnahmen	1 960.08	Gesamtausgaben	1 960.08

4. Bücheraustausch:

Im Tauschverkehr mit anderen deutschen und ausländischen wissenschaftlichen Gesellschaften und Vereinen wurden durch die Greifswalder Universitätsbibliothek im Jahre 1930 vom Jahrgang 1924—1928 der „Mitteilungen“ versandt . . 133 Bände.
Als Gegengabe für zugesandte „Mitteilungen“ gingen

hier ein im Jahre 1929 144 Bände,

im Jahre 1930 196 Bände, zusammen 340 Bände naturwissenschaftlicher Zeitschriften aus dem Deutschen Reiche und dem Ausland.

Diese stehen den Mitgliedern des Vereins im Lesesaal der Universitäts-Bibliothek gegen Vorzeigung der Mitgliedskarte während der Verkehrsstunden jederzeit zur Verfügung.

5. Vertrieb der „Mitteilungen“:

Von diesem Bande ab erscheinen die „Mitteilungen“ in Kommission bei der Ratsbuchhandlung L. Bamberg, Greifswald. Diese Firma übernimmt die Ankündigung der „Mitteilungen“ in der Deutschen Nationalbibliographie, die Versendung von Rezensionsexemplaren und die Verteilung an die Greifswalder Mitglieder; die auswärtigen Mitglieder erhalten die Hefte nach wie vor durch die Universitäts-Bibliothek Greifswald zugesandt.

6. Ältere Jahrgänge:

Von den Jahrgängen 1—4, 8—21, 37, 43, 45—56 der „Mitteilungen“ ist noch eine größere Anzahl von Exemplaren vorhanden, die durch die Ratsbuchhandlung L. Bamberg, Greifswald, zum Preise von 0,30—1,— RM. das Stück bezogen werden können. Gesucht werden Hefte der Jahrgänge 5—7, 25—31, 33—36 und 39; Angebote nimmt der 1. Schriftführer des Vereins, Dr. Lange, entgegen.

Sitzungen

im Jahre 1929:

16. 1. 1929. Dr. T. Schlomka-Halle:
Die physikalischen Methoden der Bodenforschung.
18. 2. 1929. Prof. Dr. Meisner-Greifswald:
Über Farbenblindheit.
29. 5. 1929. Privatdozent Dr. H. Backhaus-Greifswald:
Über physikalische Theorien von Sprache und Gehör.
3. 7. 1929. Prof. Dr. Riesser-Breslau und
Prof. Dr. Hey-Greifswald:
Rauschgifte und Giftsuchten.
25. 11. 1929. Dr. Werner Fischel-Greifswald:
Neuere Untersuchungen der tierischen Gedächtnis-
leistungen.
10. 12. 1929. Generaldirektor Wriedt-Bremen:
Ziele der Hochseefischerei.

im Jahre 1930:

4. 2. 1930. Prof. Dr. Braun-Greifswald:
Das Südende des Kjölen.
26. 2. 1930. Privatdozent Dr. Wilhelm Petzsch-Greifswald:
Aus der Vorgeschichte Neuvorpommerns und Rügen.
14. 5. 1930. Dr. Siegfried Strugger-Greifswald:
Die Kolloidchemie des ruhenden Zellkerns.
23. 5. 1930. Dipl.-Ing. Karl Skowronnek-Berlin:
Herstellung und Verwendung elektrischer Akku-
mulatoren.
21. 7. 1930. Prof. Dr. Bubnoff-Greifswald:
Gasausbrüche in niederschlesischen Bergwerken,
ihre Ursachen und ihre Verhütung.
27. 10. 1930. Prof. Dr. med. et phil. Rich. Wegner-Frankfurt a. M.:
Durch Inner-Bolivien und Hoch-Peru.
16. 11. 1930. Vorführung des Filmes:
Das Hohelied der Kraft, mit einleitendem Vortrag von
Dipl.-Ing. Karl Skowronnek-Berlin.
3. 12. 1930. Dr. med. Gottschalk-Stettin:
Vergleichende Betrachtungen über den Aufbau und
Abbau der organischen Substanz in der belebten
Natur.
-

**Wissenschaftliche Mitteilungen
und Abhandlungen.**

Zwei Reden, gehalten bei der Gedächtnisfeier
für Otto Jaekel im Geologisch-Paläontologi-
schen Institut der Universität Greifswald am
21. Februar 1930.

Otto Jaekel als Forscher.

Von Prof. Dr. S. Bubnoff.

Heute vor 2 Jahren waren in diesem Raume zahlreiche Freunde und Schüler von Otto Jaekel versammelt. An seinem 65. Geburtstage kamen sie zusammen, um ihm das Geleit in ein neues Leben zu geben; denn das war ja das Erstaunliche an diesem feurigen Temperament, daß es noch mit 65 Jahren unverbraucht war und dort mit etwas grundsätzlich Neuem beginnen wollte, wo andere ihr Lebenswerk als vollbracht betrachteten.

Aus der engeren Heimat zog es ihn in die Weite des größten Kontinents, dessen rätselvolle, unerschlossene Kultur mit der Problematik seines eigenen Wesens von jeher eng verknüpft war.

Es wird uns berichtet, daß er sich kaum je so frisch, so tatkräftig und jung gefühlt hatte als nun, wo er alle Bindungen des doch so erfolgreichen Gelehrtenlebens abgestreift hatte. Denn das, was er uns bedeutete, das, was er im Rahmen unserer Verhältnisse uns geben konnte, war vollbracht. Es liegt aber eine große Tragik darin, daß das Mehr an Leistungen, zu dem er sich berufen fühlte, ihm versagt blieb. Niemand hat wohl geahnt, daß wir heute hier zusammen kommen würden, um eines schon vor einem Jahre Dahingeshiedenen zu gedenken.

Über den äußeren Verlauf seines Lebens kann ich mich hier kurz fassen, da die Daten wohl den meisten unter Ihnen gegenwärtig sein werden. Geboren 1863 in Neusalz, studierte er zunächst in Breslau 1883—85 bei F. Römer, promovierte in München 1886 bei Zittel und war 1887—89 Assistent bei Benecke in Straßburg. 1894 wurde er a. o. Professor in Berlin und Kustos der Berliner Sammlungen, 1906 bekam er den Ruf nach Greifswald, wo er bis 1928 blieb, um dann einem Ruf als Paläontologe und Organisator des geologischen Unterrichts an die Sun-Yatsen-Universität in Kanton zu folgen. Kaum ein Jahr später erkrankte er auf einer Reise zu einem Geologen-Kongreß in Peking an Lungenentzündung und starb daselbst am 6. März 1929.

Seine wissenschaftliche Tätigkeit begann mit einer Arbeit über das schlesische Diluvium, der dann bald eine heute noch bedeutsame Untersuchung über das neu entdeckte Devon im Breuschtal in den Vogesen folgte. Von nun an beginnt aber die rein paläontologische Forschung immer mehr das Übergewicht zu erlangen, wobei ganz bestimmte Tiergruppen, vor allem die Pelmatozoen, oder festgewachsenen Stachelhäuter, die Fische, dann später auch eine Gruppe der Saurier für ihn in dem Vordergrund des Interesses standen.

Allgemeine Probleme der Paläontologie hat er auch mehrfach behandelt. Rein organisatorisch hat er auch durch Schriften über den paläontologischen Unterricht und 1912 durch Gründung der weit über den Rahmen Deutschlands hinaus geachteten Paläontologischen Gesellschaft viel zur Förderung und Verselbständigung dieser Wissenschaft beigetragen. Daneben gingen seit seiner Übersiedlung nach Greifswald seine diluvialen und diluvial-tektonischen Arbeiten in Pommern, deren letzter, leider nur fragmentarisch gebliebener Beitrag zur Geologie von Rügen Ihnen heute gedruckt vorliegt. Das Verzeichnis seiner wissenschaftlichen Arbeiten umfaßt über 200 Nummern.

Das Geologische Institut unserer alma mater, an dem er 22 Jahre gewirkt hat, verdankt O. Jaekel sehr viel; man kann sagen, daß er ihm die Form gegeben hat, in die das zum Teil schon vorher, in Deecke's Zeiten angesammelte Material gegossen wurde. Auch die zielbewußte Pflege der Heimatkunde, äußerlich ausgeprägt in der Gründung unserer schönen, mit seinen Bildern ausgeschmückte Landessammlung, ist untrennbar mit seinem Namen verbunden. Aber nicht von dieser Seite seiner Lebensarbeit, die bei Ihnen allen noch in frischer Erinnerung steht, die kaum hervorgehoben zu werden braucht, weil Sie ihren Spuren hier auf Schritt und Tritt begegnen, möchte ich heute sprechen, so sehr wir ihm auch gerade dafür zu Dank verpflichtet sind. Ich möchte versuchen, ihm dorthin zu folgen, wo das ureigenste Gebiet seiner wissenschaftlichen Tätigkeit verankert war, und wo seine wissenschaftlichen und künstlerischen Gaben zu einer weltanschaulichen Einheit verschmolzen, welche auch das Wesen seiner Persönlichkeit klärte — in das Gebiet der paläontologischen Forschung.

Wenn man das Wesen dieser Persönlichkeit definieren will, so tut man gut, die gewöhnlichen Schablonen der Einteilung zu verlassen. Insbesondere würde die etwas abgegriffene Trennung in Klassiker und Romantiker der Wissenschaft ihm, dem Feind jeden starren Systems gegenüber versagen. Die Frage warum ist in diesem Falle leicht zu beantworten! Jaekel war Künstler und seine künstlerische Grundeinstellung, präziser ausgedrückt — seine formale Begabung ist das irrationale, man kann vielleicht sagen metaphysische Prinzip, welches seinen Arbeiten Tiefe verleiht und sie über das Gebiet rein deskriptiver Naturwissenschaft hinaushebt. Es mag vielleicht sonderbar erscheinen, von Methaphysik bei einem Menschen zu reden, der allem Übersinnlichen so von Grund aus abhold war wie Jaekel, und doch möchte ich behaupten, daß eben eine solche Verankerung in einem außernaturwissenschaftlichen Prinzip das

Moment ist, welches ihn vor einem flachen Materialismus bewahrte und ihn sogar zwang, den schärfsten Vertretern desselben, wie Ernst Häckel, entschieden entgegen zu treten. Denn auch in wissenschaftlichen Dingen gilt oft der Satz, daß wir nur scheinbar unsere Argumente, in Wirklichkeit unsere Temperamente gegeneinander ausspielen (Chr. Morgenstern).

Es wäre nun durchaus verkehrt, diese künstlerische Einstellung, diese, ich möchte direkt sagen „Abneigung gegen Zahl und Maß einer exakten Naturwissenschaft“, die ihm zweifellos anhaftete, als unwissenschaftlich hinzustellen. Die unendliche Mannigfaltigkeit des Organischen erlaubt, ja verlangt sogar gelegentlich eine Betrachtung, die von der gewöhnlichen Schablone abweicht. Und man könnte in Jaekel's Schriften direkt den Nachweis führen, daß er dort wahr blieb, wo er seiner Grundeinstellung treu war, und dort irrte, wo er die ihm wesensfremde, exakte, d. h. physikalische Betrachtungsweise annahm.

Die Behauptung, daß Jaekel's künstlerische Betätigung auch für seine wissenschaftliche Grundlinie bestimmend war, bedarf vielleicht einer Begründung. Ich sehe das Entscheidende darin, daß das Problem der „lebend sich entwickelnden organischen Form“ es war, welches im Zentrum seiner Forschungsarbeit stand, wissenschaftlich als roter Faden durch alle seine Publikationen hindurchgehend, künstlerisch in seinen schönen Bildern sich wiederpiegelnd, technisch in seiner wunderbaren Begabung ausgeprägt, auch in den unscheinbarsten Fossilresten das biologisch Gegebene zu erfüllen und durch Präparation sichtbar zu machen.

Dabei darf man Form und formal nicht verwechseln, denn das Formale war ihm nicht Selbstzweck, sondern, wie er immer wieder betonte, Ausdruck und Resultat der Funktion, d. h. Ergebnis des Lebensprozesses. Die Form ist für ihn nichts Festes, sondern sie wird, um seine eigenen

Worte zu gebrauchen, „zu einem plastischen Teig unter dem Einfluß der Umwelt“. Hier enthüllt sich die Beziehung zu der bildenden Kunst, für welche ja die Form auch nur Ausdruck eines Prinzips oder eines schöpferischen Gedankens ist.

Als Jaekel seine wissenschaftliche Laufbahn begann, herrschte noch die rein beschreibende Paläontologie, die eigentlich nur eine Hilfswissenschaft der geologischen Forschung war. Die Form, insbesondere die versteinerte Form ausgestorbener Organismen, galt als etwas Gegebenes, Festes und zwar noch zu der Zeit, als die mächtig aufblühende Abstammungslehre den plastischen, fließenden Charakter der biologischen Form erwiesen hatte. Wohl erkannte man theoretisch, daß die Fossilien nur Zwischenstadien von Entwicklungsreihen darstellten, für diese selbst aber galt nur die Beobachtung am lebenden Objekt, und die einzige Methode bestand im Vergleich der Embryoentwicklung mit der Stammesentwicklung, die einzige Richtlinie in dem biogenetischen Grundgesetz Häckels. Denn die ersten tastenden Versuche zeigten eine Diskrepanz zwischen dem Resultat der Deszendenztheorie und dem überlieferten paläontologischen Material, eine Diskrepanz, welche dazu führte, lieber das paläontologische Material als lückenhaft und darum belanglos bei Seite zu schieben, ehe man sich veranlaßt sah, die Grundlagen des Systems zu revidieren.

An diesem Punkte setzte Jaekels Lebensarbeit ein, äußerlich, indem er mit fabelhafter Energie und erheblichen Opfern die Lückenhaftigkeit der Überlieferung zu überbrücken half — die mühevollen Präparationen der devonischen Fische von Wildungen, die opferreiche Ausgrabung der triasischen Saurier von Halberstadt seien hier nur erwähnt; innerlich, indem er die Gleichberechtigung des paläontologischen Formenkreises innerhalb der biologischen Disziplinen vertrat.

Die wichtigsten Leitgedanken, welche in mannigfaltigen Variationen und immer klarerer Formulierung bis zu seiner letzten großer Schädelarbeit aus dem Jahre 1927 wieder-

kehren, sind schon in seiner ersten großen paläontologischen Arbeit, der Beschreibung der Haie aus den Eocänschichten des Monte Bolca, 1894, formuliert. Der Organismus ist ihm das Produkt der Reaktion auf äußere Faktoren; die Paläontologie krankt an einer Unterschätzung der Lebenstätigkeit als formendem Prinzip; diese kann aber aus der Morphologie der Tiere deduktiv erschlossen werden. Die Lebensbedingungen sind das Entscheidende; nur wo diese gleich bleiben, erhält eine Form Dauer und Wert. So wird in dem Streit zwischen Darwin und Lamarck schon hier bewußt für letzteren Partei genommen und zugleich der Weg der physiologischen Morphologie aufgezeigt, den viel später der Wiener Forscher O. Abel entwickelt hat. Während aber Abel fast ausschließlich die Lebensfunktion betrachtet, bleibt bei Jaekel die vergleichende Anatomie bis zum Schluß das übergeordnete Prinzip.

Noch klarer und bewußter wird die Selbständigkeit, ja das Primat der Paläontologie und ihres Materials bei der Entscheidung entwicklungsgeschichtlicher Fragen in seiner großen Pelmatozoenarbeit 1899 formuliert. Die festgewachsenen Stachelhäuter, eine Formengruppe, deren Stammesgeschichte und systematische Klärung vor allem Jaekel zu verdanken ist, haben ihn bis zum Schluß seines Lebens beschäftigt. Wir besitzen noch zahlreiche Präparate der seltensten Objekte aus dieser Gruppe, die für ihn von besonderer Bedeutung war, weil hier die Lebensfunktionen in einfacher und klarer Weise mit der Form verknüpft sind. Schon in dieser ersten Arbeit betont er, daß in der Biologie die übliche Rekonstruktion der Stammesentwicklung aus den Daten der Entwicklung des Individuums, aus der Embryologie, durch die paläontologischen Tatsachen nicht gestützt wird und irreführend ist. Die endgültige Form ist der Ausdruck der Funktion, die Ontogenie und die Entwicklung des Individuums aber sind ein Notbehelf der Fortpflanzung, d. h. der vereinfachten Teilung mit einer

Konzentration des Fortpflanzungsproduktes auf geringstem Raum. Im Gegensatz zur fertigen biologischen Form wird die Form des Embryos nicht durch die Funktionen der Umwelt, sondern durch die Assimilation von Lebensstoffen bedingt.

Ich könnte noch viele Beispiele für die immer schärfere und prägnantere Fassung seines Gedankens vorbringen, daß die Form nicht ursprünglich ist, daß die Funktion das bildende Element darstellt. Er durchdringt vor allem seine zahlreichen bleibenden wertvollen Arbeiten über die eigentümlichen primitiven Panzerfische des Devons, deren Kenntnis ihm vor allem zu verdanken ist. Er kehrt wieder in seiner zum Teil wohl umstrittenen, in vielem aber sehr anregenden vergleichenden Schädeluntersuchung der Wirbeltiere, er ist der Leitfaden seiner letzten großen Arbeit über die Fische, die leider unvollendet blieb. Aber auch in allen seinen anderen vergleichenden anatomischen Arbeiten, in den Untersuchungen über die Saurier, in den Arbeiten über Trilobiten und *Orthoceras* finden wir stets dieses Prinzip der „*vis formativa*“, nicht im Sinne der abenteuerlichen Spekulationen des Mittelalters, sondern im Sinne einer Verlebendigung der Form, einer Unterordnung der Materie unter eine gestaltende Kraft.

Hier, bei einem Versuch, diese Kraft zu den Ergebnissen der modernen Physik in Beziehung zu setzen, mag er geirrt haben; doch befinden wir uns hier ja überhaupt an der Grenze naturwissenschaftlicher Erkenntnis, dort, wo der Trennungsstrich von rational und irrational noch nicht gezogen ist, vielleicht nie gezogen werden kann. Unvergessen wird ihm aber bleiben, daß er in seiner Generation wie wenige andere an der Beseelung der bisher toten Paläontologie mitgewirkt hat und dies kraft der ihm besonders eigenen Gabe künstlerischen Schauens, welches hinter der toten Form ihren lebendigen Sinn erahnte.

Otto Jaekel als Persönlichkeit

von Prof. Dr. F. Krüger.

Sehr geehrte Anwesende!

Will man der Persönlichkeit Jaekels gerecht werden, so muß man außer seiner wissenschaftlichen auch seine vielseitige andere Tätigkeit, vor allem seine künstlerische und seine organisatorische in den Kreis der Betrachtung ziehen. Man erkennt dann bald, wie bei ihm wissenschaftliche und künstlerische Begabung aufs engste miteinander verknüpft waren, und sieht die Vorzüge, aber auch die Gefahren einer solchen umfassenden Veranlagung. Anerkennende Bewunderung aber wird man der außerordentlichen Arbeitskraft zollen, die auf so verschiedenen Gebieten sich betätigte. Denn eine intensive wissenschaftliche Tätigkeit in Forschung und Lehre auf den weiten Gebieten der Geologie und Paläontologie, wie sie Professor Jaekel ausübte, nimmt die Kräfte im allgemeinen schon voll in Anspruch. Jaekels künstlerische Begabung aber beschränkte sich nicht auf ein rezeptives Erfassen, auf das Studium der Kunst verschiedener Zeiten und Völker, sondern äußerte sich auch in eigener künstlerischer Betätigung. Jaekel war ein sehr begabter Landschaftsmaler, der mit großer Leichtigkeit und Sicherheit künstlerische Motive erfaßte und mit Virtuosität zur Darstellung brachte. Die Vereinigung seiner eingehenden Studien über die Entwicklungsgeschichte der Menschheit mit seinem tiefgehenden Interesse besonders an der bildenden Kunst der alten Völker führte ihn zum Studium der Zusammenhänge zwischen der Kunst der europäischen und vorderasiatischen und der ostasiatischen Völker, speziell der Chinesen. Er hatte eine wertvolle Sammlung von Produkten ostasiatischer Kunst gesammelt, ohne vorher selbst in den Ländern ihrer Herkunft gewesen zu sein. In ver-

schiedenen Abhandlungen wußte er Probleme der ostasiatischen Kunstgeschichte unter Heranziehung seiner geologischen und ethnographischen Kenntnisse zu lösen. Mögen diese Arbeiten nicht vielleicht in jeder Hinsicht den Beifall der speziellen Fachgelehrten gefunden haben, so enthalten sie doch neue Anregungen und Hinweise, die auch später noch nützlich werden können. Auch in Vorlesungen über die ostasiatische Kunst wußte er seine Erkenntnisse einem weiteren Hörerkreis bekannt zu geben, indem er von dem selten geübten Rechte eines Professors der Philosophischen Fakultät Gebrauch machte, über jedes in der Fakultät vertretene Fach lesen zu dürfen.

Diese eingehende Beschäftigung mit den Problemen des Zusammenhanges der Kunst der verschiedenen Länder und Zeiten machten ihn jedoch nicht zu einem kosmopolitischen Träumer; denn er kannte und empfand auch tief die Bedeutung der Zusammenfassung des Eigenlebens eines Volkes in dem Staate, in der Nation. So erscheint es als ein selbstverständlicher Ausdruck seines vaterländischen Empfindens, daß er, der bereits über Fünfzigjährige, als Hauptmann der Landwehr in den Krieg, und zwar an die Front, zog, bis ihn eine Verwundung zur Rückkehr zwang. Aber auch die Ausübung des Kriegshandwerks nahm seine geistigen Kräfte nicht voll in Anspruch. Vielmehr ergriffen ihn jetzt die durch das ungeheure Geschehen neu aufgewühlten Probleme der staatlichen Organisation. Die biologische Grundeinstellung seiner naturwissenschaftlichen Erkenntnis wird auch hier zu dem Gesichtspunkt, unter dem er die staatliche Entwicklung betrachtet. So entstand bereits 1916 sein Buch über „Die natürlichen Grundlagen staatlicher Organisation“, in dem in interessantester Weise die Parallele biologischer und staatlicher Entwicklung ausgeführt wird. Das Buch enthält Erkenntnisse und Anregungen, die in vieler Hinsicht auch jetzt noch nützlich werden können. Unter dem Titel „Die biologischen Grundlagen staatlicher Entwicklung“ hat er später diesen Gegenstand auch in einer Vorlesung behandelt. Der Zusammenbruch nach dem Krieg warf freilich

zunächst die Anregungen und Pläne seiner Schrift über den Haufen, aber er erschütterte nicht seinen hoffnungsfreudigen Optimismus und ließ ihn nur neue Wege patriotischer Betätigung suchen, die er in der Mitarbeit an der Organisation der Leibesübungen der studierenden Jugend fand. Hierfür gebührt ihm der besondere Dank unserer Universität.

Eine Betätigung im vaterländischen Sinne bedeutet auch Jaekels Gründung der Greifswalder und Stettiner Gaugruppe der „Deutschen Akademie“, oder, wie sie genauer heißt, der „Akademie zur wissenschaftlichen Erforschung und zur Pflege des Deutschtums“. Die „Deutsche Akademie“ bezweckt die Förderung der deutschen Weltgeltung und erstrebt deutsche Kulturwerbung im Auslande, einmal durch die wissenschaftliche Arbeit der Herausgabe bedeutender deutscher Werke, wie der Rankes, Jean Pauls, Karl Maria von Webers und des großen Nationalökonomen List, sowie eines umfassenden deutschen biographischen Lexikons, dann aber auch durch eine praktische Betätigung, nämlich die Betreuung der höheren geistigen Interessen der Auslandsdeutschen und die Verbreitung der deutschen Kultur und der deutschen Sprache unter den fremden Völkern. Es sind das Aufgaben, die eigentlich einem Naturwissenschaftler ferner liegen. Umso anerkennenswerter ist die Energie, mit der es Professor Jaekel trotz anfänglicher großer Schwierigkeiten gelang, hier in Greifswald eine blühende Gaugruppe zu gründen und ebenso die Gründung einer Gaugruppe in Stettin fördernd anzuregen. Jaekels großes Verdienst um diese Gründung erkannte die Deutsche Akademie durch seine Ernennung zum Senator der Akademie an.

Bezeugen diese verschiedenen Betätigungen auf nicht fachwissenschaftlichem Gebiete die vielseitigen Interessen und den weiten Blick Professor Jaekels, so klingt in ihnen andererseits doch auch wohl eine gewisse Unbefriedigung über die Art und Möglichkeit seiner wissenschaftlichen Betätigung an der Greifswalder Universität durch. Dies dürfte einmal darin begründet sein, daß Jaekels eigentliches Forschungsgebiet die Paläontologie

war, während er an der Universität doch in erster Linie die Geologie zu vertreten hatte. Professuren der Paläontologie kennt Preußen auch heute noch nicht, während sie in anderen Staaten, u. a. auch in Österreich, längst existieren. Jaekel hat um die Errichtung von Professuren der Paläontologie in Preußen lange mit Energie gekämpft, ohne auch nur den geringsten Erfolg zu haben. Da nun immerhin die paläontologische Forschung von größerer Bedeutung sein dürfte als die Lehre der Paläontologie, ist es vielleicht dieser Umstand gewesen, der Jaekel schon frühzeitig auf den Gedanken der Gründung besonderer, von dem Lehrbetriebe der Universitäten losgelöster Forschungsinstitute brachte. Es steht fest und ist mir auch von ministerieller Seite bestätigt worden, daß Jaekel in der Tat zuerst den Gedanken der Gründung der Kaiser-Wilhelm-Institute entwickelt und mit Energie verfolgt hat. Wie es dann gekommen ist, daß zwar die Gründung solcher Forschungsinstitute erfolgte, daß man aber weder an die Spitze noch überhaupt in die Kommission für die Begründung dieser Institute Professor Jaekel berief, ist wohl keineswegs völlig klargestellt. Die Gründung eines Kaiser-Wilhelm-Institutes für Paläontologie, deren Erreichung Jaekel damals sehr nahe war, ist auch bis heute nicht erfolgt.

Es erscheint in höchstem Maße bedauerlich, daß diese Gründung nicht zustandegekommen ist; denn es dürfte nicht zweifelhaft sein, daß die wissenschaftliche Betätigung an einem solchen Institute der Veranlagung und den Fähigkeiten Jaekels in höherem Maße entsprochen hätte, als die der Leitung eines geologischen Instituts an einer kleinen Universität. Die drängende Fülle der Ideen hinderte Jaekel öfters an der sorgfältigen Durchführung im einzelnen. Ehe ein Gedanke nach allen Richtungen geprüft und begründet war, war er bereits durch einen neuen in den Hintergrund gedrängt. Soll eine solche Veranlagung zu einer vollen, ihr würdigen Entfaltung kommen, so muß ihr ein Stab befähigter und hinreichend zahlreicher, gut vorgebildeter Mitarbeiter zur Verfügung gestellt werden, welche die solide, mühevollle Kleinarbeit der exakten Ausführung und

Prüfung der aufgeworfenen Probleme und Anregungen zu leisten hat. Dazu wäre der Stab wissenschaftlicher Assistenten eines Forschungsinstitutes sehr viel geeigneter gewesen, als die Mitarbeit mehr oder weniger befähigter Doktoranden eines kleinen Universitätsinstitutes. So hat wohl Professor Jaekel, wenn auch mehr oder weniger unbewußt, unter dem drückenden Gefühl gelebt, nicht ganz an der richtigen Stelle zu stehen. Seine Natur strebte ins Weite und Große und fühlte die zu eng gezogenen Grenzen ihrer Betätigungsmöglichkeiten. Daher auch seine öfters gemachten Versuche, die nicht ganz vermeidliche Einförmigkeit des gesellschaftlichen Lebens einer kleinen Universitätsstadt durch neue gesellschaftliche Unternehmungen zu unterbrechen, welche eine geistvollere Form der Geselligkeit ermöglichen sollten.

Es ist wohl kein Zweifel, daß er in diesem seinem Wesen häufig mißverstanden und verkannt worden ist. Seine unter der Empfindung beengter Betätigungsmöglichkeiten umso stärker sprudelnde Quelle immer neuer Gedanken und Pläne ließ ihre öfters unzulängliche Durchführung nicht als die natürliche Folge eines für diese Natur nicht recht geeigneten Betätigungsfeldes, sondern leicht als Flüchtigkeit erscheinen, die gelegentlich auch als Vergeßlichkeit in Erscheinung trat. Haben wir es doch erlebt, daß er sich gelegentlich über die Nichtvorlegung eines Schriftstückes beklagte, das sich alsdann bereits mit seinem Namen unterzeichnet erwies. Andere Arbeitsbedingungen hätten sehr wahrscheinlich diese Dinge nicht in Erscheinung treten lassen. Im Zusammenhang damit steht das andere, daß er an seine Mitarbeiter Anforderungen stellte, die von diesen nicht immer verstanden, öfter noch nicht erfüllt werden konnten.

Es ist begreiflich, daß ein Mensch mit der künstlerischen Veranlagung und der weltumspannenden Phantasie Jaekels seine wissenschaftlichen Erkenntnisse zu einem Weltbild auszugestalten suchte, und daß er das, was er gefunden zu haben glaubte, einem größeren Kreise mitteilen wollte. So entstanden seine Vorlesungen über „Natürliche Weltanschauung“, die er

hier für Hörer aller Fakultäten hielt. In diesen versuchte er eine Weltanschauung auf biologischer Grundlage zu begründen, wie das, wenn auch in anderer Richtung, früher Haeckel in Jena versuchte. Und wie Haeckel in Jena, so wurde Professor Jaekel in Greifswald von den Vertretern der geisteswissenschaftlichen, vor allem der philosophischen und theologischen Disciplinen, stark beföhdet. Das war begreiflich, denn Jaekel rüttelte an vielem, was seit alters heilig war, und die Begründung seiner Angriffe entbehrte doch der unangreifbaren Beweise. Die von ihm vorgetragene Weltanschauung war eine weit, zu weit getriebene Extrapolation aus biologischen Erfahrungstatsachen. Jaekel betrachtete diese biologischen Tatsachen als eine so sicher begründete und — das ist das wesentliche — nicht mehr wesentlich zu erweiternde Basis, daß er darauf die Entscheidung über die größten und allgemeinsten Fragen gründen zu können glaubte. Aber jede zu weit getriebene Extrapolation ist gefährlich. Gerade der Naturwissenschaftler sollte wissen, daß nur das ständige Stützen auf die Erfahrung das Abgleiten von dem Wege zur Wahrheit verhüten kann. Deshalb werden die meisten Vertreter der Naturwissenschaften eine Erörterung der letzten und höchsten Probleme der Menschheit scheuen, weil sie befürchten, daß diesen Problemen der menschliche Geist vorläufig noch allzu hilflos gegenübersteht, und lieber mit Goethe Beruhigung suchen in dem Gefühl, „das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren“. Sucht man aber doch das kühne Selbstvertrauen derer, die wagemutig auch die höchsten Probleme von vielleicht beschränkter Erfahrungsbasis aus angreifen, psychologisch zu verstehen, so darf man nicht vergessen, daß dieser Versuch in gewissem Sinne die natürliche Reaktion darstellt gegen das nicht minder kühne Beginnen, nur mit Hilfe der Kraft des reinen Gedankens, losgelöst von den Stützen der Erfahrung, eine Weltanschauung begründen und die letzten Fragen lösen zu wollen. Nur wer die ganze Welt der Geistes- und der Naturwissenschaften von hoher Warte aus um-

fassend überschaut, — und wer könnte das heute noch! — dürfte hoffen, jenen weltanschaulichen Fragen vielleicht um eines kleinen Schrittes Länge näher zu kommen, als die Jahrtausende vor ihm.

Mögen wir also auch keineswegs eine einseitig biologisch begründete Weltanschauung als der Weisheit letzten Schluß betrachten, so dürfen wir doch andererseits nicht verkennen, daß sie ein Gegengewicht gegen die Anmaßung von anderer Seite bilden und gerade durch die Anreizung zum Widerspruch mannigfaltige Anregung geben kann, wie ja „der Streit der Vater aller Dinge ist“. Wie immer man sich zu dem aber auch stellen möge, jedenfalls wird man auch den Vertretern dieser biologischen Weltanschauung durchaus ideale Motive zubilligen müssen, wie es ja auch Franziska von Altenhausen gegenüber Haeckel tat, als sie ihm schrieb: „Die Menschen wissen ja nicht, welcher Idealismus in dem Manne steckt, der so grausam und bitter sprechen kann.“

Die erzwungene Emeritierung mit dem 65. Jahre fand Prof. Jaekel bei so frischen Kräften, daß er jetzt, ledig der Pflicht des bisherigen Amtes, hoffen mochte, sich einen neuen Wirkungskreis mit ihm gemäßeren Zielen zu erschließen. Er erstrebte die Errichtung einer Generaldirektion aller naturwissenschaftlichen Museen in Berlin, wie es eine ähnliche für die anderen Museen bereits seit langem gibt. Der Wert dieses Gedankens besteht darin, daß seine Verwirklichung die Zusammenfassung der verschiedenen naturwissenschaftlichen Museen in Berlin zu einer höheren Einheit ermöglicht und das oft Neben- oder Gegeneinanderarbeiten der einzelnen Museen unterbunden hätte. Die Bedeutung dieses Gedankens hörte ich auch im Ministerium anerkennen. Daß er bisher nicht verwirklicht wurde, dürfte wohl wesentlich in den finanziellen Nöten unserer Zeit begründet sein. Hoffen wir aber, daß diese von Professor Jaekel gegebene Anregung dereinst noch zum Leben erwachsen möge.

Als das Vaterland seiner Kraft keine Betätigung mehr geben wollte, wandte sich Jaekel ins Ausland und fand dort bald eine Möglichkeit, seine alten Pläne zu verwirklichen und

sein Wissen und Können in neuer Arbeit betätigen zu können. Dabei verband sich mit dieser Erfüllung für Professor Jaekel die andere, endlich in das Land seiner Sehnsucht zu kommen, nach China. Die künstlerischen Produkte dieses Landes hatten seine Seele gefangengenommen, der Zusammenhang der Kunst Chinas mit der Vorderasiens und Europas seine Forschung angeregt. Nun konnte er hoffen, diese Theorien und Hypothesen prüfen und bestätigen zu können. Jaekel wurde Professor in Canton. Ich habe damals manchen, der auch Professor Jaekel ferner stand, die vollste Anerkennung über diesen kraftvollen Entschluß äußern hören.

Bald kamen aus Canton begeisterte Briefe Jaekels, daß er den Bau eines geologischen Institutes und den einer geologischen Landesanstalt mit frischen Kräften begonnen habe. Ein neues Tätigkeitsfeld tat sich vor ihm auf. Er plante, andere deutsche Gelehrte nach Canton nach sich zu ziehen. Alle Aussicht war vorhanden, daß die Sun Jatsen-Universität in Canton eine Stätte deutscher Gelehrsamkeit werden würde, die das Ansehen der deutschen Wissenschaft im Auslande aufs neue zu heben berufen schien.

Da kam die unerwartete Nachricht, daß ihn mitten aus all den Plänen heraus in Peking eine Lungenentzündung dahingerafft hätte. Ihn riß der Tod heraus aus der Hoffnung auf die Erfüllung großer Pläne, größerer vielleicht, als sie das Leben bisher zu lösen ihm gewährt hatte. War es Schicksal, war es Fügung, daß er ihre Verwirklichung bisher nicht gefunden hatte? Oder gilt auch hier das Dichterwort: „Des Menschen Schicksal ruht in seiner eignen Brust“?

Wir aber haben es diesem Schicksal zu danken, daß Professor Jaekel unserer Universität seine Lebensarbeit geschenkt hat. Wir haben zu danken für die Fülle der Arbeit und der Anregungen, die sein nimmermüder Geist uns hinterlassen hat und die vielleicht erst später zu vollem Leben erwachen werden.

Beispiele zur Iteration analytischer Funktionen.

Von Th. Handt und H. Kneser.

In vielen Fällen ist ein erfolgreicher Ansatz zur Iteration einer Funktion fz^1), d. h. zur Untersuchung der Wertfolge

$$(1) \quad z_0 = z, z_1 = fz_0, \dots, z_{n+1} = fz_n, \dots$$

die Einführung einer neuen Veränderlichen

$$(2) \quad y = \varphi z.$$

Dann wird

$$(3) \quad y_1 = \varphi z_1 = \varphi f \varphi^{-1} y = g y^2).$$

Kann man durch geeignete Wahl der Funktion φ bewirken, daß g eine Funktion wird, deren Iteration man beherrscht — d. h. eine linear gebrochene Funktion —, so ist das Problem als gelöst anzusehen.

Bei der Iteration analytischer Funktionen sichert man die Existenz beliebig langer Folgen (1) im Existenzbereich der Funktion f , indem man annimmt, daß ein Fixpunkt $z = f\alpha$ dem Regularitätsbereich von f angehört. Bringt man ihn durch eine vorgängige Substitution nach (2) und (3) mit $y = z - \alpha$ in den Nullpunkt und bezeichnet man y und gy wieder mit z und fz , so wird

$$fz = a_1 z + a_2 z^2 + \dots$$

Im Falle $|a_1| \neq 1$ ist durch Arbeiten von Koenigs, Leau und Böttcher³⁾ nachgewiesen, daß die Substitution (2) mit einer in der Umgebung des Nullpunktes regulären und eindeutig umkehrbaren Funktion φ auf

$$gy = a_1 y \quad (a_1 \neq 0)$$

1) Die Klammern um das Argument einer Funktion lassen wir weg, wenn Mißverständnisse nicht zu befürchten sind.

2) Mit $z = \varphi^{-1}y$ bezeichnen wir die Umkehrfunktion von $y = \varphi z$.

3) G. Koenigs, Ann. Ec. Norm. (3) 1 Suppl. (1894), S. 3 —; L. Leau, Thèse (Paris 1897).

oder

$$gy = y^q \quad (q \geq 2; a_1 = \dots = a_{q-1} = 0; a_q \neq 0)$$

führt. Dieser Fall hat also kein besonderes funktionentheoretisches Interesse, wenigstens soweit man sich auf das Verhalten in der Nähe des Fixpunktes beschränkt.

Anders ist das, wenn $|a_1| = 1$ ist. Hier ist bisher nur der Fall mit allgemeinem Erfolg zu behandeln, daß a_1 eine Einheitswurzel ist. Ihn hat Fatou¹⁾ durch eine einfache Hilfssubstitution zurückgeführt auf die Iteration einer Funktion

$$fz = z + 1 + \frac{b}{z} + \frac{1}{z} \mathfrak{P}\left(\frac{1}{z^\gamma}\right),$$

worin γ positiv und \mathfrak{P} eine Potenzreihe ohne konstantes Glied ist. Fatou stellt fest, daß in einem Bereich, wie ihn Fig. 1 zeigt und der sich aus einer Halbebene

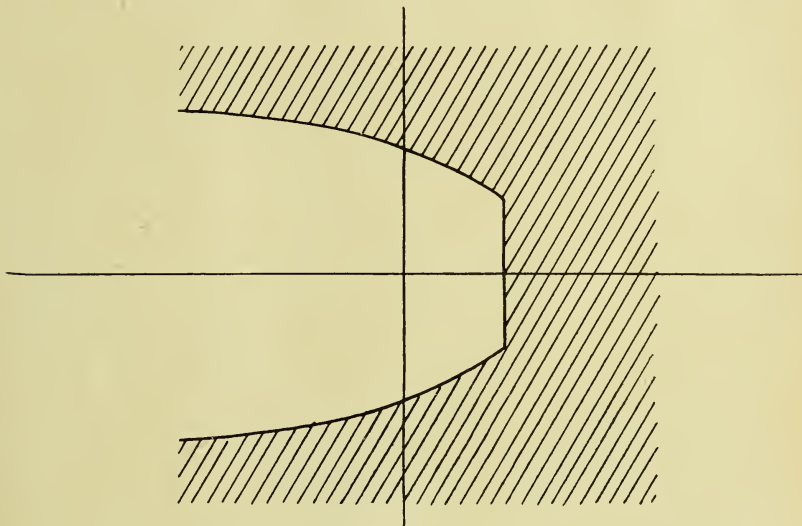


Fig. 1.

1) Bull. de la Soc. Math. de France 48 (1919), S. 161—271, besonders S. 190—200; Journ. de Math. (9) 3 (1924), S. 1—49, besonders S. 1—7.

$$\Re z > M$$

und einem Bereich

$$\Re z \leq M, \quad |\Im z| > \psi(\Re z); \quad \lim_{t \rightarrow -\infty} \frac{\psi(t)}{|t|} = 0$$

zusammensetzt, durch

$$(4) \quad \varphi z = \lim_{n \rightarrow \infty} (z_n - n - b \log n)$$

eine reguläre Funktion definiert wird, die nach (2) und (3) die zu iterierende Funktion fz in

$$gy = y + 1$$

verwandelt, die also der Abelschen Funktionalgleichung

$$(5) \quad \varphi fz = \varphi z + 1$$

genügt. Nach Fatou ist überdies in dem angegebenen Bereich

$$(6) \quad |\varphi z - z - b \log z| < C.$$

Eine eingehende Behandlung von Einzelfällen scheint hier erwünscht, wird sich aber selten durchführen lassen, wenn man die Funktion φ nach (4) aus einer einfachen Funktion f gewinnt. Dagegen bestimmt sich aus einer geeigneten, also jedenfalls (6) erfüllenden Funktion φ nach (5) sofort f zu.

$$(7) \quad fz = \varphi^{-1} (\varphi z + 1).$$

Dies führen wir im folgenden an den beiden einfachsten Beispielen so weit durch, daß zum Schluß f als diejenige Funktion gekennzeichnet wird, die einen gewissen Schlitzbereich auf einen gewissen anderen abbildet.

1.

Wir setzen

$$b = 1, \quad \varphi z = z + \log z$$

und verstehen unter fz zunächst die in einem Streifen um die positive reelle Halbachse durch (7) mit den reellen Zweigen von φ und φ^{-1} definierte Funktion. Zu ihrer Untersuchung ziehen wir die „stetige Iteration“ heran, d. h. wir setzen (mit reellem t)

$$(8) \quad \zeta(t, z) = \varphi^{-1}(\varphi z + t), \quad \varphi \zeta = \varphi z + t,$$

so daß

$$(9) \quad \zeta(0, z) = z,$$

$$(10) \quad fz = \zeta(1, z), \quad f^{-1}z = \zeta(-1, z)$$

wird, und differenzieren die zweite Formel (8) nach t :

$$(11) \quad \varphi' \zeta \frac{\partial \zeta}{\partial t} = 1, \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} = \zeta_t = \frac{1}{\varphi' \zeta} = \frac{\zeta}{\zeta + 1}$$

Durch diese Differentialgleichung mit dem Anfangswert (9) ist f bzw. f^{-1} nach (10) vollkommen bestimmt, wenn eine von $t=0$ bis $t=1$ bzw. von $t=-1$ bis $t=0$ reguläre Lösung mit dem Anfangswert (9) vorhanden ist. Unendlich kann ζ bei endlichen Werten von t nicht werden, da ζ_t für große Werte von ζ dem Grenzwert 1 zustrebt. Die Differentialgleichung (11) ist singularär nur für $\zeta = -1$; also ist f bzw. f^{-1} nicht definiert nur auf gewissen Stücken der nach dem Punkte $\zeta = -1$ einstrahlenden bzw. von ihm ausstrahlenden Lösungskurven von (11) in der komplexen ζ -Ebene. Diese Kurven erhalten wir, wenn wir in (8) für z den Wert -1 einsetzen:

$$(12) \quad \zeta + \log \zeta = -1 + \pi t + t.$$

Vergleichung der Imaginärteile gibt

$$\Im \zeta + \arg \zeta \equiv \pi \pmod{2\pi}$$

oder, wenn wir $\zeta = u + iv$ setzen,

$$v = 0, \quad u < 0,$$

d. h. die negative reelle Halbachse, oder

$$v + \operatorname{arctg} \frac{v}{u} = \pi,$$

$$(13) \quad u = -v \operatorname{ctg} v$$

Die reelle Achse strahlt nach dem Punkte -1 ein, die Kurve (13) von ihm aus. Die Endpunkte der oben genannten Kurvenstücke erhalten wir, indem wir z aus (8) mit $\zeta = -1$, $t = \pm 1$ bestimmen; es sind also auf der reellen Achse die beiden negativen Wurzeln r_1 und r_2 der Gleichung

$$-\eta - \log(-\eta) = 2,$$

mit den annähernden Werten

$$\eta_1 \approx -3,18, \quad \eta_2 \approx -0,10,$$

auf der Kurve (13) die beiden durch

$$u + \log \sqrt{u^2 + v^2} = 0, \quad v^2 = e^{-2u} - u^2$$

bestimmten Punkte η' und η'' , deren Lage annähernd durch

$$-0,32 \pm 1,34 i$$

gegeben ist (vgl. Fig. 2).

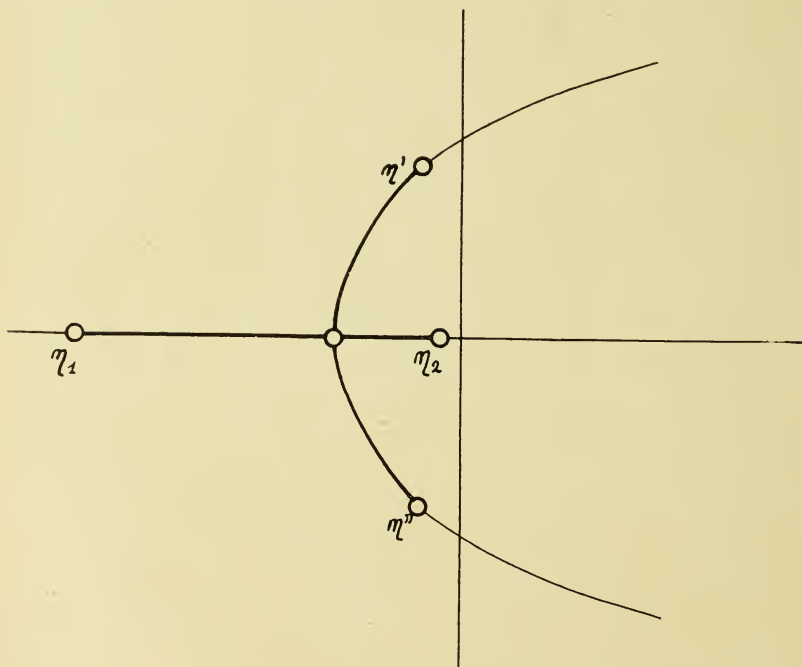


Fig. 2.

Bemerken wir noch, daß wegen

$$\lim_{\zeta \rightarrow \infty} \zeta_t = 1, \quad \lim_{z \rightarrow \infty} (\zeta(1, z) - z) = 1$$

die Funktion fz eine Entwicklung

$$fz = z + 1 + \mathfrak{P}\left(\frac{1}{z}\right)$$

gestattet, so können wir zusammenfassen:

Die durch (7) mit $\varphi z = z + \log z$ definierte Funktion fz bildet die von η_1 bis η_2 geradlinig aufgeschlitzte Ebene eineindeutig und konform ab auf die längs der Kurve (13) von η' bis η'' aufgeschlitzte Ebene. Das Vergrößerungsverhältnis im Unendlichen ist gleich eins. Die Punkte η_1 und η_2 gehen in den Punkt -1 über, die beiden bei -1 gelegenen Uferpunkte in die Punkte η' und η'' .

2.

Setzen wir in (7)

$$b = i, \quad \varphi z = z + i \log z,$$

so erhalten wir auf dem Wege über (8), (9) und (10) statt (11) die nur bei $\zeta = -i$ singuläre Differentialgleichung

$$(14) \quad \zeta_t = \frac{\zeta}{\zeta + i}$$

Statt eine reelle Bestimmung von φ und φ^{-1} zu bevorzugen — eine solche ist ja nicht vorhanden — bedenke man, daß der Hauptzweig von φ und seine Umkehrung in einer gewissen rechten Halbebene eindeutig sind. Wieder sind f und f^{-1} durch (9), (10) und (11) überall eindeutig definiert außer auf je einem Stück jeder in den Punkt $-i$ einstrahlenden bzw. von ihm ausstrahlenden Lösungskurve der Differentialgleichung (14). Diese Kurven erhalten wir durch Einsetzen von $z = -i$ in (8). Vergleichung der Imaginärteile ergibt

$$v + \log \sqrt{u^2 + v^2} = -1 + 2k\pi.$$

Bei den Zweigen durch den Punkt $-i$ muß $k = 0$ sein, also

$$(15) \quad u^2 = e^{-2v-2} - v^2.$$

Fig. 3 zeigt die Gestalt; die Zweige von links unten und rechts oben strahlen in den Punkt $-i$ ein, die beiden anderen von ihm aus.

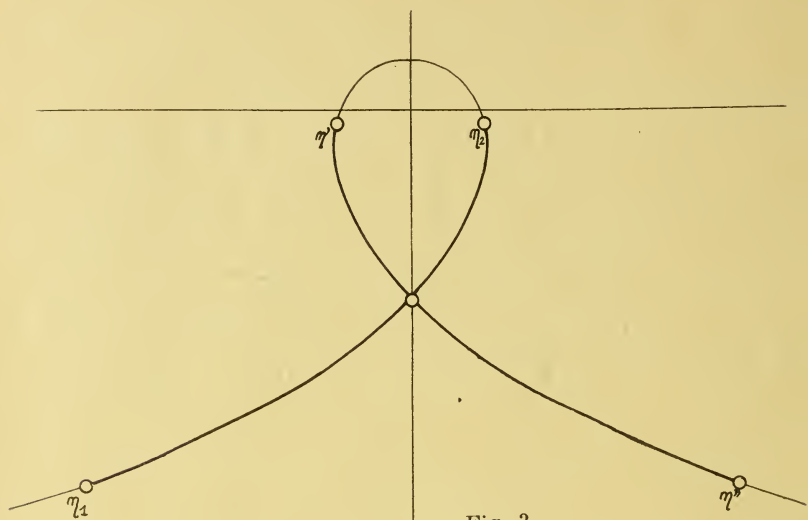


Fig. 3.

Um die Ausdehnung der genannten Kurvenstücke zu bestimmen, setzen wir $z = i$ in (8) ein und vergleichen die reellen Teile:

$$u - \operatorname{arctg} \frac{v}{u} = -(2k - 1/2)\pi + t,$$

(16)

$$v = -u \operatorname{ctg} (u - t).$$

Für $t = 0$ hat diese Kurve mit der Kurve (15) den Doppelpunkt $\zeta = -i$ gemeinsam; für positive t rückt aus ihm nach rechts oben und links unten je ein reeller Schnittpunkt der beiden Kurven heraus, für negative nach links oben und rechts unten. Der Verlauf der Kurve (16) zeigt, daß der aufsteigende Schnittpunkt bis zum Wert $t = -1$ die reelle Achse noch nicht erreicht und auch kein anderer sie überschreitet. Hierdurch sind die in Fig. 3 angegebenen Punkte η_1 , η_2 , η' und η'' unter den Schnittpunkten der Kurven (15) und (16) — die letztere mit $t = \pm 1$ genommen — eindeutig festgelegt; ihre Orte sind annähernd

$$\begin{aligned} \eta_1 &= -1,73 - 1,95 i, & \eta_2 &= 0,38 - 0,08 i, \\ \eta' &= -0,38 - 0,08 i, & \eta'' &= 1,73 - 1,95 i. \end{aligned}$$

Wie beim ersten Beispiel ergibt sich die Schlußfolgerung:

Die durch (7) mit $\varphi z = z + i \log z$ definierte Funktion fz bildet die längs des von links nach rechts ansteigenden Zweiges der Kurve (15) von η_1 bis η_2 aufgeschlitzte Ebene eineindeutig und konform ab auf die längs des absteigenden Zweiges von η' bis η'' aufgeschlitzte Ebene. Das Vergrößerungsverhältnis im Unendlichen ist gleich eins. Die Endpunkte des ersten Schlitzes gehen in den Punkt $-i$ über, seine beiden im Punkte $-i$ gelegenen Uferpunkte in die Endpunkte des zweiten Schlitzes.

Man stellt übrigens noch leicht fest, daß das Innere der Schleife der Kurve (15) auf sich abgebildet wird, und zwar mit dem Drehwinkel eins im Nullpunkt.

Der Erfinder der elektrischen Glühlampe — ein Deutscher

Von K. Skowronnek, Berlin-Lankwitz.

Vor einem Jahr wurden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika große Feiern veranstaltet, die die Öffentlichkeit erinnern sollten, daß Edison vor 50 Jahren die elektrische Glühlampe erfunden hat.

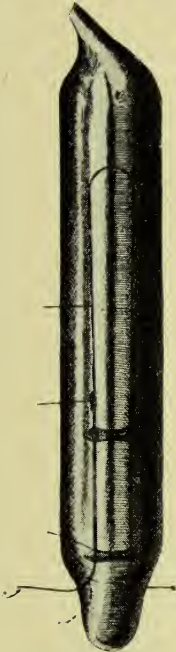
Prof. Dr. H. Beckmann wies im Jahre 1923 in einem aufsehenerregenden Aufsatz in der „Elektrotechnischen Zeitschrift“ darauf hin, daß der Deutsche Heinrich Goebel bereits 25 Jahre vor Edison brauchbare elektrische Glühlampen baute und öffentlich vorführte, und machte damit auf die vorher unbekannt gebliebene Tatsache eindringlich aufmerksam.

Goebels Leistung ist nur durch einen Zufall bekannt geworden. Kurz vor Ablauf des grundlegenden Patentes Edisons auf seine Glühlampe verklagte die Rechtsnachfolgerin Edisons, die Edison Electric Light Co., eine Reihe von Firmen, die sich ebenfalls mit der Anfertigung von Kohlenfadenglühlampen befaßten, wegen Verletzung der Patente. Alle Prozesse endeten mit der Verurteilung der Beklagten. Zu Anfang des Jahres 1893 wurde diese Klage auch gegen eine Gesellschaft in Boston erhoben. Dieser Prozeß verlief aber in einer unerwarteten Art: es war der verklagten Gesellschaft möglich, einwandfrei nachzuweisen, daß Jahrzehnte vor Edison der Deutsche Heinrich Goebel eine wirklich brauchbare elektrische Glühlampe gebaut und öffentlich gezeigt hatte.

Heinrich Goebel, ein gebürtiger Hannoveraner (Springe), war eine richtige Erfindernatur. Zuerst im väterlichen Geschäfte

tätig, fand dort sein Drang nach Beschäftigung mit Naturwissenschaften und Physik keine Befriedigung. Er sattelte um und wurde Uhrmacher und Optiker. Durch Anfertigung verschiedener Apparate für die Polytechnische Schule in Hannover hatte er vielfach Gelegenheit, technische Aufgaben zu lösen.

Im Alter von 30 Jahren sehen wir Goebel in New York landen und in einer ärmlichen Straße einen kleinen Laden aufmachen. [In seiner freien Zeit bastelte Goebel sehr viel. Eines Tages brachte er auf dem Dache seines Hauses eine elektrische Bogenlampe an, die von einer Batterie von 80 Elementen Strom erhielt. Dieser Versuch wurde ihm sehr übel genommen, die Nachbarn glaubten, ein Brand sei ausgebrochen, und er wurde als Brandstifter festgenommen.



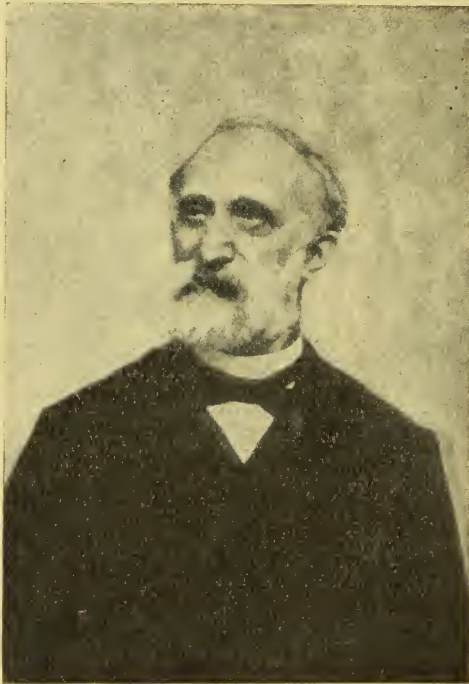
Goebel-Lampe

Diese abgespaltene Bambusfaser, an Metalldrähten befestigt, wurde in Glasgefäße eingeschlossen, die er sich aus alten Kölnisch-Wasser-Flaschen zurichtete. Von seinen Versuchen mit Barometern in Hannover her wußte er, wie man die erforderliche Luftleere herstellt; er füllte die Gefäße mit Quecksilber, schmolz lange Glasrohre an und kehrte sie um. Das Glasgefäß wurde dann zugeschmolzen, und die erste elektrische Glühlampe war fertiggestellt. Das war 1854—55.

Man darf nicht vergessen, daß die Stromerzeugung zu der Zeit, als Goebel seine Lampen baute, mit galvanischen Batte-

rien unwirtschaftlich war. Erst die Dynamomaschine ermöglichte es Edison, seine Glühlampen einer „elektrisch aufgeklärten“ Zeit zu geben.

Goebel verbesserte seine Lampen, beleuchtete mit ihnen sein Schaufenster und setzte sie abends in den Straßen von New York in Betrieb. Er fuhr mit einem selbstgebauten Fernrohr auf einem Wagen herum und benutzte die eingeschaltete Glühlampe als Reklame. Man könnte demnach Goebel als den Begründer der elektrischen Lichtreklame bezeichnen.



Heinrich Goebel

Goebel war ein sehr bescheidener Mensch, sonst hätte er aus seiner Erfindung ebenso Kapital geschlagen, wie dies Edison verstand. Der Prozeß, der Goebels Erfindungen wieder ans Tageslicht brachte, war reich an spannenden Momenten. Kein

Patentprozeß vorher wurde mit so großem Aufwand geführt. Mehr als 150 Zeugen und Sachverständige wurden vernommen. Das Gericht arbeitete außerordentlich sorgfältig, um einwandfrei festzustellen, wie und wann Goebel seine Lampen gebaut hatte. Goebel sagte unter Eid aus, wie er mit seinen Werkzeugen arbeitete, und mußte nach seinen eigenen Angaben und



H. Goebels Geburtshaus in Springe

Vorrichtungen Lampen bauen. Ebenso wurden von anderen Sachverständigen auf Grund der Angaben Goebels Lampen angefertigt; alle Versuche gelangen aufs beste. Es wurden Lampen von guter Leuchtkraft und guter Lebensdauer auf diese Weise

hergestellt. Die zahlreichen Zeugen verschiedensten Alters und verschiedener Nationen und Lebensstellungen sagten übereinstimmend aus, daß sie wiederholt auf Straßen und Plätzen die Goebel-Lampen brennend gesehen hätten, daß die Lampen gutes, helles Licht abgegeben hätten und daß Goebel bereitwillig jedem, der sich dafür interessierte, seine Lampen zeigte. Nach sorgfältiger Prüfung aller dieser vielen Zeugenaussagen und auf Grund der verschiedenen vorgelegten Sachverständigen-gutachten kam das Gericht zu dem Ergebnis, daß die Klage der Edison Electric Light Co. gegen Goebel und die mit ihm verbundene Gesellschaft abzuweisen sei, da durch die Untersuchungen die Behauptungen Goebels glaubhaft gemacht seien.

Bald nach Beendigung des Prozesses starb Heinrich Goebel in New York im Jahre 1893 an einer Lungenentzündung.

Der Elektrotechnische Verein Hannover hat es in dankenswerter Weise unternommen, zur Erinnerung an Heinrich Goebel am 14. September 1929 in seinem Geburtsort Springe bei Hannover eine Feier zu veranstalten, bei der am Geburtshause eine Gedenktafel enthüllt wurde. An der Tafel ist eine elektrische Glühlampe angebracht, die Tag und Nacht leuchtet, eine sinnige Ehrung für den hervorragenden Mann, der der Welt ein Werk schenkte, das heute Hunderttausenden Brot gibt und Millionen Menschen Licht spendet.

Zur Kolloidchemie des ruhenden Zellkernes.

Von Siegfried Strugger.

(Botanisches Institut Greifswald.)

Vortrag, gehalten in der Sitzung vom 14. Mai 1930
des Naturwissenschaftlichen Vereins für Neuvorpommern und Rügen.

I. Einleitung.

Hundert Jahre intensiver Forschung sind verflossen, seit der Entdeckung des Zellkernes durch A. Braun und Meyen. Damals in den ersten Jahrzehnten der Kernforschung stellte man sich in erster Linie die Aufgabe, das Vorhandensein eines Zellkernes als wichtiges Zellorganell in allen pflanzlichen Zellen nachzuweisen. Dies gelang schließlich auch fast restlos durch die Arbeiten von Schmitz (1880), in welchen auch der letzte Zweifel über das generelle Vorkommen eines Kernes in jeder höheren Pflanzenzelle beseitigt wurde. Über die Funktion des Zellkernes konnte man damals auf Grund der sehr unsicheren Kenntnisse nur auf dem Wege der Spekulation Aussagen machen. Die damaligen methodischen Hilfsmittel waren noch so mangelhaft, daß mitunter der Nachweis der Zellkernnatur eines protoplasmatischen Gebildes sehr schwierig und zweifelhaft wurde.

In den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts trat die Kernforschung in einen zweiten großen Abschnitt ein. Dieser nahm seinen Anfang durch Strasburger, der die cytologische Fixierungs-, Schneide- und Färbetechnik der Zoologen im Jahre 1875 auf das botanische Objekt übertrug. Von diesem Zeitpunkte an können wir mit Tischler (1921) von einer eigenen Sonderwissenschaft vom pflanzlichen Zellkerne, von der Karyologie sprechen.

Dieser zweite große Abschnitt der Kernforschung ist in seiner Eigenart insbesondere durch die starre Methodik bestimmt. Während die ersten Erforscher des Kernes diesen vornehmlich lebend betrachteten, wandte man sich von der Lebenduntersuchung fast vollständig ab und es wurde jede Zelle, welche der Untersuchung unterworfen werden sollte, mit einem Fixierungsmittel abgetötet, in Paraffin eingebettet, mit dem Mikrotom geschnitten und gefärbt. Auf dieser Untersuchungsmethodik fußen unsere ganzen Begriffe vom Zellkern, seiner Struktur, ja auch die theoretischen Überlegungen über seine Physiologie. Eine große Menge wertvollster neuer Entdeckungen hat die Biologie dieser Untersuchungsmethode zu verdanken. Ich möchte hier nur die Erforschung der Kernteilungsprozesse, der Chromosomenmorphologie u. a. hervorheben um auf die richtunggebende Bedeutung dieses Abschnittes der Karyologie aufmerksam zu machen. Fußt doch das Gebäude der Vererbungslehre heute zum Teil auf diesen von der Cytologie erarbeiteten Grundlagen.

Um die Wende des Jahrhunderts begannen sich jedoch Stimmen scharfer Kritik zu melden, welche auf die negativen Seiten der Fixierungscytologie hinwiesen. Insbesondere Fischer (1899), machte darauf aufmerksam, daß bei der Fixierung der lebendigen Zelle durch starke Fällungsmittel Strukturen entstehen könnten, die in ihrer Natur als sekundär entstandene Gerinsel oder Granulastrukturen mit den spezifisch vitalen Strukturen des lebenden Zellinhaltes nichts zu tun haben. Er konnte die Bildung von Gerinsel und Granulabildern aus Eiweißsolen durch die gebräuchlichen Fixierungsmittel im Modellversuch nachweisen, wodurch sein Einwand sehr bestärkt wurde. Auch Gurwitsch (1904, 1908) macht darauf aufmerksam, daß die gebräuchliche statische Betrachtungsweise der Kernstrukturen absolut nicht weiter führen könne und er weist darauf hin, daß diese einer dynamischen Betrachtungsweise Platz machen müßte.

Doch alle diese kritischen Einwände stießen auf den energischsten Widerstand der Cytologen, so daß diese neuen

Ideen nur sehr spärlichen Anklang fanden. Während die Erforschung des Cytoplasmas im 20. Jahrhundert zu einer kausalen, physikochemisch eingestellten Disziplin wurde, verblieb die Karyologie bis auf wenige Ausnahmen im alten Fahrwasser der morphologischen Cytologie.

Während sich in den letzten 3 Jahrzehnten unsere Begriffe über die Struktur des Cytoplasmas grundlegend dahin geändert haben, daß wir dasselbe als labiles kolloides System auffassen, welchem keine bestimmte mikroskopische Struktur zukommen kann, daß wir also beim Cytoplasma von einer statischen Auffassung der Struktur (wie sie charakteristisch von Bütschli, Altmann, Flemming u. a. vertreten wurde) zu einer dynamischen übergegangen sind, ist die Auffassung der Kernstrukturen historisch stecken geblieben und in weiten Kreisen noch ungefähr dieselbe, wie sie in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts für das Cytoplasma und den Zellkern gültig war. Wenn auch Tischler (1921) in seiner Karyologie schreibt, daß wir annehmen müssen, daß dem Zellkerne keine bestimmte Struktur zukomme, so beweisen es noch immer die Arbeiten von Martens (1927, 1928) u. a., daß wir es noch nicht zu einer dynamischen Auffassung der Kernstruktur gebracht haben.

Karyologie und Cytoplasmaforschung, welche ursprünglich zusammengingen, haben sich methodisch und begrifflich vollständig im Laufe der letzten Jahrzehnte getrennt und es wird die Aufgabe der zukünftigen Forschung sein, diese beiden Spezialwissenschaften wieder zu einer Einheit zusammenzuführen, welche ja schließlich auch der Kern und das Cytoplasma in der lebenden Zelle darstellt.

Der Grund für diese Spaltung dürfte wohl darin zu suchen sein, daß die Lebendbeobachtung und Strukturanalyse außerordentlich schwierig ist. Häufig ist der Kern infolge der Cytoplasmastrukturen und Einschlüsse einer Lebendbeobachtung gar nicht zugänglich. Auch die Wirkung äußerer Einflüsse ist aus dem gleichen Grunde sehr schwierig zu studieren.

Es kann aber noch ein außerhalb dieser Schwierigkeiten liegender Grund für die oben geschilderte historische Entwicklung gegeben werden. Derselbe besteht in der theoretischen Annahme einer morphologischen Chromosomautonomie, welche auf der unbedingten Prämisse einer Stabilität der Struktur des Ruhekernes fußt. Nachdem man bis jetzt noch keinen Anlaß hatte die morphologische Chromosomenautonomie zu einer physikochemischen zu stempeln, mußte diese Theorie die gesamte Strukturforschung mehr oder weniger beeinflussen.

Ziel der vorliegenden Schrift ist es, auf der Grundlage experimenteller Tatsachen unser causales Verständnis für die Kernstruktur zu vertiefen und unseren Strukturbegriff auf Grund dieser Tatsachen einer notwendigen Modification zu unterziehen. Möge diese Schrift ein weiterer Beitrag sein zur Überbrückung dieser Kluft, welche sich zwischen Cytoplasmaforschung und Kernforschung in den letzten Jahrzehnten immer mehr erweitert hat.

II. Strukturanalyse.

a) Im fixierten Kerne kann man auf Grund der Färbbarkeit zweierlei Substanzgruppen unterscheiden, die chromatischen Substanzen, welche stark färbbar sind und die schwach färbbaren achromatischen Substanzen. Auf Grund der Strukturen unterscheidet man in fixierten Kernen die Kerngrundsubstanz von den Gerüstsubstanzen. Die Kerngrundsubstanz oder die Karyolymphe ist achromatisch. Die Kerngerüstsubstanzen, welche Lundegårdh (1912) als Einheit unter dem Namen Karyotin zusammenfaßt, bestehen nach den Angaben der Cytologen aus dem achromatischen Liningerüst und dem chromatischen Chromatin. Außer Karyolymphe und Karyotin kann man als streng gesonderte Gebilde noch die in der Einzel- oder Mehrzahl auftretenden Nukleolen im Kerne unterscheiden. Das Karyotin bildet im fixierten und gefärbten Kerne fast in allen Fällen ein Retikulum, welches Schaedde (1927) als Raumgitter anspricht. Unzählig viele Variationen

der Struktur fixierter Kerne wurden von den Cytologen beschrieben, wobei ich auf das umfangreiche zusammenfassende Handbuch von Tischler (1921) hinweise.

b) Die ersten planmäßig vorgenommenen vergleichenden Untersuchungen über die Struktur des lebenden Kernes im Hellfelde nahm Lundegårdh (1912) vor. An den embryonalen Kernen der Wurzelspitzen von *Allium cepa* und *Vicia faba* konnte er sehr feine retikuläre Strukturen feststellen, wodurch die Meinung bestärkt werden konnte, daß der Ruhekern auch in vivo ein Kerngerüst besitze. Erst Schaede (1924) untersuchte kritisch dieses Objekt nach und konnte zeigen, daß Lundegårdh bereits desorganisierte Kerne untersucht hatte. Die Kerne der Wurzelspitzenzellen sind im lebenden Zustande nach Schaede optisch vollkommen leer und erst nach erfolgter Schädigung kann man Strukturen in ihnen erkennen.

In einem solchen Falle bleiben aber dennoch 2 Erklärungsmöglichkeiten. Es könnte einerseits der Kern in der Tat mikroskopisch strukturlos sein, oder es sind zwar retikuläre Strukturen da, aber sie sind infolge der Lichtbrechungsverhältnisse zwischen Karyotin und Karyolymphe unsichtbar. Diese Frage konnte meines Wissens bis jetzt noch in keinem Falle eindeutig entschieden werden.

Es gibt aber viele Kerne, welche auch in vivo ein deutliches Kernretikulum erkennen lassen. (Martens 1927, 1928.)

c) Eine der großen Hoffnungen der Zellforschung war im ersten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts die Ultramikroskopie. Man hoffte mit ihrer Hilfe in den Feinbau der lebendigen Substanz viel tiefer eindringen zu können, als es bis jetzt mit Hilfe des gewöhnlichen Mikroskopes der Fall war. Die Ultramikroskopie brachte aber für den Biologen eine schwere Enttäuschung. Es zeigte sich schließlich, daß es nicht möglich sei mit Sicherheit Ultramikronen im Plasma nachzuweisen, ja daß man in vielen Fällen weniger sah, als bei Hellfeldbeleuchtung. Die Schuld an diesem Mißerfolge trägt keinesfalls die vortreffliche Methodik, sondern ihre falsche Handhabung durch die Beob-

achter. Es geht eben nicht an mit Hilfe des Ultramikroskopes eine Struktur gleich bewerten zu wollen, wie bei der Beobachtung derselben mit dem Hellfeldmikroskop. Wohl aber bietet uns die Dunkelfeldmikroskopie die Möglichkeit, Veränderungen der Plasmastrukturen kolloidchemischer Natur viel besser verfolgen zu können, als im Hellfelde. Es erweist sich dabei die Möglichkeit Studien über die Dynamik der Strukturen im lebenden Substrate auf physikalischer Grundlage durchzuführen.

Gaidukov (1906) war der erste der den pflanzlichen Zellkern im Dunkelfelde untersuchte. In den Kernen von *Tradescantia* konnte er dicht gelagerte Mikronen erkennen, welche sich in reger B. M. B.¹⁾ befanden. Della Valle (1913) sah im Dunkelfelde keinerlei Kernstrukturen und erklärt den Kern für optisch leer. Marinesco (1912) gelangte an Nervenzellen zum gleichen Resultate, während Lepeschkin in Übereinstimmung mit Gaidukov in seiner Kolloidchemie des Protoplasmas (1924) angibt, daß er in vielen Kernen Mikronen in reger B. M. B., also disperse Phasen sehen konnte. Auch Price (1914) kam zu ähnlichen Ergebnissen. Meyer (1920) konnte im Dunkelfelde im Kerne nur ein diffuses Leuchten feststellen.

Es ergibt sich sonach ein recht verschiedenes Bild von der Dunkelfeldstruktur des Zellkernes und es war aus diesen Angaben heraus noch nicht möglich, diese Beobachtungen kausal auszuwerten und eine Verbindung mit der Fixierungscytologie zu schaffen, so daß Lepeschkin (1924) noch folgendes über die dispersen Phasen im Zellkerne schreibt: „Was nun die kolloidal-dispersen Phasen des Kerns anbelangt, so ist es noch nicht entschieden, ob dieselben ultramikroskopisch sichtbar sind. Das Kerninnere ist entweder zu dicht mit Mikronen erfüllt, oder diffus trübe, außerdem stört die körnige Trübung des Protoplasmas die Beobachtung. Nur weitere Spezialbeobachtungen könnten eine entscheidende Antwort auf die erwähnte Frage geben.“ (S. 96.)

1) Brownscher Molekularbewegung.

Die Nukleolen sind meist im Dunkelfelde unsichtbar. Man muß also bei Dunkelfelduntersuchungen immer damit rechnen, daß man bestimmte Strukturen aus physikalischen Gründen nicht erkennen kann. (Shiwago 1926.) Deshalb ist es für eine erfolgreiche Dunkelfeldanalyse unbedingt notwendig eine ständige Hellfeldkontrolle durchzuführen.

Die erste Aufgabe einer kolloidchemischen Durchforschung des Ruhekernes besteht nach dem Gesagten also darin, diese vom Standpunkte des Morphologen unvereinbaren Strukturbefunde zu einem einheitlichen Bilde auf experimenteller Grundlage zu vereinigen.

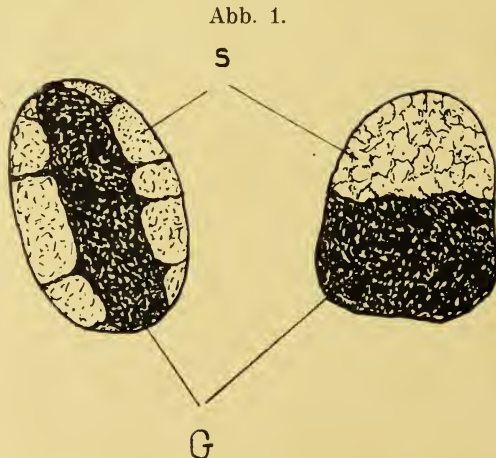
Als Material für die Dunkelfeldanalyse des Zellkernes nahm ich zunächst die großen Kerne der Internodialzellen von *Chara fragilis*. Beim Anschnitt dieser großen bis zu 6 Zentimeter langen Zellen strömt eine Komponente des Protoplasmas aktiv aus und bildet eine Plasmakugel, welche sehr viele große Kerne enthält. Dabei konnte ich unter Variation äußerer Einflüsse folgende Strukturänderungen in den Kernen mit Hilfe des Dunkelfeldes feststellen.

Im normalen Zustande sind die Kerne optisch vollkommen leer. Auch von den Nukleolen ist nichts zu sehen. Verletzt man die noch lebende Plasmakugel, so tritt alsbald eine deutliche Strukturänderung an den Kernen ein. Die ursprünglich optisch leeren Kerne, werden allmählich diffus bläulich. Dieses schwach bläuliche Amikronenlicht wird im Laufe einiger Minuten immer intensiver, ohne daß man irgend welche Teilchen auch bei bester optischer Ausrüstung erkennen kann. Dieses diffuse Amikronenlicht geht im Verlauf einiger Minuten in ein grau-blaues helles Leuchten über, wobei man bereits feine silberige Teilchen wahrnehmen kann, welche in Form eines Silbernebels alsbald den Kern vollständig erfüllen. Diese Partikelchen befinden sich in intensivster B. M. B. Man kann nun beobachten wie diese Teilchen immer lichtstärker werden, so daß man sie im Dunkelfelde bei mittlerer Vergrößerung bereits als hell leuchtende Partikelchen erkennen kann. Dieses Lichtstärker-

werden beruht auf einer Vergrößerung der Teilchen, so daß man diese bereits im Hellfelde sieht, was anfänglich nicht möglich war. Schließlich ist der Kern von hell leuchtenden Partikelchen dicht erfüllt, welche sich in register B. M. B. befinden. Dieselbe wird immer langsamer. Man sieht wie sich die Teilchen zu Aggregaten vereinigen, wobei die B. M. B. erlischt und der ganze Kern ist von einem granulösen Koagel erfüllt. Im Hellfelde sieht ein derartiger Kern so aus, als ob er fixiert wäre.

Außer dieser Endphase der Strukturänderungen konnte nach dem Verletzen der Plasmakugel noch eine andere sehr charakteristische Strukturänderung der Kerne beobachtet werden.

Sehr häufig trat der Fall ein, daß beim Ausflocken der leuchtenden Teilchen offenbar die Grundsubstanz des Kernes Wasser aufnahm und die Kernmembran in Form einer Blase



Kerne der Internodialzellen von *Chara fragilis*, deren kolloide Phasen (Karyotin und Karyolymphe) vollkommen entmischt sind. Das Karyotin bildet den stark färbbaren Gelteil G, die Karyolymphe den schwach färbbaren und im fixierten Zustande flockig oder retikulär struktuierten Solteil S.

von dem Koagulum abhob. In Abb. 1 ist ein derartiger Kern schematisch gezeichnet. G bezeichnet den aus den dispersen

Teilchen durch Koagulation entstandenen Gelteil, während S den durch Quellung des Dispersionsmittels entstandenen Solteil darstellt. Der Gelteil leuchtet im Dunkelfelde grell auf, der Solteil ist dagegen anfänglich optisch vollkommen leer. Die beobachteten Tatsachen können wir nun kolloidchemisch folgendermaßen auswerten.

Unter bestimmten Bedingungen erkennt man im Dunkelfelde im Kerne aufleuchtende Partikelchen, welche wir als disperse Phasen des Zellkernes zu betrachten haben. Dieselben bewegen sich in einer optisch leeren Grundsubstanz, die offenbar das Dispersionsmittel darstellt. Nach der Intensität der B. M. B. müssen wir das Dispersionsmittel als sehr dünnflüssiges Sol betrachten.

Zwei Phasen können wir also mit unseren Hilfsmitteln im Kerne erkennen. Das Dispersionsmittel, welches normalerweise optisch leer ist und ein dünnflüssiges Sol darstellt und die disperse Phase, die uns als Einheit erscheint. Die Mannigfaltigkeit der beobachteten Bilder läßt sich nun kolloidchemisch sehr leicht verstehen. In optisch leeren Kernen kann die disperse Phase entweder amikroskopisch dispergiert sein, oder sie kann in mikroskopischen Verteilungsgrad vorhanden sein. Ihre Unsichtbarkeit wäre dann durch die Lichtbrechungsverhältnisse bedingt. Das Auftreten eines zuerst schwachen, dann sehr starken diffusen Amikronenlichtes spricht eher für die erstere Möglichkeit.

Wir müssen sonach diese oben beschriebenen Strukturänderungen, welche sich beim Verletzen der Plasmakugel in den Kernen abspielen als Koagulationserscheinung betrachten. Dabei entmischen sich die beiden Phasen. Die disperse Phase flockt aus, bildet ein Koagel. Es kann das Dispersionsmittel Wasser aufnehmen wodurch auch die Phasentrennung mikroskopisch durch die Sol und Gelteilbildung viel augenfälliger wird.

Es ergibt sich nun die weitere Aufgabe diese Beobachtungen mit den strukturellen Erfahrungen der Fixierungscytologie und mit ihrer Nomenklatur in Einklang zu bringen. Zur Identifizierung der kolloiden Phasen mit den beiden an fixierten Kernen sicht-

baren Bestandteilen (Karyotin und Karyolymphe) eigneten sich naturgemäß die in einen Sol und Gelteil differenzierten Kerne. Dieselben wurden mit Osmiumsäure fixiert und mit gebräuchlichen Kernfarbstoffen gefärbt.

Dabei ergab es sich, daß die im Dunkelfelde sichtbare disperse Phase, welche im Kerne auskoaguliert und den Gelteil bildet, die stark färbbare Gerüstsubstanz des Kernes darstellt. Sie bildet im gefärbten Zustande ein dichtes Raumgitter, welches bei oberflächlicher Betrachtung granulös erscheint. Der Solteil, also das optisch leere Dispersionsmittel ist entweder fein körnig oder netzig, flockig strukturiert und sehr schwach färbbar. Es sind dies offenbar die achromatischen Bestandteile des Kernes. Es ergibt sich nun die Frage, ob die Struktur des Solteiles beim Fixieren entsteht, oder ob der Solteil a priori bereits strukturiert ist. Hier ist wieder das Dunkelfeld der geeignete Weg, um diese Frage klar beantworten zu können. Beobachtet man solche in Sol und Gelteil differenzierte Kerne durch längere Zeit hindurch, oder setzt man dem Präparate eine Spur Essigsäure zu, so kann man sehen, wie der anfänglich optisch leere Solteil bläulich zu leuchten beginnt und wie schließlich silberig leuchtende Teilchen sichtbar werden, welche sich in sehr intensiver B. M. B. befinden. Diese Teilchen vereinigen sich dann zu größeren Flocken, welche oft in träger B. M. B. in der optisch leeren Grundsubstanz der Solblase hin und her pendeln, sich schließlich vereinigen und ein netziges zartes Gerüstwerk bilden.

Aus diesem Versuche folgt, daß das Dispersionsmittel für die Gerüstsubstanzen im Kerne seinerseits wieder eine kolloide Lösung darstellt, welche unter bestimmten Außenbedingungen ihre Stabilität verlieren kann und ausflockt. Die im fixierten Zustande sichtbaren Strukturen sind also Artefakte, hervorgerufen durch das Fixierungsmittel.

Aus allen diesen Beobachtungen folgt weiterhin der Schluß, daß die disperse Phase im Zellkern das Karyotin darstellt und daß das Dispersionsmittel offenbar mit der Kerngrundsubstanz, der Karyolymphe, identisch ist.

Es ist mir weiterhin gelungen trotz der Unsicherheit mikrochemischer Reaktionen am Zellkerne, auch mikrochemische Hinweise für die Richtigkeit dieser Identifizierung zu erlangen. Die Gerüstsubstanzen enthalten nach Zacharias (1882, 1898, 1902) Nukleine, welche durch Pepsin-Salzsäure nicht verdaubar sind, während die Kerngrundsubstanz mit Pepsin-Salzsäure sehr leicht verdaulich ist, also aus wasserlöslichen Eiweißstoffen wahrscheinlich Albuminoiden besteht. Bei Trypsinverdauung tritt gestaffelte Lösung der Kernbestandteile ein. (Schwarz 1887.) In den ersten 15 Minuten der Einwirkungsdauer werden die chromatischen Bestandteile bereits gelöst und erst nach langer Zeit tritt die Lösung der Kerngrundsubstanz ein. Alle diese Reaktionen verliefen am Kerne mit vollständiger Phasentrennung positiv.

Meines Wissens ist dies die erste geschlossene Versuchsreihe, bei welcher eine Phasenanalyse am unfixierten Kerne und eine Identifizierung der Phasen mit den fixierungscytologischen Nomenklaturen geglückt ist.

Mit den Befunden an den Kernen der Internodialzellen von *Chara* konnte ich mich allein nicht begnügen. Es war notwendig teilungsfähige Kerne anderer Pflanzen auch einer derartigen Analyse zu unterwerfen. Es stellte sich heraus, daß bezüglich der Dunkelfeldstrukturen an allen bis jetzt untersuchten Kernen dieselben Verhältnisse gefunden werden konnten.

III. Labilität der Struktur und Ionenwirkung.

Viele Autoren konnten bereits darauf aufmerksam machen, daß die Struktur des Ruhekerne nicht stabil sondern labil sei. Bereits Klebs (1884) stellte an *Euglena* eine reversible Strukturänderung durch Druck im Zellkern fest, eine Tatsache, die neuerdings von Bělař (1930) an den Kernen embryonaler Blütenblattzellen von *Tradescantia virginica* genauer analysiert und kolloidchemisch als reversible Entmischungerscheinung gedeutet wurde. Herwerden (1925) erreichte an tierischen Kernen eine reversible Gelbildung durch verdünnte

Essigsäure. Strugger (1926) konnte an pflanzlichen Kernen eine solche reversible Gelbildung hervorgerufen durch Wasserstoffionen beobachten. Weber (1927) stellte an den Kernen der Schließzellen im Zusammenhange mit der Funktion derselben eine Strukturänderung fest. Auch durch Temperaturwirkung sind solche Zustandsänderungen der Kerne reversibler Natur bekannt (Hartmann 1917). Matruchot und Molliard (1902) geben eine vom Nährmedium abhängige Strukturänderung der Kerne von *Stichococcus* an.

Solche Studien über die Labilität der Kernstruktur sind, wie schon Tischler (1921) in seinem Handbuche angibt für das Verständnis derselben von außerordentlicher Bedeutung: „In Zukunft werden wir vor allem versuchen müssen, die Art und Weise, in der die Kerngerüstsubstanzen und die Karyolymphe miteinander verteilt sind, willkürlich abzuändern und damit die Struktur experimentell zu beeinflussen“ (Tischler 1921 S. 64).

In diesem Satze von Tischler ist zweifellos das wichtigste Programm der Karyologie angegeben. Es wurde bereits von einigen Seiten in Angriff genommen. Yamaha (1926) behandelt seine Objekte mit verschiedenen Chemikalien und Einflüssen physikalischer Natur vor, fixiert hierauf, schneidet und färbt. Auf diese Weise versuchte er die experimentell abgeänderten Strukturen festzustellen. Daß ein derartiges Vorgehen absolut zu keinem kausalen Ziele führen kann, wird uns aus den nachstehenden Ausführungen wohl selbstverständlich erscheinen.

Der von Hartmann (1919), Herwerden (1925) beschrittene Weg kann uns hier zum Ziele führen.

Über Salzwirkungen liegen in der Literatur recht wenig brauchbare Angaben vor. Lepeschkin (1924) spricht beim Zellkerne geradezu von einem Fehlen der Salzkoagulation. Obzwar die Befunde von Küster (1921) bereits darauf hinweisen, daß insbesondere die Kalisalze die Struktur des Zellkernes verändern können, blieben derartige Untersuchungen in der neueren Zeit vollkommen aus.

Programm meiner Untersuchungen war es, die Wirkung des Kaliumions auf den Zellkern mit Hilfe der vorhin angegebenen Untersuchungsweise zu studieren. Es ergab sich dabei die Schwierigkeit, daß in eine intakte Zelle nur sehr wenig von Kaliumnitrat eindringt. Es mußte also ein indirekter Weg betreten werden. Ich verschaffte bei meinen Experimenten dem Salze dadurch Zutritt, daß ich die Zellen verletzte. Es wurden Schnitte durch die Zwiebelschuppen von *Allium cepa* hergestellt und in die betreffenden Salzlösungen gegeben. Die Kerne solcher angeschnittener Zellen sind noch aller Strukturänderungen befähigt, also nicht irreversibel desorganisiert¹⁾. Nachdem es schließlich auch an unverletzten noch plasmolysierbaren Zellen gelang dem Salze in der gewünschten Konzentration Zutritt zum Zellkerne zu verschaffen und dabei die gleichen Ergebnisse erhalten werden konnten, so besteht über die Allgemeingültigkeit dieser Zustandsänderungen der Kerne hervorgerufen durch das Kaliumion wohl kein Zweifel. Gleich die ersten Versuchsreihen zeigten, daß die wirksamsten Konzentrationen hypotonisch sind und daß ein ausschlaggebender Faktor für die Ionenwirkung auf den Kern die Konzentration ist.

In 0,05 Mol KNO_3 sind die Kerne im Hell- als auch im Dunkelfelde optisch leer. Fixiert man derartige Kerne mit verschiedenen Fixierungsmitteln, so erhält man je nach der Fällungskraft des angewandten Fixierungsmittels verschiedene Struktur-bilder. Osmiumsäure ruft eine mikroskopisch kaum sichtbare Granulation hervor, während Chromsäure oder Pikrinsäure mehr oder weniger grobe Raumgitterstrukturen liefern. Daraus können wir ohne weiteres erkennen, daß die Kerne in dieser Salzkonzentration sich im Solzustande befinden, wobei das Karyotin amikroskopisch in der Karyolymphe zerteilt ist. In 0,10 bis 0,15 Mol zeigen sich im Dunkelfelde silberig leuchtende Teilchen im Kerne, welche sich in sehr reger B.M.B. befinden. Bei weiterer Konzentrationssteigerung auf 0,17 Mol tritt nun voll-

1) Die Begriffe Reverseibilität und Irreverseibilität sind hier kolloidchemisch aufzufassen.

ständige Koagulation der Karyotinteilchen ein, so daß sich ein Kerngerüst von oft sehr charakteristischer Gestalt bildet. Gleichzeitig tritt eine Volumsvergrößerung durch Quellung der Karyolymphe ein. Auch bei den Kernen von *Allium* konnte in dieser Konzentration mitunter eine typische Sol-Gelteilbildung festgestellt werden. Die Kerne von *Chara fragilis* zeigen eine solche Differenzierung in 0,2 Mol immer. Das Kerngerüstwerk, welches bei *Allium* durch die Koagulation der dispersen Phasen entsteht, wird durch die Quellung der Kerne parallelfädig ausgezogen, was auf eine sehr zähflüssige Konsistenz des Karyotins schließen läßt. Werden solche Kerne fixiert, so erhält man im gefärbten Präparate das typische Kernretikulum in unveränderter Form.

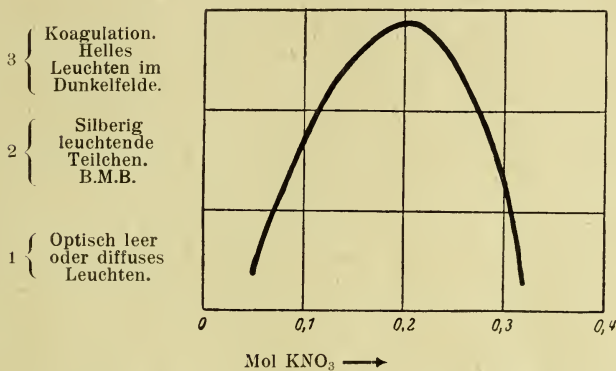
Bei weiterer Steigerung der Konzentration auf 0,3 Mol KNO_3 tritt wieder eine Auflösung des Kerngerüsts ein. Das Karyotin dispergiert sich wieder, der Kern erscheint erfüllt von leuchtenden Teilchen, schließlich werden dieselben unsichtbar und man sieht nur mehr ein diffuses Amikronenlicht. Dieses verschwindet auch und die Kerne sind in 0,3—0,4 Mol optisch vollkommen leer und verhalten sich bei Fixierung gleich wie solche Kerne die mit 0,05 Mol KNO_3 vorbehandelt wurden.

Kolloidchemisch betrachtet haben wir bei dieser Salzwirkung prinzipiell die gleichen Vorgänge vor uns, wie wir sie bei der Degeneration der Charakerne beschrieben haben. Alle diese Stadien sind durch Konzentrationsveränderung im Präparate an einem Kerne beobachtbar und sind reversibel. Der kolloidale Zustand des Kernes (Solzustand: amikroskopische und mikroskopische Dispersion des Karyotins, Geldzustand: Ausflockung des Karyotins, Peptisation des Koagulums) ist nicht so sehr von der Art des Ions bedingt, sondern in erster Linie von der Konzentration.

Beim Studium der Salzwirkung auf die Plasmakolloide sprach man immer von einer spezifischen kolloidaktiven Wirkung eines Ions. Dieses Vorgehen muß auf Grund der vorliegenden Resultate einer sehr scharfen Kritik unterzogen werden.

Wir erhalten bei unseren Versuchen sonach eine typische Flockungskurve des Karyotins in der Abhängigkeit von der Konzentration des Kaliumnitrates. (Abb. 2). Ich habe mir

Abb. 2.



Die für alle bis jetzt untersuchten Pflanzen gültige kurvenmäßige Darstellung der Abhängigkeit der Dispersitätsverminderung und Flockung des Karyotins von der Konzentration der KNO_3 -Lösung. Näheres im Text.

nun die Frage zur experimentellen Prüfung vorgenommen, ob diese Flockungskurve für KNO_3 je nach der Pflanzenspezies verschieden sein würde. Daraufhin geprüft wurden die Zellkerne von *Chara fragilis*, die Kerne der Pollenmutterzellen von *Tradescatia virginica* und *Phlox suffruticosa*. Alle Experimente lehrten die überraschende Tatsache, daß der quantitative Verlauf der Flockungskurve bei allen untersuchten Pflanzenarten derselbe ist. Es ist dies ein sicherlich nicht zu unterschätzender Hinweis für die physikalisch-chemisch einheitliche Organisation der lebendigen Materie.

Weiterhin mußte untersucht werden, wie die Flockungskurven verschiedener Kalisalze aussehen. Obzwar die Untersuchungen erst im Gange sind, kann ich bereits für das Sulfat und Chlorid Angaben machen.

Das Chlorid weist sein Flockungsmaximum auch um 0,2 Mol auf. Das Sulfat bewirkt bei einer erheblich geringeren Konzentration die Flockung des Karyotins (0,075 Mol).

Nachdem alle diese Untersuchungen an geschädigten überlebenden Zellen gemacht wurden, war es von besonderem Interesse, einen Weg ausfindbar zu machen, um noch lebende plasmolysierbare Zellen auf diese Weise experimentell behandeln zu können.

Ungeschädigte normale Zellen konnten bei Behandlung mit 1 molarer KNO_3 Lösung rasch zur Plasmolyse gebracht werden. Die Kernstruktur, welche granulös ist, zeigt keinerlei Veränderung. Nach 24stündigem Verweilen in der Lösung trat die von Höfler (1928) für Kalisalze beschriebene Kappenplasmolyse ein. Wie schon Höfler (1928) im Anschlusse an die Beobachtungen von Küster (1921) erwähnt, sind die Kerne in solchen Präparaten kreisrund prall gespannt und vollkommen hyalin. Im Dunkelfelde sind sie optisch leer und sie befinden sich im Solzustande. In Kaliumsulfat konnte dieses Homogenwerden schon nach einer $\frac{1}{2}$ stündigen Einwirkung der Lösung beobachtet werden. Die wirksame Konzentration zur Homogenisierung liegt bei 0,05 Mol KNO_3 . Bei K_2SO_4 ist sie dagegen noch kleiner, unter 0,05 Mol. Nachdem von diesen Salzen in eine intakte Zelle nicht mehr eindringen dürfte, so kann es nicht wundernehmen, daß an intakten Zellen diese Zustandsänderungen nur in den Anfangsstadien sichtbar werden.

Beim Herstellen von Flächenschnitten von der Epidermis der Zwiebelschuppen von *Allium cepa* tritt im hypotonischen Medium Scheinplasmolyse also Vakuolenkontraktion ein. Solche Zellen verhalten sich gegenüber Kalisalzlösungen prinzipiell anders. Die Zellen sind plasmolysierbar, die innere Vakuolengrenzschicht des Plasmas also semipermeabel. Die äußeren Grenzschichten dagegen sind bei solchen Zellen für Kaliumsalze vollständig permeabel, so daß dieselben ungehindert zum Kerne gelangen können. Alle für die Kerne der angeschnittenen Zellen beobachteten Veränderungen durch verschiedene Konzentrationen von Kaliumnitrat konnten an den Kernen der noch plasmolysierbaren Zellen mit Vakuolenkontraktion wiedergefunden werden. Es ist dies ein wichtiger Hinweis für die Möglichkeit solcher

Zustandsänderungen in der intakten lebenden Zelle und für die Brauchbarkeit dieser Methode für das Studium der Permeabilität von Salzen in das Cytoplasma.

Es ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß in der Zelle das Kaliumion und andere Ionen als Regulator der kolloidchemischen Zustandsänderungen im physiologischen Geschehen eine bedeutendere Rolle spielen als man es bis jetzt angenommen hatte.

IV. Der kolloide Bau des Ruhekernes. (Zusammenfassung.)

Wir können abgesehen von den Nukleolen im Ruhekerne 2 mikroskopisch sichtbare Phasen erkennen. Diese beiden Phasen sind identisch mit den beiden am fixierten und gefärbten Kerne sichtbaren Kernbestandteilen (Karyotin und Karyolymphe).

Karyolymphe:

Dieselbe ist unter normalen Bedingungen ein dünnflüssiges optisch leeres Sol. Erst durch Säurezusatz und bei vollständiger Desorganisation flockt in ihr eine Phase aus, die wir auf Grund mikrochemischer Hinweise als peptisierbares Eiweiß erkannt haben. Diese ausflockende Phase kann ein zartes schwach färbbares Gerüstwerk bilden und ist möglicherweise mit dem Linin der Fixierungscytologie zu identifizieren.

Karyotin:

Schon auf Grund theoretischer Überlegungen ist das Karyotin ein sehr kompliziert gebautes kolloides System. Mit unseren heutigen Hilfsmitteln erscheint es uns aber als einheitliche Phase.

Es bildet mit der Karyolymphe ein komplexes kolloides System, in welchem die Karyolymphe das Dispersionsmittel für das Karyotin darstellt.

Dieses System ist außerordentlich labil, so, daß der Dispersitätsgrad des Karyotins in hervorragender Weise durch Aussenfaktoren bestimmt wird. Durch diese Dispersitätsschwankungen ergeben sich drei grundverschiedene Bilder der Kernstruktur.

a) Die Kerne erscheinen optisch leer.

Dieser Befund läßt allerdings keine einheitliche Folgerung zu. Der Fixierungsversuch mit Osmiumsäure oder ein Ausflockungsversuch bei Dunkelfeldbeleuchtung ist im Stande die Frage zu entscheiden, ob das Karyotin tatsächlich amikroskopisch dispergiert ist, der Kern somit ein optisch leeres Solbläschen darstellt, oder ob das Karyotin ausgeflockt ist und ein Gerüstwerk bildet, welches mangels einer ausreichenden Lichtbrechungs-differenz nicht sichtbar ist.

b) Die Kerne sind im Dunkelfelde erfüllt von zahlreichen leuchtenden Teilchen, welche sich in mehr oder weniger intensiver B. M. B. befinden. In solchen Kernen ist das Karyotin in mikroskopischen Dimensionen in der Karyolymphe dispergiert.

c) Flockt das Karyotin im Kerne vollständig aus so entsteht ein Kernretikulum. Das Karyotin ist die strukturbildende Phase im Zellkern und wir sprechen im Falle einer reversiblen Ausflockung des Karyotins von einer reversiblen Gelbildung (Herwerden 1925).

V. Bemerkungen zur Fixierung und ihrer Kritik.

Läßt man auf einen Kern, der sich im Solzustande befindet ein Fixierungsmittel einwirken so kann man sowohl im Hell als im Dunkelfelde sehen, wie das Karyotin sofort ausflockt und ein Retikulum bildet. Auch die Eiweißphase der Karyolymphe flockt aus und bildet eine granulöse oder retikuläre schwach färbbare Struktur.

Das Wesen aller Fixierung besteht also in einer irreversiblen Koagulation der Kernkolloide.

Kerne, die optisch leer sind und sich im Solzustande befinden, können demnach niemals ein reelles Bild im fixierten und gefärbten Zustande geben. Je nach der Wirksamkeit (Fällungskraft des angewandten Fixierungsmittels) ergeben sich dann feinere oder gröbere Flockungsbilder. Osmiumsäure erzeugt wohl die feinsten Strukturen. Bei schwacher und mittlerer Vergrößerung sehen solche mit OsO_4 fixierte Kerne noch immer

fast unstrukturiert aus. Erst mit sehr starken Objektiven kann man feine Granula sehen.

Platinchlorid, Pikrinsäure, Chromsäure erzeugen mehr oder weniger feine Raumbitterstrukturen in solchen Kernen. Fixiergemische rufen in allen bis jetzt untersuchten Fällen (Juel, Flemming, Zenker, Hermann, Vom Rath, Gilson, Nawaschin, Carnoy) Raumbitterstrukturen hervor, wobei sich die genannten Fixierungsmittel in einer Reihe je nach der Feinheit der erzeugten Struktur ordnen lassen.

Ist dagegen schon im Kerne in vivo, was sehr häufig vorkommt, das Karyotin ausgeflockt und bildet ein Retikulum, so wird durch das Fixierungsmittel allein die Karyolymphe zur Ausflockung gebracht. Das Koagelgerüst des Karyotins bleibt je nach der formkonservierenden Güte des Fixierungsmittels unverändert erhalten, oder es kann durch ausgesprochen schlechte Fixierungsmittel sekundär in seiner Form verändert werden (etwa durch Entquellung). In diesem Falle kann man unter günstigen Umständen ein vollkommen reelles Bild von der Kernstruktur in vivo im fixierten Präparate erlangen. Diese Tatsachen konnten in umfangreichen Versuchsreihen vollkommen bestätigt werden.

Nachdem wir annehmen müssen, daß viele Kerne normalerweise ein Kernretikulum besitzen, viele dagegen im Leben sich im Solzustande befinden (vgl. Schaede 1926), müssen wir uns die Frage vorlegen, ob es überhaupt möglich erscheint mit Hilfe der Fixierungsmethodik auch Aussagen über den kolloidalen Zustand des Kernes machen zu können.

Dem Vorgehen Schaede's (1927) folgend kann man durch Fixierung mit verschiedenen Fixierungsmitteln die Entscheidung treffen, ob der Kern im Sol oder Gelzustande sich befindet. Freilich wird man auf die Beobachtung lebender Kerne und auf die experimentell cytologische Analyse absolut nicht verzichten können.

Literatur.

- Bělar, K. (1930): Über die reversible Entmischung des lebenden Protoplasmas. *Protoplasma* IX. S. 209.
- Della Valle, P. (1913): Die Morphologie des Zellkernes und die Physik der Kolloide **12**. 12.
- Fischer, A. (1899): Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena.
- Gaidukov, N. (1906): Über Untersuchungen mit Hilfe des Ultramikroskopes nach Siedentopf. *Ber. d. deutsch. Bot. Ges.* **24**. 107.
- Gurwitsch, A. (1904): Morphologie und Biologie der Zelle. Jena
— (1908): Kritisches Referat über: M. Heidenhain, Plasma und Zelle. *Arch. f. Zellforschung*. **I**. 515.
- Hartmann, O. (1917): Über den Einfluß der Temperatur auf Plasma, Kern und Nukleolus und cytologische Gleichgewichtszustände. *Arch. f. Zellforschung*. **15**. 177.
- Herwerden, M. A. van. (1925): Reversible Gelbildung in Epithelzellen der Froschlarve und ihre Anwendung zur Prüfung auf Permeabilitätsunterschiede in der lebenden Zelle. *Arch. f. exp. Zellforschung*. **I**.
- Höfler, K. (1928): Über Kappenplasmolyse. *Ber. d. deutsch. Bot. Ges.* **46**. 73.
- Klebs, G. (1888): Über die Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. *Untersuch. a. d. Bot. Inst. Tübingen*. **I**. 233.
- Küster, E. (1921): Über Schwellungsdeformationen bei pflanzlichen Zellkernen. *Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie*. **38**. 350.
- Lepeschkin, W.W. (1924): *Kolloidchemie des Protoplasmas*. Springer.
- Lundegårdh, H. (1912): Die Kernteilung bei höheren Organismen nach Untersuchungen am lebenden Material. *Jahrb. f. wiss. Bot.* **51**. 236.
- Marinesco, G. (1912): *Kolloidzeitschrift*. **11**. 209.
- Martens, P. (1927): La structure vitale du noyau et l'action de fixateurs. *Comp. rend. d. séances de L'Academie d. Sciences*. **184**.

- Martens, P. (1928): Les structures nucleaires et chromosomiques dans la cellule vivante et dans la cellule fixée. *Bulletin d'Histologie.* V. 1.
- Matruchot u. Molliard (1902): Variations de structure s'une algue verte sous l'influence du milieu nutritif. *Rev. génér. dr. Bot.* 14. 193.
- Meyer, A. (1920): Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere, Fischer. Jena.
- Price, S. R. (1914): Some studies on the structure of the plant cell by the method of dark-ground illumination. *Ann. of. Bot.* 28. 601.
- Schaede, R. (1924): Untersuchungen über Zelle, Kern und ihre Teilung am lebenden Objekt. *Beitr. z. Biol. d. Pflanzen.* 14. 231.
- (1926): Über die Struktur des Ruhekernes. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 44
- (1927): Vergleichende Untersuchungen über Cytoplasma, Kern und Kernteilung im lebenden und im fixierten Zustande. *Protoplasma.* 3. 145.
- (1929): Die Kolloidchemie des pflanzlichen Zellkernes in der Ruhe und in der Teilung. *Ergebnisse der Biologie.* 5. 1.
- Schmitz, F. (1879): Untersuchungen über die Zellkerne der Thallophyten. *Sitzungsber. niederrhein. Ges. f. Natur u. Heilkunde.* 345.
- Schwarz, Fr. (1887): Morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. *Beitr. z. Biol. d. Pflanzen.* 5. 20.
- Schiwago, P. (1926): Über die Beweglichkeit der Fadenstrukturen im lebenden „Ruhekerne“ der Froschleucocyten. *Biol. Zentralblatt.* 46. 679.
- Strasburger, E. (1875): Über Zellbildung und Zellteilung. Jena.
- Strugger, S. (1926): Untersuchungen über den Einfluß der Wasserstoffionen auf das Protoplasma der Wurzelhaare von *Hordeum vulgare*. L. I. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. math.-naturw. Klasse. Abteilung I. Bd.* 105.
- (1828): Untersuchungen über Plasma und Plasmaströmung an Characeen. III. Beobachtungen am ausgeflossenen Protoplasma durchschnittene Chara-Internodialzellen. *Protoplasma.* 7. 23.
- (1929): Untersuchungen an isolierten Kernen der Internodialzellen von *Chara fragilis* Desv. *Planta.* 8. 717.
- (1930): Beitrag zur Kolloidchemie des pflanzlichen Ruhekernes. *Protoplasma.* 10. 363.
- Tischler (1921): Allgemeine Pflanzenkaryologie. Linsbauer: Handbuch der Pflanzenanatomie. Band II.

- Weber, F. (1927): Cytoplasma und Kernzustandsänderungen bei Schließzellen. *Protoplasma*. **2**. 305.
- Yamaha, G. (1927): Experimentelle cytologische Beiträge. I. Mitteilung. Orientierungsversuche an den Wurzelspitzen einiger Pflanzen. II. Mitteilung. Über die Wirkung destillierten Wassers auf die Wurzelspitzen von *Vicia faba* bei verschiedenen Temperaturen. *Journ. of. the Fac. of Scienc. Imp. Univ. Tokyo. Sect. III. Vol. 2*.
- Zacharias, E. (1882): Über den Zellkern. *Bot. Ztg.* **40**. 611, 627, 651.
- (1898): Über den Nachweis und Vorkommen von Nuklein. *Ber. d. dtsh. Bot. Ges.* **16**. 185.
- (1902): Über die „achromatischen“ Bestandteile des Zellkernes. *Ber. d. dtsh. Bot. Ges.* **20**. 288.

Ökologische Untersuchungen an Salzwiesen.

1. Salz- und Wassergehalt des Bodens als Standortfaktoren. Ihre Abhängigkeit vom Gefälle.

Von Fritz Geßner.

Einleitung.

Seitdem Schimper durch die Theorie der „physiologischen Trockenheit“ des Salzbodens das Halophytenproblem gelöst zu haben glaubte, seitdem dann diese Meinung durch die Untersuchungen von E. M. Delf, J. E. Harris, F. C. Faber, C. Monfort, O. Stocker u. a. stark eingeschränkt, wenn nicht gar widerlegt worden ist, blieb dieses Halophytenproblem stets im Brennpunkte des Interesses physiologischer Forschung. Demgegenüber sind die Arbeiten, welche vom geobotanischen Standpunkt den Salzgehalt des Bodens als bedingenden und ausschließenden Standortfaktor betrachten, nur recht spärlich. Wie interessant und aufschlußreich aber gerade der Chlor-natriumfaktor des Bodens ist, geht schon aus den wenigen Untersuchungen, die wir darüber besitzen, hervor. Da ist zunächst eine recht ausführliche, schon 20 Jahre zurückliegende Arbeit von O. H. Lagatu und L. Sicard zu nennen, die den Salzgehalt in den südfranzösischen Lagunenböden durch jahrelang fortgesetzte Untersuchungen kontrolliert hatten und dabei fanden, daß der Boden in einer Pflanzengesellschaft von *Salicornia fruticosa* an der Oberfläche starke Schwankungen des Salzgehaltes aufweist, welcher aber im allgemeinen niedriger

ist, als der fast gleichbleibende NaCl-Gehalt in 80—90 cm Tiefe. Eine Reihe von englischen Forschern, so Oliver, R. H. Yapp, Jons, N. W. Jones (zitiert nach J. Braun-Blanquet) hat dann durch „Gürteltranssekte“ den Zusammenhang der deutlich unterscheidbaren Vegetationszonen mit der Kochsalzmenge des Bodens studiert. Die meisten dieser Arbeiten sind an südfranzösischen Salzböden ausgeführt worden. Mit der Besiedlungsfolge der Nordseemarschen beschäftigt sich eine Schrift von H. Nitzschke, die sehr schön darstellt, welche Pflanzengesellschaften hier aufeinanderfolgen, von der ersten Besiedlung des tonigen Schlickes durch *Salicornia herbacea* bis zur Pflanzenassoziation der ausgesüßten Wiese. Die Marschen, jene alluvialen Schwemmlandformationen (nach H. Walter), denen nach dem Meere zu die Watten vorgelagert sind, und die landeinwärts allmählich in die diluvialen Schichten übergehen, haben sich für dergleichen Studien als ganz besonders günstig erwiesen. Wie interessant solche Gebiete gerade für den Ökologen sind, zeigt z. B. ein Blick auf das Bild in H. Walters Pflanzengeographie S. 341, das darstellt, wie *Armeria maritima* in ihrem Vordringen durch den Salzgehalt (und wohl auch den Wassergehalt) des Bodens bestimmt ist.

Auch an der Ostseeküste gibt es eine Reihe solcher marschähnlicher Bildungen, doch liegen darüber kaum exakte Untersuchungen, höchstens vereinzelte Beobachtungen vor. Wenn wir im ganzen Nord- und Ostseegebiete kaum quantitative Angaben über Salz- und Wassergehalt der Marschen finden, so liegt das wohl darin, daß die dazu notwendigen Bodenanalysen zwar leicht durchführbar, trotzdem jedoch auf ein Laboratorium angewiesen sind, das meistens recht weit entfernt ist. Gute Resultate werden aber nur erzielt bei enger Verknüpfung von Vegetationsbeobachtung im Freien mit Laboratoriumsuntersuchungen. Eine solche Verknüpfung ist nun durch die von Prof. Dr. E. Leick auf Hiddensee gegründete biologische Forschungsstation ermöglicht worden.

Hiddensee bietet an vielen Stellen Ähnlichkeit mit Marschlandschaften. Als eigentlicher diluvialer Inselkern ragt der Dornbusch, dessen höchste Erhebung bis zu 72,4 m ansteigt, fast unvermittelt über das übrige Inselland empor. Ein zweiter Inselkern an der Stelle, wo die Ortschaft „Vitte“ liegt, ist heute nicht mehr als solcher zu erkennen. Die ganze übrige, fast 18 km lange Inselmasse ist durchwegs alluviales Schwemmland, das jetzt freilich längst nicht mehr den Eindruck eines Marschlandes macht, sondern zum größten Teil aus Dünen, Heide und Kulturland besteht. Die weite, ebene Fläche zwischen den Ortschaften Kloster und Vitte, die nur wenige dm über dem Meeresspiegel emporragt, hat noch den Charakter einer Marschlandschaft. Allerdings deckt sich dieser Begriff nicht ganz mit dem, den man sich von einer Nordseemarsch macht, wie überhaupt der Begriff „Marsch“ nicht ganz eindeutig festgelegt erscheint. Die Nordseemarschen sind Anschwemmungen fruchtbaren Bodens, während die Salzwiesenlandschaft von Hiddensee zum größten Teil der Vegetation ihre Entstehung verdankt, die den nährstoffarmen Sandboden festigte und mit Humus anreicherte. Diese Salzwiesen, die von weitem gesehen durchaus den Eindruck einer glatten Ebene machen, lösen sich in der Nähe betrachtet in ein wellenförmiges Terrain auf. Freilich beträgt die Höhe dieser Wellen immer nur wenige dm. Kreuz und quer durchziehen sie die Salzwiesen, erzeugen leichte Dämme, Miniatur-Hochflächen und dazwischen enge oder weite Talsenken. Diese Unebenheiten dürften z. T. auf ehemalige Sandeinwehungen vom Außenstrande her zurückzuführen sein, die dann durch die Vegetation befestigt wurden, z. T. dürften sie wohl auch, namentlich in der Nähe des Strandes künstlich aufgeworfene Dämme sein. Auch bei trockener Witterung dringen breite, weitverzweigte Wasseradern bis tief in das Innere der Wiesen vor, meistens von einem Gürtel von *Juncus maritimus* und *Scirpus maritimus* umsäumt. Bei sehr tiefem Wasserstand weicht das Boddenwasser weit zurück und läßt manchmal auf kilometerlange

Strecken den flachen, braunen, lehmigen Boddengrund heraustreten. Bei Hochwasser, wie es die häufige Folge der Novemberstürme ist, dringt das Boddenwasser tief in die Marschlandschaft vor und überschwemmt weite Strecken der Salzwiesen. Es sehen dann nur mehr einzelne Rücken der Wellenzüge aus dem Wasser heraus und bieten einen höchst sonderbaren Anblick.

Durch dieses wechselvolle Schicksal der Salzwiesen entsteht ein verwickelter Komplex ökologischer Faktoren und es ergibt sich die reizvolle Aufgabe, diesen aufzulösen und die einzelnen Faktoren herauszuarbeiten. Zu diesem Zwecke sind eine Reihe von Arbeiten geplant, welche den einzelnen Fragen nähertreten sollen. Die vorliegende Untersuchung hatte den Zweck, die Verschiedenheiten des Wassergehaltes und des Salzgehaltes an einer Anzahl von Standorten gleichzeitig zu verfolgen. Es wurde versucht, die Unterschiede dieser beiden Faktoren auf kleinstem Raume zu erfassen und sie in Beziehung zur Vegetation zu setzen. Da aber praktisch so viele Einzeluntersuchungen natürlich nicht zu gleicher Zeit gemacht werden können, sind nur die Proben einer Serie (die stets an einem Tage genommen wurden) miteinander vergleichbar. Daraus werden sich wichtige Zusammenhänge mit der räumlichen Zonierung der Pflanzen finden lassen.

Die folgende Arbeit wird voraussichtlich das entgegengesetzte Problem behandeln, nämlich die zeitlichen Schwankungen des Wasser- und Salzgehaltes an demselben Orte und ihre Beziehung zu Niederschlag und Wasserstand. Dadurch dürfte sich dann manches über die Succession der Pflanzenvereine erkennen lassen.

Die Untersuchungsmethoden.

Die älteren Methoden zur Bestimmung des Salzgehaltes beruhten auf der Messung des elektrischen Widerstandes. (Literatur bei E. Rübel 1923. S. 117). Auch gravimetrisch wurde die Kochsalzbestimmung durchgeführt, indem man ein bestimmtes Quantum Boden in Wasserüberschuß löst, die Lösung

filtriert, das Filtrat verdunsten läßt und den Rückstand abwägt. Diese Methode ist aber, namentlich bei Gipsböden, recht ungenau. Viel einfacher und außerordentlich viel genauer ist die Methode mittels Titration, die heute wohl meistens verwendet wird.

Schon H. Lagatu und L. Sicard haben darauf hingewiesen, daß es bei Kochsalzbestimmungen ganz unerläßlich ist, gleichzeitig die Bodenfeuchtigkeit zu messen, da ja nur die NaCl-Konzentration der Bodenlösung für die Pflanzenwurzeln in Betracht kommt. Zwei Böden mit genau demselben NaCl-Gehalt können bei verschiedener Feuchtigkeit ganz anders auf die Pflanzen einwirken. Um die Kochsalzmenge zu bestimmen, welche nun tatsächlich für die Pflanzen in Betracht kommt, wurden die Bodenproben nur dem Wurzelbereich der Pflanzen entnommen, d. h. etwa in einer Tiefe von 10—15 cm. Die Erdmenge wurde dann luftdicht in weithalsige Gläser gefüllt und ins Laboratorium gebracht. Dort wurden von jeder Probe 50 oder 100 g abgewogen und dann im Porzellannapf über der Flamme oder in greller Sonne getrocknet, bis keine Gewichtsabnahme mehr eintrat. Der Gewichtsverlust gab direkt den Wassergehalt an, der dann in Prozenten des trockenen Bodens angegeben werden konnte.

Zur Kochsalzbestimmung wurde eine bestimmte Menge dieses trockenen Bodens mit einem Überschuß (gewöhnlich der doppelten bis vierfachen Menge) Wassers vermischt und ca. 24 Stunden unter öfterem Umrühren stehen gelassen. Diese Lösung wurde dann filtriert und war so meistens schon zur Titration fertig. Besaß sie eine bräunliche Färbung oder eine graue Trübung von Ton, die beim Filtrieren nicht verschwand und das Titrieren unmöglich machte, so wurde die Lösung mit Tierkohle geschüttelt und war dann nach erneutem Filtrieren auf alle Fälle ganz hell und wasserklar. Von dieser Lösung wurden mehrmals je 10 ccm (bei sehr geringem Salzgehalt auch mehr) in der gewöhnlichen Weise mit $\frac{n}{10}$ Silbernitrat-

lösung nach dem Rotumschlag von Kaliumbichromat titriert. Der Verbrauch von 1 ccm Silbernitratlösung entspricht dabei einer NaCl-Menge von 5·85 mg. Aus der Anzahl der verbrauchten ccm von AgNO₃-Lösung läßt sich somit leicht die Kochsalzmenge in der Gesamtlösung berechnen, welche identisch ist mit der Salzmenge im verwendeten Quantum Trockenboden. Die Konzentration der Bodenlösung ergibt sich dann nach der Formel (vgl. Braun-Blanquet S. 170):

$$\frac{(\% \text{ NaCl}) \cdot 100}{(\% \text{ Wassergehalt})}.$$

Unterschiede im Salz- und Wassergehalt des Bodens auf kleinstem Raum.

1. Serie.

Salzgehalt des Boddenwassers 0,78%. Niederschlag in den letzten 3 Tagen 81 mm. Am 21. VII. 1930.

1. Stelle. 60 m vom Meeresufer entfernt, Wellental. Die Vegetation besteht aus *Erythraea pulchella*, *Plantago maritima* und *Juncus Gerardi*.

Wassergehalt des Bodens: 69,5%.

Salzgehalt des Bodens: 0,71%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 1,01% NaCl.

Gemessene Konzentration der Bodenlösung: 0,807% NaCl.

2. Stelle. 10 m vom Meer; kleine Erhebung (ca. 60 cm hoch). Die Vegetation besteht vornehmlich aus *Ononis repens*.

Wassergehalt des Bodens: 19,2%.

Salzgehalt des Bodens: 0,007%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,035% NaCl.

3. Stelle: 30 m vom Meer; kleine Einsenkung. Die Vegetation besteht aus *Trifolium fragiferum*, *Potentilla anserina*, *Leontodon autumnale*.

Wassergehalt des Bodens 118%.

Salzgehalt des Bodens: 0,1%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,08% NaCl.

2. Serie.

Niederschlag in den letzten 3 Tagen: 5,8 mm, Tag der Probeentnahme: 29. VII. 1930.

1. Stelle. 10 m vom Meeresufer entfernt. Die Vegetation wurde durch folgende Arten vertreten: (Bei jeder Art ist die Abundanz nach der gebräuchlichen 5 teiligen Skala geschätzt).

Juncus Gerardi	5	Glaux maritima	4
Triglochin maritima	3	Erythraea pulchella	1
Plantago maritima	4	Armeria maritima	1

Wassergehalt des Bodens: 84,4%.

Salzgehalt des Bodens: 2,11%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 2,5% NaCl.

Gemessene Konzentration der Bodenlösung: 1,79% NaCl.

2. Stelle. 50 m vom Meer. Flache Mulde. Die Vegetation wurde gebildet aus:

Trifolium fragiferum	}	3	Erythraea pulchella	1
Trifolium repens			Plantago maritima	3
Potentilla anserina	5	Juncus Gerardi	3	
Lotus corniculatus	2	Scirpus rufus	1	
Glaux maritima	4	Triglochin maritima	3	
Odontites litoralis	2	Festuca spec.	2	

Wassergehalt des Bodens: 66%.

Salzgehalt des Bodens: 0,039%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,06% NaCl.

3. Stelle: Kleine Erhöhung (ca. 5 dm). Die Vegetation ist hier eine gänzlich andere als auf der letzten Stelle. Sie wird gebildet durch:

Ononis repens	3	Galium verum	1
Cirsium acaule	1	Ranunculus repens	1
Plantago lanceolata	1	Potentilla reptans	1
Armeria vulgaris	2	Alchemilla millefolium	3
Lotus corniculatus	1	Trifolium repens	2
Potentilla anserina	1	Medicago lupulina	1
Convolvulus arvensis	1	Hieratium pilosella	4
Lolium spec.	3	Rumex acetosella	1

Cerastium arvense 1

Wassergehalt des Bodens: 31,4%.

Salzgehalt des Bodens: kaum nachweisbare Spuren.

Deshalb auch Bodenlösung praktisch salzfrei.

Die bisherigen Untersuchungen haben bereits gezeigt, wie bedeutend die Schwankungen des Wasser- und des Salzgehaltes innerhalb weniger Quadratmeter sein können. Bereits eine Erhebung um einige dm genügt, um den Wassergehalt des Bodens um das 6fache herabzusetzen, ebenso den Salzgehalt. Während der letztere beispielsweise in einer Mulde 2% beträgt (2. Serie, 1. Stelle), ist schon auf einer Bodenerhebung von nur $\frac{1}{2}$ m keine nachweisbare Spur mehr vorhanden. Man würde also weit fehlen, wenn man eine solche Salzwiese als eine einheitliche Pflanzenformation auffassen wollte. Wir haben es vielmehr hier mit einem Gefüge verschiedener Assoziationsindividuen zu tun, die sich zwar mannigfach durchdringen und meist langsam ineinander übergehen, durch ihre Zentren aber trotzdem wohl von einander unterscheidbar sind. Die Vegetation zeigt sich sehr fein abgestimmt auf die beiden Faktoren Wasser und Salz. Während wir *Ononis spinosa*, *Convolvulus arvensis*, *Alchemilla*, *Rumex* usw. nur an trockeneren, salzfreien Stellen finden, sind *Glaux*, *Plantago* und *Triglochin* typische Anzeiger für große Bodenfeuchtigkeit. Im allgemeinen geht mit einer höheren Bodenfeuchtigkeit auch ein höherer Gehalt an NaCl parallel. Der ausschlaggebende Faktor scheint mir aber doch oft der Wassergehalt zu sein, da der Salzgehalt zwischen weiten Extremen (2% und 0,02%) schwanken kann, ohne daß sich die Artenzusammensetzung wesentlich ändert. Eine Ausnahme macht *Salicornia herbacea*, die ich an Standorten mit 43% Wassergehalt, 1,8% NaCl und dementsprechend einer Bodenwasserkonzentration von 4,2% NaCl in dichten, reinen Beständen fand.

Daß mitunter auch der Wassergehalt in bestimmten Grenzen schwanken kann, ohne daß damit eine Vegetationsänderung verbunden wäre, zeigen die beiden folgenden Proben vom 27. IX. 1930.

1. Stelle: Die Vegetation wird gebildet durch:

Plantago maritima	3	Trifolium pratense	2
Festuca spec.	4	Potentilla anserina	2
Trifolium fragiferum	3	Glaux maritima	3
Erythraea pulchella	2	Bellis perennis	2
Leontodon autumnalis	1		
Odontites litoralis	2		

Wassergehalt des Bodens: 44 %.

Salzgehalt des Bodens: 0,025 %.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,057 % NaCl.

2. Stelle. Die Vegetation wie an der letzten Stelle.

Wassergehalt des Bodens: 26,4 %.

Salzgehalt des Bodens: 0,022 %.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,084 % NaCl.

Da nachgewiesen werden konnte, daß Kochsalz schon in ganz minimalen Konzentrationen auf gewöhnliche Wiesenpflanzen — etwa eines Arrhenatheretums — verderblich einwirkt, mag unser Schluß, daß dem Wasser die primäre Rolle zuzukommen scheine, paradox klingen. Wenn man aber bedenkt, daß zeitweilig die ganze Wiesenlandschaft vom Meerwasser überschwemmt wird, ist dadurch schon eine Auslese gegeben, die absolut salzfeindliche Pflanzen fernhält. Es werden sich hier also zum größten Teil nur solche Pflanzen ansiedeln können, die zum mindesten im geringen Grade salztolerant sind. Unter diesen scheint nun das Wasser die primär verteilende Rolle zu spielen, das Salz, abgesehen von ausgesprochenen Halophyten, die sekundäre¹⁾.

Abhängigkeit der Salz- und Wassermenge des Bodens vom Gefälle des Standortes.

Die so außerordentlich großen Unterschiede des Salz- und Wassergehaltes, welche ich schon bei ganz geringen Höhen-differenzen fand, haben ihren Grund in dem hohen Sandgehalt

1) Über die verschiedenen Grade der Salztoleranz vgl. bei: R. Kolkwitz. Über die Standorte der Salzpflanzen. Deutsche Bot. Ges. Bd. XXXV. H. 6. 1917.

des Bodens, der den raschen Abfluß des Regenwassers bedingt. So muß also jede, auch die geringfügigste Erhebung über den Grundwasserspiegel bereits sehr deutlich auf den relativen Wassergehalt des Bodens einwirken. Am besten muß sich dies zeigen, wenn wir nicht, wie bisher, verschiedene, regellos verstreute Stellen untersuchen, sondern die Bodenproben längs eines Hanges auf einer geraden Linie entnehmen, um dann festzuetellen, wie das Wasser- und Salzgefälle mit dem Gefälle des Hanges übereinstimmt.

So wurden an verschiedenen geneigten Böschungen Meßleinen ausgelegt und an ihnen entlang in bestimmten Abständen Bodenproben entnommen. Gleichzeitig wurde mit Hilfe eines Sitometers das Gefälle des Hanges gemessen. An jeder Stelle, an welcher eine Bodenprobe entnommen wurde, mußte natürlich die Vegetation aufgenommen werden. Jede Profillinie wurde so gelegt, daß sie am Ufer des Boddens begann.

1. Serie.

Tag der Ausführung 4. September 1930. Am Vortage 7 mm Regen. Der Hang zeigte eine Neigung von 9° . Die Proben wurden in einer Entfernung von je 1 m genommen, bis bei 10 m die höchste Stelle des Dammes erreicht war.

1. Stelle: (1 m vom Meer entfernt).

Glaux maritima 3 *Triglochin maritima* 2

Potentilla anserina 3

Atriplex Babingtonii 1

Arenaria salina 1

Wassergehalt des Bodens: 43 %.

Salzgehalt des Bodens: 0,15 %.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,37 % NaCl.

2. Stelle: (2 m vom Meer entfernt).

Trifolium fragiferum 4 *Plantago maritima* 2

Potentilla anserina 4 *Leontodon hispidus* 1

Wassergehalt des Bodens: 53 %.

Salzgehalt des Bodens: Spuren.

3. Stelle: (3 m vom Meeresufer entfernt).

Potentilla anserina	2
Trifolium fragiferum	2
Bellis perennis	1
Plantago maritima	1

Wassergehalt des Bodens: 54%.

Salzgehalt des Bodens: ∅.

4. Stelle: (4 m vom Meer entfernt).

Medicago lupulina	3
Trifolium fragiferum	3
Achillea millefolium	3

Wassergehalt des Bodens: 39%.

Salzgehalt des Bodens: ∅.

5. Stelle: (5 m vom Meer entfernt).

Bellis perennis	2	Honckenya peploides	2
Medicago lupulina	2	Trifolium repens	
		und fragiferum	4

Wassergehalt des Bodens: 24%.

Salzgehalt des Bodens: ∅.

6. Stelle: (6 m vom Meer entfernt). Angeschwemmte Schichten von *Zostera* bilden eine dichte Streudecke. Darauf

Honckenya peploides	3	Rumex crispus	1
Galium verum	1	Achillea millefolium	3

Wassergehalt des Bodens: 42%.

Salzgehalt des Bodens: Spuren.

7. Stelle: (7 m vom Meer entfernt).

Armeria vulgaris	4—5
Leontodon autumnalis	1
Galium verum	1

Wasser- und Salzgehalt nicht gemessen.

8. Stelle: (8 m vom Meer entfernt).

Armeria vulgaris	5	Hieratium pilosella	1
Leontodon autumnalis	1		
Galium verum	2		

In Abb. 1 sind die oben wiedergegebenen Daten kurvenmäßig zusammengestellt. Es zeigt sich deutlich das steile Abfallen des Wassergehaltes in einer Entfernung von 3 bis 4 m vom Meere. Daß bei 6 m die Kurve noch einmal steil emporsteigt, hat seinen Grund in der stark wasserhaltenden Kraft der humiden Pflanzenstreu an dieser Stelle. Ganz besonders interessant ist an dem Profil das massenweise Auftreten von *Armeria*, das erst beginnt, wenn der Boden eine geringere Feuchtigkeit als 30% aufweist¹⁾. Durch Vergleichung mit der Salzgehaltskurve, die schon viel früher steil abfällt, erweist sich klar, daß für die Ausbreitung der Grasnelke hier nur der Wasserfaktor ausschlaggebend ist. Daß die Grasnelke nicht schon vor der 7 m-Linie, also etwa bei 5 m Entfernung häufig auftritt — wo doch der Wassergehalt auch schon recht niedrig

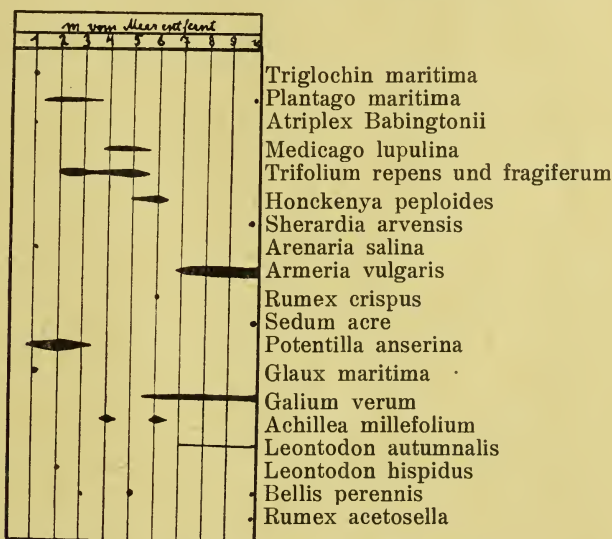


Abb. 2. Pflanzenverteilung bei 9° Gefälle.
(Vergl. die dazugehörige Kurve in Abb. 1).

1) Es muß noch einmal darauf hingewiesen werden, daß diese Zahlen nur Relativ-Werte darstellen, die nur untereinander verglichen werden dürfen.

ist — erklärt sich ganz von selbst daraus, daß bis zur 6 m-Linie das Ufer (wie der *Zostera*-Streifen zeigt) sehr oft bei hohem Wasserstand überschwemmt wird¹⁾.

2. Serie.

Die Proben wurden am 9. September 1930 in einem Abstand von 5 zu 5 m genommen. Am Vortage waren 12 mm Regen gefallen. Die Steigung dieses Profiles war minimal, insgesamt ca. 27'. Demgemäß wird die Wasser- und Salzkurve einen ganz anderen Verlauf haben als bei dem Gefälle von 9°.

1. Stelle: 0 m vom Meer entfernt. (Die Probe wurde knapp am Ufer genommen).

Plantago maritima 5

Trifolium fragiferum 3

Wassergehalt des Bodens: 100%.

Salzgehalt des Bodens: 0,772%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung 0,772% NaCl.

2. Stelle: 5 m vom Meere.

Plantago maritima 5 *Erythraea pulchella* 1

Glaux maritima 4 *Juncus Gerardi* 3

Aster tripolium 1 *Armeria maritima*²⁾

Wassergehalt des Bodens: 126,9%.

Salzgehalt des Bodens: 1,99%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 1,56% NaCl.

Gemessene Konzentration der Bodenlösung: 1,46% NaCl.

3. Stelle: 10 m vom Meer. Vegetation wie an der 2. Stelle.

Wassergehalt des Bodens: 107,9%.

Salzgehalt des Bodens: 1,7%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 1,6% NaCl.

Gemessene Konzentration der Bodenlösung: 1,76% NaCl.

1) Um noch einmal auf das genannte Bild bei H. Walter hinzuweisen; es scheint mir sicher, daß auch dort die zu große Wassermenge und nicht der Salzfaktor auf die Verbreitung von *Armeria* begrenzend wirkt.

2) *Armeria* war so spärlich, daß sie noch nicht den Abundanzgrad 1 erreichte.

4. Stelle: 15 m vom Meer. Vegetation wie auf Stelle 2 und 3.
Wassergehalt des Bodens: 100 %.

Salzgehalt des Bodens: 1,90%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 1,90% NaCl.

Gemessene Konzentration der Bodenlösung: 1,88% NaCl.

5. Stelle: 20 m vom Meer. Die Vegetation wie an den vorhergehenden Stellen.

Wassergehalt des Bodens: 95,9%.

Salzgehalt des Bodens: 1,74%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 1,83% NaCl.

Gemessene Konzentration der Bodenlösung: 2,03% NaCl.

6. Stelle: 25 m vom Meer entfernt. Die Vegetation wie an den vorhergehenden Stellen. Hier jedoch

Aster tripolium 2

Wassergehalt des Bodens: 57,4%.

Salzgehalt des Bodens: 1,15%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 2,0% NaCl.

7. Stelle: 30 m vom Meer entfernt. Die Vegetation wie an den letzten Stellen. Jedoch

Glaux maritima 2 *Festuca spec.* 2

Wassergehalt des Bodens: 81%.

Salzgehalt des Bodens: 0,7%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,86% NaCl.

8. Stelle: 35 m vom Meer entfernt. Vegetation wie an den letzten Stellen. Nur *Juncus Gerardi* 4.

Wassergehalt des Bodens: 82%.

Salzgehalt des Bodens: 0,61%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,78% NaCl.

9. Stelle: 40 m vom Meer. Dieselbe Pflanzendecke wie vorher. Nur bei: *Potentilla anserina* 1

Trifolium fragiferum 2

Odontites litoralis 1

Wassergehalt des Bodens: 74%.

Salzgehalt des Bodens: 0,67%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,90% NaCl.

10. Stelle: 45 m vom Meer entfernt.

Potentilla anserina	2	Odontites litoralis	1
Trifolium fragiferum	5	Erythraea pulchella	1
Glaux maritima	2	Leontodon spec.	1

Wassergehalt des Bodens: 69%.

Salzgehalt des Bodens: 0,39%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,54% NaCl.

11. Stelle: 50 m vom Meer entfernt.

Trifolium pratense	2	Achillea millefolium	2
Odontites litoralis	3	Potentilla anserina	2
Leontodon spec.	3	Bellis perennis	4
Plantago maritima	1	Cirsium lanceolatum	1

Trifolium repens 3.

Wassergehalt nicht berechnet.

Salzgehalt: 0,16%.

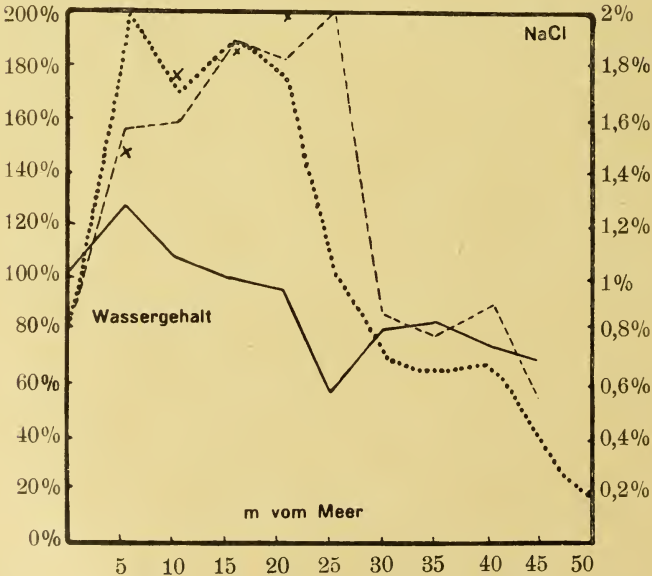


Abb. 3. Wasser und Salzgefälle bei sehr schwacher Neigung. (27').

- Wassergehalt des Bodens.
- Salzgehalt des Bodens.
- Salzkonzentration des Bodenwassers.
- ××××× bedeuten die Werte der gemessenen Salzkonzentration im Bodenwasser.

Vergleicht man die Daten dieser zweiten Serie mit denen der ersten, so tritt die ausschlaggebende Bedeutung des Gefälles klar zutage. Während wir zuerst bei einem Neigungswinkel von 9° ein sehr rasches Absinken des Wassergehaltes und ein geradezu plötzliches Schwinden des Salzgehaltes feststellen konnten, ist hier bei einer Neigung von kaum $\frac{1}{2}$ Grad in den ersten 10 m überhaupt kein Abfallen der Wassergehaltskurve zu bemerken. Auch bei 30 und 35 m ist der Wassergehalt sehr groß und wird erst bei 45 m vom Meeresufer zunehmend geringer (der Abfall bei 25 m ist wohl irgendwie lokal bedingt). Besonders interessant ist die Salzkurve des Bodens. Am Ufer, wo der Boden dauernd vom Meerwasser gespült ist, wird die Salzkonzentration naturgemäß dieselbe sein wie im Meere (in unserem Falle 0,78—0,8% NaCl). Schon in einer Entfernung von wenigen Metern vom Ufer steigt jedoch der NaCl-Gehalt auf das Vierfache und bleibt auch durch 20 m auf gleicher Höhe, um dann steil abzufallen. Jene Salzanreicherung, die in manchen anderen Gebieten noch weit höhere Werte (8—10%) erreichen kann kommt hier dadurch zustande, daß der Boden beständig Meer-

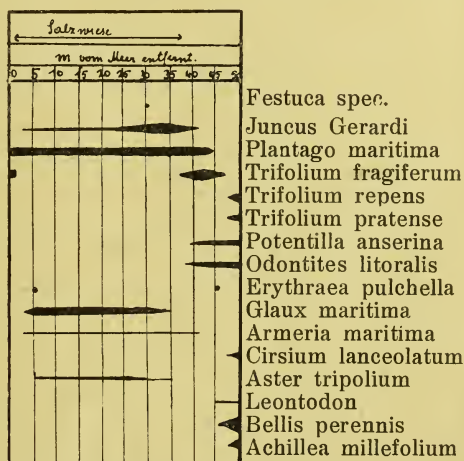


Abb. 4. Pflanzenverteilung bei Gefälle von 27'.
(Vgl. die dazu gehörige Kurve in Abb. 3.)

wasser ansaugt, verdunstet und das Salz zurückbehält. Ragt das Gelände aber nur um ein Geringes aus dem Niveau des Grundwasserstandes heraus, so geht natürlich der Salzgehalt sofort zurück, viel stärker noch, als der Wassergehalt des Bodens. Wegen des bedeutenden Sandgehaltes kann ja nur wenig Salzwasser aufsteigen, und auch dieses wird durch Niederschlagswässer sofort wieder in das Grundwasser hinuntergewaschen. Solche Verhältnisse wirken natürlich auf die Vegetation ausschlaggebend ein. Die in den ersten 20—25 m ziemlich gleichbleibenden Salz- und Wasserverhältnisse bedingen eine durchaus gleichförmige Gesellschaft halophiler und hygrophiler Arten. Auffallend ist auch die Übereinstimmung zwischen dem höheren Salzanspruch und dem Bewuchs dadurch, daß die typischen Halophyten (*Glaux maritima*, *Aster tripolium*, *Erythraea pulchella*) nicht bis ganz an das Ufer reichen. Bei 40 und 45 m dringen schon neutralere Elemente (*Potentilla anserina*, *Leontodon spec.*) in die Halophyten-gesellschaft ein, um bei 50 m eine geschlossene Wiesenformation zu bilden, in der die Halophyten eine untergeordnete Rolle spielen. (Vgl. Abb. 3 und 4). Es mußte nun möglich sein, die in den bisherigen beiden Profilen ermittelten Extreme in einer einzigen Meß-Linie vereinigt zu finden. Diese mußte so gelegt werden, daß sie eine Fläche mit ungleichem Gefälle durchschneidet. Eine solche Stelle wurde auch bald aufgefunden. Die ersten 20 m hatten eine Neigung von $1^{\circ}20'$, die nächsten 20 m stiegen in einem Winkel von $2^{\circ}42'$ an. Es war also anzunehmen, daß in der ersten Strecke die Verhältnisse denen der zweiten Serie, in der zweiten Strecke dagegen denen der ersten Serie ähnlich sein würden. Die Resultate bestätigten diese Annahme bis ins Kleinste.

3. Serie.

15. September. Die Linie wurde an einer Stelle gelegt, wo ein langer schmaler Arm des Boddenwassers tief in die Salzwiese vorspringt. Umsäumt wurden die Ufer dieses Armes von einer dichten Gesellschaft von *Juncus maritimus* und *Scirpus maritimus*.

1. Stelle: 0 m vom Wasser. Der Boden hat hier die für diese Gebiete so charakteristische „Bultenbildung“ aufzuweisen. Die einzelnen Bulten stehen an den tiefsten Stellen schon im Wasser. Das Zustandekommen solcher Bulte hat man sich wohl so vorzustellen, daß die einzelnen Horste der Gräser die Erde festhalten, während die Erde im weiteren Bereich dieser Horste von der Bewegung des Meerwassers und dem Niederschlagswasser ausgewaschen wird. Derartige „Bulte“ finden wir ja überall dort, wo eine Wiesenpflanzenassoziation der Erosions-tätigkeit des Wassers ausgesetzt ist. Die Wasserverhältnisse in solch einem ungleichartigen Gelände sind natürlich auch stark verschieden. Der Boden eines Bultes hatte z. B. einen Wassergehalt von 100% und einen Salzgehalt von 0,615%; in der daneben liegenden Schlenke (— ich bezeichne das Tälchen so, in Anlehnung an die Bezeichnungsweise bei Hochmooren —) hatte der Boden 169,5% Wasser und 0,706% Salz. Die Vegetation in diesem Gebiete wurde gebildet durch:

Aster tripolium	2	Triglochin maritima	3
Glaux maritima	2	Scirpus maritimus	4
Juncus maritimus 5.			

2. Stelle: 5 m vom Wasser. Vegetation nach wie vor charakterisiert durch die dichten Bestände von Juncus und Scirpus. Dazu Plantago maritima 3.

Wassergehalt des Bodens: 163%.

Salzgehalt des Bodens: 1%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,61% NaCl.

3. Stelle: 10 m vom Wasser. Vegetation wie an der 2. Stelle.

Wassergehalt des Bodens: 193%.

Salzgehalt des Bodens: 1,29%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,66% NaCl.

Gemessene Konzentration der Bodenlösung: 0,848% NaCl.

4. Stelle: 15 m vom Wasser. Langsames Lichterwerden des Scirpus-Juncus-Bestandes.

Wassergehalt des Bodens: 170%.

Salzgehalt des Bodens: 2,28%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 1,34% NaCl.

5. Stelle: 20 m vom Wasser. Letzte Grenze der Scirpus-Juncus-Assoziation. Die Vegetation wird in der Hauptsache gebildet von:

Potentilla anserina	4	Odontites litoralis	1
Trifolium fragiferum	4	Potentilla reptans	3
Bellis perennis	3	Ranunculus repens	2
Leontodon autumnalis	2	Trifolium pratense	1
Plantago maritima	3	Cerastium arvense	1

Wassergehalt des Bodens: 104%.

Salzgehalt des Bodens: 0,247%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,23% NaCl.

6. Stelle: 25 m vom Wasser.

Hieracium pilosella	1	Trifolium repens	5
Bellis perennis	3	Cirsium lanceolatum	1
Leontodon autumnalis	1	Euphrasia spec.	1
Ranunculus repens	2	Trifolium pratense	1
Achillea millefolium	3		

Wassergehalt des Bodens: 23%.

Salzgehalt des Bodens: Spuren.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: Spuren.

7. Stelle: 30 m vom Wasser.

Armeria vulgaris	1
Ononis repens	2
Lolium spec.	1

Wassergehalt des Bodens: 23,7%.

Salzgehalt des Bodens: 0,0145%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,061% NaCl.

8. Stelle: 35 m vom Wasser.

Ononis repens	3
Cirsium lanceolatum	2
Armeria vulgaris	1
Lolium spec.	1

Wassergehalt des Bodens: 21,8%.

Salzgehalt des Bodens: 0,021%.

Errechnete Konzentration der Bodenlösung: 0,09% NaCl.

9. Stelle: 40 m vom Wasser.

Ononis repens	3	Armeria vulgaris	1
Cirsium lanceolatum	2	Sedum acre	1

Wassergehalt des Bodens: 24%.

Salzgehalt des Bodens: 0.

In den Daten und Kurven dieser dritten Serie zeigt sich nun am treffendsten die ausschlaggebende Bedeutung des Gefälles auf den Salz- und Wasserhaushalt des Bodens. Die ersten 20 m weisen gemäß ihrer geringen Erhebung durchwegs

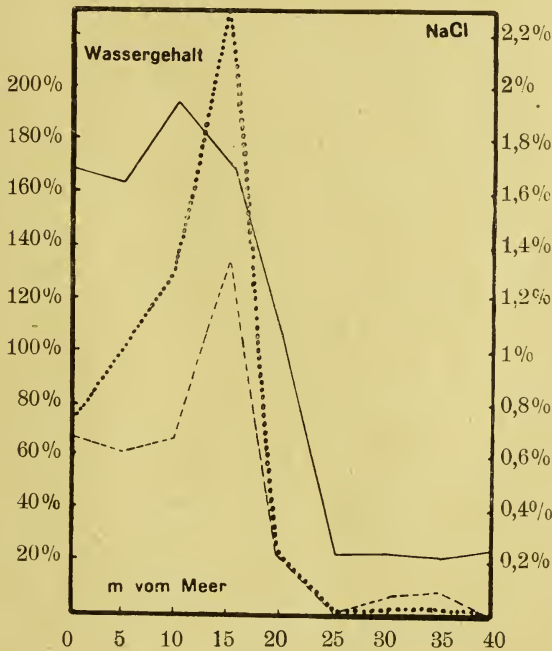


Abb. 5. Wasser und Salzgefälle.

Neigung auf der Strecke 0—20 m 1°20'.

Neigung auf der Strecke 20—40 m 2°42'.

Bezeichnungen wie bei Abb. 1 und 3.

einen hohen Wassergehalt auf, der dem Scirpeto-Juncetum das Dasein ermöglicht. Wir sehen auch hier wieder das Ansteigen des Salzgehaltes in einiger Entfernung vom Ufer. Ändert sich nun bei 20 m das Gefälle, so sinkt der Wasser- und Salzgehalt sofort enorm herab und bedingt augenblicklich eine völlige Änderung in der Vegetation. Die Grenze zwischen der Juncus-Assoziation und der gewöhnlichen Wiesenformation ist ziemlich scharf. Mit noch weiterem Ansteigen des Bodens ändert sich der Wasser- und Salzgehalt dann nur noch sehr wenig. (Vgl. Abb. 5 und 6.)

Wenn wir bedenken, daß der rapide Abfall der Wasser- und Salzkurve schon dadurch hervorgerufen ist, daß das Ge-

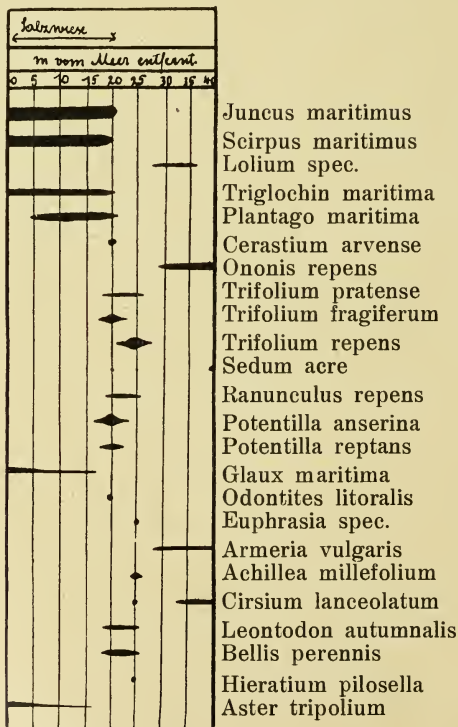


Abb. 6. Pflanzenverteilung zu der Kurve in Abb. 5.

fälle nur um wenig mehr als 1⁰ steigt, so zwingt das zu einem Vergleich mit dem „Relativitätsgesetz“ Lundegårdhs. Solange eine Bodenfläche sich im Niveau des Grundwassers oder aber in beträchtlicher Höhe über demselben befindet, wird sich — bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen natürlich — in dem Wassergehalt des Bodens auf weite Strecken hin nur wenig ändern. In dem Moment aber, wo sich der Boden aus dem Niveau des Grundwassers heraushebt, wird der Wassergehalt plötzlich sinken, mag auch die Erhebung noch so geringfügig sein. Wie sich damit aber auch das Vegetationsbild mit einem Schlage vollständig ändert, haben wir in Serie 3 besonders deutlich gesehen. So dürfen wir vielleicht annehmen, daß dieses „Relativitätsgesetz“, das sich namentlich in der Autökologie als so fruchtbringend erwiesen hat, auch in der Synökologie vieles zur Erklärung der Vegetationscharaktere und ihrer Unterschiede beitragen kann.

Zum Schluß mögen noch ein paar Worte über die Konzentration der Bodenlösung gesagt werden. In manchen Fällen war es möglich, den Salzgehalt der Bodenlösung direkt zu messen, nämlich dann, wenn der Boden so feucht war, daß sich in dem ausgestochenen Loch Wasser ansammelte. Der Vergleich mit den durch die oben angegebene Formel errechneten Konzentrationen ergibt, daß Messung und Berechnung in den meisten Fällen nicht ganz übereinstimmen, sondern daß man mit einem Fehlerwert von ± 5 —10% zu rechnen hat (nur in zwei Fällen war die Abweichung größer). Worin diese Differenzen begründet sind, ist im allgemeinen schwer zu sagen und dürfte im einzelnen auch verschiedene Ursachen haben. Immerhin ist es wichtig, darauf hinzuweisen, daß obige Formel nur mit einem gewissen Vorbehalt zu verwenden ist.

Die Salzkonzentration des Bodens erreichte zwar in einigen Fällen Werte, die ein Vielfaches des NaCl-Gehaltes des benachbarten Meeres darstellen (2% NaCl), blieb jedoch stets hinter jene anderer Gegenden (Mittelmeer, Nordsee) zurück. Dies ist nicht auffällig, denn erstens wurden vorliegende Untersuchungen

in einem abnorm niederschlagsreichen Sommer durchgeführt und zweitens sind besonders hohe Werte von vornherein nicht zu erwarten, wenn der NaCl-Gehalt des angrenzenden Meerwassers nur 0,8% beträgt. In humiden Gebieten werden überhaupt die Kochsalzmengen in den oberen Bodenschichten — ebenso wie die Mengen aller anderen Salze — stets geringer sein, als in ariden (Mittelmeerländer), da hier die Verdunstung eine Salzanreicherung in den oberen Schichten begünstigt, dort aber die gesteigerte Menge des Niederschlagswassers die Bodensalze in das Grundwasser herabspült.

Trotz dieser Tatsache konnte durch meine Untersuchungen bis ins Einzelne gezeigt werden, daß die Annahme E. Leicks die Salzkonzentration des Bodens sei eine wesentlich höhere als die des angrenzenden Meerwassers sich vollständig bestätigt und wohl ganz allgemein auf flache Salzwiesenformationen angewendet werden kann.

An dieser Stelle möchte ich noch Herrn Professor E. Leick für vielerlei Anregungen in vorliegender Untersuchung den herzlichsten Dank aussprechen.

Zusammenfassung.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden an den ausgedehnten Salzwiesen ausgeführt, welche sich zwischen den Orten Vitte und Kloster auf der Insel Hiddensee erstrecken. Sie hatten zur Aufgabe, die großen Differenzen im Wasser- und Salzgehalt des Bodens herauszuarbeiten, welche sich in diesem, den Grundwasserspiegel kaum überragenden Gelände schon bei einer ganz geringfügigen Erhebung (von wenigen dm) nachweisen lassen und ausschlaggebend auf die Vegetation einwirken.

Die Bodenproben wurden alle aus der Wurzelschicht der Pflanzen entnommen (10—15 cm tief) und auf Wasser- und Kochsalzgehalt untersucht, der in % des trockenen Bodens angegeben wurde.

Die ersten Untersuchungsstellen waren regellos auf den Wiesen verteilt und ergaben Zusammenhänge zwischen dem Pflanzenwuchs und den beiden genannten Faktoren. Die Erkenntnis dieser Abhängigkeit wurde in den nächsten Untersuchungsserien vertieft, in denen durch Linienprofile die Beziehung des Wasser- und Salzgehaltes zu dem Neigungswinkel des Bodens hergestellt werden konnte. Als wesentlich wurde erkannt, daß sich die Vegetation an der Stelle vollständig ändert (d. h. die hygrophilen Halophytenvereine in normale Wiesenformationen übergehen), wo der Boden sich über das Niveau des Grundwasserspiegels erhebt.

Als neuartig mag hervorgehoben werden, daß die frühere Annahme E. Leicks durchaus bestätigt werden konnte, wonach der Boden durch Sog- und Verdunstungswirkung oft eine bedeutend höhere Salzkonzentration aufweisen kann, als das angrenzende Meerwasser.

Literatur.

- Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. Berlin 1928.
- Geßner, Fr.: Die biologische Forschungsstation auf Hiddensee. (Archiv f. Hydrobiologie, Bd. XXIII. 1931.)
- Lagatu, H. et Sicard, L.: Contribution à l'étude des terres salées du Littoral méditerranéen. Ann. d. Ministère d'Agriculture. 40. 1911.
- Leick, E.: Die Biologische Forschungsstation Hiddensee. Greifsw. 1930.
— Die Pflanzendecke der Provinz Pommern. (Pommersches Heimatbuch.) Berlin 1926.
- Lundegårdh, H.: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 1930.
- Massart, J.: Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. (Rec. de l'Inst. Bot. Errera. 7. 107. 1908.)
- Möller, Th.: Die Welt der Halligen. Kiel 1924.
- Muschler, R.: Die Strand- und Meerespflanzen der deutschen Küsten. „Strandbüchlein“. Stuttgart.
- Nitzsche, H.: Die Halophyten im Marschgebiet der Jade. (Vegetationsbilder XIV. Reihe. Heft 4. 1922.)
- Preuß, H.: Die Salzstellen des nordostdeutschen Flachlandes und ihre Bedeutung für die Halophytenflora. Königsberg. Physik.-ökon. Ges. 1910.
— Die Vegetationsverhältnisse der deutschen Ostseeküste. Diss. Königsberg 1911.
- Rübel, E.: Geobotanische Untersuchungsmethoden. Berlin 1923.
- Stocker, O.: Beiträge zum Halophytenproblem. Ökologische Untersuchungen an Strand- und Dünenpflanzen des Darß. (Vorpommern). Zeitschr. f. Botanik. 16. 1924.
- Storp, F.: Über den Einfluß von Chlornatrium auf den Boden und das Gedeihen der Pflanzen. Diss. Göttingen 1883.
- Walter, H. Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. Jena 1927.
-

Bodentemperaturen und Pflanzenwuchs in ihren wechselseitigen Beziehungen auf der Insel Hiddensee.

(Aus der Biologischen Forschungsstation Hiddensee.)

Von Erich Leick und Gustav Propp.

I. Teil.

A. Allgemeines.

Die Sonnenstrahlung übt nach verschiedenen Richtungen hin einen wesentlichen Einfluß auf den Bodenbewuchs aus. Neben der für viele Lebensprozesse der Pflanze wichtigen photochemischen Wirkung der Sonnenstrahlen steht deren Wärmewirkung, die den Temperaturzustand der Pflanzengewebe beherrscht und damit auch für die Transpiration sowie für den Ablauf aller chemischen Umsetzungen in der Zelle bedeutungsvoll wird¹⁾. Im Hinblick auf diese Tatsache muß es überraschen, daß man den standortsmäßig sehr verschiedenen Körpertemperaturen der Gewächse — sowohl deren Extremwerten als auch den während der Vegetationsperiode wirksamen Mittelwerten — bisher verhältnismäßig wenig Beachtung geschenkt hat. Der Wärmehaushalt der Pflanze hängt aber nicht nur direkt, sondern auch indirekt auf dem Umwege über die Bodentemperaturen von der strahlenden Energie der Sonne ab. Nach welchen Richtungen hin gewinnt die Bodenwärme einen Einfluß auf die jeweilige Pflanzendecke?

1) Die in Wirklichkeit vorhandene autonome Wärmeproduktion des lebenden Pflanzenkörpers spielt — von wenigen Ausnahmen abgesehen — der induzierten Wärme gegenüber keine nennenswerte Rolle (vergl. E. Leick, 19).

1. Die Wurzel nimmt die Temperatur des umgebenden Erdreiches an und wird dadurch in ihrer Wasseraufnahme gefördert oder gehemmt. Beispielsweise kann innerhalb eines Temperaturintervalles von 10—30° die Permeabilität der Plasmahaut rund verfünffacht werden (vergl. H. R. Bode, 1).
2. Durch Leitung im Innern des Gewebes vermag sich die Temperatur der Wurzel bis zu einem gewissen Grade auch den oberirdischen Pflanzenorganen mitzuteilen.
3. Durch Wärmeabgabe des Bodens wird die bodennahe Luftschicht oft stark beeinflußt, so daß zum mindesten die Feldschicht des Bewuchses bald einer höheren, bald einer tieferen Temperatur ausgesetzt ist, als dem allgemeinen Zustande der Atmosphäre entspricht. Auf diese Weise kann einerseits verderbenbringende Abkühlung vermieden, andererseits eine die Taubildung befördernde Unterkühlung herbeigeführt werden.
4. Die Erwärmung bzw. Abkühlung des Bodens ist von erheblicher Bedeutung für seine Wasserführung. Dabei ist nicht nur an den durch Temperaturerhöhung der Oberflächenschicht bedingten Wasserverlust zu denken, sondern auch an die Kondensation von aufsteigendem Wasserdampf in den durch Ausstrahlung abgekühlten Bodenpartien. Gerade der letztgenannte Vorgang, auf dessen Bedeutung meines Wissens zuerst H. Fitting (5) hingewiesen hat, scheint unter Umständen keine geringe Rolle zu spielen.
5. In tiefere Bodenschichten eingebettete Wurzeln und Speicherorgane sind beiden Temperaturextremen in gleicher Weise entrückt; sie leben im Gegensatz zu den oberirdischen Organen in einem mehr oder minder ausgeglichenen Klima.
6. Die Bodentemperatur vermag die Samenkeimung in entscheidender Weise zu beeinflussen. Einmal hängt der der Keimung vorangehende Quellungsprozeß von ihr

ab, dann aber ist auch der Keimvorgang als solcher an bestimmte Wärmegrade gebunden. Schon hierin ist eine gewisse selektive Wirkung der Bodentemperatur auf die Zusammensetzung der Pflanzendecke gegeben.

Haben wir uns so die Beziehungen der Bodenwärme zu den Lebensbedingungen der Vegetation vergegenwärtigt, so müssen wir uns jetzt den Faktoren zuwenden, die auf den Temperaturzustand des Substrates entscheidend einwirken (vergl. W. Schmidt, 22, und J. Schubert, 25). Obenan steht natürlich die Intensität der Sonnenstrahlung, die einmal von der Durchlässigkeit der Atmosphäre (Staub, Wassertropfchen, Wasserdampf usw.), dann von dem Höhenstande der Sonne (Breitengrad, Jahreszeit, Tagesstunde) und schließlich von der Neigung der Oberfläche (Exposition) abhängig ist. Die aufprallenden Strahlen werden aber nur zu einem Teil absorbiert und in Wärme umgesetzt, während der Rest durch Reflexion verloren geht¹⁾. Wie groß die erzielte Erwärmung ist, das hängt von der besonderen Beschaffenheit der Bodenoberfläche ab. Farbe, Korngröße und Material spielen hier eine wichtige Rolle. Ferner ist der Wassergehalt und das spezifische Leitvermögen des Bodens von maßgeblicher Bedeutung. Feuchtes Erdreich verbraucht einen Teil seiner Wärme zur Wasserverdunstung. Gute Leitfähigkeit des Bodens führt zu einer schnellen Wärmeabgabe an die tieferen Bodenschichten. Die erwärmte Oberfläche wird aber auch selber zu einem Wärmestrahler, der gleichzeitig durch Leitung und Austausch (Konvektion) an die umgebende Luft einen Teil seines Wärmeüberschusses verliert. Die letztgenannten Verluste sind um so größer, je

1) Werden die reflektierten Strahlen durch Wolken aufgefangen, so können sie natürlich als diffuses Licht wieder an die Bodenoberfläche gelangen. Daß auch die diffuse Strahlung für den Wärmeumsatz im Boden in Frage kommt, versteht sich ganz von selber. Ja, bei sehr geringer Sonnenhöhe spielt sie sogar eine prozentual recht wichtige Rolle. Genauere Angaben hierüber sind bei R. Geiger (6) nachzulesen.

kühler die bodennahe Luftschicht ist, und je schneller sie durch die Windbewegung eine Erneuerung erfährt. Nehmen wir hinzu, daß sowohl Wärmeeinnahme wie auch Wärmeabgabe des Bodens durch Dichte und Beschaffenheit des vorhandenen Bewuchses in mannigfacher Weise abgeändert werden, so ist ohne weiteres verständlich, daß die tatsächlichen Wärmeverhältnisse des Bodens den verschiedensten Abstufungen und Abwandlungen unterworfen sind. Dementsprechend bedarf es zum Studium der Bodentemperaturen und ihrer Abhängigkeiten möglichst zahlreicher Einzeluntersuchungen, die unter den verschiedenartigsten äußeren Bedingungen durchzuführen sind. Mit vollem Recht bemerkt W. Schmidt (23, S. 410): „Wenn nachgewiesen ist, daß sich im wesentlichen die Strahlungsverhältnisse in der Bodenwärme spiegeln, daß diese also von Beschattung, Beschaffenheit der Oberfläche, noch weiter aber von den die Temperaturleitung im Boden beeinflussenden Eigenschaften, wie Struktur, Zusammensetzung, Wassergehalt abhängen, dann ist auf keinen Fall noch daran zu denken, Bodentemperaturbeobachtungen als großklimatische Werte auf weiten Raum zu übertragen.“

Es war daher sehr naheliegend, auf der Insel Hiddensee, die auf verhältnismäßig engem Raume die mannigfaltigsten Gegensätze in Exposition, Unterlage, Wasserführung und Bewuchs zu erkennen gibt, Untersuchungen in der genannten Richtung auszuführen. Es kommt noch hinzu, daß auch die Strahlungsverhältnisse an der Meeresküste ungewöhnlich starken Schwankungen unterworfen sind, so daß allein hierdurch erhebliche Unterschiede in der Wärmeversorgung der oberen Bodenschichten bedingt sein müssen.

Die im Nachstehenden mitgeteilten Messungen stellen keine systematisch durchgeführten Untersuchungsreihen dar, sondern sind vielmehr als Stichproben zu bewerten, die uns einen Einblick in die auch in dieser Beziehung auf Hiddensee hervortretenden Standortsgegensätze vermitteln sollen. Der

Einfluß der Pflanzendecke auf den Wärmeumsatz im Boden fand — dem Standpunkte des Geobotanikers entsprechend — besondere Beachtung. Aber auch die Rückwirkung der Temperaturverhältnisse auf die Pflanzenbesiedelung des Standortes wurde, soweit möglich, kurz gestreift.

B. Einzelmessungen.

1. Maximalwerte der Bodentemperatur.

Zunächst wenden wir uns der Frage nach den beobachteten Höchsttemperaturen zu. Diese hängen naturgemäß nicht nur von der Intensität der Strahlung, sondern auch von der Exposition der Bodenfläche, dem Wärmeumsatz im Boden, der Lufttemperatur und der Luftbewegung ab. Gerade hinsichtlich der letztgenannten Faktoren bietet Hiddensee eigenartige Verhältnisse dar. Selbst bei sehr kräftiger Sonnenstrahlung kann die Luft empfindlich kühl und gleichzeitig stark bewegt sein. Das hat dann nicht nur eine überraschend hohe Luft-Boden-Differenz zur Folge, sondern auch eine Verlegung der höchsttemperierten Bodenschicht von der Oberfläche in eine Tiefe von mehreren cm. So wurde beispielsweise am 23. August 1930 um 13^h 20' die Höchsttemperatur mit $+ 58,3^{\circ}$ in einer Tiefe von 2,5 cm gemessen. Gegenüber der Lufttemperatur bestand eine Differenz von $36,8^{\circ}$, gegenüber der Bodenoberfläche eine solche von $15,9^{\circ}$. Nach der Tiefe zu erfolgte ein sehr rascher Temperaturabfall; denn bereits bei 5 cm betrug die Temperatur des Bodens nur noch $+ 33,4^{\circ}$; die Lufttemperatur wurde schon in einer Tiefe von 20 cm mit $+ 19,2^{\circ}$ unterschritten. Die vorstehend mitgeteilten Messungen wurden an einem sehr klaren Spätsommertage am sog. Schwedenhagener Ufer bei Kloster gemessen. Es handelt sich hier um eine ziemlich steil abfallende Scholle des Binnenufers, die unter einem Winkel von etwa 65° gen Süden geneigt und teils aus lehmig-mergligem, teils aus humosem Sande aufgebaut ist. An der Beobachtungsstelle überwog die

sandige Unterlage, die einen stark lückigen Kümmerbewuchs von *Potentilla arenaria*, *Trifolium arvense*, *Galium verum*, *Erigeron acre*, *Melandryum album*, *Centaurea Rhenana* und jungen Pflanzen von *Crataegus monogyna* aufzuweisen hatte. Von 15^h 30' an erfolgte — zumal Dunstwolken am Himmel aufzogen — ein sehr schneller Abfall, so daß schon um 18^h in 2,5 cm Tiefe das Thermometer nur noch + 28,8° (11,8° über Lufttemperatur) zeigte, während es sich in 5 cm Tiefe auf 30,7° gehalten hatte. Die Verlegung des Höchstwertes in größere Bodentiefe ist eine Erscheinung, die gegen Sonnenuntergang stets mehr oder weniger deutlich hervortritt. Besondere Beachtung verdient die Tatsache, daß von den wenigen pontischen Florenelementen Hiddensees gerade hier *Potentilla arenaria* auftaucht. *Centaurea Rhenana*, die in Mitteleuropa Kalk- und Lößböden bevorzugt und in Südwestdeutschland als Glied der Steppenheide angetroffen wird, hat auf der ganzen Insel hier ihren einzigen Standort.

An der eben geschilderten Örtlichkeit wurde am 28. August 1930 mit + **59,6°** in 2,5 cm Tiefe der bisher überhaupt auf Hiddensee beobachtete absolute Höchstwert der Bodentemperatur ermittelt. Die Messung fand 13^h 20' statt. Welche Temperaturwerte gleichzeitig in den verschiedenen Bodenschichten erzielt wurden, läßt die Kurve in Abb. 1 deutlich erkennen.

Vergleichen wir den genannten Höchstwert mit den aus der Literatur bekannten Angaben über besonders starke Erwärmungen der Böden, so finden wir, daß selbst in Wüsten keine so sehr viel höheren Temperaturen gemessen wurden. A. Brehm sah im Innern Kordofans das im Wüstensande steckende Thermometer auf + 69° steigen. Aus dem indischen Steppengebiet wird ebenfalls ein Maximalwert von 69° berichtet (vergl. R. Geiger, 6), während im Wüstenlaboratorium zu Tucson in einer Tiefe von 4 mm einmal sogar 71,5° ermittelt wurden (vergl. Buxton, 2). Daß aber in den Wüsten keineswegs immer so hohe Boden-

temperaturen erzielt werden, geht u. a. aus den Angaben Mac Dougals hervor, der in amerikanischen Wüsten ein Maximum von $53,3^{\circ}$ fand. An den nach S und SW abfallenden Oderabhängen des von Keudellschen Naturschutzgebietes maß K. Hueck (13) in einer hauptsächlich aus pontischen Formen bestehenden Pflanzengesellschaft am 15. Juli 1925 um $2^{\text{h}} 25'$ in 1 cm Tiefe eine Temperatur von

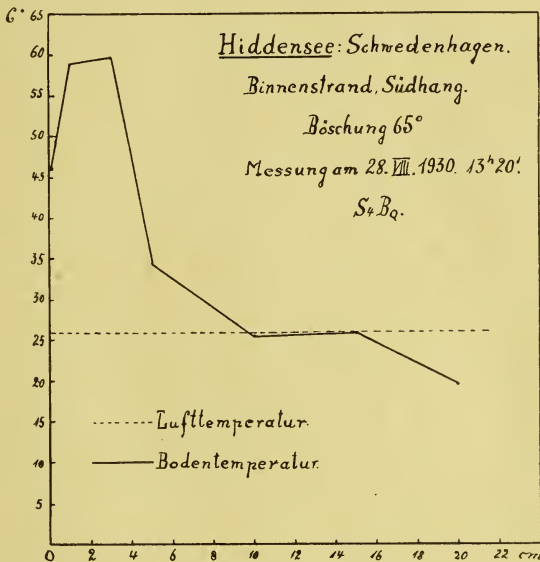


Abb. 1.

$51,5^{\circ}$. Da aber 20 cm über dem Erdboden die Lufttemperatur 38° betrug, war hier nur eine Luft-Boden-Differenz von $13,5^{\circ}$ (auf Hiddensee im Maximum $36,8^{\circ}$) zu verzeichnen. Außerdem wies das Temperaturgefälle pro cm bis zu einer Tiefe von 5 cm lediglich den Betrag von $4,8^{\circ}$ (auf Hiddensee $10,1^{\circ}$) auf. Daraus scheint hervorzugehen, daß die Strahlungsintensität an der Meeresküste an klaren Tagen einen höheren Betrag zu erreichen vermag als im norddeutschen Binnenlande. In diesem Zusammen-

hänge verdient auch eine Beobachtung E. Giltays (8) aus dem Jahre 1884 Erwähnung. Er stellte nämlich in der Nähe von Leyden am Südhang einer Düne zwischen 12 und 13 Uhr am 8. Juni eine Bodentemperatur von $+ 81^{\circ}$ fest. Am Nordhang wurden gleichzeitig $+ 34^{\circ}$ gemessen.

Weiterhin sind gerade in neuester Zeit bei der Ausführung ökologischer Standortsuntersuchungen in Süddeutschland auffällig hohe Bodentemperaturen ermittelt worden. So gibt H. Schanderl (21) für das bekannte Wellen- und Muschelkalkgebiet in der Nähe Würzburgs an, daß der Boden selbst in 5 cm Tiefe häufig noch 55° warm sei. O. H. Volk (29) beobachtete in den Rheinsanden bei Heidelberg während des Sommers Temperaturen bis zu $+ 70,6^{\circ}$; Erwärmungen des Bodens von 60° sollen hier nach demselben Autor nicht selten sein. Über ähnliche Maximalwerte ($+ 70^{\circ}$) an den Südabhängen des Allgäus berichtet Hummel (14). Schließlich hat auch H. Heilig (11) bei Gelegenheit ihrer „Untersuchungen über Klima, Boden und Pflanzenleben des Zentralkaiserstuhls“ am Südosthang des Badberges (Neigung 12°) am 30. August 1928 eine Höchsttemperatur des Bodens von $+ 68,5^{\circ}$ (gleichzeitige Lufttemperatur $+ 33^{\circ}$) feststellen können.

In den Höhenlagen der Gebirge können unter besonders günstigen Bedingungen noch wesentlich höhere Bodentemperaturen als die oben angeführten ermittelt werden. Der höchste bisher registrierte Wert geht auf die Beobachtungen von F. Shreve (26) zurück und betrug $+ 91,9^{\circ}$. Die Messung fand in der Nähe von Tucson (Arizona) in einer Höhe von 7000 Fuß am Südabhänge des Katarina-Gebirges statt.

Die Tatsache, daß die Strahlung in unseren Breiten in ihren maximalen Beträgen kaum hinter der äquatorialer Gebiete zurückbleibt, hat ihre Ursache in folgendem Umstände: die größere Sonnenhöhe niederer Breiten wird im allgemeinen durch den gleichzeitigen Zustand der Atmo-

sphäre, der für die Durchlässigkeit der Strahlung wenig günstig ist (z. B. hoher Wasserdampfgehalt), ganz oder teilweise wieder wett gemacht.

Es liegt auf der Hand, daß eine Erwärmung auf fast 60° keineswegs von allen Gewächsen ertragen werden kann. Demzufolge sind es auch verhältnismäßig wenige Pflanzen, die den Kümmerwuchs derartig stark insolierter Sandstellen bilden. Allerdings muß dabei in Betracht gezogen werden, daß die genannte Temperatur nur die oberflächlich wurzelnden Gewächse in vollem Ausmaße trifft. Gerade die Psamrophyten sind aber in der Regel durch ein tiefgreifendes Wurzelsystem ausgezeichnet.¹⁾

2. Einfluß der Pflanzendecke auf die Bodentemperatur.

Überall dort, wo — größerem Nährstoffreichtum und höherem Wassergehalt des Bodens entsprechend — eine dichtere Vegetationsdecke zur Ausbildung kommt, bleiben die Bodentemperaturen weit hinter den vorstehend verzeichneten Maximalwerten zurück. Ich führe im folgenden einige Messungen an, die den Einfluß des Bewuchses auf die Wärmegestaltung im Boden deutlich erkennen lassen.

Messung (1) am 28. Mai 1928. 16^h. Himmel völlig klar; ununterbrochener Sonnenschein. Abhang der Steilküste mit einer Neigung von etwa 60° gen Westen. Am Fuße des Abhanges liegt in ungefähr gleicher Neigung eine große, abgerutschte Scholle, die teils kahl, teils in verschiedener Weise bewachsen ist. Die ganze Fläche ist voll den Sonnenstrahlen ausgesetzt. Es wurden gemessen:

1) Daß sehr hohe Temperaturen von gewissen Wurzeln ohne Schaden ertragen werden, ja sogar ihrer Entwicklung sehr förderlich zu sein scheinen, geht aus der in Treibhäusern gemachten Beobachtung hervor, nach der manche Orchideenwurzeln sich fest an die Heizröhren anschmiegen und hier ein üppiges Wachstum entfalten.

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Lufttemperatur mit Hilfe des Schleuderthermometers | 13,1°; |
| 2. Abgerutschte Scholle. Therm. an einer unbewachsenen Stelle 2 cm tief; lehmiger Sand | 25,0°; Überschuß + 11,9° |
| 3. Desgl. Therm. an einer lückenhaft mit Moosen und ganz wenigen Gräsern bewachsenen Stelle 2 cm tief | 23,6°; Überschuß + 10,5° |
| 4. Desgl. Therm. an einer mit geschlossener Grasnarbe bedeckten Stelle 2 cm tief | 12,3°; Überschuß — 0,8° |
| 5. Desgl. Therm. an einer dicht mit Gräsern und Stauden bewachsenen Stelle 2 cm tief | 10,8°; Überschuß — 2,3° |
| 6. Desgl. Therm. in dichtem Buschwerk von <i>Lonicera xylostium</i> 2 cm tief | 10,3°; Überschuß — 2,8° |

Überraschend ist an diesen Resultaten, daß trotz der geringen räumlichen Entfernung der Meßstellen voneinander (40—60 cm) die horizontalen Temperaturdifferenzen ein so beträchtliches Ausmaß erreichen. (vergl. G. Kraus, 16). Die die Strahlung abschwächende Wirkung der Pflanzendecke steigt naturgemäß mit ihrer Dichte, ferner mit der Höhe ihres Wuches, der spezifischen Gestaltung der oberirdischen Organe und der Größe ihrer durchschnittlichen Transpirationsleistung. Dementsprechend bleibt der unvollkommen mit Moosen und wenigen Gräsern bewachsene Boden nur um 1,4° hinter der nackten Fläche zurück, während die geschlossene Grasnarbe die Bodentemperatur um volle 12,7° erniedrigt. Stauden- und Strauchwuchs führen eine weitere Vergrößerung dieser Differenz auf 14,2° bzw. auf 14,7° herbei. Daß aber auch sehr schütterer Pflanzenwuchs die Erwärmung des Bodens unter Umständen beträchtlich hintanzuhalten vermag, soll das folgende Beispiel lehren.

Messung (2) am 26. August 1928. 12^h 30'. Fläche Mulde zwischen zwei Kuppen des Steilufers. Die Mulde

öffnet sich nach S. Neigung des Bodens 5—10°. Die sandige Unterlage weist einen lückenhaften, spärlichen Bewuchs auf. Kräftiger Wind aus SW. Ununterbrochener Sonnenschein. Es wurden gemessen:

1. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer	18,9°;
2. Unbewachsener Sandboden Therm. in 1 cm Tiefe	29,1°; Überschuß + 10,2°
3. Desgl. Therm. in 2 cm Tiefe	28,2°; Überschuß + 9,3°
4. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe	25,0°; Überschuß + 6,1°
5. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe	22,0°; Überschuß + 3,1°
6. Sandboden mit sehr lockerem Bewuchs von <i>Polytrichum piliferum</i> ; Pflänzchen wenige mm hoch. Therm. in 1 cm Tiefe	26,1°; Überschuß + 7,2°
7. Sandboden mit Rasen von <i>Sedum acre</i> ; Pflänzchen nicht über 2 cm hoch. Therm. in 1 cm Tiefe	23,1°; Überschuß + 4,2°
8. Desgl. Therm. in 2 cm Tiefe	23,0°; Überschuß + 4,1°
9. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe	22,1°; Überschuß + 3,2°
10. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe	21,9°; Überschuß + 3,0°

Verschwindet die Sonne für längere Zeit, so macht sich alsbald ein Ausgleich der Temperaturdifferenzen zwischen bewachsenen und freien Bodenstellen bemerkbar (vergl. damit das Verhalten der Bodentemperaturen nach Sonnenuntergang S. 110). Das hat seine Hauptursache in der stärkeren Wärmeausstrahlung der nackten Bodenfläche. Somit sorgt selbst ein sehr kümmerlicher Pflanzenbestand für eine gewisse Wärmeregulierung der Unterlage. Ich führe das hier an, weil an der oben beschriebenen Stelle auch einige Messungen bei bedecktem Himmel ausgeführt wurden.

Messung (3) am 25. August 1928. 12^h 15'. Genau die gleiche Örtlichkeit wie bei 2. Kräftiger Wind aus W. Nachdem zuvor die Sonne geschienen hatte, ist seit 11^h 15' der Himmel völlig bedeckt. Es wurden gemessen:

1. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer	17,9°;
2. Unbewachsener Sandboden; Therm. in 1 cm Tiefe	22,0°; Überschuß + 4,1°
3. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe	21,2°; Überschuß + 3,3°
4. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe	20,0°; Überschuß + 2,1°
5. Sandboden mit Rasen von <i>Sedum</i> acre; Pflänzchen nicht über 2 cm hoch. Therm. in 1 cm Tiefe	20,5°; Überschuß + 2,6°
6. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe	20,1°; Überschuß + 2,2°
7. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe	19,4°; Überschuß + 1,5°

An die Stelle der Luft-Boden-Differenz von $+10,2^{\circ}$ bei vollem Sonnenschein (Messung vom 26. August) ist nach einstündiger Bewölkung (Messung vom 25. August) eine solche von $4,1^{\circ}$ ($6,1^{\circ}$ Unterschied) getreten. Demgegenüber betrug die gleiche Differenz innerhalb des *Sedum*-Bestandes in der Sonne $+4,2^{\circ}$, nach einstündiger Beschattung noch $+2,6^{\circ}$ ($1,6^{\circ}$ Unterschied). Wir ersehen daraus, daß der Pflanzenwuchs — selbst bei allerdürftigster Entwicklung — sowohl einer schnellen Erwärmung als auch einer schnellen Abkühlung der Unterlage in gleicher Weise entgegenwirkt. Dementsprechend ist bei unbewachsenem Boden stets mit einem steileren Temperaturgefälle zu rechnen als bei bewachsenem. Ebenso ist die neutrale Bodenschicht, d. h. also die in ihrer Wärme mit der Lufttemperatur übereinstimmende Schicht, unter einer Grasnarbe am Tage tiefer, nachts aber höher gelegen als an bewuchsfreien Stellen. Allerdings ist dafür das Vorhandensein hinreichend großer Flächen die Vorbedingung, da sonst der Ausgleich in horizontaler Richtung die vertikale Wärmeschichtung stört und verschiebt. Die in Abb. 2 dargestellten Kurven 4 und 5 lassen deutlich den am Tage bestehenden Unterschied der Wärmeschichtung unter freier und bewachsener Bodenfläche erkennen.

Die wärmeregulierende Wirkung des Bodenbewuchses hängt selbstverständlich sehr von dessen morphologischem

Charakter ab. Eine Vegetationsdecke, die sich dicht der Unterlage anschmiegt und nur eine nach cm rechnende Höhe erreicht (Flechten, Moose, Kummerrasen), wird ihre Aufgabe als Wärmepuffer nur unvollkommen erfüllen. Höhere Gräser und Staudenbestände dagegen halten sehr viel besser die Sonnenstrahlen fern und gestatten trotzdem das Eindringen der bewegten, kühleren Luft. Sträucher und dichte Gebüsch schaffen bereits — ebenso wie ge-

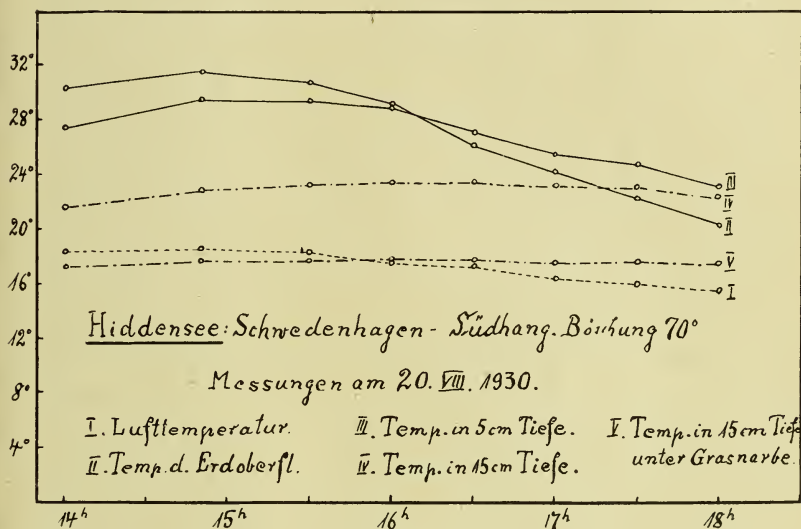


Abb. 2.

schlossener Waldbestand — einen völlig veränderten Klimaraum oberhalb des Bodens, einen Klimaraum, der hinsichtlich seines Temperaturgefälles, seines Feuchtigkeitsgehaltes und seiner Windbewegung garnicht mehr mit der benachbarten freien Fläche verglichen werden kann. Demnach ist zu erwarten, daß die Bodentemperaturen eine dem Formationscharakter der Pflanzendecke entsprechende Regulierung erfahren (vergl. E. Ebermayer, 3). Natürlich müssen neben den morphologischen Bewuchsverhältnissen

auch die physiologischen Berücksichtigung finden. So kann beispielsweise durch Belichtung bedingte Blattstellungsänderung oder durch große Ausdehnung des Wurzelraumes ermöglichte starke Transpiration der Standortsinhaber den Klimaraum und damit auch die Bodentemperatur beeinflussen. Die Einschränkung der Bodenverdunstung durch Schaffung windstillere Räume, die sich mit dampfgesättigter Luft anreichern, sowie durch Fernbleiben austrocknender Sonnenstrahlen wirkt natürlich auch in maßgebender Weise auf die Wasserführung des Bodens ein. Dadurch entstehen dann wiederum — in Verbindung mit der Bodenstruktur — physikalisch veränderte Bedingungen für Speicherung, Leitung und Austausch der Bodenwärme. Schließlich muß auch noch der Einfluß abgestorbener Pflanzenreste auf die Wärmeverhältnisse des Substrates in Betracht gezogen werden. Fallaub und Nadelstreu in Wäldern und Gebüsch, Reiserbedeckung in Mooren, Trockentorfschicht auf Heiden und Fahlgasfilz auf Wiesen und Freiungen können — namentlich zu Beginn der Vegetationszeit — eine nicht unerhebliche Rolle spielen. Hierfür haben die Untersuchungen von F. Firbas (4) einen schlagenden Beweis erbracht.

Um die je nach der Form des Pflanzenwuchses mannigfaltig abgestuften Temperaturverhältnisse der Böden wenigstens an einigen Beispielen aufzuzeigen, sollen folgende Messungen hier ihren Platz finden.

Messung (4) am 19. August 1928. 11^h. Trockenhügel westlich des Dorfes Grieben. Der Hang ist um 10—15° gen Osten geneigt. Boden vom gestrigen Regen noch feucht. Heute seit 2 Stunden klarer Himmel und voller Sonnenschein. Schwacher Wind. Es wurden gemessen:

1. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer 16,5°;
2. Sandiger Boden mit lückigem Kümmerwuchs von *Weingärtneria canescens*, *Jasione montana*, *Helichrysum arenarium* etc. Therm. in 1 cm Tiefe 24,8°; Überschuß + 8,3°

- | | |
|---|-------------------------|
| 3. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe | 19,0°; Überschuß + 2,5° |
| 4. Sandiger Boden, der neben dem genannten Kümmerwuchs eine dichtere Bedeckung mit Anthoxanthum Puélii aufweist. Therm. in 1 cm Tiefe | 18,9°; Überschuß + 2,4° |
| 5. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe | 16,1°; Überschuß — 0,4° |

Trotz des scheinbar nur geringfügigen Unterschiedes in der Zusammensetzung der Pflanzendecke beträgt die Temperaturdifferenz zwischen der dichter und der weniger dicht bewachsenen Bodenstelle in 1 cm Tiefe 5,9° und in 10 cm Tiefe noch 2,9°. Die hier angeführten Standortsinhaber zeichnen sich alle dadurch aus, daß sie meist in mehr oder weniger offenen Beständen auftreten, und daß sie sandige, der Sonne stark zugängliche Stellen bevorzugen. Ihnen müssen also die zeitweilig hohen Bodentemperaturen wenn nicht bekömmlich, so doch zum mindesten nicht schädlich sein. Weiterhin müssen sie es mit in Kauf nehmen, daß nach Sonnenuntergang der von ihnen nur mangelhaft bedeckte Boden eine schnelle Abkühlung erfährt, und daß ihre Wurzeln demzufolge größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt werden, als sie bei geschlossenem Bestande üblich sind. Siedelt sich — wie es auf Hiddensee vielfach geschieht — das aus dem Mittelmeergebiete stammende, einjährige, begrannte Ruchgras (*Anthoxanthum Puélii*) zwischen der lückenhaften Sandflora an, dann hat das einen mit dem Größerwerden der Graspflanzen zunehmenden Temperatúrausgleich im Boden zur Folge. Da *Anthoxanthum Puélii* einzig und allein außerhalb der geschlossenen Grasnarbe zur Entwicklung kommt, muß wohl angenommen werden, daß der stark erwärmte Boden seinen Samen die besten Keimbedingungen bietet. Die Vorliebe südlicher Einwanderer für die künstlichen Blößen der Chausseen, Bahndämme, Schuttplätze und Kulturflächen ist wohl häufiger, als man annimmt, durch die für die Keimung erforderliche Bodenwärme hervorgerufen. Dieser Frage müßte experimentell nähergetreten werden.

Wesentlich höher als bei Messung 4 fallen die durch den Bodenbewuchs hervorgerufenen Temperaturdifferenzen in dem folgenden Beispiele aus.

Messung (5) am 2. Juni 1928. 10^h 45'. Hügel in der Nähe des Fahnenberges. Messungen in einer windgeschützten, nach S-O geöffneten Mulde. Klarer Himmel und ungehemmter Sonnenschein. Schwacher Wind aus N-O (Windstärke 3). Es wurden gemessen:

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer | 15,0°; |
| 2. Unbewachsener Sandboden. Therm. eben mit Sand überdeckt | 38,3°; Überschuß + 23,3° |
| 3. Desgl. Therm. in 2 cm Tiefe | 18,6°; Überschuß + 3,6° |
| 4. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe | 17,8°; Überschuß + 2,8° |
| 5. Bodenstelle in 1 m Entfernung, genau die gleiche Exposition. Der Sandboden ist stärker mit humosen Bestandteilen durchsetzt. Geschlossene, niedrige Grasnarbe. Therm. in 2 cm Tiefe | 16,8°; Überschuß + 1,8° |
| 6. Desgl., aber Boden mit einem lichten Sanddorngebüsch bedeckt; darunter hoher Graswuchs. Therm. in 2 cm Tiefe | 11,5°; Überschuß — 3,5° |
| 7. Desgl., aber Boden unter einer mannhohen, stark schattenden Kiefer; hoher Graswuchs. Therm. in 2 cm Tiefe | 10,5°; Überschuß — 4,5° |
| 8. Desgl., aber Boden mit einem völlig undurchdringlich. Juniperus-Gebüsch bedeckt. Therm. in 2 cm Tiefe | 9,4°; Überschuß — 5,6° |

Erstaunlich groß ist im vorliegenden Falle das Temperaturgefälle des unbewachsenen Sandbodens, das in den ersten beiden cm je 9,9° ausmacht, um in den folgenden 8 cm auf den hundertsten Teil, nämlich auf 0,1°, herabzusinken. Die Ursache hierfür ist einerseits in dem völligen Fehlen jeglicher Luftbewegung in der vor Wind geschützten Bodensenke zu suchen, andererseits in dem sehr schlechten

Wärmeleitvermögen des lockeren Sandbodens. Schon verhältnismäßig geringfügige Beimengungen humoser Feinerde können in der letztgenannten Hinsicht das physikalische Verhalten des Sandbodens wesentlich verändern. Aus diesem Grunde ist auch ein strenger Vergleich zwischen dem unbewachsenen (humusfreien) und dem bewachsenen (humushaltigen) Sandboden nicht möglich. Die Temperatur der 2 cm tiefen Bodenschicht wird durch die Grasnarbe um 2°, durch das lichte Sanddorngebüsch + Grasnarbe um 7,1°, durch die schattende Kiefer + Grasnarbe um 8,1° und durch das Wachholderdickicht um 9,2° herabgesetzt. Natürlich sind für die absoluten Werte nicht allein die augenblicklichen Insulationsverhältnisse verantwortlich zu machen, sondern auch die Temperaturgestaltung der vorangegangenen Tage. Die andauernde Kühle der Luft hat an den vor direkter Sonnenstrahlung geschützten Stellen überhaupt noch keine höhere Bodenwärme aufkommen lassen. Daraus ergibt sich die bisher zu wenig beachtete Tatsache, daß schattende Nadelhölzer ihrer Bodenflora im Frühjahr nicht nur ungünstige Belichtungsbedingungen, sondern auch wenig günstige Bodentemperaturen zuteilwerden lassen.

3. Einfluß des Windes auf die Bodentemperatur.

Kalter Wind vermag die Oberflächentemperaturen der Böden sehr herabzumindern, hebt aber die Tiefenwirkung der Insolation keineswegs auf. Dafür gibt die folgende Messung einen klaren Beweis. Messung (6) am 1. Juni 1928. 10^h 45'. Ostabhang des Leuchtturmberges. Neigung etwa 15°. Himmel völlig klar, ununterbrochener Sonnenschein. Kalter Wind aus N-O; Windstärke 7. Es wurden gemessen:

1. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer 6,7°;
2. Unbewachsener Sandboden. Thermometer eben mit Sand bedeckt 11,3°; Überschuß + 4,6°

3. Desgl. Thermometer in 2 cm Tiefe	18,4°; Überschuß + 11,7°
4. Desgl. Thermometer in 10 cm Tiefe	15,8°; Überschuß + 9,1°
5. Sandboden mit lückigem Bewuchs von Weingärtneria canescens, Sedum acre, Artemisia campestris. Thermometer in 2 cm Tiefe	15,9°; Überschuß + 9,2°
6. Desgl. Thermometer in 10 cm Tiefe	16,0°; Überschuß + 9,3°
7. Dichtes Kiefernstangenholz am gleichen Abhänge; Boden mit Nadelstreu bedeckt. Thermometer in 2 cm Tiefe	8,2°; Überschuß + 1,5°
8. Desgl. Thermometer in 10 cm Tiefe	7,8°; Überschuß + 1,1°.

Berechnen wir hier das Temperaturgefälle pro cm, so ergeben sich beim unbewachsenen Sandboden für die ersten beiden cm 3,5° Zunahme, für die folgenden 8 cm dagegen 0,4° Abnahme. Lückiger Kümmerwuchs weist zwischen 2 und 10 cm Tiefe ein Gefälle von + 0,01°, Kiefernstangenholz ein solches von — 0,05° auf. Daß hier die Luft-Boden-Differenz selbst bei 10 cm Tiefe noch positives Vorzeichen trägt (vgl. dagegen Messung 5!) hat seinen Grund in der unverhältnismäßig niedrigen Lufttemperatur. In 2 cm Tiefe ist der locker bewachsene Boden um 2,5°, der mit Kiefernstangenholz bedeckte aber um 10,2° kälter als der nackte Sandboden; für 10 cm Tiefe betragen die entsprechenden Werte 0° — genau sogar 0,2° wärmer — und 8°. Wir ersehen daraus, daß eine niedrige oder nicht völlig geschlossene Vegetationsdecke stark ausgleichend wirkt, daß aber ein dichter, hochwüchsiger Bestand — wenigstens in den Frühjahrsmonaten — unverhältnismäßig tiefe Bodentemperaturen veranlaßt.

Bei kühlem Wind und völlig klarem Himmel, einer Wetterlage, die für viele Hiddenseer Frühlingstage typisch ist, treten nicht nur im Boden, sondern auch an den insoziierten Pflanzen und in der Atmosphäre selber überraschend große Temperaturgegensätze zu Tage. Da die vom stark erwärmten Boden durch Strahlung und Konvektion abgegebene Wärme beträchtlich ist, bilden sich überall dort,

wo der Zutritt des kalten Windes behindert ist, scharf ausgeprägte „Wärmeinseln“. So konnten wir beispielsweise am 2. Juni 1928 um 10^h 45' in einer geschützten Mulde mit dem Schleuderthermometer + 15^o messen, während in geringer Entfernung auf der dem Winde ausgesetzten Kuppe das Schleuderthermometer nur eine Lufttemperatur von + 9,5^o anzeigte. Daraus kann entnommen werden, daß der Wind nicht nur durch seine scherende und Transpiration steigernde Wirkung die Pflanzengestalt beeinflußt, sondern auch durch seine abkühlende Wirkung auf Boden, Luft und Pflanzenmasse (vgl. R. Harder, 10). Geschützte Bodensenken, Lee-seiten der Abhänge und Dünen, Windschatten von Wald und Busch sowie „windstille“ Räume in mehrschichtiger Vegetationsdecke bieten auch hinsichtlich ihrer Bodentemperaturen andersartige Bedingungen als windbestrichene Freirungen. Auch hierfür können einige Messungen als Belege herangezogen werden.

Messung (7) am 26. Mai 1928. 2^h 50'. Auf der ca. 70 m hohen freien Kuppe neben der Swantewitschlucht. Himmel völlig klar, ungehemmter Sonnenschein. Kühler Wind aus N-O. Windstärke 4. Es wurden gemessen:

1. Therm. in horizontaler Lage 55 cm über dem Boden; freier Zutritt des Windes; Quecksilbergefäß während der Messung beschattet 12,2^o;
2. Therm. frei auf der niedrigen Grasnarbe liegend; Quecksilbergefäß während der Messung beschattet 15,1^o; Überschuß + 2,9^o
3. An gleicher Stelle; Therm. in 2 cm Tiefe 22,4^o; Überschuß + 10,2^o
4. An gleicher Stelle; Therm. in 8 cm Tiefe 19,5^o; Überschuß + 7,3^o
5. Dicht daneben lichtetes Sanddorngebüsch von etwa 1 m Höhe; Boden mit vorjährigem Graswuchs bedeckt. Therm. in horizontaler Lage 13,3^o; Überschuß + 1,1^o

- | | |
|--|---------------------------|
| 6. An gleicher Stelle; Therm. in 2 cm Tiefe | 16,1°; Überschuß + 3,9° |
| 7. An gleicher Stelle; Therm. in 8 cm Tiefe | 12,3°; Überschuß + 0,1° |
| 8. Dicht daneben bewuchsfreier Sandboden. Therm. in horizontaler Lage; Quecksilbergefaß eben mit Sand bedeckt | 23,1°; Überschuß + 10,9° |
| 9. An gleicher Stelle; Therm. in 2 cm Tiefe | 24,4°; Überschuß + 12,2° |
| 10. An gleicher Stelle; Therm. in 8 cm Tiefe | 20,2°; Überschuß + 8,0° |
| 11. Dicht daneben eine windgeschützte, etwa 60 cm tiefe Grube mit steiler Wand nach N-O. Therm. in horizontaler Lage auf dem bewuchsfreien Boden der Grube. Quecksilbergefaß eben mit Sand bedeckt | 33,7°; Überschuß + 21,5° |
| 12. An gleicher Stelle; Therm. in 2 cm Tiefe | 31,2°; Überschuß + 19,0° |
| 13. An gleicher Stelle; Therm. in 8 cm Tiefe | 24,0°; Überschuß + 11,8°. |

Daß das auf dem Rasen liegende Thermometer hinter dem von Sandboden bedeckten um 9,3° zurückbleibt, hat seine Ursache einmal in der geringeren Gesamterwärmung des bewachsenen Bodens, dann aber auch in der durch Transpiration bedingten Abkühlung der Pflanzendecke. Infolge der behinderten Insolation bleiben auf der mit lichtem Sanddorngebüsch bedeckten Fläche die Bodentemperaturen hinter denen der offenen Grasstelle wesentlich zurück. Der Gegensatz zwischen Oberfläche und 2 cm-Schicht ist aber weniger ausgeprägt, da der Wind durch das Astwerk merklich abgeschwächt wird. Sowohl der unbewachsene als auch der bewachsene Boden weisen in 2 cm Tiefe eine höhere Temperatur als an der Oberfläche auf. Die ununterbrochene Zufuhr kühler Luft durch den Wind verhindert eine größere Luft-Boden-Differenz. Der bewuchsfreie Sandboden ist in 2 cm Tiefe um 2,0°, in 8 cm Tiefe aber nur noch um 0,7° wärmer als der von einer Grasnarbe bedeckte. Dem Sand-

dorngebüsch gegenüber fallen die entsprechenden Differenzen beträchtlich höher aus; sie betragen nämlich in 2 cm Tiefe $8,3^{\circ}$ und in 8 cm Tiefe $7,9^{\circ}$. Überraschend hoch sind

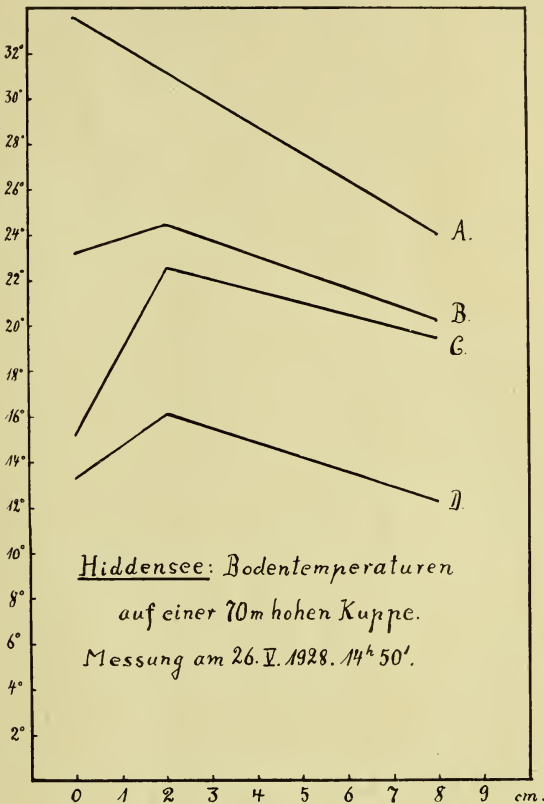


Abb. 3.

A. Bewuchsfreier Sandboden, windgeschützt. B. Bewuchsfreier Sandboden auf windbestrichener Kuppe. C. Grasbewachsener Sandboden auf freier Kuppe. D. Mit Sanddorngebüsch bewachsener Boden auf freier Kuppe.

die auf dem Boden der dem Winde nicht zugänglichen Grube gemessenen Werte. Hier ist der ebene Sandboden an seiner Oberfläche um volle $10,6^{\circ}$ wärmer als der Sandboden der

freien, windbestrichenen Kuppe. In 2 cm Tiefe beträgt der entsprechende Temperaturunterschied noch $6,8^{\circ}$ und in 8 cm Tiefe $3,8^{\circ}$. Besonders zu beachten ist die Tatsache, daß nur an der windgeschützten Stelle die maximale Erwärmung an der Bodenoberfläche auftritt. Die in Abb. 3 wiedergegebenen Temperaturkurven der untersuchten vier Bodenstellen lassen die eben geschilderten Verhältnisse deutlich zu Tage treten.

Der Einfluß des Windes auf die Bodentemperatur zeigt sich auch deutlich, wenn man die Luv- und die Leeseiten der Abhänge miteinander in Vergleich stellt. An sonnigen Tagen wird ein solcher Vergleich dadurch erschwert, daß naturgemäß zu gleicher Tagesstunde der Einfallswinkel der Strahlen an den entgegengesetzt gerichteten Flanken recht verschieden ist. Das folgende Beispiel kann uns aber darüber belehren, daß auch an trüben Tagen die wärmeentziehende Wirkung des Windes auf der Luvseite unverkennbar zur Geltung kommt.

Messung (8) am 31. Mai 1928. 17^h 15'. Hügel neben dem Fahnenberge, etwa 55 m über dem Meer. Wetter den ganzen Tag über trüb und kühl. An den vorhergehenden Tagen schien die Sonne. Wind aus N-O; Windstärke 6. Es wurden gemessen:

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer | 8,10; |
| 2. Sandiger Boden mit lückenhaftem Kümmerbewuchs von <i>Weingärtneria canescens</i> . Luvseite des Hügels; Therm. in 2,5 cm Tiefe | 12,10; Überschuß + 4,00 |
| 3. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe | 12,70; Überschuß + 4,60 |
| 4. Desgl., aber dichtes Gebüsch von <i>Juniperus communis</i> . Therm. in 2,5 cm Tiefe | 9,30; Überschuß + 1,20 |
| 5. Wie bei 2. Leeseite des Hügels; Therm. in 2,5 cm Tiefe | 14,60; Überschuß + 6,50 |
| 6. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe | 15,00; Überschuß + 6,90 |

7. Etwa 30 m entfernt in einem lockeren Kiefernbestande. Boden mit Kiefernadeln und Graswuchs bedeckt; Therm. in 2,5 cm Tiefe 9,0°; Überschuß + 0,9°
8. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe 8,7°; Überschuß + 0,6°

Im Windschatten zeigt also der Boden trotz gleicher Beschaffenheit und gleichen Bewuchses in 2,5 cm Tiefe eine um 2,5°, in 10 cm Tiefe eine um 2,3° höhere Temperatur. Daß sowohl im Juniperus-Gebüsch der Luvseite, als auch im Kiefernbestande der Leeseite wesentlich geringere Wärmegrade gemessen werden, findet seine Erklärung leicht in der Behinderung der Insolation an den vorangegangenen Tagen.

4. Einfluß der Exposition auf die Bodentemperatur.

Ähnliche Differenzen, wie sie die verschiedene Windwirkung erzeugt, werden an windstillen, sonnigen Tagen durch die verschiedenen Einfallswinkel der Strahlen an nördlich und südlich gerichteten Abdachungen hervorgerufen. Ein Vergleich setzt natürlich voraus, daß die Böschung geringfügig genug ist, um eine gleichzeitige Besonnung beider Flanken zu ermöglichen. Störend macht sich aber meist der Umstand bemerkbar, daß der Bewuchs an Bodenstellen gegensätzlicher Exposition ebenfalls mehr oder minder verschieden zu sein pflegt. Unter Berücksichtigung dieser Sachlage mag das folgende Messungsbeispiel hier seinen Platz finden.

Messung (9) am 14. August 1928. 12^h. Anthoxanthum-Hügel zwischen Fahnenberg und Leuchtturmberg. Klares Sonnenwetter; fast windstill. Es wurden gemessen:

1. Lufttemperatur mit dem Schleudermometer 21,0°;
2. Ebener Gipfel des Hügels. Sandstelle mit weitzerstreutem Kümmerwuchs; Therm. in 1 cm Tiefe 27,5°; Überschuß + 6,5°

3. Desgl. Geschlossener Bewuchs von Anthoxanthum odoratum, Trifolium repens, Thymus serpyllum, Galium verum, Moos als Unterbau; Therm. in 2 cm Tiefe 21,1°; Überschuß + 0,1°
4. Sü d a b h a n g desselben Hügels. Böschungswinkel etwa 20°. Sandstelle mit zerstreutem Kümmerwuchs; Therm. in 1 cm Tiefe 31,3°; Überschuß + 10,3°
5. Desgl. Therm. in 2 cm Tiefe 25,0°; Überschuß + 4,0°
6. Nord a b h a n g desselben Hügels. Böschungswinkel etwa 20°. Geschlossener Bewuchs von Anthoxanthum odoratum, Pimpinella saxifraga u. a., Moos als Unterbau; Therm. in 2 cm Tiefe. Der Abhang wird ebenfalls von den Sonnenstrahlen getroffen 17,9°; Überschuß — 3,1°

Ihrer Vegetation nach kann man die Sandstelle auf dem ebenen Gipfel des Hügels mit der Sandstelle des Südabhanges vergleichen. Dabei zeigt sich, daß der Südhang in 1 cm Tiefe trotz seiner geringen Neigung eine um 3,8° höhere Temperatur aufzuweisen hat. Ferner lassen sich die im geschlossenen Bewuchse auf Hügelgipfel und Nordflanke ermittelten Werte miteinander in Beziehung setzen. Sie ergeben in 2 cm Bodentiefe einen Überschuß von 3,2° zugunsten der ebenen Fläche. Wird — wie es streng genommen nicht zulässig ist — die Bodentemperatur unter dem Kümmerwuchs der Südseite mit derjenigen unter der geschlossenen Grasnarbe der Nordseite verglichen, so zeigt sich bei 2 cm Tiefe eine Differenz von 7,1°.

Eine größere Zahl von Messungen wurde an den Abhängen des „Aschkobens“, eines verhältnismäßig steilen Hügels im Dornbuschgelände vorgenommen. Eine Beobachtungsserie, bei der die Lufttemperatur 16,2°—17,0° betrug, hat in Abb. 4 kurvenmäßige Darstellung gefunden.

Wenn auch — wie schon oben ausgeführt wurde — in Rücksicht auf die Ungleichheiten der Pflanzendecke ein

absoluter Vergleich nicht möglich ist, so erkennt man doch sofort, wie sehr — wenigstens in den Vormittagsstunden — die südöstliche Exposition begünstigt ist. Das Abfallen der Kurve A zwischen 11 und 12 Uhr hat seinen Grund lediglich

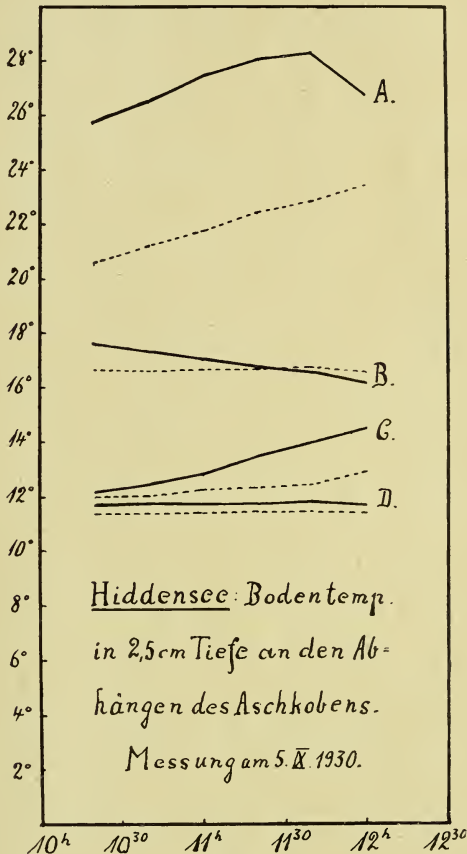


Abb. 4.

A. Südostabhang. — B. Ostabhang. — C. Westabhang. — D. Nordabhang. — Der Bewuchs ist überall wenigstens annähernd der gleiche. Die gestrichelten Kurven geben die Bodentemperatur in 5 cm Tiefe an; nur bei C wurde die gestrichelte Kurve in 15 cm Tiefe gewonnen.

in dem Aufkommen eines Wolkenschleiers. Daß die Ostflanke eine sinkende, die Westflanke dagegen eine steigende Kurve aufweist, ist durch Veränderung des Sonnenstandes ohne weiteres zu erklären. Auch der fast geradlinige Verlauf der Nord-Kurve ist leicht verständlich. Die Betrachtung der Kurven lehrt aufs eindringlichste, daß sich die Wärmeökonomie der Gewächse — und damit bis zu einem gewissen Grade auch ihr Wasserhaushalt — auf Nord- und Südabhängen grundverschieden gestaltet. Allerdings reichen solche Gelegenheitsmessungen nicht dazu aus, um einen wirklich quantitativen Einblick in die obwaltenden Verhältnisse zu gewinnen. Dazu wären fortlaufende Beobachtungen unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Sonnenscheindauer erforderlich. Die gestrichelten Kurven in Abb. 4 geben die Temperaturen der 5 cm-Bodenschicht (am Westabhänge der 15 cm-Bodenschicht) an und zeigen deutlich, welche Unterschiede im Temperaturgefälle je nach der Exposition vorhanden sind. Die thermische Begünstigung der Südabhänge kommt auch darin zum Ausdruck, daß an ihnen die höchsten Bodentemperaturen, die bisher auf Hiddensee zur Beobachtung kamen (vergl. S. 84), ermittelt wurden.

5. Einfluß des Materials auf die Bodentemperatur.

Es versteht sich von selber, daß außer dem Neigungswinkel auch die Beschaffenheit der Unterlage für die Höhe der erreichten Bodentemperaturen von einschneidender Bedeutung ist. Die im folgenden mitgeteilte Messung vermag uns einen Einblick in der genannten Richtung zu gewähren.

Messung (10) am 28. Mai 1928. 16^h. Am Steilufer des Dornbusches, in der Nähe der Swantewitschlucht. Himmel völlig klar, ununterbrochener Sonnenschein. Der nach W gerichtete Steilabfall des Ufers wird von den Sonnenstrahlen getroffen. Wind aus S-W; Windstärke 4. Folgende Abschnitte des Ufergeländes lassen sich unter-

scheiden: I. Steilabfall (Neigung etwa 70°) der lehmigen Grundmoräne; II. horizontale Kiesbank; III. Steilabfall (Neigung etwa 50°) der Kiesbank; IV. Sandstrand (Neigung $20-30^{\circ}$), der in der Brandungszone mit größeren und kleineren Steinen bedeckt ist. Abb. 5 gibt einen schematischen Aufriß des Untersuchungsgebietes. Die beigefügten Ziffern beziehen sich auf die Nummern der Messungen.

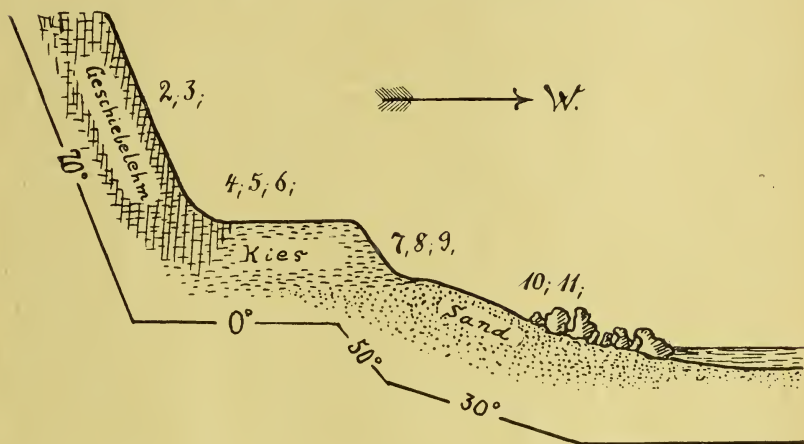


Abb. 5

Schematisches Profil des Steilstrandes in der Nähe der Swantewitschlucht.

Es wurden gemessen:

- | | |
|--|---|
| 1. Lufttemperatur mit dem Schleudertermometer | 13,1 ⁰ ; |
| 2. Therm. frei an der Lehmwand in einer kleinen Rinne hängend | 25,1 ⁰ ; Überschuß + 12,0 ⁰ |
| 3. Therm. an der Lehmwand in einem 2 cm tiefen Bohrloch | 24,7 ⁰ ; Überschuß + 11,6 ⁰ |
| 4. Therm. auf der horizontalen Kiesfläche; Quecksilbergefäß eben bedeckt | 31,6 ⁰ ; Überschuß + 18,5 ⁰ |
| 5. Therm. auf der horizontalen Kiesfläche in 2 cm Tiefe | 31,4 ⁰ ; Überschuß + 18,3 ⁰ |
| 6. Therm. auf der horizontalen Kiesfläche in 10 cm Tiefe | 22,7 ⁰ ; Überschuß + 9,6 ⁰ |

- | | |
|--|--------------------------|
| 7. Therm. am Kiesabhange liegend;
Quecksilbergefaß eben bedeckt | 42,5°; Überschuß + 29,4° |
| 8. Therm. am Kiesabhange in 2 cm
Tiefe | 30,6°; Überschuß + 17,5° |
| 9. Therm. am Kiesabhange in 10 cm
Tiefe | 23,4°; Überschuß + 10,3° |
| 10. Therm. auf dem Sandstrande liegend;
Quecksilbergefaß eben bedeckt | 35,0°; Überschuß + 21,9° |
| 11. Therm. frei auf einem größeren
Steinblock liegend; Quecksilberge-
faß beschattet | 26,5°; Überschuß + 13,4° |

Vergleicht man die auf der horizontalen und auf der unter einem Winkel von etwa 50° geböschten Kieshalde gemessenen Bodentemperaturen miteinander, so erweist sich die geneigte Fläche als um 10,9° wärmer. Um so überraschender ist die Tatsache, daß bereits in 2 cm Tiefe die horizontale Bank um 0,8° höher temperiert ist als die nach W gerichtete Böschung. Die Ursache für diese Erscheinung ist wohl in der verschiedenen Dauer der Insolationswirkung zu erblicken. Der um etwa 30° geneigte Sandstrand ist zwar an seiner Oberfläche um 3,4° wärmer als der ebene Kiesboden, bleibt aber um 7,5° gegen den Kiesabhang zurück. Hierbei ist nicht nur die Größe des Böschungswinkels maßgebend, sondern auch die langsamere Erwärmung und der höhere Feuchtigkeitsgehalt des Sandbodens. Der aus Geschiebelehm bestehende Steilhang weist eine wesentlich niedrigere Temperatur auf als die unmittelbar benachbarten Kies- und Sandflächen. Das erklärt sich einmal aus der Zerfurchtheit seiner Oberfläche, dann aber vor allem aus der hohen spezifischen Wärme des Materials und dem beträchtlichen Wassergehalt desselben. Auch der freiere Zugang des Windes ist in Betracht zu ziehen. An dem gleichen Hange wurden schon am Vormittage (10^h 45'), als die Sonne noch keinen Zutritt hatte, einige Messungen ausgeführt, die folgendes Resultat ergaben:

- | | |
|--|--------|
| 1. Lufttemperatur mit dem Schleuder-
thermometer gemessen | 11,7°; |
|--|--------|

2. Therm. am lehmigen Steilhange in
2 cm Tiefe 10,4°; Überschuß — 1,3°
3. Therm. am lehmigen Steilhange in
10 cm Tiefe 9,9°; Überschuß — 1,8°
4. Therm. am lehmigen Steilhange an
einer mit dürrtigem Graswuchs be-
deckten Stelle in 10 cm Tiefe 10,1°; Überschuß — 1,6°

Man kann daraus entnehmen, daß die nachmittägliche Besonnung die Temperatur in 2 cm Tiefe um 14,3° gesteigert hat. Der am Vormittage bereits von der Sonne getroffene Sandstrand hingegen wies zur gleichen Stunde bereits eine Oberflächentemperatur von 24° auf.

Das unterschiedliche Verhalten von Sand- und Lehm-
boden geht auch sehr deutlich aus folgenden Messungen
hervor.

Messung (11) am 8. August 1929. 12^h. Strandsaum
am Fuße der Nebelhornschlucht. Sonnenwetter; Himmel
von einem leichten Dunstschleier überzogen. Schwacher
Wind aus N-O. Es wurden gemessen:

1. Wassertemperatur in der Brandung 17,0°;
2. Lufttemperatur mit dem Schleuder-
thermometer 23,2°;
3. Therm. auf horizontaler Sandfläche,
5 m von der Brandung entfernt;
Quecksilbergefaß eben mit Sand
bedeckt 35,8°; Überschuß + 12,6°
4. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe 25,5°; Überschuß + 2,3°
5. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe 23,0°; Überschuß — 0,2°
6. Therm. auf horizontaler Lehmfläche,
5 m von der Brandung entfernt;
Quecksilbergefaß eben von Lehm
bedeckt 28,8°; Überschuß + 5,6°
7. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe 23,8°; Überschuß + 0,6°
8. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe 22,0°; Überschuß — 1,2°
9. Therm. auf horizontaler Fläche, die
mit Sanddorngebüsch bedeckt ist;
Therm. in 2 cm Tiefe 17,4°; Überschuß — 5,8°
10. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe 16,7°; Überschuß — 6,5°
11. Desgl. Therm. in 10 cm Tiefe 16,3°; Überschuß — 6,9°

Messung (12) am 9. August 1929. 12^h 15'. Genau die gleiche Stelle wie am vorhergehenden Tage. Himmel völlig klar; ununterbrochener Sonnenschein. Seit gestern hat sich die Luft sehr abgekühlt. Es wurden gemessen:

1. Wassertemperatur in der Brandung	15,7°;
2. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer	15,2°;
3. Therm. auf horizontaler Sandfläche, 5 m von der Brandung entfernt; Quecksilbergefäß eben mit Sand bedeckt	29,5°; Überschuß + 14,3°
4. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe	25,5°; Überschuß + 10,3°
5. Therm. auf horizontaler Lehmfläche, 5 m von der Brandung entfernt; Quecksilbergefäß eben mit Lehm bedeckt	25,0°; Überschuß + 9,8°
6. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe	20,5°; Überschuß + 5,3°
7. Therm. auf horizontaler Fläche, die mit Sanddorngebüsch bedeckt ist; Therm. in 2 cm Tiefe	15,2°; Überschuß + 0,0°
8. Desgl. Therm. in 5 cm Tiefe	15,5°; Überschuß + 0,3°

Bei den vorstehenden Messungen zeigt sich deutlich, daß der Lehmboden eine wesentlich langsamere Erwärmung erfährt als der Sandboden. Der letztere war am Mittage um 8,0° bzw. um 4,5° wärmer als der erstere. Das Temperaturgefälle pro 1 cm zeigte am 8. August folgende Werte:

Sandboden:	Temperaturgefälle in 0— 5 cm je 2,1°
„	„ „ 5—10 cm je 0,5°
Lehmboden:	„ „ 0— 5 cm je 1,0°
„	„ „ 5—10 cm je 0,36°
Bewachs. Boden:	„ „ 0— 5 cm je 0,2°
„	„ „ 5—10 cm je 0,1°

Während der Lehmboden an dem sehr viel kühleren 9. August in den ersten 5 cm ungefähr das gleiche Gefälle wie am Vortage aufwies, war das beim Sandboden nicht der Fall. Infolge der viel stärkeren Durchlüftung sank sein Temperaturgefälle unter den halben Wert des Vortages

herab (nur noch $0,8^{\circ}$ pro cm). Die Temperaturverhältnisse des bewachsenen Bodens entsprechen den bei den früheren Messungen gesammelten Erfahrungen.

Wie sehr die Korngröße des Materials für die Erwärmung mitbestimmend ist, läßt sich aus Messungen zwischen Grobkies und Geröll, wie sie am Strande den Boden bedecken, entnehmen.

Messung (13) am 27. Mai 1928. 12^h. Strand der Halbinsel Alt-Bessin. Reiner, weißer Sand, mit Steinen untermengt, in fast ebener Fläche; nur vereinzelte Sandstrandgewächse. Steinwall und Grobkiesschüttung unmittelbar an der Brandung. Klarer Himmel, ununterbrochener Sonnenschein. Kühler Wind aus S.-W; Windstärke 5.

Es wurden gemessen:

1. Wassertemperatur in der Brandung	14,2 ^o ;
2. Lufttemperatur mit dem Schleuderthermometer	12,8 ^o ;
3. Therm. auf ebener Sandfläche; Quecksilbergef. eben bedeckt	29,6 ^o ; Überschuß + 16,8 ^o
4. Desgl. Therm in 2 cm Tiefe	21,7 ^o ; Überschuß + 8,9 ^o
5. Desgl. Therm in 10 cm Tiefe	17,4 ^o ; Überschuß + 4,6 ^o
6. Therm. auf ebener Grobkiesfläche (Gesteinstrümmer von etwa Haselnußgröße) in 2 cm Tiefe	19,4 ^o ; Überschuß + 6,6 ^o
7. Therm. im lockeren Gesteinswall (Stücke bis Faustgröße) in ungefähr 2 cm Tiefe	17,1 ^o , Überschuß + 4,3 ^o

Vergleicht man die in 2 cm Tiefe ermittelten Temperaturen miteinander, so zeigt sich der Sand um $2,3^{\circ}$ wärmer als der Grobkies und dieser wiederum um $2,3^{\circ}$ wärmer als die lockere Steinpackung. Dieses Resultat ist insofern überraschend, als ja gerade reiner Felsboden einen sehr günstigen Wärmeumsatz aufweist (vergl. Th. Homén, 12). Die hier gefundene Wärmeabstufung hat ihren Grund in der verschiedenen Luftwegigkeit der Böden: Sand erwärmt sich zwar infolge seines starken Luftgehaltes langsamer als

massives Gestein, gewährt aber dem abkühlenden Winde keinen unmittelbaren Zutritt zu seinen Interstitialräumen. Ganz anders der Grobkies! Vergleichen wir die in einem größeren Kiesel gespeicherte Wärmemenge mit der unter gleichen Bedingungen in einem entsprechenden Volumen Sand investierten, so fällt dieser Vergleich zugunsten des Kieselsteines aus. Da aber die mit Luft gefüllten Lücken beim Grobkies verhältnismäßig beträchtlich sind, dringt jeder Windstoß in sie ein und verdrängt einen Teil der mehr oder weniger angewärmten Luft. Auch die Sogwirkung böiger Winde (E. Leick, 17) ist hierbei in Betracht zu ziehen. Daraus ergibt sich dann, daß die mit dem Thermometer gemessene Bodenwärme hier geringer als im dichteren Sandboden ausfällt. Das über den Grobkies Gesagte gilt in noch höherem Maße für lockere Steinpackungen. Tatsächlich verringern sich mit abnehmender Luftbewegung die in Frage stehenden Temperaturdifferenzen ganz erheblich.

6. Bodentemperaturen nach Sonnenuntergang.

Mit dem Aufhören der Insolation setzt eine schnelle Wärmeabgabe der obersten Bodenschicht ein, die teils auf Leitung und Austausch, teils auf Strahlung zurückzuführen ist. An diesem Wärmeverlust haben die tiefer gelegenen Schichten einen geringeren Anteil, so daß das am Tage herrschende Temperaturgefälle alsbald eine Umkehrung erfährt. Der abendliche und nächtliche Wärmeverlust des Bodens wird aber ebenfalls durch den Bewuchs in mannigfacher Weise modifiziert. Eine dichte oder gar in Etagen aufgebaute Vegetationsdecke, die am Tage die Einstrahlung wesentlich herabmindert, wirkt auch auf die Wärmeabgabe mildernd und ausgleichend ein. Die Windbremsung durch den Bewuchs kann sich aber auch unvorteilhaft auswirken, insofern nämlich als die bodennahe Luftschicht durch den Strahlungsverlust tiefere Temperaturen annimmt als die

vom Winde herbeigeführte Luftmasse. Darauf ist die gelegentliche Unterbindung von Bodenfrösten durch die Windbewegung zurückzuführen. Andererseits veranlaßt die Abkühlung des Bodens bzw. seiner Pflanzendecke leicht eine Taubildung in der untersten Luftschicht, die durch Drosselung der Transpiration ein schnelles Auffüllen der am Tage erschöpften Wasservorräte der Pflanze ermöglicht. Während die Wurzel in den noch warmen, tieferen Bodenschichten für ergiebigen Wassernachschub sorgt, kann der Verdunstungsverlust den Wert 0 erreichen. Auf diesen Umstand ist es wohl zurückzuführen, daß viele Blätter der Feldschicht nachts auf ihrer Unterseite die Stomata mehr oder weniger weit offen halten, und daß Pflanzen selbst an verhältnismäßig trockenen Standorten gegen Morgen oft eine kräftige Guttation zustande bringen.

Wie sich die Wärmeverhältnisse des Bodens nach Sonnenuntergang gestalten, mag aus der nachstehend angeführten Messung entnommen werden.

Messung (14) am 26. Mai 1928. 20^h 50' bis 21^h 30'. Die Sonne ist seit kurzer Zeit untergegangen, es herrscht Dämmerung. Himmel — wie den ganzen Tag über — völlig klar. Im Walde ist die Luftbewegung kaum merklich; auf freier Kuppe schwacher Wind aus S-O.

Es wurden gemessen:

1. Lufttemperatur im lichten Kiefernwalde 150 cm über dem Boden 9,0°;
2. Therm. im lichten Kiefernwalde unter einem Gebüsch von *Lonicera xylosteum* auf dem Rasen liegend 8,0°; Überschuß — 1,0°
3. Desgl. Therm. frei auf dem nur mit Gras bewachsenen Waldboden liegend 7,1°; Überschuß — 1,9°
4. Thermometer in einer benachbarten Schonung mannshoher Kiefern frei auf dem Rasen liegend 7,2°; Überschuß — 1,8°

5. Lufttemperatur auf benachbarter freier Kuppe 150 cm über dem Boden	8,8°;
6. Therm. auf freier Kuppe auf der Grasnarbe liegend; beginnende Taubildung	6,5°; Überschuß — 2,3°
7. Desgl. Therm. an bewuchsfreier Stelle in 5 cm Tiefe	12,8°; Überschuß + 4,0°
8. Desgl. Therm. unter geschlossener Grasnarbe in 5 cm Tiefe	13,3°; Überschuß + 4,5°
9. Desgl. Therm. in einem sehr dichten Gebüsch von <i>Sarothamnus scoparius</i> (Höhe ca. 40 cm, Durchmesser ca. 1 m) steckend; das Quecksilbergefäß ruht auf der Bodenoberfläche	10,0°; Überschuß + 1,2°

Die Oberfläche der grasbewachsenen Kuppe war nicht nur um 2,3° kühler als die Luftschicht, die sich in 150 cm Höhe über ihr befand, sondern auch um 1,5° kühler als der ebenfalls mit Graswuchs bedeckte Waldboden und sogar um 3,5° kühler als eine benachbarte Bodenstelle, die mit einem dichten *Sarothamnus*-Gestrüpp bestanden war. Hieraus ergeben sich zwei pflanzengeographisch recht wichtige Tatsachen:

1. Die üblichen meteorologischen Angaben über Lufttemperatur und relative Feuchtigkeit, die in 2 m Höhe über dem Erdboden gewonnen sind, geben gar keinen Anhalt für die Beurteilung der während der Nacht eintretenden Taubildung.
2. Die Ausgiebigkeit der Taubildung, die nicht selten für die Existenzfähigkeit bestimmter Gewächse an einem Standorte ausschlaggebend ist, kann an nahe benachbarten Bodenstellen grundverschieden sein. Ein Studium des Wasserhaushaltes der Gewächse an verschiedenen Standorten wird in vielen Fällen erst möglich sein, wenn man dem Taufaktor, und zwar nicht in seinem einmaligen Werte, sondern in seiner jahreszeitlichen Ergiebigkeit, ein eingehendes Studium angedeihen läßt.

Die Temperaturabstufung: Bodenfläche unter dichtem Astwerk — Rasen unter Gebüsch im Walde — freier Graswuchs in der Kiefern Schonung — im hochstämmigen Walde — auf ungeschützter Kuppe — entspricht vollkommen den jeweiligen Bedingungen der Wärmeausstrahlung. Die wärme-konservierende Wirkung der geschlossenen Pflanzendecke kommt darin zum Ausdruck, daß schon bald nach Sonnenuntergang die 5 cm-Bodenschicht an bewuchsfreier Stelle eine geringere Temperatur aufweist als die gleiche Schicht unter der Grasnarbe.

Durch Inner-Bolivien und Hoch-Peru.

Von Prof. Dr. R. N. Wegner, Frankfurt a. M.

Vortrag, gehalten am 27. Oktober 1930
im Hörsal des Physiologischen Instituts der Universität Greifswald.
Mit 24 Abbildungen auf Tafeln.

Südamerika war der Schauplatz der eingreifenden Kolonisation Spaniens seit dem Ende des 15. Jahrhunderts. Fraglos ist Spanien die erste Lehrmeisterin in der von Europa ausgehenden Kolonisierung und kulturellen Beeinflussung überseeischer Völker für andere Staaten geworden. Nur anfangs hat der Eroberungswille der Conquistadoren eine oft weitgehende Vernichtung der unterjochten Völker, eine Zerstörung vorgefundener hoher Kulturen herbeigeführt. Wir dürfen dabei nicht vergessen, daß oft ein geringer Haufe, wenn auch entschlossener Männer, einer ungeheuren Bevölkerungsmasse gegenüberstand. Niederlagen der ersten Eroberer waren zu befürchten, wenn sie nicht mit harter Brutalität, die sich leider auch bis zur Grausamkeit steigern konnte, allen Widerständen entgegentraten. Kaum aber hatte man neue Eroberungen in fester Hand, so verstand es die spanische Krone, dem Lande wirkliche Organisatoren zu geben und noch vorzufindende indianische Bevölkerungsreste einer pfleglichen Behandlung zuzuführen. Dem großen Vizekönige in Peru, Francisco de Toledo, hat man vorgeworfen, daß er nicht vor der Hinrichtung des letzten Inka-herrschers Tupac Amaru zurückschreckte, nachdem Pizarro schon Atahualpa töten ließ. Man muß auch anerkennen, daß Toledo weise und gerechte Bestimmungen für die indianische Bevölkerung geschaffen und wirklich Wertvolles

für die Einführung spanischer Kultur in Südamerika geleistet hat. Die indianische Bevölkerung der Andenländer war bis zum Ende der spanischen Herrschaft im Besitz nicht unbeträchtlicher Kräfte geblieben. Das beweist am besten der große Indianermassen mitreißende Aufstand des Yupanki in den achtziger Jahren des 18. Jahrhunderts. Erinnerung sei auch an die Arbeit, die der Jesuitenorden unter dem Schutz der spanischen Krone für die Christianisierung und für eine Überleitung weiter indianischer Bevölkerungsbezirke in ein höheres Lebensniveau leistete. Die Organisation der Jesuitenmissionare war eine vortreffliche. Sie veranlaßten einen blühenden Reichtum der verwalteten Bezirke. Nur einen Vorwurf kann man ihnen machen, daß sie die ihnen anvertrauten Seelen Kinder bleiben ließen und nicht zur Fähigkeit der Selbstverwaltung erzogen. Aber will man vom Zeitalter des Absolutismus schon Ideen aus der Zeit nach der französischen Revolution verlangen? Als der Jesuitenorden zu selbstherrlich wurde, erfolgte 1767 die Aufhebung desselben in den spanischen Ländern durch Carlos III. Mit der Vertreibung der Jesuiten verfiel auch ein weites Kulturgebiet tief im Innern des tropischen Südamerika, für dessen Verwaltung kein besserer Ersatz gefunden werden konnte.

In Hoch-Peru und Hoch-Bolivien wie in weiten anderen Bezirken Südamerikas hat die spanische Kultur jedoch Bedeutendes geschaffen. 81 Jahre bevor Hudson in die Bucht von New York einfuhr, wurde z. B. die Universität von San Marcos in Lima gegründet. Bald bekam sie die gleichen Rechte wie sie der Universität Salamanca in Spanien verliehen wurden.

Alle Kräfte, welche Spanien in Südamerika anwandte, erfuhren aber im Jahre 1789 durch den schon erwähnten gewaltigen Indianeraufstand eine tief eingreifende Schädigung. Wenn auch die Niederwerfung des Aufstandes gelang, so hatte er doch die spanische Militärmacht in Südamerika bis in ihre Grundfesten erschüttert. Weite Kreise

Südamerikas, besonders unter den Mischlingen, hatten ihre eigene Kraft spüren gelernt. In diesem Aufstande wurden Quellen für die südamerikanische Unabhängigkeitsbewegung blosgelegt. Nur deshalb konnte sie sich so rasch durchsetzen, als sie von neuem durch die Ideen der französischen Revolution befruchtet wurde. Sie fand in Simon Bolivar einen militärischen Organisator, dessen Genie den großen Kriegshelden aller Zeiten, einem Napoleon, einem Blücher gleichgesetzt werden kann. Nicht ohne Interesse ist es, daß auch hervorragende Deutsche wie Marschall Braun, ein geborener Hesse, zu seinen wertvollsten Mitkämpfern gehörten¹). Aber es ist auch gar keine Frage, daß die große südamerikanische Unabhängigkeitsbewegung zunächst zu vielfachen kulturellen Rückschritten führte. Viele der jungen Republiken, überdies von ewigen Bürgerkriegen zerwühlt, hatten jahrzentelang nicht die Kraft, nun selber eine Kolonisation in jene abgelegenen Urwaldbezirke vorzutragen, in die schon die Jesuiten eingedrungen waren. Das blieb erst der neuesten Zeit mit dem stets wachsenden Einflusse fremder Kapitalien und fremder Einwanderer vorbehalten. Schon die Gummi-Hochkonjunktur hatte weiten Urwaldbezirken im Innern der Länder ihre Unberührtheit genommen. Die über die ganze Welt ziehende Wirtschaftskrise erschüttert auch das politische Gefüge dieser Staaten von Neuem. Es ist die höchste Zeit geworden, noch etwas von den untergehenden indianischen Primitivkulturen für die Wissenschaft zu retten.

Das ist ein kurzer Überblick über die wesentlichsten Faktoren in der Geschichte der Länder, in die ich Sie führen will: In jene Hochländer Boliviens und Perus, in denen uralte Ruinen von längst vergangenen alt-indianischen

1) Wegner, R. N. Otto Philipp Braun. 1798—1869. Ein Günstling und Freund Simon Bolivars. Generalissimus der peru-bolivianischen Förderation und Großmarschall von Montenegro bei Jujuy 1838. Deutsche La Plata Zeitung, Buenos-Aires, den 25. I. 1931 und Darmstädter Tageblatt, Jahrg. 194, Nr. 51, S. 2—3 vom 20. 2. 1931.

Hochkulturen zeugen und in jene tropischen Tiefländer, in deren fernen Urwaldwinkeln sich noch etwas vom einfachen Leben primitiver Waldstämme erhalten konnte. Ihren Lebensraum, ihre Bedürfnisse und Erzeugnisse sowie somatischen Verhältnisse zu erforschen, war Aufgabe einer 1927/1929 unternommenen Forschungsreise¹⁾.

Klimatisch stark wechselnde Zonen gliedern dieses Gebiet, das auch landschaftlich die packendsten Gegensätze aufweist, auf dem Wege über die Hochpässe sogar innerhalb ganz kurzer Entfernungen. In Bolivien und Peru wird man von den Wüstenstreifen an der Westküste über die Ichu-Grassteppe der Puna in einer Höhe von 3500—4000 m zu den Schneegipfeln der Kordillere mit Höhen über 6000 m, dann wieder hinab zum tropischen Regenwald am Ostrande der Kordilleren, hinein in die Urwälder an den Amazonas-zuflüssen gelangen. Im Hochland ist die Kultur an die taschenförmig ausgebuchteten Täler gebunden, an die sogenannten Bolsones, wo Getreide- und Maisanbau trotz der Höhe möglich ist. Typisch dafür ist z. B. das Urubambatal, zwischen hohen Bergen gelegen. (Vergleiche auch Ab. 16.) In der Inkazeit war es weiter oberhalb (Siehe Wegner, *Zum Sonnentor* 1931, Tafel 104) bis an die Hänge hinauf zum Teil auf terrassenförmigen Anlagen bebaut. Auch das Titicacasee-Gebiet, in welches der Altiplano, das Hochland zwischen Anden und Kordilleren, nach Norden ausläuft, gehört als feuchtere Gegend mit weniger schroffen Temperatur-Gegensätzen zu uraltem Kulturboden. Hier liegt die alte Ruinenstätte von Tihuanacu, deren berühmteste Über-

1) Wegner, R. N., Aufnahmen während einer Forschungsreise durch Nordargentinien, Nordchile, Bolivien, Peru und Yucatan in den Jahren 1927—29. Frankfurt a. M. 1929. — „Zum Sonnentor durch altes Indianerland“, L. C. Wittich Verlag, Darmstadt 1931, mit 180 Abb. auf 122 Tafeln, 40 Strichzeichnungen, 3 Bunttafeln. In diesem Werke ist ein großer Teil der Abbildungen enthalten, welche in dem Vortrag im Lichtbild gezeigt wurden.

reste, das Sonnentor, und einige Gottheiten aus riesigen Steinmonolithen gestaltet, schon vielfach der Gegenstand gelehrter Diskussionen über ihr mutmaßliches Alter gewesen sind. Neuere Forschungen weisen darauf hin, daß sich auch Tihuanacu mit vielen gleichartigen Kulturerzeugnissen aus anderen Gegenden in die großen Entwicklungsperioden der peruanischen Kultur einreihen läßt, ohne daß es notwendig wäre, ihr ein höheres Alter mit mehr als höchstens 2—3 Jahrtausenden zuzuschreiben. Was uns für diese alt-südamerikanische Kultur aber noch immer fehlt, ist eine Möglichkeit, sie mit bestimmten Jahrhunderten der christlichen Zeitrechnung in Einklang zu bringen.

Selten wird es wohl einem Reisenden vergönnt sein, von lang her überlieferte Indianertänze der Aymara dort auf jenen alten Trümmern ihrer Ahnen vorführen zu sehen. Ich durfte damals in Begleitung des Bischofs von La Paz, Monsignor Sieffert, das Dorf Tihuanacu besuchen, als ihm zu Ehren zahlreiche Aymara-Indianer auch aus den abgelegenen Bergtälern herabstiegen. Alttertümliche Trachten kamen dabei zum Vorschein. Unter anderem sahen wir einen Frauen nachahmenden Tanz, „Guari Pucuchi“ genannt, vorführen. Bei diesem Tanz umkleiden sich diese Hochlandsindianer mit einem weißen Tuch wie mit einem Frauenrock. Auf der Kopfbedeckung tragen sie einen Schmuck von Blumen und Federn. Auch der Sicuri-Tanz zeigt reiche, silberbestickte Verkleidungen (Abb. 1). Als Begleitmusik dient die Kena, die Rohrflöte.

Die allgemeine Tracht des Hochland-Indianers besteht im Gegensatz zum eintönigen Grau der Landschaft besonders bei den Frauen aus den buntesten und schreiendsten Farben, in Formen, die sehr nach den einzelnen Provinzen wechseln. Seit dem großen, schon eingangs erwähnten Aufstande des Yupanki, ist die Tracht aber ein merkwürdiges Gemisch altspanischer Volkstrachten und Soldatenuniformen nach indianischem Geschmack aufgemacht, denn damals ordnete die

spanische Regierung an, daß jedes Tal oder zum mindesten jede Provinz ihre besondere Hutform usw. der leichten Unterscheidung wegen tragen solle. Auf weiten Reisen durch die Hochlands-Provinzen begegnete ich daher den verschiedensten Typen von indianischen Trachten. Aus diesen Trachten seien einige wenige besonders interessante herausgegriffen. Eine Frau aus der Provinz Muñecas schmückt eine charakteristische Stirnbinde und mächtige Tupus, große Silbernadeln, welche ein mit feinen geometrischen Mustern gewebtes Umschlagtuch zusammenhalten. In den Yungastälern tragen die Indianer schwarze Pumphosen, lange Haare und ein spaßiges Hütchen aus Filz mit kleinem Kopfteil. Den Kopf vieler Aymara-Indianer ziert eine Zipfelmütze aus Lama-Wolle, die einen trefflichen Schutz gegen den Wind auf den Ebenen des *Alti-Plano* gewährt. An Festtagen werden diese Trachten noch mit allen möglichen bunten Zierraten versehen. Dann werden künstliche bunte Blumen und Federn daran befestigt, wie z. B. an den Lederhauben der Quechua-Indianer in der Umgegend von Sucre. Die Lederkappen dieser Indianer aus der Umgegend der alten Hauptstadt Boliviens erinnern an die Lederhelme spanischer Soldaten zur Zeit der *Conquista* (Abb. 2). Manch' archäologisches Denkmal konnte auf diesen Reisen aufgenommen werden, wie die Tempelbauten auf der Sonneninsel im *Titicacasee*, deren mildes Klima zur Anlage besonderer Kultstätten und Paläste inmitten des Sees Anlaß gab. Dazu gehörte z. B. ein treppenartiger Bau, von dem jetzt allerdings nur noch eine Stufe erhalten ist, auf der Halbinsel *Copacabana*, zu deren Füßen heute eine berühmte Wallfahrtsstätte der *Madonna* liegt. In der Provinz *Carrangas*, in einem abgelegenen Winkel des Landes gegen die chilenische Grenze zu, finden sich zahlreiche, einst aus luftgetrockneten Ziegeln errichtete Begräbnistürme, erhalten, sogenannte *Chulpas*. Hier in *Carrangas* gibt es noch Indianer, die als Besitzer zahlreicher Lama- und Alpacaerden in weitgehender Unabhängigkeit

leben, jedenfalls für die Einziehung von Steuern und Aushebungen zu Militärzwecken kaum erreichbar. Die Hütten solcher indianischer Viehzüchter inmitten der weiten windigen Ebene, im Hintergrund den gewaltigen Vulkankegel des Sajama, bestehen aus rohen Steinwänden ohne Fenster nur mit einer Tür. Dürftig ist das Leben ihrer Bewohner (Abb. 3), denen Kartoffeln, Gerste und Lamaherden alles für ihre Bedürfnisse liefern. Eine bisher noch nicht bekannte Bildsäule in auffallend archaischem Stil fand ich bei Huari am Ufer des Titicacasees. Merkwürdig sind auch die niedrigen Lehmhütten am Aullagas-See, wie sie die Uru und die Chipaya, Reste eines wenig bekannten Stammes in Hochbolivien errichten. Manche Täler, welche das Hochplateau der Hochebene durchbrechen, zeigen interessante Erosionsformen, steile, turmartig gestaltete „Zeugen“, die Wasser und Sand mit sich führender Wind so herausgeschliffen haben. Aber das Interessanteste in Hochbolivien sah ich in Cochabamba, wo sich zahlreiche Friedhöfe mit einer Keramik fanden, die derjenigen der berühmten Fundstätte von Tihuanacu sehr ähnlich war. Hier wie in Sucre, der alten Hauptstadt, trägt das Straßenleben noch ganz besonders das typische Gepräge mit seinen zahlreichen Indianern und Mischlingen, den Cholos und Cholas in ihrem lackierten hohen Strohhut, farbigem Umschlagtuch und bunten Gewande, wobei mächtige Ohringe in Filigranarbeit nicht fehlen dürfen. Von Cochabamba aus ging es der Tiefebene zu, wobei wir unterwegs das Städtchen Tarata mit einer alten romantischen Brücke berührten. Jenseits Cochabamba hören die üblichen Verkehrsmittel, auch Automobilwege auf, nur noch Mulatrups begegnet man, die aus den tieferen fruchtbaren Tälern Obst nach der Hochebene bringen. Wo die Täler noch kälter sind, bieten schlanke Eucalyptusbäume, die man vor Jahrzehnten in die baumlosen Steinwüsten Boliviens einführte, Schutz gegen Winde. Ich reise mit vier Tieren, 2 für das

Gepäck und einem Reitknecht, der Koch, Diener und wegekundiger Führer zugleich ist. Er hat die Reise bereits 14 mal in seinem Leben gemacht und war mir von befreundeten Deutschen als der beste Kenner der Strecke empfohlen worden. Vertrauenerweckend sah er beim ersten Blick in den abgeschabten Reisekleidern zunächst nicht gerade aus und er hatte die freundliche Eigenschaft, die ihm nicht abzugewöhnen war, mit schmutzigen Fingern beim Kochen ins Essen zu greifen. Endlich erreichten wir die letzte größere Kordillerenkette und ich werfe noch einmal einen Blick hinter mir in die in ewigem Hinauf und Hinab überwundenen Täler. Dann geht es in ein trockenes Durstgebiet, für das hohe Kandelaberkakteen (*Cereus candelaris*) charakteristisch sind. Über 20 m hoch werden hier diese merkwürdigen Gewächse, deren Liliputverwandte der Kakteenliebhaber auf seinem Fensterbrett pflegt. Nur wenige Vögel sieht man in dieser Landschaft, kleine grüne Papageien und den merkwürdigen rostbraunen Töpfervogel (*Funarius rufus*), der manchmal auf die höchsten Spitzen der Kakteen sein Nest klebt. Im trockenen Dornbusch, den wir durchreiten, sieht man auch häufig riesige Hornissen- und Ameisennester. Endlich ist die Trockensteppe überwunden und wir kommen in etwas dichter bewaldete Höhen. Auch hier ist jetzt am Ende der Trockenzeit nur wenig Wasser vorhanden. Zwischen den Felsen hat der sonst ausgetrocknete Bach einige tiefere Wasserlachen zurückgelassen, an denen unsere Tiere, die einen Tag lang ohne Wasser auskommen mußten, gründlich getränkt werden. Eines dieser Wasserlöcher dient mir sogar nach den langen staubreichen Reittagen als willkommenes Bad. Immer schöner wird der Wald. Hier holen wir die mit dem Hauptexpeditionsgepäck vorausgesandte *Mulatropa* ein. Endlich betreten wir die Savanne und bald nach einem weiteren Tagesritt erreichen wir Santa Cruz. Es ist eine seltsame Stadt, tief im Innersten Boliviens. Ihre Häuser sind selten

mehr als einstöckig. Aber elektrisches Licht hat sie schon. Maschinen zu seiner Erzeugung wurden auf Ochsenkarren zerlegt hierher geschleppt, ebenso die Grammophone, die kaum in einem Haushalt neben der Hängematte fehlen, Stühle sind dafür seltener. Eines Tages überraschte uns ein tropischer Regenguß und im Nu standen die Straßen unter Wasser, die dann nur auf eigens dazu eingerammten Pfählen überschritten werden können. Der Verkehr in der Umgegend von Santa Cruz geht meist auf von 6—8 Ochsen gezogenen Karren vor sich. Es sind ungefüge Holzkasten, deren Räder nur runde, aus einem Baumstamm geschnittene Scheiben sind, aber sie werden auf ungepflasterten Straßen von den Ochsen durch Sümpfe und Morast stetig, wenn auch langsam hindurchgeschleift. Bald ziehen wir weiter durch die Savanne, in der hier und da eine vereinzelt Palme steht, den Urwäldern am Rio Piray zu. Neben 6 Maultieren hatte ich 10 Guarayo-Träger gedungen, welche auf langen aus Palmblättern geflochtenen Rückenkiepen mein Gepäck durch den Morast auf nach einem Regen tief unter Wasser stehenden Sumpfpfaden schleppten.

In den Urwäldern der Umgegend von Quatro Ojos gelang es mir dann, einen bisher noch unbekanntem Volkstamm¹⁾, die Quruñguá²⁾, zu beobachten, nach denen ich auf Grund einiger flüchtiger Berichte zu fahnden suchte. Es wäre mir wohl kaum beschieden gewesen, die Leute auffindig zu machen, wenn ich mich nicht der Unterstützung eines deutschen Verwalters erfreut hätte, dem ein riesiges Urwaldgebiet, viel größer als ein deutsches Fürstentum, zur Bewirtschaftung und Ausbeutung im Dienste eines boli-

1) Wegner, R. N. Die Quruñguá, ein neuentdeckter Stamm primitivster Kultur in Ostbolivien. Phoenix, Zeitschr. d. deutsch. wissenschaftl. Vereins, Jahrg. 1928, pag. 369—84, Buenos-Aires 1928. — Die Koralle, Jahrg. 6, Heft 1, pag. 38—43. Berlin, 1. April 1930, mit 5 Abbildungen.

2) ñg = nasales g.

vianischen Grundbesitzers anvertraut worden war. Dieser selbst und einer seiner Söhne war aber durch indianische Bedienstete, deren Frauen und Mädchen er allzusehr mißhandelt hatte, samt seinem Sohne erschlagen worden. Der deutsche Verwalter war nun für die einzig übriggebliebene Tochter des Besitzers tätig. Es war ihm gelungen, einige Wilde, welche von Hunger getrieben, einmal plötzlich zum Schrecken aller übrigen Bewohner auf dieser vorgeschobenen Niederlassung erschienen, durch Verabreichung von Lebensmitteln allmählich ein wenig an sich zu gewöhnen. So gelang es mir, hier einen ganz primitiven Urwaldstamm, die Quruñguá, näher zu beobachten. Ihren Namen erhielten sie von den benachbarten Sirionó, bei denen er „Sumpfschnecke“ bedeuten soll. Besonders merkwürdig ist, daß dieses im Urwald abgeschlossene Völkchen sich vielleicht infolge Degeneration nur durch Zeichen und Zischlaute zu verständigen pflegt. Es gelang mir gleich in den ersten Tagen, einige Aufnahmen eines alten einäugigen Kriegers zu machen. Der unbekannt photographische Apparat hatte ihn aber derart erschreckt, daß er jedes Mal von da ab auf mindestens drei Tage tief in die Wälder verschwand, wenn er mich mit der grün überzogenen wasserdichten Tasche ankommen sah, die meine Kamera enthielt. Auch die übrigen Mitglieder des kleinen, nur dreizehn Personen umfassenden Stammes, waren außerordentlich ängstlich und scheu (Abb. 5). Sie führen aber furchtbare Waffen in ihren übermannshohen Bogen und bis 3,20 m langen Pfeilen. Über einen Monat brachte ich in unmittelbarer Nähe des Völkchens zu, um sie möglichst gründlich zu beobachten und ihre wenigen Werkzeuge und Gegenstände zu sammeln. Hütten und Hängematten kennen sie nicht. Es werden einfach abgehauene Palmblätter gegen ein ziemlich regelloses Gestell gelegt. Von diesen Waldleuten ging es weiter, um verschiedene Sirionó-Stämme aufzusuchen (Abb. 4 u. 6). Urwaldflüsse waren auf dem Wege dahin zu überqueren. Während

wir die Lasten auf ein schnell zusammengeschlagenes Floß legten, um es schwimmend hinüberzuziehen, wurden wir jedesmal von Mosquitos gehörig zerstoehen. Nach einer langen Überlandreise gelang es mir, eine neue Sirionóniederlassung in der Nähe der Guarayomissionen zu beobachten. Diese Leute waren zwar erst ganz kurze Zeit mit einigen Tiroler Missionaren in Zusammenhang getreten, hatten aber schon nicht mehr eine so furchtbare Scheu vor dem Photographiertwerden, so unbehaglich ihnen der für sie unerklärliche Apparat auch noch sein mochte. Santa Maria war die erste Stelle genannt worden, an der es Franziskanern eben erst — zum ersten Mal überhaupt in der Geschichte ihrer Mission — gelungen war, mit Sirionó friedliche Verbindungen einzugehen. Es war ein besonderer Glücksfall für mich, diese Leute hier unmittelbar darauf untersuchen zu können. Auf Reitochsen zog ich dann nach Trinidad, von wo aus ich mit einem kleinen Flußdampfer den Rio Chaparé erreichen konnte, zu den von d'Orbigny schon 1832 besuchten Yuracaré. An abgelegenen Stellen konnte ich sie noch in ihren Basthemden bei ihren Kampfspielen beobachten. Mit einem anderen kleinen Flußdampfer fuhr ich dann von neuem den Rio Grande hinauf, um mich am Rande unzugänglicher Urwälder absetzen zu lassen und von dort aus einen weiteren Sirionóstamm zu beobachten. Ehe sie aus Angst vor mir aus ihren Hütten flüchteten, konnte ich die am Boden hockenden Männer, Weiber und Kinder (Abb. 17) aufnehmen und dann sowohl Frauen und Männer bei ihren eigentümlichen Tänzen im Stampfschritt beobachten. Hier gelang es mir, allmählich erst die Männer und dann auch die Frauen (Abb. 18 u. 19) zu verschiedenen Aufnahmen auch einzeln zu bekommen.

Unweit Torno Largo konnte ich mich mit einem Tiriniéstamm einmal so anfreunden, daß sie mich sogar selber auf einer Niederlassung bei Torno Largo besuchten. Erst kamen die Männer über den Fluß geschwommen, dann die

Frauen. Zur Bewirtung bekamen sie Nahrungsmittel und zuletzt lagerten sie sich gesättigt unter Palmen in einer malerischen Gruppe.

Mit der Sprache und den Sitten der Leute allmählich vertraut, gelang es, ein kleines dreijähriges Indianermädchen für eine Axt und ein Buschmesser von einem der Stämme zu kaufen. Als ich es erwarb, war „Irati“ ein abgemagertes Skelett, nach Heilung und Pflege blieb es ein süßes kleines Geschöpf, das mir manch freundliche Stunde bereitet hat. Das ausgeheilte Kind konnte ich später bei Gastfreunden am Rio Mamoré in fürsorglichen Händen zurücklassen. Zusammenfassend sei über die besuchten primitiven Waldstämme, über ihre Lebensweise und geistigen Zustand noch kurz berichtet¹⁾.

Die Quruñguá-Männer, denen ich begegnete, waren im Gegensatz zu den eigentlichen Sirionó auffallend große und kräftige Leute. Rein körperlich vermochten ihre gänzlich unbedeckten Gestalten eine bedeutende Widerstandskraft zu entfalten. Ein Quruñguá, der sich freiwillig Ansiedlern bei Quatro-Ojos angeschlossen hatte und längere Zeit bei mir blieb, war noch nach zwei Jahren unfähig, ein vorgeprochenes Wort nachzusagen. Trotz seiner herkulischen Muskulatur war er nur imstande, wenige Handgriffe nachzuzahlen, die über die Handhabung seiner alten Waffen und Werkzeuge hinausgingen, obgleich er täglich wie ein Kind alle Gegenstände meiner Ausrüstung anstaunte und befaßte, ohne dem Zweck mancher Werkzeuge näher zu kommen.

Als Waffen benutzen sie gewaltige Bogen aus dem Holz der Chontapalma (*Guilielma insignis*) von Übermannshöhe, die in dieser Art in Ostbolivien nur bei den Sirionó und Quruñguá zu finden sind.

1) Wegner, R. N. „Bolivianische Urwaldstämme“. Die Medizin. Welt 1930, Nr. 28 und 32, mit 5 Abbildungen.

Die verschiedenen, bis zu $3\frac{1}{2}$ m Länge gefertigten Formen der Pfeile sind bei den Sirionó wie Quruñguá die gleichen. Die Pfeilspitzen, glatt oder mit Widerhaken, werden aus Palmenholz, eine breite messerartige Schneide aus abgespaltenen Bambussplintern mit Werkzeugen aus Nagetierzähnen (vom Hochi oder Goldhasen) geschnitzt. Ein Widerhaken wird nicht massiv aus dem Holz der Pfeilspitze herausgearbeitet, sondern ein zweites zugespitztes Holzstückchen unterhalb der Pfeilspitze durch Umwicklung angefügt. Die $\frac{1}{2}$ bis 1 m langen, aus Palmenholz geschnitzten Pfeilspitzen werden mit schwarzem, wildem Wachs, das vorher über dem Feuer weich gemacht wird, in die Höhlungen der Schäfte aus Fächerschilfstengeln eingepicht. An den Schwungfederenden werden mit dem sägeartigen Unterkiefer des Palometa-Fisches (*Pygocentrus piraya*) jederseits 2 gerade Rinnen zum Einsetzen der Schwungfedern gezogen.

Der Hüttenbau, wenn man von einem solchen überhaupt sprechen darf, steht bei allen diesen Stämmen auf niedriger Stufe. Unterhalb oder am Stamm eines dichtbelaubten großen Baumes, in der Nähe eines Wasserloches gelegen, werden einige kleinere Bäumchen durch abgebrochene Querhölzer miteinander verbunden. Als Bindestränge dafür dienen Schlingpflanzen. Gegen ein solches Gerüst werden nur noch hohe Motacupalmbblätter gestellt. Halten diese Palmenblätter in der Regenzeit nicht dicht, so werden von den Sirionóstämmen, die etwas vorsorglicher verfahren, etwa einige geflochtene Sitzmatten oder lange Patuchublätter auf der Innenseite zur Dichtung daruntergeschoben. Unter dieser selbst dann noch allzu dürftigen Bedachung hängen regellos wie Lianengewirr ihre Hängematten kreuz und quer durcheinander. Der Quruñguá, der keine Hängematte kennt, begnügt sich mit geflochtenen Bodenmatten aus Motacupalmen-Blättern als Schlafunterlage. Man findet immer, daß jeder einzelne erwachsene Bewohner seine eigene Feuerstelle unterhält, nur die Sirionó-

Gatten eine gemeinsame. Nach der Anzahl der Feuerstellen kann man daher bei einem verlassenen Lager feststellen, wieviel Leute in demselben unterschlüpfen. Sind die Jagdgründe in der Umgebung eines Lagers nicht mehr ergiebig genug, tritt Massermangel ein oder droht Hochwassergefahr, so wird das Lager einfach verlassen, aber niemals zerstört, um ein neues an besser geeigneter Stelle zu errichten.

Die Quruñguá sind hauptsächlich Waldjäger, die daneben eine Reihe von Waldfrüchten sammeln. Auch die Sirionó sind noch heute in erster Linie nomadisierende Jäger, aber daneben betreiben sie bereits einen, wenn auch recht unregelmäßigen Anbau von Mais, Yuca und des Papaia-Baumes. Tiere aller Klassen dienen ihnen zur Nahrung, auch Schlangen, Insekten und Würmer, nur Frösche habe ich sie nicht verzehren sehen. Sehr interessant und primitiv ist die Wasseraufnahme, die ich bei den Quruñguá beobachten konnte. Breitbeinig stellen sie sich am Rande der Lagune hin, mit akrobatenmäßiger Biegsamkeit beugten sie ihre Körper dann soweit vor, bis sie direkt mit dem Munde aus dem Wasser trinken konnten.

Alles Fleisch wird in glühender Holzasche geröstet. Bei kleineren Säugetieren, z. B. bei Affen, werden zuerst die Haare vom ganzen Körper abgesengt, dann der kahle Körper ohne Herausnahme der Eingeweide in der Asche zwischen glühenden Holzstückchen mehr geröstet als gebraten. Aus großen Tieren, wie dem Wildschwein, Capybara, Tapir, Riesengürteltier und Krokodil werden am Orte der Erlegung nach Öffnung des Bauches mit einem Bambusmesser die Eingeweide herausgenommen. Bei den Quruñguáfrauen kennt man nur bei der Zubereitung einer wildwachsenden Bohnensorte etwas vom Kochen. Dazu benutzen sie ein ganz seltsames Gefäß, das am Boden eine Tonspitze besitzt, mit der es in die Erde gesteckt wird, damit es nicht umfällt. Das Feuerholz wird dann um dasselbe herum geschichtet. Ob die Machart dieses Gefäßes eigenes Produkt

der Quruñguà ist oder von irgend einer unbekanntem Stelle eingetauscht wird, vermochte ich nicht festzustellen. Die Quruñguá-Frauen versuchten gerade dieses Gerät besonders ängstlich vor mir zu verstecken. Bei den eigentlichen Sirionó werden auch Maisklöße gedünstet. Die unter Wasserzusatz aus fein gestampftem Maismehl gekneteten Klöße werden in feuchte Patuchublätter gewickelt, in einen mit solchen Blättern ausgekleideten Topf gelegt und mit ebensolchen bedeckt. Das Ganze wird dann zum Dünsten aufs Feuer gestellt. Das Feuer wird durch Quirlen eines Hartholzes auf einer Weichholzunterlage nur sehr mühsam erzeugt, in der Praxis übt man daher eine sehr angelegentliche Feuerbewahrung¹⁾ aus.

Das Auffallendste in der sozialen Gliederung, soweit davon bei den primitiven Quruñguá die Rede sein kann, ist das Getrennthalten der Geschlechter, wobei die Frau ganz zu einem niederen Wesen herabgedrückt wird. Männer und Frauen kochen und essen getrennt. Sie wohnen im Lager auf verschiedenen Seiten, zwischen ihnen hat der Häuptling, meist zugleich der Stammälteste, seinen Platz. Dieser übernimmt die Verteilung der Beute, für ihn sah ich Frauen kochen, er befiehlt ihnen durch Zeichen, gegorenes Getränk aus Honig zu bereiten.

In geistiger Beziehung stehen die Quruñguá auf niedriger Stufe. Seit altersher galten in Beni und im Departamento Santa Cruz gewisse Teile der Chori, wie die Sirionó bei den Ansiedlern heißen, für stumm. D'Orbigny²⁾ berichtet 1832 von Erzählungen darüber, nur zweifelt er nachher an der Richtigkeit solcher Angaben, weil die Sirionó, die er kennen lernte, Verständigungsmöglichkeiten vermittelt

1) Der dürftige Kulturbesitz der Sirionó und Quruñguá wurde allmählich gesammelt und im Frankfurter Völkermuseum nach der Rückkehr aufgestellt.

2) D'Orbigny. *Voyage dans l'Amérique meridionale*. Tome III, Paris 1844.

des Guarani boten. Die Quruñguá sind allein die Leute, auf welche sich alle ewig sich wiederholenden Gerüchte des Stummseins bezogen, denn auch die Ñeoze z. B. unter den ihnen so nahestehenden Sirionó, bezeichnen ja die Quruñguá als stumm. Solchen Angaben stand ich zunächst ganz ablehnend gegenüber. Die Geschichte der Ethnographie berichtet von ursprünglich auftauchenden Ansichten, daß z. B. von den Wedda auf Ceylon, den Guayaki in Paraguay eine Sprache von Ungeschulten zunächst nicht zu ermitteln gewesen sei. Nähere Kenntnis von den als Beispiel angegebenen Stämmen erwies dies bald als unrichtig und ihre Sprache wurde allmählich aufgezeichnet.

Jeder, der alte eingefangene Sirionó einmal gesehen hat, weiß, wie rasch sie unter ihnen aufgezwungenen Bedingungen zur stummen Teilnahmslosigkeit herabsinken. Von den untersuchten Quruñguá hatten nur zwei alte Männer und zwei Frauen fünf Fremde schon im Laufe der letzten zwei Jahre gesehen. Meine Guarayo-Träger aus den benachbarten Wäldern bei Ascensión staunten bei dem bärtigen Anblick dieser beiden von ihrem Stamm nie gesehenen Quruñguá. Ich ließ sie in genügender Entfernung bei meinem Besuch im Lager der Leute zurück. Alle andern Quruñguá der kleinen Horde dürften einen Weißen noch nicht gekannt haben.

Mein Optimismus, bald einzelne Wortaufzeichnungen zu erhalten, als ich wochenlang bei den Quruñguá allein war, verging aber immer mehr. Ich zweifelte daran, daß auch jemand, der Jahre statt Monate allein unter ihnen leben würde, mehr davon, jedenfalls nicht unter einem Stamm von so wenigen Individuen, entdecken sollte. Nach langem Zögern wurde ich durch eine in jenem Jahre besonders weit fortschreitende Überschwemmung gezwungen, aus dem Gebiete abzureisen.

Dagegen besitzen die Quaruñgua eine reiche Skala von anderen Verständigungsmöglichkeiten. Auch diese waren nicht leicht zu entdecken. Wohl konnte ich bald erfahren,

wie sie ihren Unwillen äußern. Unter einem ärgerlich zischend ausgestoßenem „Hütütütü“ schlagen sich dann die Männer wütend auf den rechten Oberschenkel und stampfen mit dem linken Bein auf, während die Frauen sich gegen die Lende klatschen. Bei ihren Anweisungen untereinander spielen Zeichen und Gebärden die überwiegende Rolle. Soll jemand weggehen, so äußern sie z. B. neben der Gebärde einen Gaumenlaut, den man mit „tuch, tuch“ aufzeichnen könnte. Damit werden Wege gezeigt, Richtungen angegeben, es bedarf einer leisen Bewegung der Hand, um einen andern herbeizuholen, wenn er in Gesichtswerte ist. Einmal habe ich feststellen können, daß der bärtige Alte, welcher das Ansehen einer Art von Oberhaupt genoß, sogar das Guarani-Wort „Tata“ für „Feuer“ wie bei den Ñeozes kannte aber nicht sprach. Das war jedoch eine Feststellung nach langer Beobachtung. Eine richtige artikulierte und grammatikalische Sprache habe ich den Quruñguá bei größter Aufmerksamkeit nicht ablauschen können. Ganz anders bei den Ñeozes und den Tirinié, Sirionóstämmen, von denen ich eine ganze Reihe aufgezeichneter Wörter mitgebracht habe.

Ich teile hier sorgfältige Bemühungen mit, ohne dadurch ein endgültiges Urteil über die Sprachfähigkeiten der Quruñguá fällen zu wollen. Lautes Rufen, Schreien auch unartikulierter Art habe ich von den Quruñguá nie zu hören bekommen. Fraglos gehört dies nicht zu ihren Gewohnheiten. Immer wieder fiel mir das Unbewegliche ihrer Gesichtszüge auf. Wenn sie lachen oder über irgend etwas freudig erstaunt sind, das ihnen sonderbar vorkommt, so besitzt ihr Lachen oder Grinsen etwas Starres. Man möchte es als ein gefrorenes Lachen bezeichnen. Den Gesichtszügen der Quruñguá fehlt das leichte, wechselnde Minenspiel, das beim Sprechen, bei irgendeiner Mitteilung selbst das doch so wenig bewegliche, zurückhaltende Gesicht eines jeden anderen Indianers zu beleben pflegt.

Immer wieder habe ich auf das Schärfste aufzupassen gesucht, wenn das alte Quruñguá-Oberhaupt seinen Frauen Befehle zuwinkte, die sie aufs peinlichste befolgten. Eine Kopfbewegung, manchmal begleitet von einem feinen Zischen waren seine Ausdrucksmittel, niemals gab es etwas zu hören, das Lauten einer artikulierten Sprache ähnelte. Finsternes Zusammenziehen, Grinsen und unzufriedenes Vorschieben der Lippen blieb alles, wessen das Quruñguá-Gesicht im Ausdruck fähig war. Verfeinerte Nuançen fehlten, sodaß ihre Gesichter manchmal etwas Maskenartiges haben konnten.

Wieso aber mag es zu einem solchen Gebahren gekommen sein, bei dem eine Sprache mit Kehllauten im täglichen Leben nicht gezeigt, sondern durch Gebärdeübermittlung und Zischlaute ersetzt wird? Die Quruñguá stehen auf einer tiefen Stufe, noch unter den Sirionó, die früher schon als das primitivste Volk Südamerikas von vielen Seiten angesehen wurden. So mußten sie natürlich von den umwohnenden Völkern in die fernsten Urwaldwinkel zurückgedrängt werden. Der geschlossene Urwald, in seiner Undurchdringlichkeit schwer zu überwinden, ist tierarm. In ihm können sich nur getrennte kleine und kleinste Grüppchen von wenigen Personen erhalten. Die Isoliertheit des Lebens drängt schon die Möglichkeit des sprachlichen Verkehrs auf ein Minimum zurück. Die Jagdmethoden dieser einfachen Leute verlangen geräuschloses Anschleichen und Verständigen. Für die Beurteilung dieses Phänomens ist aber auch noch an Einflüsse wie Dämonenfurcht, auch wenn sie noch nicht feststellbar waren, bei solch primitiven Völkern zu denken. Aus der Südsee ist es wohl bekannt, daß viele primitive Völkerschaften niemals im Walde sprechen dürfen aus Furcht vor Dämonen des Urwaldes, oder daß sie eine besondere Urwaldsprache besitzen, bei der gleichfalls Gesten und Mimik eine besondere Rolle spielen. Um nur noch ein Beispiel anzuführen, darf z. B. auf den Salomonen während der Bonito-Fischerei kein Wort gesprochen werden. Furcht

vor Dämonen könnte auch die Indianer Ostboliviens gegenüber dem ihnen unbekanntem Weißen zurückhalten, irgend etwas von einer höheren artikulierten und grammatikalischen Sprache zu zeigen. Da ich mitten unter den Quruñguá gelebt habe, und die Leute auch aus ihrem ständigen Lebensmilieu, dem Urwalde, hinaus über die Graspampa geleiten konnte, so müßte man bei einer nur zeitweisen Enthaltbarkeit von solcher Sprache eine ganz ungewöhnlich große Konsequenz und Energie bei diesen so niedrigstehenden Menschen voraussetzen, denen ihr sonstiges Gebahren in keiner Weise entsprochen hätte. Unrichtig wäre es, ein Fehlen sprachlicher Äußerungen ebenfalls als Zeichen besonderer Primitivität deuten zu wollen. Die primitive Holzkultur erscheint eher als ein Rückschritt, aufgezwungen durch die Abgeschlossenheit im steinlosen Urwalde.

Nach einer persönlichen Mitteilung Herrn Professor von Jhering's, dem langjährigen Leiter des Museums in São Paulo kommen auch unter den Kaingang, bei abgeschlossenen kleinen Urwaldgruppen, die in abgelegenen Urwaldgebieten Brasiliens leben, Sprachmangel infolge Degeneration vor. Nach alledem scheint es also möglich zu sein, daß niedrige Menschenstämme, wenn sie vereinzelt in kleinen Familiengruppen unter den schweren Daseinsbedingungen des ewigen Halbdunkels der Wälder abgeschlossen werden, sich auch ohne Umgangssprache miteinander verständigen. Bei dem bisherigen Mangel ausgiebiger Erfahrungen aus weiteren Beobachtungen sollte man in allen Schlüssen darüber nicht hinausgehen. Bei den vorliegenden Beobachtungen von fehlendem Sprachgebrauch hat es sich nur um kleine, für sich abgeschlossene Gruppen gehandelt. Vergeblich habe ich das Gebiet auf beiden Ufern des Rio Grande nach größeren Gruppen von Quruñguá durchzogen, um zu sehen, ob deren Verständigungsformen andere sein möchten. Es war aber erfolglos, darnach in den Wäldern zu fahnden.

Bei den viele dem Guarani verwandte Ausdrücke verwendenden Sirionó tritt einem die auch sonst bei südamerikanischen Indianern vorgefundene Erscheinung entgegen, daß sie sprachlich in kleinste Gruppen aufgeteilt sind. Bei allen Sirionó ließen sich jedoch nach anfänglichem stummen Verharren Wortfeststellungen in mühsam geduldiger Aufnahmearbeit erlangen. Ihr psychisches Verhalten dabei war aber stets ein ganz anderes als bei den Quruñguá. Sobald ich mit ihnen ein wenig vertraut war, sprachen sie irgendwelche ihnen vorgeschene Worte nach. Durch die vorerwähnten günstigen Umstände habe ich wenigstens zeitweise mit den Quruñguá in recht vertrauliche Beziehungen gelangen können und trotzdem nichts davon zu ermitteln vermocht.

Eine auffallend höhere Entwicklungsstufe kann man bei den Ñeozé z. B. darin erblicken, daß sie ihren Toten eine pietätvolle Behandlung zuteil werden lassen. Bei den Quruñguá dagegen wandten sich von einem Kranken dessen Genossen ab, sahen starr zur Seite, um die Schmerzen eines Sterbenden nicht zu sehen. Nach dem Ende verläßt man schnell das Lager, die paar Habseligkeiten zusammenraffend, und läßt den Toten achtlos darin zurück. Ein mir schon gut vertrauter Tirinié-Stamm (Sirionó am Rio Mamoré) riß sofort, als ein bei mir befindlicher Mojos-Indianer zufällig erkrankte, in die Wälder aus, weil sie fürchteten, der Tote könne alsbald jemanden zur Begleitung mitnehmen. Dieser Glaube ist der Grund, weshalb das Lager nach jedem Todesfalle verlassen wird oder man gar schon von einem Sterbenden davonläuft.

Meinen ersten Eindruck habe ich nur immer wieder verstärken können, daß in den Quruñguá Nachkommen eines Restes einer niedrigstehenden Urbevölkerung enthalten sind, die bei der Betrachtung mancher Gesichtstypen an Vergleiche mit Papua oder Südsee-Bewohnern denken läßt.

Vergleiche mit den Guayáki in Paraguay erscheinen abwegig, auch wenn diese gleichfalls in die große Gruppe der primitiven Unterschicht in der indianischen Bevölkerung Südamerikas gehören. Die Guayáki sind klein, sie besitzen Steinwaffen, bauen richtige Hütten mit Dächern auf Pfählen. In ihrer Sprache zeigen sie ein Guarani mit reichen Nasalierungen.

Die wissenschaftliche Betrachtung eines solchen Primitivvolkes im innersten Südamerika kann Material zur Beantwortung von Fragen nach der Urbevölkerung Amerikas ergeben. Zur Durchführung solcher Untersuchungen ist aber höchste Eile geboten, denn alle die scheuen Bewohner fernster Urwaldwinkel zwischen den großen Stromgebieten des südamerikanischen Continents werden rasch ihrem tragischen Aussterben entgegengehen.

Dann ging es nach Trinidad zurück, um die Mojos-Indianer (Abb. 7) zu studieren.¹⁾ Ihre Wohnungen finden sich am Rio Mamoré. Der Rio Mamoré ist ein fischreicher Fluß, u. a. enthält er Panzerwelse und wohlschmeckende Rochen. Besonders des Abends bieten die Ufer des Mamoré einen malerischen Anblick, wenn sich bei Sonnenuntergang der Himmel mit rasch wechselnden Tinten überzieht. Die Hauptstadt des Beni, Trinidad selbst, liegt einige Meilen abseits vom großen Fluß an einem Graben, an dessen Ufer man die Mojos-Indianerinnen oft beim Waschen beobachten kann.

Mit den Mojos-Indianern erreichen wir einen Stamm, der, zuerst vom Anfange des 17. Jahrhunderts an, von den Jesuiten²⁾ in Erziehung genommen wurde. Aus jenen Zeiten

1) Wegner, R. N. „Das Land Mojos, eine Jesuitenmission des 18. Jahrhunderts.“ *Atlantis*, Heft 9, Berlin, September 1930. — „Das Land Mojos, eine Jesuitenmission des 18. Jahrhunderts unter den Mojos-Indianern und ihre spätere Entwicklung.“ Aus den Ergebnissen der Bolivien-Expedition 1927/29 mit 4 Abb. *Der Erdball*, 4. Jahrg. Heft 9, Berlin, September 1930.

2) Eder, Fr. A. *Descriptio provinciae moxitarum in regno Peruano. Budae 1791.*

rührt die große äußerliche Frömmigkeit her, die diese Stämme noch heute beobachten, sowie die Geschicklichkeit in manchen Handwerken, die ihnen die Jesuiten beibrachten. Aber als die Jesuiten 1767 verjagt wurden, verblieben diese Indianer fast 100 Jahre lang wieder in einer weitgehenden Selbständigkeit, da gegen Ende der spanischen Herrschaft und zu Anfang der Republik nur ungenügende Kräfte für Verwaltung und geistliche Fürsorge dieser Indianer zur Verfügung standen. Als etwa 60 Jahre nach Vertreibung der Jesuiten der französische Forschungsreisende d'Orbigny die Provinz Mojos besuchte, fand er die Ortschaften fast noch so vor, wie sie die Jesuiten verlassen hatten. Infolgedessen hat sich bei den Mojos-Indianern ein merkwürdiges Gemisch altindianischer Sitten und von den Jesuiten erlernter Gebräuche ergeben. Bei Kirchenfesten verbinden sie solche Vorstellungen mit christlichen Zeremonien und so habe ich dort das merkwürdige Bild beobachten können, die Mojos-Indianer vor dem kleinen Altar ihrer Ortskirche lebende Hühner auf dem Kopf haltend, tanzen zu sehen. Welche mystischen Vorstellungen dabei die Tänzer leiteten, vermochte ich allerdings trotz aller Mühe nicht zu erkunden. Bei Prozessionen sieht man noch heute an abgelegeneren Orten Mojos-Indianer in ihrem wundervollen Tanzkopfschmuck aus Papageien- und andern Federn vor den Heiligenbildern einhertanzen. Eine solch' merkwürdige Indianerprozession aus Trinidad zeigt Abb. 20. Als Begleitmusik finden sich Riesenpanflöten (Abb. 21). Seit im Jahre 1886 ein Aufstand der Mojos-Indianer niedergeschlagen wurde, sind ihre alten Sitten rasch im Aussterben. Damals stand an ihrer Spitze ein Cazike „Guajocho“. Dieser war ein geschickter Bauchredner. Er benutzte die abergläubigen Vorstellungen der Indianer, um ihnen zu sagen: „Dir wird jetzt bei dieser Sitzung Gott Vater oder die Jungfrau Maria sagen, was Du tun sollst“. Dann übermittelte er ihnen vermittels seiner Bauchredkunst die

Stimmen derselben, die ihnen befahlen, so und soviel Leute aus ihrer Verwandtschaft für einen Aufstand gegen die Weißen bereitzustellen. In Trinidad wurden bis auf zwei oder drei auch alle Weißen niedergemacht. Diese konnten nach Santa Cruz entfliehen, von wo sie mit einer erheblichen Militärmacht zurückkehrten. Nach Niederwerfung des Aufstandes wurden die aufrührerischen Mojos in San Francisco und San Lorenzo, Dörfern in der Nähe des Ichinigua, angesiedelt. Dort kann man noch etwas von ihren alten Sitten auffinden. Da von den großen Arrara-Papageien nur immer 1—2 der langen Schwanzfedern zur Kopfizier benutzt werden können, so müssen 140 Vögel getötet werden, wenn ein solcher Tanzschmuck (Abb. 8) einen Mojos-Indianer befriedigen soll. Die Mojos-Indianer sind im Gegensatz zu dem reinen Waldvolk der primitiven Sirionó Bewohner des von Gehölzen durchsetzten Graslandes. Neben der Jagd und Fischerei besaßen sie schon von alters her eine besondere Fähigkeit im Weben. Der Webstuhl wird senkrecht aufgestellt (Abb. 22). Um ihre Weberzeugnisse zu verhandeln, kamen sie auch zuerst im 17. Jahrhundert nach Santa Cruz, wo sie die Jesuiten baten, sie in ihr Land zu begleiten. Die Jesuiten haben damals die Webkunst der Indianer, durch die sie die schönen weißen, nur an den Seiten mit bunten Streifen verzierten Hemden herstellen, nur verbessert. Daneben haben sie durch Einfuhr von Rindern, die sich in dem üppigen Graslande rasch vermehrten, viel zum Wohlstand des Landes beigetragen. Ein Teil der Mojos-Indianer lebt daher auch heute von Viehzucht. Im ganzen ist aber das Leben dieser Indianer ein sehr einfaches. Die Wände ihrer Hütte bestehen aus einigen Bambusleisten mit Palmblättern gedeckt. Die Kinder schlafen in Hängematten, während die Erwachsenen meist sich mit einem Lager auf dem bloßen Erdboden mit einer trockenen Kuhhaut als Unterlage begnügen. Als die Jesuiten ins Land kamen, berichteten sie

von manchen strengen Gewohnheiten, die mit dem einstigen rauhen nomadisierenden Leben dieser Indianer im Zusammenhang standen. Starb eine junge Mutter, so wurde ihr der Säugling lebend mit ins Grab gegeben. Von Zwillingen wurde einer stets getötet, sowie auch Kinder, die durch ewiges Schreien den Stamm verrieten, alles Maßnahmen, die wohl mit dem Selbsterhaltungstrieb eines wilden Stammes zusammenhängen. Heute sind solche Gebräuche längst verschwunden.

Auch das Leben der weißen Ansiedler ist ein sehr einfaches. Sie leben gleichfalls von Viehzucht. Daneben findet sich der Anbau von Bananen, Reis und etwas Zuckerrohr. Letzteres wird mit altertümlichen Quetschen aus drei ungefügen Holzwalzen ausgepreßt (Abb. 23). Größere Ansiedlungen gibt es nur wenige. Außer der Hauptstadt Trinidad ist noch Riberalta (Abb. 9) am unteren Rio Beni zu erwähnen. Hier finden sich die Niederlassungen größerer Handelshäuser, unter denen auch viele deutsche zu erwähnen sind. Über noch unbekannte Urwälder hinweg sind beide Orte, Trinidad und Riberalta, heute schon durch das Flugzeug zu erreichen.

Hatten wir aus dem Beni zuerst ganz primitive Waldvölker aus dem Dunkel der Urwälder, dann in den Mojos ein auch vor der Zivilisierung weit höher stehendes Volk der Savanne kennen gelernt, so möchte ich Sie jetzt noch zu einem Stamm an den Flüssen der Vorkordillere führen, zu den Chimanen. Eine lange Flußfahrt, dann wieder mit Ochsenkarren durch Sümpfe war notwendig, ehe ich zu ihnen gelangte. Bei Achsenbruch kann das ganze Gepäck durchnäßt werden und muß alsbald wieder in der Sonne getrocknet werden (Abb. 24). Während die Chimanen¹⁾

1) Wegner, R. N. Canoafahrten zu den Chimanen (Bolivien) mit 11 Abb., „Die Umschau“ 31. Jahrg. Heft 47, Seite 937—944, Frankfurt am Main, 1929. — Zu den Bergchimanen im Canoa auf dem Rio Cochiro mit 3 Abb., „Der Erdball“, Jahrg. 4, Heft 7, Berlin Juni 1930. — Zu den Bergchimanen im Kanu auf dem Rio Cochiro mit 7 Abb. „Kosmos“, 27. Jahrg., Heft 9, Stuttgart. Sept. 1930.

der Pampa oder die Churimananen schon gleichfalls von den Jesuiten vor mehr als 200 Jahren in einer Reduccion angesiedelt wurden, längst der Vermischung und dem Aussterben entgegengingen, haben sich die Bergchimanen bis heute ziemlich unberührt erhalten. Nachdem sie im Jahre 1862 einen zu ihnen gesandten Franziskanermissionar ermordet hatten, ließ man sie völlig ungestört. Dazu kam, daß ihr Wohnfluß, der Rio Cochiro in seinem Unterlaufe durch ein riesiges, flaches Sumpfgebiet abgeriegelt wird, das große Scharen von Krokodilen bewohnen, die hier die Fischzüge abfangen, wenn sie zum Laichen die klaren Quellflüsse und Bäche der Vorkordillere hinaufstreben. Auch die Chimanen leben neben der Jagd in erster Linie vom Fischfang. Sie verfertigen sich gleichfalls Kleidungsstücke aus Baststoff, ebenso Schlafdecken, Mückennetze, Taschen usw. (vgl. Abb. 10). Man gewinnt diesen Baststoff, indem man die Bast-Rinde gewisser Laubbäume dafür zubereitet. Zunächst wird die Rinde eines Baumes von passender Länge über dem Feuer aufgelockert, dann abgezogen und eine innere weiche Faserschicht der Rinde von einer spröderen Außenborke befreit. Die weiche Faserschicht wird dann mit harten Klopfern breit und weich geklopft und alsdann ausgewaschen. Allenthalben sieht man Frauen mit solchem Bastklopfen beschäftigt. Daneben kennen sie auch die Webkunst. Aber zum Weben grober langer Hemden als einzigem Kleidungsstück dieser Indianer braucht man sehr viel Zeit, sodaß der Baststoff mehr als Arbeitskleidung (Abb. 11) und besonders für Kinder verwandt wird. Diese Indianer leben besonders gerne auf dem weißen Sand der Sandbänke im Fluß, wo sie vom Waldungeziefer verschont bleiben. Hier errichten sie schnell aus einigen Stangen von Fächerschilf mit einem Dach aus gleichen Blättern eine kleine Hütte. Wie sehr neben dem Fischfang, der auf schmalen Booten oder mit Lianengift in abgesperrten Bächen betrieben wird, die Jagd eine große Rolle bei den Chimanen spielt, beweist,

daß sie allein siebzehnerlei verschiedene Hauptformen von Pfeilen besitzen. Am merkwürdigsten dabei sind wohl die Vogelpfeile, welche oben keine Spitze, sondern eine kleine Plattform besitzen. Auf ihr wird eine Klebkugel aus dem Gummisaft eines Baumes befestigt. Die Klebkugel bleibt an dem Gefieder eines Vogels haften, der durch das Gewicht der Klebkugel auf den Boden niederzufliegen gezwungen wird und dann lebendig gefangen werden kann. So einfach das Leben dieser Indianer ist, die das Feuer noch durch Drillen eines Hartholzstabes gegen eine weichere Unterlage durch Reibung erzeugen, so wird es doch kompliziert durch manche abergläubige Vorstellung. Trotzdem man äußerlich sich dem Fremden gegenüber als Christ ausgeben möchte, fürchtet man noch immer mehr als alles andere Suño, den bösen Geist. Wenn man mir ein Schmuckstück gegen Glasperlen eintauschte, so mußte dasselbe erst abgewaschen werden, damit ich nicht durch Übertragung des Körpergeruchs einen bösen Einfluß auf den Vorbesitzer ausüben könnte. Erlegt man ein Tier im Walde, so werden ihm sofort die Füße abgehauen und im Walde vergraben, sonst würde alles jagdbare Wild aus der betr. Gegend verschwinden. Dazu kommen zahlreiche Speiseverbote, meist aus abergläubigen Motiven. Diese Indianer werden vielfach durch eine schreckliche Erkrankung geplagt, die Espundia oder Leishmaniosis americana, die für sie unheilbare, immer weiter fressende Geschwüre verursacht und deren Erreger wahrscheinlich durch Stechfliegen übertragen wird.

Von den Chimanen trat ich den Rückweg zum Hochland an. Erst ging es wieder auf Ochsenkarren durch Sümpfe, dann mit Flößen, die aus fünf Baumstämmen zusammengesetzt waren, den flachen Oberlauf des reißenden Rio Beni hinauf. Als Ruderknechte hatte ich zwölf Lecosindianer, welche die Flöße, hier Balsas genannt, mit meinem Gepäck, oft alle zwölf im Wasser stehend, einzeln über Felsblöcke und Stromschnellen hinwegschieben mußten. Für

all diese Mühe entschädigte oft ein Blick auf die Schönheit der felsigen, mit Fächerschilf bewachsenen Ufer. Hoch oben, am Oberlauf des Rio Mapiri bei Guanai traf ich zufällig mit dem Mineralogen Dr. Ahlfeld aus Marburg zusammen, mit dem ich die alten Goldminen von Tipuani über eine schmale schaukelnde Hängebrücke hinweg besuchte. Meines vielen Gepäcks wegen, das ein Teil meiner mitgebrachten Sammlungen verursachte, mußte ich den kürzesten Weg durch die Hochpässe wählen, die meinen Packtieren mancherlei Anstrengungen boten, besonders auf den glitschigen Steinen des Pfades durch die Regenwälder, in deren Dunst und ewiger Feuchtigkeit all' die aus der Tiefebene des Amazonas aufsteigenden Wolken niedergeschlagen werden und wo die Rastplätze im ewigen Regen liegen. Aber jenseits des Passes neben dem schneebedeckten Massiv des Illimpu öffnen sich die Täler nach der Hochebene des Altiplano zu plötzlich wie abgeschnitten in sonniger Klarheit. Von hier gelangte ich in Kürze wieder nach La Paz, der Hauptstadt Boliviens. Heute verbindet eine Eisenbahn La Paz und Cuzco, die mir zuerst wieder die Genüsse der Zivilisation schenkte. Unterwegs wird die Eisenbahnfahrt durch eine Dampferreise über den Titicacasee unterbrochen. Auf malerische Gruppen von Indianerinnen, die in Binsenbooten mit gefrorenen Kartoffeln zu Markte fahren, stoßen wir bei der Einfahrt in Puno.

Am Ende meines Vortrages führe ich Sie in das peruanische Hochland nach Cuzco und seiner Umgebung, das für die letzten Jahrhunderte vor der spanischen Eroberung der Ausgangspunkt der Inkakultur war. Auf Cuzco¹⁾ richten sich heute nicht nur die Blicke der Altertumsforscher, sondern aller Kunstfreunde und Touristen. Hier in der ur-

1) Wegner, R. N. „Cuzco“. *Hamburger Fremdenblatt* 1929, Nr. 182. Hamburg, 3. Juni 1929. — „Cuzco. Die Perle des Inkareiches und der Schmuck altspanischer Kolonialzeit“. *Die Bergstadt*, Jahrg. 18, Heft 7, Breslau, April 1930.

alten Hauptstadt Perus bieten sich in gedrängter Fülle die eindrucksvollsten Ansichten auf die Reste der wichtigsten Kulturen aus der Vergangenheit Südamerikas. Hier sind noch immer zahlreiche Baureste aus der Inkazeit, wo nicht Zerstörung durch Menschenhand einsetzte, zu finden. Ihre Steinwände trotzen allen Einflüssen der Zeit, während die Lehmziegelbauten der peruanischen Küstenregion größtenteils zu Staub zerfallen sind. Die alte Incafestung Sacsaihuaman, längst vor der Incaherrschaft aus cyklopischen Felsblöcken erbaut, erhebt sich in dreifachem Ring noch heute oberhalb Cuzcos. Im Indianeraufstande von 1538 erlag sie den Brüdern Francisco Pizarros nach heftigstem Widerstand. Neuere Forschungen sind noch auf manch andere Ruinen der Umgegend gestoßen. Am sensationellsten war wohl die Aufdeckung Macchu-Picchu durch den amerikanischen Forscher Hiram Bingham im Jahre 1911. Schon an der Grenze des Regenwaldes gelegen, inmitten bizarrer Berggruppen, bieten gerade ihre Ruinen ein Bild dar, das ganz von einer märchenhaften Romantik einsamer stiller Bergwälder umrahmt wird. Sicherlich kennen wir noch nicht alle Ruinen und hier und da wird noch einmal die eine oder andere aus den Wäldern einsamer Seitentäler wieder auftauchen. Cuzco selber hat heute gegenüber der Küste Perus, auf die sich der wichtigste Handel konzentriert, viel von seiner alten Bedeutung verloren. Für den Hochlandsindianer, der sich so viel Widerstandskraft innerhalb des heutigen bescheidenen Lebens seiner Rasse erhalten hat, wird Cuzco die heilige Stadt bleiben. Wenn der ewig wandernde Indianer die Höhe des Cerro Picchu oberhalb Cuzcos erreicht, und die uralte heilige Stadt unter sich erblickt (Abb. 12), so lüften noch heute Mann, Weib wie Kind ihre Montera, den tuchüberzogenen Strohhut, verharren kurze Zeit in andachtsvollem Schweigen oder sinken im Gebet auf die Knie, um der heiligen Erde die Muchcha, den Demutskuß, zu weihen. Sind auch viele Kapellen und

Klöster Cuzcos heute verschwunden, so weist die Stadt doch noch immer einen unendlichen Schatz an kirchlichen Prunkstücken und Bauten (Abb. 13, 14) auf. Berühmt ist der riesige Silberaltar in der Kathedrale, ganz aus massivem Silber aus den Gruben von Potosi errichtet. In den Kirchen finden sich auch alte Gemälde, von denen einige durch Darstellungen der letzten Incas kurz nach der Eroberungszeit besondere Bedeutung verdienen. Wie an keiner andern Stelle gestattet so Cuzco ein Studium des spanischen Kolonialbarocks. Dazu ist Cuzco in allerletzter Zeit das Zentrum eines neuzeitlichen groß angelegten Straßenbaues geworden, das dem Automobilverkehr dienen und ihn bis an den Madre de Dios führen soll und wieder durch diesen Strom eine Verbindung zwischen Cuzco und dem Amazonas finden wird.

Peru hat eben wieder eine revolutionäre Umwälzung erfahren. Der Präsident Leguia, der sich fast $1\frac{1}{2}$ Jahrzehnte mit so großer Energie dem Ausbau des Verkehrsnetzes widmete, harrt hinter den Mauern des Gefängnisses von San Lorenzo eines Prozesses wegen tyrannischer Übergriffe. Cuzco, das nach seinen Plänen eine Weltausstellung erhalten sollte, wird mit der Durchführung mancher Neuerungen von neuem warten müssen. Möchte die alte Universität Cuzco (Abb. 15) wenigstens neue Anregungen zu den Forschungsproblemen die dieses reiche alte Land bietet, erlangt haben, zu deren Weiterführung¹⁾ wir durch diese Reise einen bescheidenen Anteil geben durften.

1) Wegner, R. N. Führer zur Sonder-Ausstellung Altperuanischer Kunst im Städt. Völkermuseum zu Frankfurt a. M., Frankfurt a. M. 1929. 39 pag. mit 7 Abb.



Sicuri-Tänzer (Aymará). Chicha-trunken. La Paz.

Abb. 2



Quechua in Lederhelm aus der Umgegend von Sucre.



Aymará-Mutter in Tihuanacu.

Abb. 4

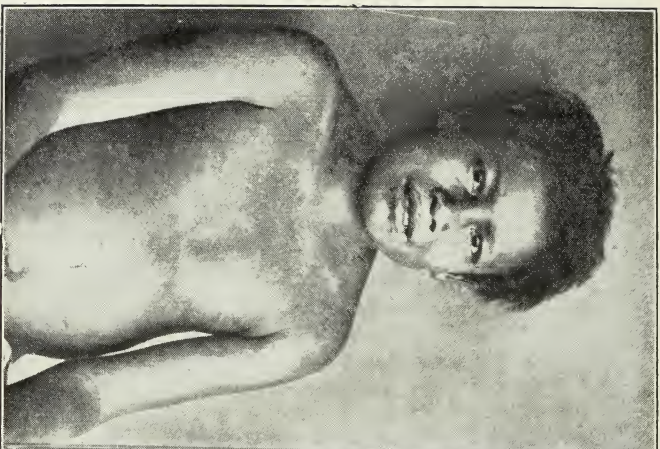


Abb. 5

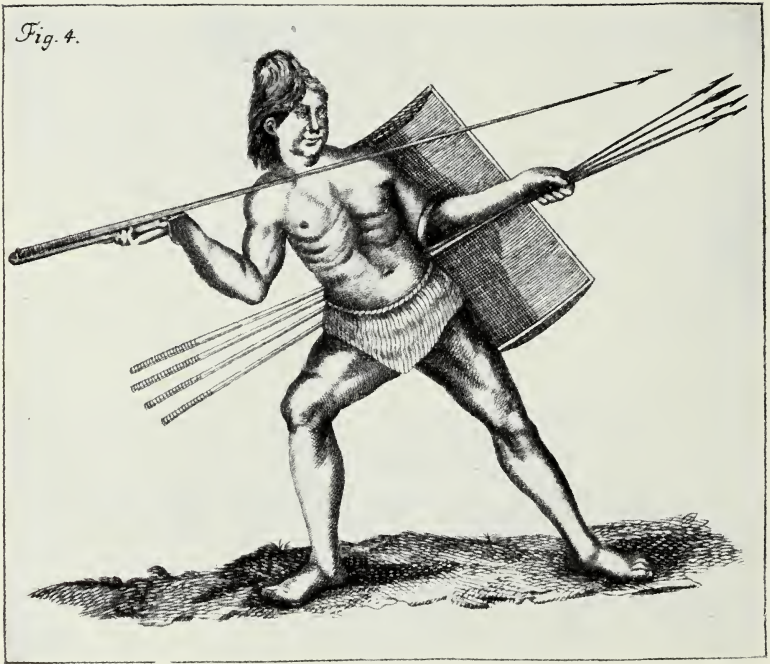


Zwei zwölfjährige Knaben vom Stamm der Qurungá (rechts) und der Sirionó (links) nebeneinander zum Vergleich. Der primitive starre Gesichtsausdruck ist auffallend bei dem Qurungá-Knaben.



Sirionó mit schütterem Bartwuchs aus den Wäldern südöstlich von Bibosi (Departamento Santa Cruz, Ostbolivien).

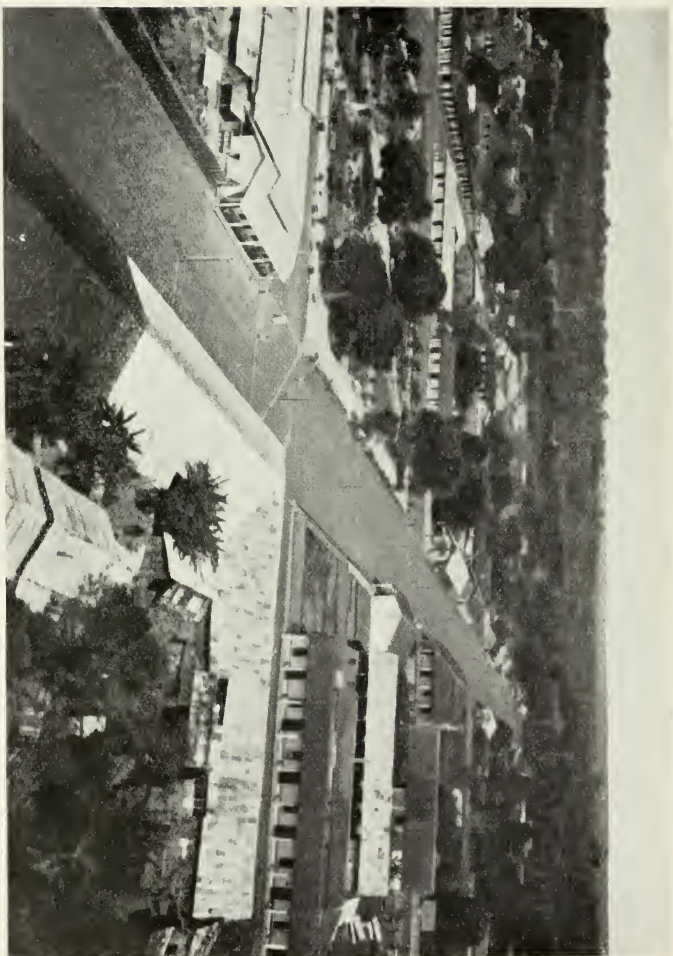
Abb. 7



Mojos-Indianer mit Pfeilschleuder. Kupferstich aus dem Ende des 18. Jahrhunderts nach Eder (1791).



Antreten der Machetero-Tänzer in San Francisco (Depart. Beni, Ostbolivien).



Riberalta (Flugzeugaufnahme).



Chimananfrau schaukelt ihr Söhnchen in einer Wiege aus Baststoff.
Am Kopfende sind verschiedene Jagdtrophäen angenäht, damit der
Junge ein guter Jäger wird.

Abb. 11



Alter Chimane mit geflicktem Hemd am Cochiro

Abb. 12



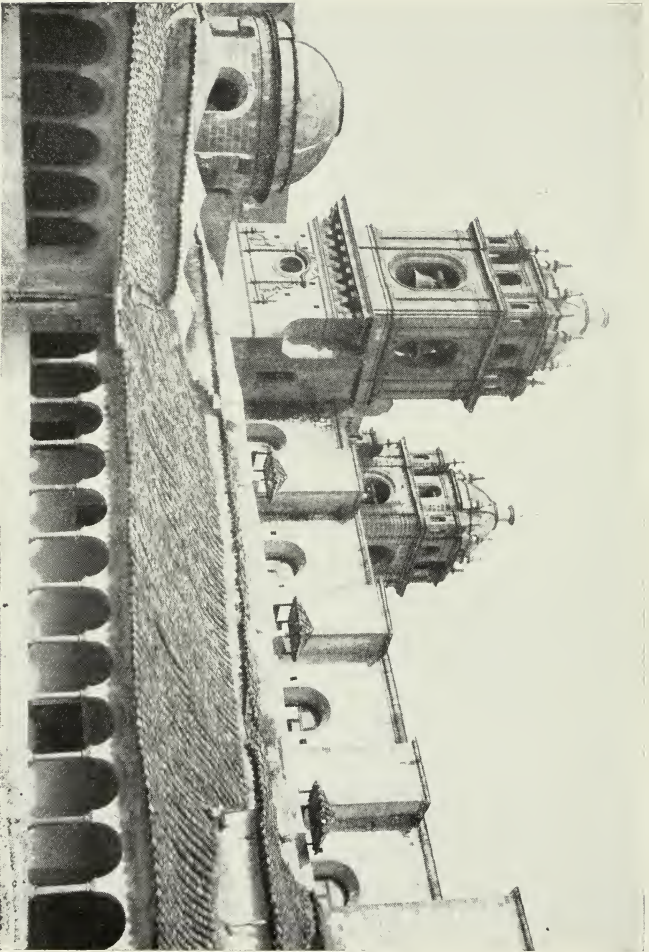
Blick auf Cuzco.



Torbogen in Cuzco. Links der Turm des Nonnenklosters Santa Clara, im Hintergrund San Pedro.
Im Vordergrund links eine Mestizin, in ein schwarzes spanisches Kopftuch verhüllt. Rechts ein Hochlandsindianer (Quechua) in buntgestreiftem Poncho und Mütze.



Straßenbild in Cuzco. Vorne Kirche und Kloster „La Merced“, im Hintergrund die Jesuitenkirche. Eine Paeklama-Herde, die über eine kolonial-spanische Plaza an stolzen Kirchenbauten vorbeigeleitet, durch Gassen mit entzückenden Barock-Balkone — das ist Cuzco.



Säulengang im Hof der Universität zu Cuzco. Sie ging aus einem schon 1575 gegründeten Jesuitenkolleg hervor. Im Hintergrund die ehemalige Jesuitenkirche.



Das Urubambatal bei „Putucusi“ (fröhlicher Topf).



Lager der Sirionó (Tirinié) in den Wäldern am Río Grande.





Sirionó (Tirimé)-Frau aus den Wäldern am Rio Grande mit Kindertragband.
Der Säugling trägt um das linke Handgelenk, die Mutter um den Hals ein Amulett aus einem ein-
gewickelten getrockneten Nabelschnurrest.

Abb. 20



Auch in der Hauptstadt Trinidad des Departamento Beni sieht man noch heute zu Ostern zahlreiche Scharen von Mojos-Indianern herbeiströmen mit weißen Hemden und einer holzgeschnitzten Rosenkranzkette um den Hals.



Bajones, über 2 m lange Riesenpauflöten in San Francisco (Departamento Beni, Ostbolivien). Diese Flöten erzeugen dumpfe Begleitöne zur Trommelmusik. 14 – 16 geflochtene Tuben werden miteinander verbunden. Bei ihrer Länge muß ein Knabe das vordere Ende tragen, wenn sie bei Umzügen mitgeführt werden.



Mojos-Indianerin vor einem Webstuhl. Schon seit dem Ende des 17. Jahrhunderts sind die Mojos-Indianerinnen durch ihre feine Webarbeit bekannt. Ihr Handel mit Webwaren brachte sie auch zuerst in Berührung mit den Bewohnern von Santa Cruz de la Sierra, wo sie die Jesuiten veranlaßten, das Land Mojos aufzusuchen.



Trapiche, altertümliche Zuckerrohrquetsche aus 3 ungefügigen Holzwalzen im Beni.
Links hocken Indianer um einen Kupferkessel, in dem der ausgequetschte Zuckersaft gesiedet wird.

Abb. 24



In den Sümpfen von Mojos. Die Achse ist gebrochen auf einer jener endlosen Reisen im Ochsenskarren durch die Curichis, die alles Gepäck durchnässen, das erst wieder an der Sonne getrocknet werden muß.

Mitteilungen

aus dem

**Naturwissenschaftlichen Verein
für Neuvorpommern und Rügen
in Greifswald**

Herausgegeben vom Vorstand

59. Jahrgang
1931

Mit 5 Textabbildungen



Greifswald
Universitätsverlag Ratsbuchhandlung L. Bamberg
1932

Mittlg. Nat. Ver.
Neuvorp. Rügen

59

XIV, 84 S.

Greifswald 1932

Mitteilungen

aus dem

Naturwissenschaftlichen Verein für Neuvorpommern und Rügen in Greifswald

Herausgegeben vom Vorstand

59. Jahrgang

1931

Mit 5 Textabbildungen



Greifswald

Universitätsverlag Ratsbuchhandlung L. Bamberg

1932

Mittlg. Nat. Ver.
Neuvorp.Rügen

59

XIV, 84 S.

Greifswald 1932

Inhalt.

	Seite
Vorwort	V
Geschäftsbericht	VI
Sitzungen	VIII

Wissenschaftliche Mitteilungen und Abhandlungen:

E. Leick u. G. Propp: Bodentemperaturen und Pflanzenwuchs in ihren wechselseitigen Beziehungen auf der Insel Hiddensee. 2. Teil.	3
K. von Bülow: Der Beginn der Moorbildung in den südlichen Küstenländern der Ostsee, insbesondere in Pommern	41
Werner Herold: <i>Armadillidium zenckeri</i> Brdt. als boreal-alpine Isopodenart	66
Werner Herold: Eine Beobachtung über die Fortpflanzungszeit der Zauneidechse (<i>Lacerta agilis</i>) . . .	71
Hellmut Prescher: Vogelzugsbeobachtungen in der Umgegend von Swinemünde	72

Vorwort.

Trotz der Ungunst der wirtschaftlichen Verhältnisse können wir unseren Mitgliedern erfreulicherweise auch in diesem Jahre wieder die „Mitteilungen“ im gewohnten Gewande überreichen. Unsere eigenen Mittel hätten zum Druck nicht ausgereicht, und wir danken es wiederum dem Herrn Landeshauptmann für die Provinz Pommern, der Gesellschaft von Freunden und Förderern der Universität Greifswald und dem Herrn Direktor der Greifswalder Universitäts-Bibliothek, daß sie uns auch in diesem Jahre durch namhafte Zuwendungen den Druck ermöglichten.

Greifswald, im März 1932.

P. Metzner.

Geschäftsbericht.

1. Mitgliederzahl: Der Verein zählte am 1. Januar 1931:

an Ehrenmitgliedern	2
an ordentlichen Mitgliedern in	
Greifswald	125
an auswärtigen Mitgliedern . . .	22
zusammen	149
Neu eingetreten sind	5
Es verstarben	5
traten aus	15
Mithin verminderte sich die Mit-	
gliederzahl um	15
auf insgesamt	136 Mitglieder.

Durch den Tod verlor der Verein im Geschäftsjahr:
Herr Ingenieur L. Bureau, Greifswald,
Herr cand. rer. nat. K. Ecke, Oberhausen (Rhld.),
Herr Geheimrat Dr. Gerloff, Stralsund,
Herr Oberstudienrat i. R. Prof. H. Schünemann,
Greifswald,
Frau Fabrikant A. Woelk, Greifswald.

- 2. Vorstand:** Prof. Dr. P. Metzner, 1. Vorsitzender.
Prof. Dr. E. Matthes, 2. Vorsitzender.
Prof. Dr. O. Dragendorff, 3. Vorsitzender.
Privatdozent Dr. S. Lange, 1. Schriftführer.
Oberassistent Dr. J. Richter, 2. Schriftführer.
Oberschullehrer W. Redmann, Kassenführer.

3. Kassenbericht.

Einnahmen	<i>R.M.</i>	Ausgaben	<i>R.M.</i>
Kassenbestand am 1. 1. 31	252.85	Druckkosten („Mitteil-	
Zinsen	10.75	lungen“ und Ein-	
Mitgliederbeiträge für		ladungskarten) und	
1931	370.—	Porto	1 335.96
Restbeiträge aus den vor-		Vorträge	50.—
rigen Jahren	60.—	Hilfeleistungen	35.—
Vorausgezahlte Jahres-		Gewinnübertrag für	
beiträge	12.—	1932	60.69
Eintrittsgelder für Vor-			
träge	76.05		
Beihilfen:			
Ges. von Freunden			
u. Förderern	300.—		
Univ.-Bibliothek . .	200.—		
Provinzial-Ausschuß	200.—		
Gesamteinnahmen	1 481.65	Gesamtausgaben	1 481.65

4. Mitgliedsbeitrag:

Der Jahresbeitrag beträgt für ordentliche Mitglieder 3 RM; Studenten können gegen einen Semesterbeitrag von 1 RM als außerordentliche Mitglieder aufgenommen werden. Da durch das Einziehen der Gelder erhebliche Unkosten und Verzögerungen entstehen, werden die Mitglieder gebeten, die fälligen Beiträge stets unaufgefordert in den ersten Monaten des Jahres auf Konto 270 bei der Greifswalder Stadtparkasse oder auf Konto S 350 bei der Greifswalder Bank einzuzahlen. Als Quittung wird sofort nach Eingang des Beitrages die Mitgliedskarte für das laufende Jahr zugesandt.

5. Bücheraustausch:

Im Tauschverkehr mit anderen deutschen und ausländischen wissenschaftlichen Gesellschaften und Vereinen wurden durch die Greifswalder Universitäts-Bibliothek im Jahre 1931 vom Jahrgang 1929/30 der „Mitteilungen“ versandt . . . 155 Bände. Als Gegengabe für zugesandte „Mitteilungen“ gingen

im Laufe des Jahres hier ein 140 Bände naturwissenschaftlicher Zeitschriften aus dem Deutschen Reiche und dem Ausland.

Diese stehen den Mitgliedern des Vereins im Lesesaal der Universitäts-Bibliothek gegen Vorzeigung der Mitgliedskarte während den Verkehrsstunden jederzeit zur Verfügung.

6. Vertrieb der „Mitteilungen“:

Die „Mitteilungen“ erscheinen in Kommission beim Universitätsverlag Ratsbuchhandlung L. Bamberg, Greifswald. Diese Firma übernimmt die Ankündigung der „Mitteilungen“ in der Deutschen Nationalbibliographie, die Versendung von Rezensionsexemplaren und die Verteilung an die Greifswalder Mitglieder; die auswärtigen Mitglieder erhalten die Hefte nach wie vor durch die Universitäts-Bibliothek zugesandt.

7. Ältere Jahrgänge:

Von den Jahrgängen 1—4, 8—21, 32, 33, 37, 40—42, 45—58 der „Mitteilungen“ ist noch eine größere Anzahl von Exemplaren vorhanden, die durch die Ratsbuchhandlung L. Bamberg, Greifswald, zum Preise von 0,30—1,— RM das Stück zu beziehen sind. Gesucht werden Hefte der Jahrgänge 5—7, 25—31, 34—36 und 39; Angebote nimmt der 1. Schriftführer des Vereins, Dr. Lange, entgegen.

Sitzungen.

Die Sitzungen des Vereins im Jahre 1931 fanden (mit nur einer Ausnahme) im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts, Domstraße 10 a, statt. Auch an dieser Stelle sei Herrn Professor Dr. Krüger für die Bereitwilligkeit gedankt, mit der er immer wieder dem Verein diesen Raum seines Instituts zur Verfügung stellt.

Am 21. Januar 1931 sprach Herr Dr. **R. Seifert-Greifswald** über **Raumorientierung statocystenloser Tiere**. Die Mehrzahl aller Tiere, führte er aus, nimmt zumeist eine, für jede Form charakteristische normale Körperhaltung im Raume ein. Für die festsitzenden Formen ergibt sich diese aus rein statischen Momenten des Gesamtaufbaus. Die frei beweglichen Tiere regulieren diese Gleichgewichtslage mit Hilfe statischer Organe, wie sie nicht nur den Wirbeltieren, sondern auch vielen Wirbellosen zukommen. Einer ganzen Reihe von wirbellosen Tieren fehlen jedoch derartige Organe völlig, so daß die Raumorientierung auf andere Weise durchgeführt werden muß. Bei kriechenden Formen, die sich an der Grenze zweier Medien bewegen, genügen hierzu die ja stets einseitig vorhandenen Berührungsreize. Die frei fliegenden Insekten werden wahrscheinlich passiv durch die Lage des Körperschwerpunktes orientiert. Exakte Untersuchungen liegen darüber noch nicht vor. Dagegen läßt sich für einige Wirbellose (in erster Linie für Krebse) eine Beziehung der Körperhaltung zu der jeweiligen Richtung des Lichteinfallens feststellen. Diese Tiere haben die Tendenz, eine bestimmte Körperseite (meist die Rückenseite) stets dem Lichte zuzuwenden, und gelangen dadurch zu einer in gleicher Weise gesicherten Raumorientierung wie die höheren Formen mit Hilfe ihrer Statocysten.

Am 18. Februar folgte ein Vortrag von Herrn Privatdozent Dr. **P. ten Bruggencate-Greifswald** über **Nebelflecke und kosmische Wolken**. Neben der großen Zahl einzelner Sterne, Sternhaufen und Milchstraßenwolken kennt man schon seit langer Zeit kosmische Gebilde, die sich selbst mit den größten heute zur Verfügung stehenden Instrumenten nicht in einzelne Sterne auflösen lassen, die sogenannten Nebelflecke. Diese werden in galaktische und außergalaktische Objekte eingeteilt, je nachdem sie nach unserem heutigen Wissen zum engeren Milchstraßensystem gehören oder nicht. Zu den galaktischen Nebeln zählt man die diffusen und die planetarischen Nebel, wie z. B. den Orion-Nebel und den Ringnebel in der Leier. Zu den außergalaktischen Nebeln gehören die elliptischen und die Spiralnebel, wie z. B. der große Andromeda-Nebel. Es hat sich bei einer Durchmusterung des Himmels nach diesen Objekten gezeigt, daß die außergalaktischen Nebel sehr viel zahlreicher sind als die galaktischen.

Es erhebt sich nun zuerst die Frage, wie man von einem bestimmten Nebel sagen kann, ob er dem engeren Milchstraßensystem angehört oder nicht. Dazu untersucht man einmal, ob eine bestimmte Klasse von Nebeln, z. B. die diffusen Nebel, in ihrer Verteilung am Himmel eine Beziehung zur Milchstraße aufweist oder nicht. Im ersten Fall muß auf einen dynamischen Zusammenhang zwischen dem Milchstraßensystem und der betrachteten Nebelklasse geschlossen werden. Im speziellen Fall der diffusen Nebel führen auch Sternzählungen zum Ziele, weil mit diesen Nebeln stets eine Absorption des Lichts der dahinterliegenden Sterne verbunden ist.

Eine Spektraluntersuchung zeigt, daß die galaktischen Nebel Gasnebel sind, während das bei den außergalaktischen Nebeln nicht eindeutig festgestellt werden kann. Es bleibt also die Hauptfrage nach der physikalischen Natur der außergalaktischen Nebel zu lösen. Die äußersten Teile der großen und daher relativ nahen Spiralnebel lassen sich in einzelne Sterne auflösen. Dies gilt aber nicht mehr für ihre innersten Teile und für die elliptischen Nebel, die im Fernrohr als gleichmäßige elliptische Scheibchen erscheinen. In den letzten Jahren ist es durch Auffinden von veränderlichen Sternen in den äußersten Teilen einiger Spiralnebel gelungen, deren Entfernung größenordnungsmäßig auf eine Million Lichtjahre abzuschätzen. Die außergalaktischen Nebel sind also zweifellos recht große Gebilde, die Sternsysteme sein könnten und uns nur durch ihre riesengroße Entfernung nebelförmig erscheinen. Einen Aufschluß über ihre eigentliche physikalische Natur darf man von der Untersuchung der Helligkeitsverteilung der Nebelscheibchen erwarten, woraus dann unter bestimmten Voraussetzungen auf die Verteilung der leuchtenden Materie im Innern der Nebel geschlossen werden kann. Solche Untersuchungen sind in letzter Zeit durchgeführt worden mit dem Ergebnis, daß es sich bei den elliptischen Nebeln und den zentralen Teilen der Spiralnebel wahrscheinlich nicht um unauflösbare Sternsysteme handelt, sondern um gasförmige Materie in äußerster Verdünnung, die von einem mehr oder weniger kondensierten zentralen Kern beleuchtet wird.

Die Reihe der Veranstaltungen des Sommer-Semesters begann am 6. Mai mit einem Vortrag von Herrn Professor Dr. **Keil-Greifswald** über **Das „Rauhe Cilicien“ und seine Ruinenstätten**. Der Vortragende hatte sich die Aufgabe gestellt, die eigenartigen und seit dem Altertum auf stärkste veränderten Besiedlungsverhältnisse einer kleinasiatischen Landschaft aus ihren geologischen und geographischen Gegebenheiten verständlich zu machen. Das Gebiet zwischen den Mündungen des Kalykadnos und Lamos gehört seinem Charakter nach unzweifelhaft

zu dem Gebirgslande des „Rauhen Cilicien“, ist aber durch eine ziemlich bequeme Küstenstraße auch wieder in enger Verbindung mit dem ebenen Teile dieser Landschaft. Die Dachschräge des Taurusgebirges, die dort von über 1000 Meter Höhe allmählich zum Meere abfällt, ist an der Oberfläche von einer mächtigen Schicht neogenen Kalksteins überlagert, die durch den bis 200 Meter tiefen Cañon des Lamos sowie durch eine größere Anzahl ähnlicher Talschluchten ohne sichtbaren Wasserlauf derart zerrissen wird, daß ein Verkehr in ostwestlicher Richtung nur an der Küste und dann wieder in beträchtlicher Höhe möglich ist. An diesen beiden Verkehrslinien liegen deshalb auch die größeren Städte des Gebietes, an der Küste Seleukeia (Selefke), Korasion, Korykos und Elaiussa Sebaste, im Binnenland Diokaisareia und Olba, während in dem Zwischengebiet kleinere Ortschaften verstreut sind, darunter die auf den Steilwänden der Schluchten sitzenden Bergnester der berüchtigten cilicischen Piraten. Seit der hellenistischen Zeit den griechischen Kultureinflüssen erschlossen, hat die Landschaft in der römischen Kaiserzeit eine staunenswerte Dichte der Besiedelung erreicht, die namentlich in den Küstenorten auch in der byzantinischen Epoche anhält, und unter der Herrschaft der kleinarmenischen Könige noch eine beachtenswerte Nachblüte erlebt. Dieselbe Landschaft ist heute, wenn wir von der Stadt Selefke absehen, einen großen Teil des Jahres fast menschenleer, weil abseits der Flüsse infolge der großen Durchlässigkeit des Karstgesteins Wasser nur ganz vereinzelt und in geringen Mengen gefunden wird. Mächtige aus dem Lamos schöpfende Wasserleitungen haben im Altertum dem Wassermangel in den größeren Städten abgeholfen und neben ihnen viele Tausende überall sorgfältig angelegter Zisternen der Bevölkerung das notwendige Trink-, Tränk- und Nutzwasser geliefert.

An der Hand zahlreicher Lichtbilder führte der Vortragende die wichtigsten Typen der Siedelungen des Gebietes vor: die Metropole Seleukeia, bei der Friedrich Barbarossa im Kalykadnos seinen Tod fand, dann Diokaisareia, den Sitz einer Priesterdynastie mit seinen prächtig erhaltenen Ruinen, besonders der des mächtigen Festungsturmes und des Zeustempels, die im vierten Jahrhundert n. Chr. angelegte Hafenstadt Korasion, weiter Korykos mit seiner über tausend Steinsarkophage umfassenden Nekropole und seinen armenischen Burgen, Elaiussa Sebaste mit seinen hochragenden Grabhäusern und schließlich Tapureli als Beispiel der Piratennester auf den Steilrändern der Schluchten. Den Beschluß bildete eine Schilderung der berühmten auch geologisch bemerkenswerten korykischen Höhlen und ihrer antiken Kulte, die dann wie die sonstigen Heiligtümer des Gebietes überall durch christliche Kirchen ersetzt wurden. [Eine ausführliche Schilderung des be-

sprochenen Gebietes, seiner Ruinen und inschriftlichen Denkmäler ist seither in dem von dem Vortragenden gemeinsam mit Prof. Adolf Wilhelm (Wien) herausgegebenen 3. Bande der Monumenta Asiae Minoris antiqua (1931) erschienen.]

In der nächsten Sitzung, am 17. Juni, berichtete Herr Privatdozent **Dr. H. Backhaus-Greifswald** über **Physikalische Untersuchungen an Musikinstrumenten**.

Am 17. Juli hielt Herr Professor Dr. G. Chr. **Hirsch-Utrecht** einen Vortrag über die **Physiologische Restitution der lebenden Substanz**. Unter physiologischer Restitution ist der Wiederersatz derjenigen Teile lebender Organismen zu verstehen, welche im normalen Ablaufe des Lebens immerfort verloren gehen. Man kann hierbei weisen auf den regelmäßigen Ersatz der Federn, Geweihe, Zähne, der Geschlechtszellen, der Blutkörperchen und schließlich im kleinsten aller jener Stoffe, welche im Zellstoffwechsel verloren gehen. Hier wurde nur über Eines in Kürze berichtet: über den Ersatz der ausgeschiedenen Fermente in den Drüsen.

Bei dieser physiologischen Regeneration der Drüsen treten verschiedene Tätigkeiten auf; unter denen als erste die Kooptation, das ist die Aufnahme von Stoffen aus dem Blute in die Zelle. Es wird ein besonderer Fall herausgegriffen: die wechselnde Kooptation im Pankreas, welche auf einem Umwege mit Hilfe von Vitalfärbungen durch den Sprecher beobachtet werden konnte. Die Permeation von Stoffen ist direkt nach der Reizung mit Pilocarpin sehr hoch und sinkt im Verlaufe der folgenden Restitutionsstunden je länger je mehr ab. Ausführlicher wurde der Wiederaufbau der Granula im Pankreas besprochen, welches der Sprecher in der lebenden Zelle bis zu 30 Stunden nach der Reizung hat beobachten können. Es zeigte sich hierbei, daß die ersten Granula an der Außenwand der Mitochondrien entstehen, dann nach einer kurzen Zeit des Irrlichterierens zum Golgifelde wandern, um hier eine andere Form anzunehmen. Nach mehreren Stunden verwandeln sie sich in eine dritte Form, welche am Apex der Zelle aufgehäuft wird. Über die beim Wiederaufbau der Granula zu beobachtenden Oxydo-Reduktionserscheinungen wurde ebenfalls gesprochen. Der Sprecher sieht charakteristische Kennzeichen dieses Restitutionsprozesses in den folgenden Merkmalen: in der Polarität, d. h. in dem Anstreben einer spezifischen Endform des Prozesses; in der Tatsache, daß mehrere Strukturen der Zelle bei der Restitution beteiligt sind, nämlich die Mitochondrien, das Plasma, das Golgifelde und vermutlich auch der Kern. Er stellt sich die Tätigkeit

dieser Teile vor wie die Tätigkeit der Arbeiter „am laufenden Bande“. Schließlich sieht er in der Irreversibilität des Prozesses das Hauptproblem der Restitution.

Es wurde nun weiterhin gesprochen, auf welche Weise die verschiedenen Partialsysteme des Körpers an der Restitution beteiligt sind. Es ist dem Sprecher zunächst geglückt, einen „Arbeiter am laufenden Bande“, nämlich die Mitochondrien, durch Röntgenstrahlen künstlich auszuschalten und daraufhin zweierlei zu beobachten: 1. die Verzögerung des Restitutionsprozesses und 2. den Wiederersatz der Mitochondrien an einer Oberflächenschicht der Zelle. Auch über die Bedeutung des Golgifeldes wurde eingehend gesprochen.

Dann wurde die Zelle als Ganzes in ihrer Arbeitszeit besprochen: die monophasisch arbeitenden Zellen, wie Horn, Talg und die Verdauungszellen von *Astacus*, und schließlich die polyphasisch arbeitenden Zellen, entweder mit geringem Verluste am Plasma, wie beim Pankreas, oder mit starkem Verluste wie bei *Helix*, den Becherzellen und Schweißdrüsen. Der Arbeitsrhythmus dieser Zellen wird ausgedrückt im Zellsekretionsquotienten: $\frac{\text{Extrusion}}{\text{Restitution}}$. Dieser ist bei

Helix $\frac{1}{9}$, beim Pankreas nach Pilocarpin $\frac{1}{6}$, nach Sekretion $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{1}$.

Und schließlich wurde das Organsystem als Ganzes näher untersucht. Seine Restitution findet statt entweder durch die polyphasisch arbeitenden Zellen oder durch Mitosen, oder durch beides, wobei aber entweder die Mitosen oder die polyphasische Zellarbeit überwiegen. Das Letztere ist beim Pankreas der Fall, während bei *Astacus* die mitotische Restitution des Organs ausschließlich vorherrscht. Von der synchronen, hemisynchronen oder asynchronen Arbeit der einzelnen Zellen eines Organs hängt es schließlich ab, ob bei vorhandenem Zellrhythmus das Organ als Ganzes rhythmisch oder arhythmisch arbeitet. Auch hierfür wurden einige Beispiele aus den Untersuchungen des Sprechers gegeben. Auf die verschiedenen Ursachen synchroner Zellarbeit wurde gleichfalls näher eingegangen.

Schließlich wies der Sprecher hin auf bestimmte gemeinsame Kennzeichen von Wachstum, Regeneration und physiologischer Restitution, sowie auf die Einteilung der Systeme in sich umfassende Partialsysteme und deren Autonomie und Heteronomie.

Nach den Universitätsferien begann der Verein seine Veranstaltungen wieder am 25. November mit einem äußerst interessanten Vortrag von Herrn Professor Dr. **G. Katsch-Greifswald** über **Ausgleichung und Überkompensation von Schäden im Organismus**.

Am 4. Dezember schließlich sprach in einer im Saale des „Preußischen Hofes“ gemeinsam mit der Pommerschen Geographischen Gesellschaft zu Greifswald abgehaltenen Sitzung Herr Hauptmann a. D. **Bruns** über die **Fahrt des „Graf Zeppelin“ in die Arktis**. In eindringlichen Worten begründete der Redner die Notwendigkeit arktischer Forschung trotz unserer trostlosen wirtschaftlichen Lage. Bietet doch gerade die Arktis noch viele ungelöste Probleme, die auch trotz der räumlichen Entfernung für uns von der allergrößten Bedeutung sind. So sind z. B. die meteorologischen Verhältnisse in den höheren Breiten noch völlig unklar, und hier muß die arktische Forschung einsetzen, um die Lücke zu schließen. Aber die Wissenschaft braucht systematische und langdauernde Beobachtungen, um zu gesicherten Anschauungen zu kommen; dies zu ermöglichen trotz der feindlichen Natur der Polarländer, ist die Aufgabe der „Aeroarktik“. Die Gesellschaft wurde im Jahre 1926 auf Anregung des Redners gegründet und sofort allgemein anerkannt, stellte sich ihr doch kein Geringerer als der Nestor der Nordpolforschung, Fridtjof Nansen, als ihr erster Präsident zur Verfügung.

Drei Probleme sind es vor allem, deren Lösung sich die Aeroarktik zum Ziel gesetzt hat:

1. Ist es einem Luftschiff überhaupt möglich, mit Erfolg in die polaren Gegenden vorzudringen, ohne ein großes Risiko auf sich zu nehmen?

2. Kann ein Luftfahrzeug über den unendlich einförmigen Eis- und Schneewüsten sicher navigieren, auch ohne den Gebrauch von Kompaß und Magnetnadel, die bekanntlich in der Nähe des Pols versagen, und

3. kann ein Luftschiff als schwebende Beobachtungsstation dienen?

Dieser letzte Punkt ist wesentlich; denn bei der gewöhnlichen Geschwindigkeit von 100 Kilometern in der Stunde sind wissenschaftliche Beobachtungen nur sehr schwer und unter Verwendung möglichst vieler mechanischer Hilfsmittel zu machen. Daß der „Zeppelin“ mit diesen Instrumenten auf das Beste ausgerüstet war, versteht sich bei der Gründlichkeit, mit der alle Vorbereitungen getroffen wurden, wohl von selbst.

Nach der Havarie des „Nautilus“, mit dem bekanntlich ein Zusammentreffen am Pol geplant war — Hauptmann Bruns versuchte den schlechten Eindruck, den dieses vielbesprochene amerikanische Unternehmen in der ganzen Welt hervorrief, wieder gutzumachen, wie er auch für Nobile eintrat und diesen gegen den Vorwurf der Feigheit in Schutz nahm —, wurden mit dem russischen Eisbrecher „Malygin“ verschiedene Versuche, u. a. ein Postaustausch, verabredet,

und dank der „Stempel“- und Arbeitsfreudigkeit aller Teilnehmer auch glücklich durchgeführt.

Unschätzbare Dienste leisteten der Expedition die photogrammetrischen Apparate. Was sonst jahrzehntelanger mühsamer Arbeit bedurft hat, das leisten jetzt Panoramakamera und Reihenbildner mühelos in ganz kurzer Zeit. Einen ebenso kostspieligen wie für die Wissenschaft wertvollen Versuch stellen die Ballonaufstiege dar, die den sogenannten „Meteorographen“ in „Piccardsche“ Höhen und darüber führen, wobei die verschiedenen Messungen selbständig auf funkentelegraphischem Wege übermittelt werden.

An Hand ausgezeichnete Lichtbilder ließ Hauptmann Bruns sodann die Zuhörer an der Fahrt teilnehmen, wir sahen die weiten Wälder und Tundren Rußlands und die polaren Einöden unter dem Luftschiff dahinschwinden, wir hörten von dem Geist der Kameradschaft, der alle an Bord vereinte, von heiteren und auch von ernsten Zwischenfällen, die allerdings das unbedingte Vertrauen in die Tüchtigkeit des Schiffes und seiner Besatzung nicht einen Augenblick zu erschüttern vermochten. Als ein leuchtendes Vorbild ließ der Redner Dr. Ecken er vor uns erstehen, der mit Ruhe und sicherem Gefühl die jeweils günstigste Wetterlage zu erfassen wußte. Und so ging die Fahrt vonstatten, ohne einen Schimmer von heldenhafter Romantik, wie immer wieder betont wurde; nicht einmal der Nordpol wurde angefliegen, da dafür jedes wissenschaftliche Ziel gefehlt hätte, sondern man bog nach Osten ab zu dem fast unbekanntem Nordland, um hier und auf Nowaja Semlja noch wertvolle Vermessungsarbeit zu leisten.

Was die Teilnehmer der Expedition nach ihrer glücklichen Heimkehr beseelte, schilderte der Vortragende in beredten Worten, es war das Hochgefühl, dem deutschen Volke durch ein Unternehmen genützt zu haben, das ihm die Achtung und Bewunderung der ganzen Welt eingetragen hat.

**Wissenschaftliche Vorträge
und Abhandlungen.**

Bodentemperaturen und Pflanzenwuchs in ihren wechselseitigen Beziehungen auf der Insel Hiddensee.

(Aus der Biologischen Forschungsstation Hiddensee).

Von Erich Leick und Gustav Propp.

II. Teil.

C. Serienmessungen.

Um die im I. Teile dieser Arbeit an der Hand von Einzelbeobachtungen kurz erläuterten Gesetzmäßigkeiten der Temperaturgestaltung im Boden weiter zu klären, wollen wir uns im folgenden der näheren Betrachtung einiger Serienmessungen zuwenden. Diese wurden an verschiedenen Standorten der Insel vorgenommen und bald über eine längere, bald über eine kürzere Zeit ausgedehnt. Über die mit ihnen verbundenen Evaporationsbestimmungen wird G. Propp an anderer Stelle eingehend berichten. Soweit die Umstände es erlaubten, wurden auch in größeren Bodentiefen Thermometer angebracht. Auf die allgemeinen Mängel der üblichen Meßmethoden, auf die kürzlich W. Schmidt (23) mit Recht hingewiesen hat, soll hier nicht näher eingegangen werden, zumal wir gegenwärtig mit Versuchen beschäftigt sind, die eine Verbesserung des Meßverfahrens anstreben. Die bei den Serienmessungen erzielten Resultate wollen wir standortsweise an einzelnen Beispielen kurz erläutern.

1. Messungen am Schwedenhagener Binnenufer.

Das Gelände, um das es sich bei den vorliegenden Messungen handelt, wurde bereits bei Besprechung der maximalen Bodentemperaturen (vergl. I, 83) näher charakterisiert. Seiner Entstehung nach haben wir in dem z. T. stark überwachsenen, etwa 17 m hohen Steilhange den Rest einer alten, südwärts gerichteten Kliffküste des Dornbusches zu erblicken, die zu einer Zeit, wo das durch Anlandung,

Hebung und Vermoorung gebildete Hiddenseer Flachland noch nicht vorhanden war, von den freien Wellen der Ostsee gespült wurde (vergl. O. Jaekel, 15). Es ist klar, daß außer der südlichen Exposition auch die gegen Nord- und Nordostwinde geschützte Lage, ferner die Ausbildung einer Feuchtigkeit spendenden Sumpffläche am Fuße des Hanges sowie schließlich die stellenweise reichliche Beimengung von Geschiebelehm der Pflanzenbesiedelung besonders günstige Bedingungen darbieten. Dementsprechend finden wir hier zum Teil eine üppige, aus Gräsern, Stauden, Sträuchern und Bäumen aufgebaute Vegetationsdecke. An den Stellen aber, wo nährstoffarmer, mit nur wenigen humosen Bestandteilen durchsetzter Sand zu Tage tritt, stellt sich eine dürftige Sandfeldvegetation ein, der sich ab und zu auch pontische Florenelemente beigesellen. Die nachstehend angeführten Serienmessungen fanden auf einer nur lückenhaft bewachsenen Bodenfläche statt. Die Thermometer waren in 0, 2,5, 5, 10, 15 und 20 cm Tiefe angebracht. Die Ablesungen wurden meist in kurzen Intervallen — höchstens im Abstände einer Stunde — vorgenommen. Die Lufttemperatur wurde stets am Schleuderthermometer abgelesen. Der Zustand der Besonnung und der Bewölkung wurde in der üblichen Weise — S_0 bis S_4 und B_0 bis B_{10} — zum Ausdruck gebracht.

Wir wenden uns nun der ersten Beobachtungsserie zu, die die Nachmittagsstunden des 23. August umfaßt. Die ermittelten Zahlenwerte sind in Tabelle 1 verzeichnet.

Wir können aus der nebenstehenden Tabelle entnehmen, daß bis 15^h 30' voller Sonnenschein herrschte, daß dann aber leichte Wolkenschleier die Strahlung herabminderten. Diese Herabminderung fand nicht nur im Nachlassen der Luftwärme (in 50 Minuten um 1,8^o) ihren Ausdruck, sondern auch im Absinken der Bodentemperaturen an der Oberfläche (in 50 Minuten um 5,9^o), in der maximal erwärmten 2,5 cm-Schicht (in 50 Minuten um 10,0^o) und in der 5 cm-

Tabelle 1.

Hiddensee. Schwedenhagener Steilufer. Südhang.
 Böschungswinkel etwa 65°. Schwacher Wind aus N.-W. Volle Sonne.
 Humoser Sandboden mit lückenhaftem Bewuchs. 23. August 1930.

Stunde	Luft-temp.	Boden-oberfläche	Boden 2,5 cm	Boden 5 cm	Boden 10 cm	Boden 15 cm	Boden 20 cm	Sonne	Bewölkung
12h	18,6°	40,2°	45,0°	30,1°	22,0°	20,8°	18,4°	4	1
20'	18,8°	41,6°	51,1°	31,3°	22,7°	21,4°	18,4°	4	1
30'	18,8°	42,3°	52,5°	31,8°	23,0°	22,6°	18,4°	4	1
40'	19,4°	42,8°	53,4°	32,2°	23,2°	22,8°	18,5°	4	1
50'	20,0°	43,6°	54,0°	32,5°	23,5°	23,0°	18,6°	4	1
13h	20,0°	46,3°	56,8°	32,8°	23,8°	23,2°	18,8°	4	1
10'	21,2°	45,6°	57,7°	33,1°	24,0°	23,3°	18,9°	4	1
20'	21,5°	42,4°	58,3°	33,4°	24,4°	23,5°	19,2°	4	0
30'	22,1°	42,4°	57,8°	33,9°	24,8°	23,8°	19,4°	4	2
40'	22,2°	43,1°	56,2°	34,2°	25,1°	24,0°	19,6°	4	1
50'	21,5°	43,8°	56,5°	34,5°	25,5°	24,2°	19,7°	4	1
14h	21,5°	43,8°	56,3°	34,8°	25,8°	24,4°	19,8°	4	2
30'	20,8°	46,5°	55,6°	35,4°	26,5°	24,7°	19,9°	4	1
15h	21,2°	44,2°	53,6°	35,8°	27,2°	24,9°	20,1°	4	2
30'	21,0°	42,5°	50,1°	35,7°	28,1°	25,4°	20,4°	4	2
16h	20,3°	40,2°	46,5°	35,4°	28,3°	26,8°	20,6°	3	3
20'	19,2°	36,6°	40,1°	34,8°	28,6°	26,9°	20,8°	3	3
40'	20,4°	37,0°	38,3°	34,1°	28,6°	26,9°	20,9°	4	3
17h	20,1°	36,8°	37,6°	33,6°	28,6°	26,9°	21,1°	4	3
20'	18,3°	32,4°	34,7°	32,7°	28,4°	26,6°	21,2°	3	3
40'	17,4°	30,2°	31,7°	31,7°	28,2°	26,2°	21,3°	3	3
18h	17,0°	27,6°	28,8°	30,7°	27,9°	25,8°	21,5°	3	3
Mittlere Stunden- schwankung	1,5°	5,1°	6,9°	1,8°	1,2°	1,1°	0,5°		

Schicht (in 50 Minuten um $0,9^{\circ}$). In größerer Bodentiefe hingegen — also von 10 cm an — stieg, der verzögerten Wärmeleitung entsprechend, das Thermometer auch weiterhin an. Die vorübergehende Rückkehr der vollen abendlichen Besonnung konnte nur die Oberflächentemperatur zu einer geringfügigen Aufwärtsbewegung veranlassen. Was nun den Eintritt der Wärmemaxima in Luft und Boden betrifft, so zeigte sich eine durchaus typische Verteilung wie sie den gegebenen physikalischen Bedingungen entspricht: die Luft erreicht ihre Höchsttemperatur später als die Bodenoberfläche, von der sie ja erst den Hauptteil ihrer Wärme empfängt; das Oberflächenmaximum stellt sich in der Regel zwischen 12^{h} und 13^{h} ein; herrscht kühlerer Wind, so können durch dessen zeitweiliges Nachlassen vorübergehende Temperaturanstiege an der Bodenoberfläche herbeigeführt werden (in unserem Falle steigt um $14^{\text{h}} 30'$ das Oberflächen-thermometer sogar noch über das erste Maximum hinaus bis auf $46,5^{\circ}$); die Maxima der einzelnen Bodenschichten erfahren eine mit der Tiefe zunehmende Verzögerung. So wird beispielsweise der Höchstwert in 2,5 cm Tiefe um $13^{\text{h}} 20'$, in 5 cm Tiefe erst um 15^{h} und in 20 cm Tiefe um 18^{h} gemessen.

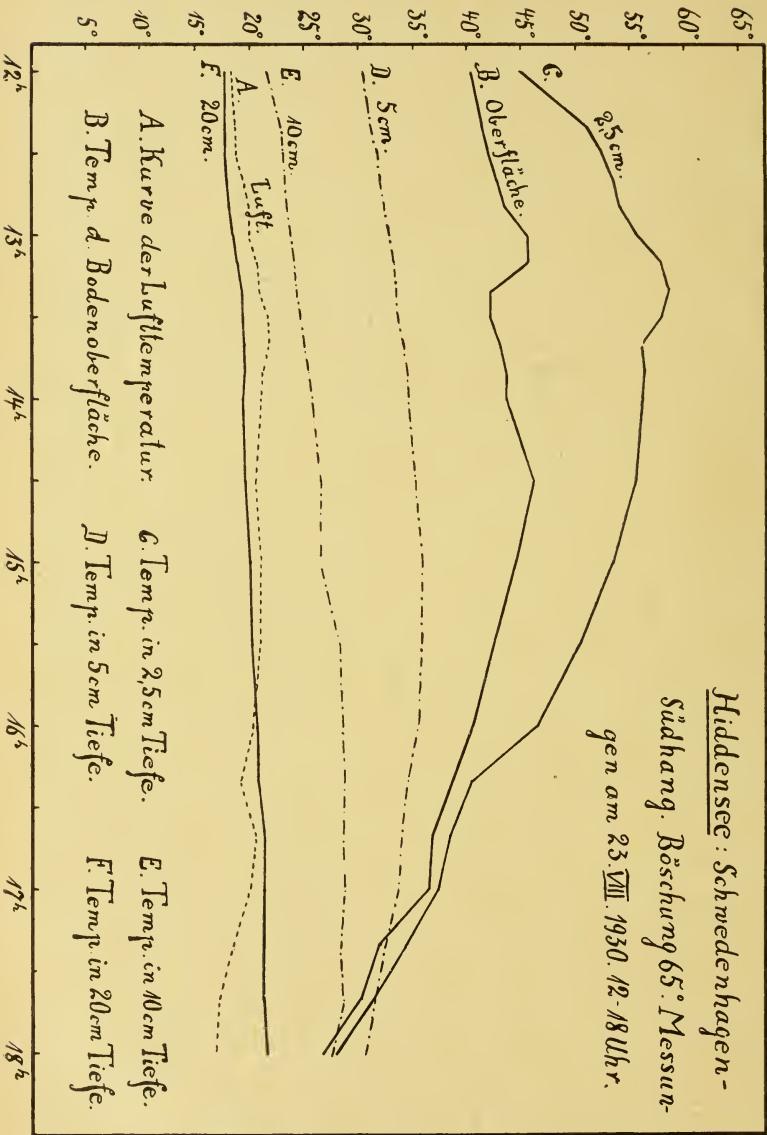
Was nun die Größe der Erwärmung anbelangt, so bleibt die Bodenoberfläche überall dort, wo der Wind Zutritt hat, hinter der 2,5 cm-Schicht (evtl. auch hinter einer höher oder tiefer gelegenen Boden-Schicht) mehr oder weniger erheblich zurück. In unserem Falle macht diese Temperaturdifferenz maximal sogar $15,9^{\circ}$ aus. Die Luft-Boden-Differenz erreicht einen Höchstwert von $26,3^{\circ}$, während die 2,5 cm-Schicht die Lufttemperatur sogar um $36,8^{\circ}$ übersteigt. Die Tagesperiode, die sich im Maximum bis zu einer Tiefe von etwa 60 cm bemerkbar machen kann, wirkt sich in den einzelnen Schichten mit anfangs steigender, dann stark nachlassender Amplitude aus. Während die zwischen Mittag und Abend gemessenen Temperaturen der Boden-

oberfläche um $18,9^{\circ}$ auseinanderliegen (bei der Luft um $5,2^{\circ}$), beträgt die entsprechende Differenz in 2,5 cm Tiefe $29,5^{\circ}$, in 5 cm Tiefe $5,7^{\circ}$, in 10 cm Tiefe $6,6^{\circ}$, in 15 cm Tiefe $6,1^{\circ}$ und in 20 cm Tiefe $3,1^{\circ}$. Besser kommen die in Frage stehenden Unterschiede zur Geltung, wenn man die mittlere Stundenschwankung errechnet, die in der Luft $1,5^{\circ}$, an der Bodenoberfläche $5,1$, in 2,5 cm Tiefe $6,9^{\circ}$, in 5 cm Tiefe $1,8^{\circ}$ und in 20 cm Tiefe $0,5^{\circ}$ beträgt. Da mit nachlassender Insolation in den Spätnachmittagsstunden die Temperaturen der oberen Bodenschichten schneller absinken als die der tieferen, muß es zu einer Annäherung und schließlich zu einem Überschneiden der Temperaturkurven kommen. Die Verhältnisse treten in der Abb. 6 mit aller Deutlichkeit hervor.

Die Rückwirkung der Bodentemperaturen auf die Standortsbewohner muß natürlich — wie schon an anderer Stelle hervorgehoben wurde — je nach der Wurzeltiefe recht verschieden sein. Ob die am Wurzelhalse mancher ausdauernder Gewächse hervortretende kräftige Entwicklung peripherer Korklagen auf den Einfluß hoher Bodentemperaturen zurückzuführen ist, kann nur auf experimentellem Wege entschieden werden. Daß die Erwärmung der Unterlage grenzsetzend auf die Ausbreitung von Flechtenarten einzuwirken vermag, wurde von F. A. Schade (20) gezeigt.

Eine am gleichen Standorte ausgeführte Serienmessung vom 28. August erstreckte sich über die Zeit von $9^{\text{h}} 50'$ bis 17^{h} und wies im großen und ganzen die gleichen Gesetzmäßigkeiten auf, wie sie eben kurz erörtert wurden (vergl. Tabelle 2!).

Wenn hier trotz höherer Lufttemperatur und trotz stärkerer Erwärmung der 2,5 cm-Schicht die Bodenoberfläche etwas kühler als am 23. August war, so hatte das seinen Grund in dem freieren Zugange des aus südwestlicher Richtung wehenden Windes.



Hiddensee: Schwedenhagen-

Südhang. Böschung 65°. Messun-

gen am 23. VIII. 1930. 12-18 Uhr.

A. Kurve der Lufttemperatur. C. Temp. in 2,5 cm Tiefe. E. Temp. in 10 cm Tiefe.
 B. Temp. d. Bodenoberfläche. D. Temp. in 5 cm Tiefe. F. Temp. in 20 cm Tiefe.

Abb. 6.

Tabelle 2.

Hiddensee. Schwedenhagener Steilufer. Südhang.

Böschungswinkel etwa 65°. Schwacher Wind aus S.-W. Volle Sonne.

Humoser Sandboden mit lückenhaftem Bewuchs. 28. August 1930.

Stunde	Luft-temp.	Bodenoberfläche	Boden 1 cm	Boden 2,5 cm	Boden 5 cm	Boden 10 cm	Boden 15 cm	Boden 20 cm	Sonne	Bewölkung
9h 50'	20,8°	32,4°	—	35,8°	23,2°	19,2°	19,6°	19,2°	4	0
10h	21,2°	33,2°	—	37,7°	24,3°	19,5°	20,0°	19,2°	4	0
20'	22,3°	35,4°	—	40,6°	25,4°	20,0°	20,6°	19,2°	4	0
40'	23,0°	40,5°	52,6°	43,0°	26,8°	20,5°	21,1°	19,2°	4	0
11h	23,4°	41,1°	53,8°	46,2°	28,2°	21,0°	21,8°	19,2°	4	1
30'	24,0°	41,9°	55,0°	51,7°	30,0°	22,0°	22,6°	19,3°	4	0
40'	24,1°	42,8°	55,8°	52,9°	30,4°	22,3°	22,8°	19,3°	4	0
12h	24,2°	43,2°	56,6°	54,5°	31,1°	22,8°	23,3°	19,4°	4	0
20'	24,0°	43,4°	57,3°	56,1°	31,9°	23,4°	23,8°	19,5°	4	0
40'	25,3°	43,8°	57,7°	57,8°	33,1°	24,2°	24,6°	19,6°	4	0
13h	25,5°	45,4°	58,0°	59,3°	34,0°	24,9°	25,3°	19,7°	4	0
20'	25,6°	45,7°	58,7°	59,6°	34,4°	25,3°	25,6°	19,8°	4	0
40'	25,8°	45,6°	57,9°	58,0°	35,0°	25,9°	26,0°	20,0°	4	0
14h	25,6°	45,5°	56,3°	57,0°	35,4°	26,5°	26,5°	20,1°	4	0
20'	25,0°	44,2°	53,4°	53,6°	35,7°	26,9°	26,9°	20,3°	4	0
40'	24,8°	43,6°	51,8°	43,8°	35,9°	27,3°	27,1°	20,4°	4	0
15h 20'	23,2°	42,2°	48,3°	47,5°	35,9°	27,8°	27,6°	20,7°	4	0
16h	20,4°	39,2°	44,9°	44,5°	35,4°	28,6°	27,8°	21,0°	4	0
30'	19,5°	36,2°	41,0°	40,9°	34,4°	28,8°	27,8°	21,3°	4	0
17h	18,8°	33,6°	38,5°	38,0°	33,8°	28,8°	27,6°	21,4°	4	0
Mittlere Stunden-schwankung	1,4°	3,3°	3,5°	6,7°	2,0°	1,3°	1,1°	0,3°		

Sehr lehrreich ist das Studium des pro cm Bodentiefe vorhandenen Temperaturgefälles. Diesem Zwecke soll die nachstehende Tabelle 3 dienen.

Man ersieht aus ihr, daß das stärkste Temperaturgefälle im obersten Bodenzentimeter vorhanden ist, ferner daß dieses Gefälle vom Morgen gegen Mittag ansteigt, um dann nachmittags zuerst langsam, später schnell abzusinken. Sowohl morgens als auch abends muß ein 0-Wert durchschritten werden. Tagsüber ist der Temperaturgradient positiv, nachts bei hinreichender Ausstrahlung negativ. Der absolute Wert des Gradienten ist einmal von der Bodenbeschaffenheit, dem Feuchtigkeitsgehalt, der Exposition usw. abhängig, dann aber auch von der Intensität der Ein- bzw. Ausstrahlung, der Höhe der Lufttemperatur und der Stärke des Windes. Im vorliegenden Falle erreicht er um Mittag den ansehnlichen Wert von $+ 13,9^{\circ}$. Daß schon um $10^{\text{h}} 40'$ ein Betrag von über 12° verzeichnet wird, hängt mit der starken Neigung des Abhanges zusammen. Im zweiten Bodenzentimeter ist das Temperaturgefälle ungleich geringer und nur von $12^{\text{h}} 40'$ bis $14^{\text{h}} 20'$ positiv (natürlich müssen auch nachts positive Werte gefunden werden). Die höchsten Beträge werden in den Vormittags- und Nachmittagsstunden ($- 6,4^{\circ}$ und $- 5,3^{\circ}$) gemessen. Die folgenden Bodenzentimeter (etwa 3—5 cm) lassen dann den Temperaturgradienten erneut anschwellen. Es handelt sich hier um eine Schicht, die nur noch in stark abgeschwächtem Maße in die Schwankungen der Deckschicht mit hineingezogen wird, und die daher am Tage weit hinter den maximalen Werten der Erwärmung zurückbleibt (natürlich nachts auch weniger von dem Wärmeverlust des Bodens betroffen wird). Um die Mittagszeit können hier Minuswerte bis über 10° hinaus pro cm auftreten. Bei größerer Bodentiefe macht sich ein Ausklingen dieser Zone durch die schrittweise Verringerung der negativen Temperaturgradienten bemerkbar. Etwa zwischen dem 10. und 15. Bodenzentimeter kommt es dann nochmals zur Ausbildung eines

Tabelle 3.

Hiddensee. Schwedenhagener Steilufer. Südhang.
Zur Messung vom 28. August 1930.
Temperaturgefälle pro cm.

Stunde	Luft- Boden- Diffe- renz	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	5 bis 10 cm	10 bis 15 cm	15 bis 20 cm
9 h 50'	11,6 ⁰	—	—	— 5,0 ⁰	— 5,0 ⁰	— 5,0 ⁰	— 0,8 ⁰	+ 0,08 ⁰	— 0,08 ⁰
10 h	12,0 ⁰	—	—	— 5,4 ⁰	— 5,4 ⁰	— 5,4 ⁰	— 1,0 ⁰	+ 0,10 ⁰	— 0,16 ⁰
20'	13,1 ⁰	—	—	— 6,1 ⁰	— 6,1 ⁰	— 6,1 ⁰	— 1,1 ⁰	+ 0,12 ⁰	— 0,28 ⁰
40'	17,5 ⁰	+ 12,1 ⁰	— 6,4 ⁰	— 6,4 ⁰	— 6,4 ⁰	— 6,4 ⁰	— 1,3 ⁰	+ 0,12 ⁰	— 0,38 ⁰
11 h	17,7 ⁰	+ 12,7 ⁰	— 5,1 ⁰	— 6,1 ⁰	— 7,2 ⁰	— 7,2 ⁰	— 1,4 ⁰	+ 0,16 ⁰	— 0,52 ⁰
30'	17,9 ⁰	+ 13,1 ⁰	— 2,2 ⁰	— 5,4 ⁰	— 8,7 ⁰	— 8,7 ⁰	— 1,6 ⁰	+ 0,12 ⁰	— 0,66 ⁰
40'	18,7 ⁰	+ 13,0 ⁰	— 1,9 ⁰	— 5,5 ⁰	— 9,0 ⁰	— 9,0 ⁰	— 1,6 ⁰	+ 0,10 ⁰	— 0,70 ⁰
12 h	19,0 ⁰	+ 13,4 ⁰	— 1,4 ⁰	— 5,4 ⁰	— 9,4 ⁰	— 9,4 ⁰	— 1,7 ⁰	+ 0,10 ⁰	— 0,78 ⁰
20'	19,4 ⁰	+ 13,9 ⁰	— 0,8 ⁰	— 5,2 ⁰	— 9,7 ⁰	— 9,7 ⁰	— 1,7 ⁰	+ 0,08 ⁰	— 0,86 ⁰
40'	18,5 ⁰	+ 13,9 ⁰	+ 0,1 ⁰	— 5,0 ⁰	— 9,9 ⁰	— 9,9 ⁰	— 1,8 ⁰	+ 0,08 ⁰	— 1,00 ⁰
13 h	19,9 ⁰	+ 12,6 ⁰	+ 0,9 ⁰	— 5,5 ⁰	— 10,1 ⁰	— 10,1 ⁰	— 1,8 ⁰	+ 0,08 ⁰	— 1,12 ⁰
20'	20,1 ⁰	+ 13,0 ⁰	+ 0,6 ⁰	— 5,3 ⁰	— 10,1 ⁰	— 10,1 ⁰	— 1,8 ⁰	+ 0,06 ⁰	— 1,16 ⁰
40'	19,8 ⁰	+ 12,3 ⁰	+ 0,1 ⁰	— 4,6 ⁰	— 9,2 ⁰	— 9,2 ⁰	— 1,8 ⁰	+ 0,02 ⁰	— 1,20 ⁰
14 h	19,9 ⁰	+ 10,8 ⁰	+ 0,5 ⁰	— 4,5 ⁰	— 8,6 ⁰	— 8,6 ⁰	— 1,8 ⁰	+ 0,00 ⁰	— 1,28 ⁰
20'	19,2 ⁰	+ 9,2 ⁰	+ 0,1 ⁰	— 3,6 ⁰	— 7,2 ⁰	— 7,2 ⁰	— 1,8 ⁰	+ 0,00 ⁰	— 1,32 ⁰
40'	18,8 ⁰	+ 8,2 ⁰	— 5,3 ⁰	— 4,2 ⁰	— 3,2 ⁰	— 3,2 ⁰	— 1,7 ⁰	— 0,04 ⁰	— 1,34 ⁰
15 h 20'	19,0 ⁰	+ 6,1 ⁰	— 0,5 ⁰	— 2,5 ⁰	— 4,6 ⁰	— 4,6 ⁰	— 1,6 ⁰	— 0,04 ⁰	— 1,38 ⁰
16 h	18,8 ⁰	+ 5,7 ⁰	— 0,3 ⁰	— 1,9 ⁰	— 3,6 ⁰	— 3,6 ⁰	— 1,4 ⁰	— 0,16 ⁰	— 1,36 ⁰
30'	16,7 ⁰	+ 4,8 ⁰	— 0,1 ⁰	— 1,3 ⁰	— 2,6 ⁰	— 2,6 ⁰	— 1,1 ⁰	— 0,20 ⁰	— 1,30 ⁰
17 h	14,8 ⁰	+ 4,9 ⁰	— 0,3 ⁰	— 1,0 ⁰	— 1,7 ⁰	— 1,7 ⁰	— 1,0 ⁰	— 0,24 ⁰	— 1,24 ⁰

zeitweilig positiven Gefälles, das in dem stark verzögerten Temperatenausgleich seine Ursache hat. Während die Abkühlung der Nacht sich zwischen 5 und 10 cm Tiefe erst am Vormittage voll auswirkt, ist in tieferer Lage gewissermaßen ein Teil der vortägigen Erwärmung konserviert worden. Dringt aber die neue Tageserwärmung am Nachmittage auch bis hier vor, so muß der Gradient langsam sein Vorzeichen umkehren. Noch weiter abwärts — etwa bis zu 15 oder 20 cm Tiefe — hat die Tagesamplitude bereits einen so geringen Betrag, daß der Gradient einen dauernd negativen Wert annimmt. Man muß sich natürlich vor Augen halten, daß der eben besprochene Verlauf des Temperaturgefälles nur für bestimmte Außenbedingungen und für einen ganz bestimmten Standort Gültigkeit hat. Je nach Jahreszeit, Witterungsverhältnissen, Bodenstruktur und Pflanzendecke werden sich weitgehende Abweichungen sowohl nach dem Werte als auch nach dem Vorzeichen des Gefälles in den aufeinanderfolgenden Schichten ergeben.

Wie sehr die Temperaturgestaltung im Boden von der auch an sonnigen Tagen recht verschiedenen Strahlungsintensität abhängt, zeigt uns aufs deutlichste die in Tabelle 4 wiedergegebene Messung vom 20. August 1930. Es handelt sich hier um einen zwar klaren Hochsommernachmittag, an dem aber die Insolation durch eine gewisse Diesigkeit der Atmosphäre herabgemindert war. Die Messung fand an der gleichen Stelle wie die beiden vorhergehenden statt. Oberhalb des Steilhanges, wo auf humusreichem Lehmboden eine üppige Grasnarbe vorhanden war, wurde ein Vergleichsthermometer auf 15 cm Tiefe eingesenkt.

Zunächst zeigt die Bodenoberfläche durchweg viel geringere Wärmegrade als bei den früheren Beobachtungsreihen. So wurden um 14^h nur $+ 30,5^{\circ}$ gemessen, während in den vorhergehenden Serien zur gleichen Tagesstunde $+ 43,8^{\circ}$ bzw. $45,5^{\circ}$ (also 15° mehr) ermittelt wurden. Neben der geringen Strahlungsintensität trugen auch wohl stärkere Luft-

Tabelle 4.

Hiddensee. Schwedenhagener Steilufer. Südhang. Böschungswinkel etwa 63°. Humoser Sandboden mit lückenhaftem Bewuchs. Vergleichsmessung am Rande der Hochfläche oberhalb des Steilhanges. Der humusreiche Lehm Boden ist hier mit einer zirka 20 cm hohen Grasnarbe bedeckt.
20. August 1930, nachmittags.

Zeit	Lufttemp.	Humoser Sandboden										Gras		Bewölkung
		Luft-Boden-Diff.	Bodenoberfläche	2,5 cm	5 cm	Temp.-Gef. 0-5 cm	10 cm	Temp.-Gef. 5-10 cm	15 cm	Temp.-Gef. 10-15 cm	20 cm	Temp.-Gef. 15-20 cm	15 cm	
14h	18,2°	12,3°	30,5°	30,7°	27,7°	24,6°	-0,62°	21,9°	-0,54°	22,2°	+0,06°	17,4°	-4,5°	4
15h	18,4°	13,2°	31,6°	30,5°	29,7°	26,1°	-0,72°	23,1°	-0,60°	23,0°	-0,02°	17,7°	-5,4°	4
30'	18,1°	12,6°	30,7°	28,9°	29,5°	26,7°	-0,56°	23,5°	-0,64°	23,1°	-0,08°	17,8°	-5,7°	4
16h	17,8°	11,8°	29,1°	27,3°	29,0°	26,7°	-0,46°	23,6°	-0,62°	22,9°	-0,14°	17,9°	-5,7°	4
30'	17,2°	8,9°	26,1°	25,0°	27,3°	26,0°	-0,26°	23,5°	-0,50°	22,3°	-0,24°	17,9°	-5,6°	4
17h	16,4°	7,7°	24,1°	23,5°	25,8°	25,1°	-0,14°	23,3°	-0,36°	21,9°	-0,28°	17,8°	-5,5°	4
30'	16,0°	6,1°	22,1°	22,4°	24,7°	24,4°	-0,06°	23,0°	-0,28°	21,6°	-0,28°	17,8°	-5,2°	4
18h	15,7°	4,6°	20,3°	21,4°	23,4°	23,6°	+0,04°	22,6°	-0,20°	21,1°	-0,30°	17,6°	-5,0°	4
Mittlere Stunden-schwankung			3,1°	2,6°	2,1°	1,3°		0,7°		0,7°		0,2°		

bewegung und höherer Feuchtigkeitsgehalt des Erdreiches zur Herabminderung der Bodentemperatur das Ihrige bei. Die 2,5 cm-Schicht war um 14^h nur 0,2° wärmer als die Erdoberfläche (größere Plusdifferenzen stellten sich von 17^h 30' an ein). Der Höchstwert der Temperatur blieb in 2,5 cm Tiefe um 27,6° bzw. 28,9°, in 5 cm Tiefe um 6,1° bzw. 6,2° hinter den früher festgestellten zurück. Überhaupt waren sowohl die extremen Schwankungen wie auch die mittleren Stundenschwankungen im vorliegenden Falle nur gering, desgleichen auch die Gefällewerte, die meist nur bei Eintritt der abendlichen Abkühlung ein positives Vorzeichen annahmen.

Das auf der Höhe des Steilufers in 15 cm Tiefe unter einer dichten Grasnarbe befindliche Thermometer blieb durchschnittlich um 5,3° hinter der Temperatur der gleichen Bodenschicht des Abhanges zurück. Wenn auch in Rücksicht auf die Unterschiede in der Exposition und in der Bodenbeschaffenheit kein Vergleich in strengem Sinne zulässig ist, so kann doch kaum daran gezweifelt werden, daß hier die Vegetationsdecke als die Hauptursache der geringeren Bodenwärme anzusehen ist¹⁾.

Wie sich die Wärmeverhältnisse im Boden bei trübem Wetter gestalten, dafür soll uns die Tabelle 5 einen Anhalt geben. Die hier verzeichneten Messungen fanden am Vormittage des 14. August bei meist bedecktem Himmel und kühler Witterung statt.

Die Luft-Boden-Differenz betrug unter diesen Umständen nur wenige Grade. Lediglich das vorübergehende Auf-

1) Schon 1871 hat Becquerel auf thermoelektrischem Wege die Bodentemperaturen in 5, 10, 20, 30 und 60 cm Tiefe gemessen, und zwar sowohl auf bebauten als auch auf unbebauten (völlig vegetationsfreien) Feldern. Die Temperaturmaxima traten in der Regel um 15^h ein und waren auf kahler Bodenfläche stets höher als auf bewachsener. Der Unterschied zugunsten der ersteren betrug in 5 cm Tiefe im August 2,39°, im September 1,42° und im Oktober 0,12°. Diese Angaben sind entnommen aus: *Compt. rend.* vom 13. November 1871.

Tabelle 5.

Hiddensee. Schwedenhagener Steilufer. Südhang. Böschungswinkel etwa 63°. Humoser Sandboden mit lückenhaftem Bewuchs. Vergleichsmessung am Rande der Hochfläche oberhalb des Steilhanges. Der humusreiche Lehm Boden ist hier mit einer zirka 20 cm hohen Grasnarbe bedeckt.
14. August 1930, vormittags.

Zeit	Humoser Sandboden										Gras		Bewölkung		
	Lufttemp.	Luft-Boden-Diff.	Bodenoberfläche	2,5 cm	5 cm	Temp.-Gef. 0-5 cm	10 cm	Temp.-Gef. 5-10 cm	15 cm	Temp.-Gef. 10-15 cm	20 cm	Temp.-Gef. 15-20 cm		15 cm Diff. gegenüber Sandboden	Sonne
9 h 50'	14,20	4,80	19,00	19,40	16,50	-0,500	15,50	-0,200	15,40	-0,020	14,00	-0,280	16,40	+1,00	0
10 h 10'	15,00	4,00	19,00	19,40	17,00	-0,400	15,80	-0,240	15,50	-0,060	14,30	-0,240	16,50	+1,00	0
20'	14,80	3,10	17,90	18,60	17,30	-0,120	16,10	-0,240	15,60	-0,100	14,40	-0,240	16,60	+1,00	0
40'	15,30	5,40	20,70	20,30	17,40	-0,660	16,40	-0,200	15,80	-0,120	14,60	-0,240	16,70	+0,90	4
11 h	17,90	3,80	21,70	21,60	18,10	-0,720	16,60	-0,300	16,10	-0,100	14,90	-0,240	16,80	+0,70	4
11 h 20'	17,30	2,10	19,40	20,80	18,80	-0,120	17,20	-0,320	16,20	-0,200	15,30	-0,180	16,90	+0,70	0
11 h 40'	17,10	3,00	20,10	21,40	18,90	-0,240	17,40	-0,300	16,40	-0,200	15,50	-0,180	17,00	+0,60	3

Von 13^h50' bis 17^h ununterbrochener Regen; Niederschlagshöhe 3,2 mm.

17 h 25'	14,00	1,30	15,30	16,30	16,90	+0,320	17,30	+0,080	16,40	-0,180	15,40	-0,200	17,70	+1,30	3
Mittlere Stunden-schwankung	1,50	1,70	1,50	1,20	0,80	0,50	0,70	0,30							

tauchen der Sonne ließ ihren Wert auf $+ 5,4^{\circ}$ anwachsen. Das Temperaturgefälle war durch alle Schichten hindurch negativ und erreichte überall nur ein geringes Ausmaß. Erst am Spätnachmittage nach vorangegangenen längerem Regen stellten sich bis zu einer Tiefe von 10 cm positive Temperaturgradienten ein. In größerer Tiefe hatte sich bis zu dieser Zeit weder der Regen noch die eintretende Abkühlung bemerkbar machen können. Da auch an den vorhergehenden Tagen die Einstrahlung nur einen sehr geringen Betrag aufzuweisen hatte, ist die Wirkung der geschlossenen Vegetationsdecke hier genau die umgekehrte wie in dem früheren Beispiel: die Einschränkung der nächtlichen Ausstrahlung hat unter der Grasnarbe in 15 cm Tiefe höhere Temperaturen entstehen lassen als an dem sonst begünstigten, aber nur lückenhaft bewachsenen Steilabhang. An die Stelle der negativen Differenz von $5,3^{\circ}$ ist jetzt eine positive Differenz von rund 1° getreten. Daß besonders in den oberen Bodenschichten die mittleren Stundenschwankungen auffällig gering ausfallen, ist nach dem Gesagten nicht weiter verwunderlich.

2. Messungen am „Aschkoben“.

Der „Aschkoben“ ist eine verhältnismäßig steile Kuppe, die sich in der stark bewegten Grundmoränenlandschaft des Dornbusches bis zu einer Höhe von 29,7 m erhebt. Der Neigungswinkel der Flanken geht an vielen Stellen über 45° hinaus. Die sandig-lehmige Unterlage ist überall mit einer geschlossenen Grasnarbe bedeckt, die aber, der wechselnden Exposition entsprechend, bald üppiger, bald dürftiger entwickelt ist. Auf eine an dieser Stelle vorgenommene Messung wurde bereits im I. Teile (vergl. S. 102) Bezug genommen. Die in Tabelle 6 niedergelegten Beobachtungen fanden am 12. September 1930 statt und erstreckten sich über die Zeit von $9^{\text{h}} 15'$ bis $17^{\text{h}} 15'$. Um einen gewissen Anhalt für die Beurteilung der Strahlungsintensität zu gewinnen, wurden außer der Lufttemperatur

Tabelle 6.

Hiddensee. Messungen an den verschieden gerichteten Flanken des „Aschkobens“ (Dornbusch). Der Boden ist überall mit einer geschlossenen Grasnarbe bedeckt, die je nach der Exposition in Wuchshöhe, Dichte und Zusammensetzung schwankt. 12. September 1930.

Zeit	Lufttemp.	Schwarz- kugeltherm.	S.		N.		W.		S.		O.		Sonne	Bewölkung				
			2,5 cm	2,5 cm	2,5 cm	5 em	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	20 cm	20 cm			20 cm			
9h 15'	15,0°	43,70	17,50	13,90	11,70	12,00	15,30	13,50	11,30	15,00	13,10	11,50	11,80	13,90	13,00	11,40	4	2
10h 15'	15,0°	44,50	17,80	14,10	11,90	12,90	16,00	13,80	11,40	15,90	13,40	11,60	12,00	14,20	13,20	11,50	3	2
11h 15'	15,2°	45,50	17,90	14,20	12,20	13,50	16,70	14,00	11,60	16,70	13,60	11,70	12,20	14,60	13,40	11,60	2	3
12h 15'	15,3°	45,80	18,30	14,10	12,20	13,90	17,20	14,00	11,70	17,10	13,70	11,70	12,70	15,00	13,50	11,70	3	2
13h 15'	15,3°	46,70	18,90	13,90	12,10	14,30	17,40	13,80	11,70	17,40	13,70	11,70	13,20	15,40	13,60	11,80	4	2
14h 15'	14,8°	48,70	17,70	13,40	12,00	15,50	17,30	13,60	11,70	17,70	13,50	11,70	13,40	15,70	13,40	11,80	3	3
15h 15'	14,6°	40,50	16,50	13,30	12,00	16,10	16,70	13,50	11,70	17,20	13,40	11,70	13,90	15,90	13,50	11,90	2	5
16h 15'	14,1°	38,50	15,40	13,20	12,00	15,60	16,00	13,50	11,70	16,70	13,40	11,70	14,00	15,90	13,40	11,90	2	4
17h 15'	13,5°	22,00	14,90	13,10	11,90	14,70	15,50	13,40	11,80	16,20	13,30	11,70	14,10	15,90	13,40	11,90	0	10
Mittlere Stunden- schwankung	0,3°	3,50	0,50	0,20	0,10	0,70	0,50	0,140	0,060	0,50	0,120	0,020	0,30	0,250	0,120	0,060		
Mittelwert	14,8°		18,00	13,70	12,00	14,30	16,50	13,70	11,60	16,70	13,50	11,70	13,00	15,20	13,40	11,70		

auch die Wärmegrade eines Schwarzkugelthermometers abgelesen.

Die Lufttemperatur am Beobachtungstage war trotz wechselnden Sonnenscheins nur geringen Schwankungen unterworfen (mittlere Stundenschwankung $0,3^{\circ}$). Besondere Beachtung verdient das Verhalten des Schwarzkugelthermometers, das bei leichter Verschleierung der Sonne keineswegs zu sinken braucht, sondern der zunehmenden Sonnenhöhe entsprechend seinen Anstieg fortzusetzen vermag. Vergleichen wir nun die auf den verschiedenen gerichteten Flanken gemessenen Bodentemperaturen miteinander, so fallen zu allen Tageszeiten und in allen Tiefenlagen die Temperaturen des Südhanges höher als die der übrigen Hänge aus. Die tiefsten Temperaturen und auch die geringsten täglichen Schwankungen sind dem Nordabhange eigen. West- und Ostseite halten einander ungefähr die Wage, unterscheiden sich aber darin, daß die eine vormittags, die andere nachmittags wesentlich begünstigt erscheint. Der Osthang hat insofern einen Vorzug, als bei ihm auf seine vormittägliche Erwärmung nicht so schnell die Ausstrahlung der Nacht folgt, wie das beim Westhange der Fall ist. Infolgedessen vermag beim ersteren die Erwärmung bis zu tieferen Schichten vorzudringen. Wählt man die im Laufe der Tagesperiode gewonnenen Mitteltemperaturen als Grundlage, so lassen sich die in verschiedenen Bodentiefen gefundenen Werte zu übersichtlichen Kurven zusammenstellen. Das ist in Abb. 7 geschehen.

Wir erkennen hier nicht nur die starke Bevorrechtung der südlichen Exposition, sondern auch die stärkeren Schwankungen der Bodentemperaturen auf dem genannten Abhange. Vornehmlich in geringer Bodentiefe macht sich ein beträchtliches Temperaturgefälle bemerkbar. Dem gegenüber ist die Temperaturkurve des Nordabhanges sehr wenig bewegt. Beim Vergleich zwischen Ost- und Westkurve ergibt sich in den oberflächlichen Schichten eine ge-

ringe Begünstigung der östlichen Exposition. Verschiedenheiten im Material, in der Struktur und der Wasserführung der Hänge können die hier angedeuteten Temperaturgegensätze verstärken, abschwächen oder sogar völlig aufheben. Besteht die Unterlage auf allen Flanken aus einem lockersandigen Boden, so läßt die Trockenheit der Südböschung meist nur einen lückenhaften Kümmerbewuchs zu, der seinerseits wiederum die Wirkung der Sonnenstrahlen auf

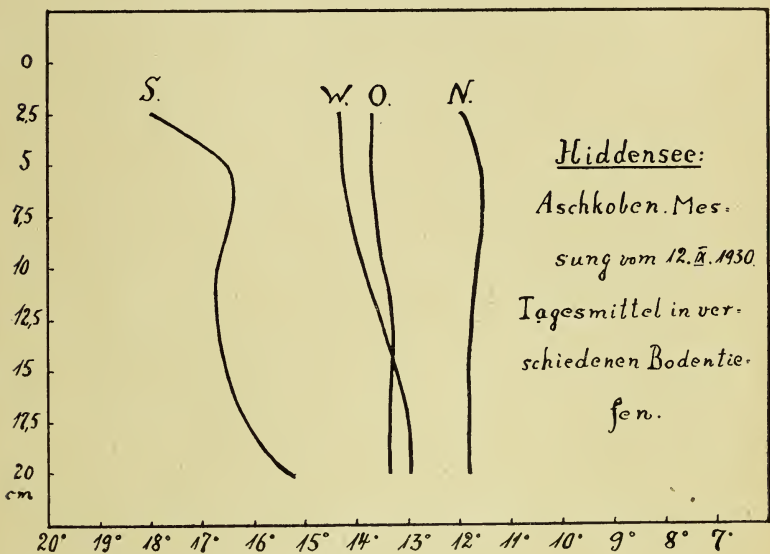


Abb. 7.

die Bodentemperaturen wesentlich erhöht. Treten dagegen in der Pflanzendecke der Abhänge stellenweise Staudenbestände oder buschiger Bewuchs hervor, so wird dadurch die Temperaturgestaltung von Grund auf geändert. Es darf daher nicht Wunder nehmen, wenn man im dichten Buschwerk südlicher Abhänge Vegetationskomponenten als Unterwuchs antrifft, die sonst auf freier Fläche lediglich der feuchteren und kühleren Nordseite vorbehalten bleiben.

Man muß hier — wie auch sonst — im Auge behalten, daß die Pflanzendecke sich gewissermaßen ein eigenes Standortsklima zu schaffen vermag, das nicht nur von dem allgemein-meteorologischen Klima abweicht, sondern auch von dem in der Umgebung verwirklichten Kleinklima. Das hat seine Ursache darin, daß Kleinklima und Vegetation überhaupt nicht voneinander zu trennen sind, indem einerseits das Kleinklima die Pflanzendecke bedingt, andererseits die Vegetationsdecke in sich neue klimatische Wohnräume schafft. Damit ist dann auch eine enge Verknüpfung zwischen Kleinklimaforschung und Ökologie gegeben, eine Verknüpfung, die sich für die zukünftige geobotanische Forschung als äußerst fruchtbringend erweisen wird.

3. Messungen am Sandstrande und auf den benachbarten Salzwiesen.

Zwischen den Dörfern Kloster und Vitte breitet sich ein Flachlandgebiet aus, das westlich von einem der freien Ostsee zugewandten Sandstrande begrenzt wird. Dieser besteht aus einem breiten, wenig bewachsenen Vorstrande, dem sich ein flacher, etwas dichter mit Pflanzen besetzter Dünenzug zugesellt. Jenseits der Dünen folgt ein fast ebenes Gelände, das sich nur wenig über das Niveau des Binnengewässers erhebt und von zahlreichen kanalartigen Buchten zerschnitten wird. Der Boden ist hier vielfach anmoorig und verdankt seine Entstehung dem Zusammenwirken von Hebung, Anlandung und Vermoorung. Der lockere Wiesenfilz ist meist reichlich von Wasser durchsetzt und weist z. T. einen höheren Salzgehalt als das angrenzende Meer auf (vergl. F. Geßner, 7). Demzufolge hat sich hier ein Rasen entwickelt, der neben Sauergräsern zahlreiche Halophyten, so z. B. *Glaux maritima*, *Plantago maritima*, *Trifolium fragiferum*, *Erythraea pulchella* u. a., beherbergt. Die folgenden Messungen wurden nun in der Weise ausgeführt, daß sowohl auf dem flachen, mit *Honckenya peploides* be-

standenen Sandstrande als auch auf der hinter der Düne gelegenen Salzwiese Thermometer bis zur gleichen Bodentiefe eingesenkt wurden. Die Ablesungen fanden stets zur gleichen Zeit statt. Dadurch war es möglich, die an den beiden Standorten herrschenden Bodentemperaturen unmittelbar miteinander zu vergleichen. Die Ergebnisse der ersten Beobachtungsserie (vom 30. August 1930) sind in den Tabellen 7 und 8 wiedergegeben. Die Messungen fanden von 9^h bis 18^h in halbstündlichen oder stündlichen Intervallen statt. Während des ganzen Tages herrschte voller Sonnenschein.

Wir fassen zunächst die Bodentemperaturen des Sandstrandes etwas näher ins Auge. Bei einer mittleren Tagestemperatur von $+ 23,0^{\circ}$ erwärmte sich die ebene Sandfläche bis auf $+ 34,4^{\circ}$ und wies ein Tagesmittel von $+ 30,2^{\circ}$ auf. Diese Werte stimmen ziemlich genau mit den bei den Einzelmessungen (vergl. den I. Teil der vorliegenden Arbeit) gefundenen (Messung 10:35,0^o; Messung 11:35,8^o; Messung 12:29,5^o) überein. Die Luft-Boden-Differenz betrug im Maximum 11,2^o (Messung 10:21,9^o; Messung 11:12,6^o; Messung 12:14,3^o). Wenn in 2,5 cm Tiefe die Bodenwärme im Tagesmittel nur noch 27,3^o betrug, so kann trotzdem im obersten Bodenzentimeter ein positives Gefälle vorhanden gewesen sein. Die Höchst- und Mittelwerte der Tagestemperaturen in den einzelnen Bodenschichten waren folgende:

2,5 cm Tiefe:	Max. 31,6 ^o ;	Mittel. 27,3 ^o ;
5 cm Tiefe:	Max. 28,2 ^o ;	Mittel. 25,0 ^o ;
10 cm Tiefe:	Max. 25,3 ^o ;	Mittel. 22,7 ^o ;
15 cm Tiefe:	Max. 21,4 ^o ;	Mittel. 20,0 ^o ;
20 cm Tiefe:	Max. 20,5 ^o ;	Mittel. 18,8 ^o ;

Sehr lehrreich ist ein Vergleich der eben angeführten Werte mit den in gleicher Bodentiefe auf der Salzwiese festgestellten. Es ergaben sich in:

2,5 cm Tiefe:	Max. 23,70;	Mittel. 22,0 ^o ;
5 cm Tiefe:	Max. 20,7 ^o ;	Mittel. 19,7 ^o ;
10 cm Tiefe:	Max. 20,3 ^o ;	Mittel. 19,8 ^o ;
15 cm Tiefe:	Max. 19,8 ^o ;	Mittel. 18,8 ^o ;

Tabelle 7.

Hiddensee. Sandstrand zwischen Kloster und Vitte. Die Sandfläche weist nur einen ganz lockeren Bewuchs von Honckenya peploides auf. 30. August 1930. Ununterbrochener Sonnenschein.

Zeit	Luft-temp.	Bodenoberfläche	Luft-Boden-Differ.	2,5 cm	5 cm	Temp.-Gef. 0—5 cm	10 cm	Temp.-Gef. 5—10 cm	15 cm	Temp.-Gef. 10—15 cm	20 cm	Temp.-Gef. 15—20 cm	Bewölkung
9h	18,80	21,70	2,90	19,60	17,90	— 0,760	17,70	— 0,040	17,70	+ 0,000	17,60	— 0,020	4
10h	20,80	27,20	6,40	28,40	20,00	— 1,440	19,10	— 0,180	18,50	— 0,120	17,70	— 0,160	4
30'	23,80	30,20	6,40	24,90	21,60	— 1,720	19,90	— 0,340	18,80	— 0,220	17,80	— 0,200	4
11h	24,50	32,50	8,00	26,40	23,30	— 1,840	20,80	— 0,500	19,00	— 0,360	18,00	— 0,200	4
12h	25,00	33,40	8,40	28,50	25,50	— 1,580	22,60	— 0,580	19,60	— 0,600	18,30	— 0,260	4
30'	25,80	34,20	8,40	29,70	26,50	— 1,540	23,30	— 0,640	19,80	— 0,700	18,20	— 0,320	4
13h	23,20	34,40	11,20	30,60	27,30	— 1,420	23,90	— 0,680	20,20	— 0,740	18,70	— 0,300	4
30'	24,30	34,20	9,90	31,30	27,80	— 1,280	24,50	— 0,660	20,50	— 0,800	18,90	— 0,320	4
14h	25,50	33,80	8,30	31,60	27,80	— 1,200	24,90	— 0,580	20,80	— 0,820	19,10	— 0,340	4
15h	23,60	33,60	10,00	31,30	28,10	— 1,100	25,30	— 0,560	21,20	— 0,820	19,60	— 0,320	4
16h	22,50	29,80	7,30	29,10	28,20	— 0,320	25,30	— 0,580	21,40	— 0,780	20,00	— 0,280	4
17h	21,40	26,30	4,90	25,40	26,00	— 0,060	24,50	— 0,300	21,20	— 0,660	20,30	— 0,180	4
18h	20,00	21,40	1,40	23,00	24,00	+ 0,520	23,60	— 0,080	20,70	— 0,580	20,50	— 0,040	4
Mittlere Stunden-schwankung	1,80	2,90		2,30	1,60		1,00		0,50		0,30		
Mittelwert	23,00	30,20	7,20	27,30	25,00	— 1,060	22,70	— 0,440	20,00	— 0,550	18,80	— 0,230	

Tabelle 8.

Hiddensee. Wiese zwischen Kloster und Vitte. Geschlossene, durch weidende Kühe kurz gehaltene Grasnarbe, die neben Gräsern auch *Potentilla anserina*, *Erythraea pulchella* und *Artemisia maritima* enthält.
30. August 1930 (gleichzeitig mit der Messung am Sandstrande). Ununterbrochener Sonnenschein.

Zeit	Lufttemp.	2,5 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	5 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	Temp.-Gef. 2,5—5 cm	8 cm	10 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	Temp.-Gef. 5—10 cm	15 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	Temp.-Gef. 10—15 cm	Sonne	Bevölkung
9h	18,8 ⁰	19,5 ⁰	— 0,1 ⁰	17,5 ⁰	— 0,4 ⁰	— 0,80 ⁰	—	—	—	—	17,1 ⁰	— 0,6 ⁰	—	4	0
10h	20,8 ⁰	21,2 ⁰	— 2,2 ⁰	18,6 ⁰	— 1,4 ⁰	— 1,04 ⁰	—	—	—	—	17,6 ⁰	— 0,9 ⁰	—	4	1
30'	23,8 ⁰	21,6 ⁰	— 3,3 ⁰	18,9 ⁰	— 2,7 ⁰	— 1,08 ⁰	—	—	—	—	17,8 ⁰	— 1,0 ⁰	—	4	1
11h	24,5 ⁰	22,2 ⁰	— 4,2 ⁰	19,0 ⁰	— 4,3 ⁰	— 1,28 ⁰	18,8 ⁰	18,5 ⁰	— 2,3 ⁰	— 0,10 ⁰	18,0 ⁰	— 1,0 ⁰	— 0,10 ⁰	4	1
12h	25,0 ⁰	23,1 ⁰	— 5,4 ⁰	19,8 ⁰	— 5,7 ⁰	— 1,32 ⁰	19,6 ⁰	19,2 ⁰	— 3,4 ⁰	— 0,12 ⁰	18,4 ⁰	— 1,2 ⁰	— 0,16 ⁰	4	1
30'	25,8 ⁰	23,4 ⁰	— 6,3 ⁰	20,2 ⁰	— 6,3 ⁰	— 1,28 ⁰	19,9 ⁰	19,5 ⁰	— 3,8 ⁰	— 0,14 ⁰	18,8 ⁰	— 1,0 ⁰	— 0,14 ⁰	4	1
13h	23,2 ⁰	23,5 ⁰	— 7,1 ⁰	20,5 ⁰	— 6,8 ⁰	— 1,20 ⁰	20,3 ⁰	19,8 ⁰	— 4,1 ⁰	— 0,14 ⁰	19,0 ⁰	— 1,2 ⁰	— 0,16 ⁰	4	1
30'	24,3 ⁰	23,7 ⁰	— 7,6 ⁰	20,6 ⁰	— 7,2 ⁰	— 1,24 ⁰	20,5 ⁰	19,9 ⁰	— 4,6 ⁰	— 0,14 ⁰	19,1 ⁰	— 1,4 ⁰	— 0,16 ⁰	4	0
14h	25,5 ⁰	23,4 ⁰	— 8,2 ⁰	20,7 ⁰	— 7,1 ⁰	— 1,08 ⁰	20,9 ⁰	20,2 ⁰	— 4,7 ⁰	— 0,10 ⁰	19,3 ⁰	— 1,5 ⁰	— 0,18 ⁰	4	0
15h	23,6 ⁰	22,7 ⁰	— 8,5 ⁰	20,7 ⁰	— 7,4 ⁰	— 0,80 ⁰	21,0 ⁰	20,3 ⁰	— 5,0 ⁰	— 0,08 ⁰	19,8 ⁰	— 1,4 ⁰	— 0,10 ⁰	4	0
16h	22,5 ⁰	21,7 ⁰	— 7,4 ⁰	20,5 ⁰	— 7,7 ⁰	— 0,48 ⁰	20,8 ⁰	20,3 ⁰	— 5,0 ⁰	— 0,04 ⁰	19,8 ⁰	— 1,6 ⁰	— 0,10 ⁰	4	0
17h	21,4 ⁰	20,5 ⁰	— 4,9 ⁰	20,0 ⁰	— 6,0 ⁰	— 0,20 ⁰	20,3 ⁰	20,1 ⁰	— 4,4 ⁰	— 0,02 ⁰	19,8 ⁰	— 1,4 ⁰	— 0,06 ⁰	4	0
18h	20,0 ⁰	19,5 ⁰	— 3,5 ⁰	19,3 ⁰	— 4,7 ⁰	— 0,08 ⁰	19,8 ⁰	19,8 ⁰	— 3,8 ⁰	— 0,10 ⁰	19,6 ⁰	— 1,1 ⁰	— 0,04 ⁰	4	0
Mittlere Stunden-schwank.	1,8 ⁰	0,9 ⁰		0,5 ⁰			0,4 ⁰	0,3 ⁰			0,3 ⁰				
Mittelwert	23,0 ⁰	22,0 ⁰	— 5,3 ⁰	19,7 ⁰	— 5,2 ⁰	— 0,91 ⁰	20,2 ⁰	19,8 ⁰	— 4,1 ⁰	— 0,10 ⁰	18,8 ⁰	— 1,2 ⁰	— 0,12 ⁰		

Daraus lassen sich folgende wichtige Unterschiede in der Wärmegestaltung des Bodens an den beiden genannten Standorten ableiten:

1. Die Bodentemperatur der Salzwiese bleibt in allen untersuchten Tiefen hinter derjenigen der lückenhaft bewachsenen Sandfläche zurück. Der Strand ist — bei gleichen äußeren Bedingungen — in 2,5 cm um $5,3^{\circ}$, in 5 cm um $5,2^{\circ}$, in 10 cm um $4,1^{\circ}$ und in 15 cm um $1,2^{\circ}$ wärmer als die Salzwiese.
2. Die Temperatur der 2,5 cm-Schicht der Wiese stimmt ungefähr mit derjenigen der 10 cm-Schicht des Sandstrandes überein, ebenso die Temperatur der 15 cm-Schicht der Wiese mit derjenigen der 20 cm-Schicht des Sandstrandes. Der anfängliche Abstand der gleichwarmen Horizonte (7,5 cm) hat sich also nach der Tiefe zu rasch verkleinert (5 cm). Die fortschreitende Verringerung der Differenz muß dazu führen, daß in größerer Tiefe gleichwarme Schichten angetroffen werden.
3. Die Höchst- und Mittelwerte liegen im Wiesenboden viel dichter beieinander als im Sandboden, d. h. also die Temperaturschwankungen sind im ersteren wesentlich geringer als im letzteren. So beträgt die mittlere Stundenschwankung auf der Salzwiese in 2,5 cm Tiefe $0,9^{\circ}$, in 5 cm Tiefe $0,5^{\circ}$, in 10 cm Tiefe $0,3^{\circ}$, in 15 cm Tiefe $0,3^{\circ}$. Die entsprechenden Werte für den Sandstrand lauten: in 2,5 cm Tiefe $2,3^{\circ}$, in 5 cm Tiefe $1,6^{\circ}$, in 10 cm Tiefe $1,0^{\circ}$, in 15 cm Tiefe $0,5^{\circ}$. Natürlich erfahren auch diese Gegensätze nach der Tiefe zu eine Milderung.
4. Aus den vorstehenden Betrachtungen ergibt sich zwangsläufig, daß auch das pro cm berechnete Temperaturgefälle im Sandboden wesentlich größer ausfallen muß als im humusreichen, stark durchfeuchteten Wiesenboden. Tatsächlich steht einem Gefälle von $0,1^{\circ}$ in 5—15 cm Tiefe auf der Salzwiese ein solches von $0,44^{\circ}$ bzw. $0,55^{\circ}$ in der gleichen Tiefe am Sandstrande gegenüber.

Da sich während der Nacht der Sandboden wesentlich stärker abkühlt, können wir allgemein sagen, daß das Wurzelwerk der Strandpflanzen viel exzessiveren Bedingungen ausgesetzt ist als dasjenige der Wiesenpflanzen. Nehmen wir hinzu, daß auch die Schwankungen des Wassergehaltes im Sandboden ungleich größer sind, so erhellt zur Genüge, wie grundverschieden die Lebensbedingungen der Gewächse an den beiden hier miteinander verglichenen Standorten sind. Die Temperaturgegensätze sind auch in diesem Falle wieder teilweise durch den Charakter der Pflanzendecke bedingt. Der geschlossene Wiesenrasen erweist sich als ein vortrefflicher Wärmepuffer, der sowohl die Extreme der Erwärmung wie der Abkühlung weitgehend herabmindert¹⁾. Man kann also auch hier wieder in gewissem Sinne davon sprechen, daß die Standortsbewohner sich selber ihr Bodenklima schaffen.

Eine zweite Beobachtungsserie, die an den gleichen Standorten am 2. September 1930 ausgeführt wurde, ist in den Tabellen 9 und 10 enthalten. Die erzielten Resultate stimmen in allen wesentlichen Punkten mit denen der Beobachtungsserie vom 30. August überein. Wir können daher auf eine Diskussion der Ergebnisse im einzelnen verzichten. Um die Unterschiede im Verlaufe der Bodentemperaturen am Sandstrande und auf der Salzwiese recht anschaulich hervortreten zu lassen, haben wir in Abb. 8 einen Teil der Resultate kurvenmäßig dargestellt.

1) Natürlich spielt bei der Herabminderung der mittäglichen Erwärmung die Verdunstung des mit Wasser reichlich versorgten Wiesenrasens eine wichtige Rolle. So haben beispielsweise M. Helbig und Rößler („Experimentelle Untersuchungen über die Wasserverdunstung des natürlich gelagerten (gewachsenen) Bodens“; in: Allgem. Forst- und Jagdzeitung; 1923) gezeigt, daß sich der Verdunstungsverlust einer Grasdecke zu dem einer nackten Fläche des gleichen Bodens wie 190,6 : 100 verhält. Vermehrte Wasserdampfabgabe zieht aber auch einen gesteigerten Wärmeverbrauch nach sich.

Tabelle 9.
Hiddensee. Sandstrand zwischen Kloster und Vitte. Die Sandfläche weist nur einen ganz lockeren Bewuchs von *Honckenya peploides* auf. 2. September 1930.

Zeit	Luft-temp.	Bodenoberfläche	Luft-Boden-Differ.	2,5 cm	5 cm	Temp.-Gef. 0-5 cm	10 cm	Temp.-Gef. 5-10 cm	15 cm	Temp.-Gef. 10-15 cm	20 cm	Temp.-Gef. 15-20 cm	Sonne	Bewölkung
9 h	21,5 ⁰	26,4 ⁰	4,9 ⁰	20,2 ⁰	17,6 ⁰	- 1,76 ⁰	17,3 ⁰	- 0,06 ⁰	17,7 ⁰	+ 0,08 ⁰	17,6 ⁰	- 0,02 ⁰	4	0
30'	21,7 ⁰	26,6 ⁰	4,9 ⁰	22,2 ⁰	18,9 ⁰	- 1,54 ⁰	17,9 ⁰	- 0,20 ⁰	17,9 ⁰	+ 0,00 ⁰	17,6 ⁰	- 0,06 ⁰	4	0
10 h	22,0 ⁰	28,3 ⁰	6,3 ⁰	24,4 ⁰	20,3 ⁰	- 1,60 ⁰	18,7 ⁰	- 0,32 ⁰	18,3 ⁰	- 0,08 ⁰	17,7 ⁰	- 0,12 ⁰	4	1
30'	23,2 ⁰	29,0 ⁰	5,8 ⁰	25,8 ⁰	21,8 ⁰	- 1,44 ⁰	19,3 ⁰	- 0,50 ⁰	18,5 ⁰	- 0,16 ⁰	17,7 ⁰	- 0,16 ⁰	4	1
11 h	24,2 ⁰	30,7 ⁰	6,5 ⁰	27,8 ⁰	23,8 ⁰	- 1,38 ⁰	20,1 ⁰	- 0,74 ⁰	18,8 ⁰	- 0,26 ⁰	17,9 ⁰	- 0,18 ⁰	4	1
30'	24,5 ⁰	30,8 ⁰	6,3 ⁰	29,3 ⁰	27,1 ⁰	- 0,74 ⁰	20,9 ⁰	- 1,24 ⁰	19,1 ⁰	- 0,36 ⁰	18,1 ⁰	- 0,20 ⁰	4	1
12 h	22,5 ⁰	29,4 ⁰	6,9 ⁰	29,2 ⁰	27,3 ⁰	- 0,42 ⁰	21,7 ⁰	- 1,12 ⁰	19,4 ⁰	- 0,46 ⁰	18,2 ⁰	- 0,24 ⁰	4	1
30'	22,0 ⁰	30,2 ⁰	8,2 ⁰	29,9 ⁰	28,3 ⁰	- 0,38 ⁰	22,4 ⁰	- 1,18 ⁰	19,5 ⁰	- 0,58 ⁰	18,4 ⁰	- 0,22 ⁰	4	1
13 h	21,8 ⁰	29,8 ⁰	8,0 ⁰	31,0 ⁰	29,3 ⁰	- 0,10 ⁰	23,0 ⁰	- 1,26 ⁰	19,8 ⁰	- 0,64 ⁰	18,6 ⁰	- 0,24 ⁰	4	1
14 h	22,1 ⁰	31,4 ⁰	9,3 ⁰	32,1 ⁰	29,5 ⁰	- 0,38 ⁰	24,0 ⁰	- 1,10 ⁰	20,3 ⁰	- 0,74 ⁰	19,2 ⁰	- 0,22 ⁰	4	1
15 h	21,3 ⁰	31,2 ⁰	9,9 ⁰	32,3 ⁰	30,3 ⁰	- 0,18 ⁰	24,8 ⁰	- 1,10 ⁰	20,8 ⁰	- 0,80 ⁰	19,7 ⁰	- 0,22 ⁰	4	2
16 h	20,8 ⁰	27,4 ⁰	6,6 ⁰	28,5 ⁰	28,8 ⁰	+ 0,28 ⁰	25,2 ⁰	- 0,72 ⁰	21,0 ⁰	- 0,84 ⁰	20,1 ⁰	- 0,18 ⁰	1	5
17 h	19,2 ⁰	24,6 ⁰	5,4 ⁰	25,5 ⁰	26,2 ⁰	+ 0,32 ⁰	24,8 ⁰	- 0,28 ⁰	21,0 ⁰	- 0,76 ⁰	20,5 ⁰	- 0,10 ⁰	1	9
Mittlere Stunden-schwank.	1,0 ⁰	1,9 ⁰		2,4 ⁰	2,1 ⁰		1,0 ⁰		0,4 ⁰		0,4 ⁰			
Mittelwert	22,1 ⁰	28,9 ⁰	6,8 ⁰	27,5 ⁰	25,3 ⁰	- 0,72 ⁰	21,5 ⁰	- 0,75 ⁰	19,4 ⁰	- 0,43 ⁰	18,6 ⁰	- 0,17 ⁰		

Tabelle 10.

Hiddensee. Wiese zwischen Kloster und Vitte. Geschlossene, durch weidende Kühe kurz gehaltene Grasnarbe, die neben Gräsern auch *Potentilla anserina*, *Erythraea pulchella* und *Artemisia maritima* enthält.
2. Sept. 1930 (gleichzeitig mit der Messung am Sandstrande).

Zeit	Luft-temp.	2,5 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	5 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	Temp.-Gef. 2,5—5 cm	8 cm	10 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	Temp.-Gef. 5—10 cm	15 cm	Diff. dem Sandstrand gegenüber	Temp.-Gef. 10—15 cm	Sonne	Bevölkerung
9h	21,5°	19,3°	-0,9°	17,1°	-0,5°	0,88°	17,1°	17,1°	-0,2°	+0,00°	17,2°	-0,5°	+0,02°	4	0
30'	21,7°	20,0°	-2,2°	17,4°	-1,5°	1,04°	17,3°	17,3°	-0,6°	-0,02°	17,2°	-0,7°	-0,02°	4	0
10h	22,0°	20,8°	-3,6°	18,2°	-2,1°	1,04°	18,0°	17,7°	-1,0°	-0,10°	17,5°	-0,8°	-0,04°	4	1
30'	23,2°	21,2°	-4,6°	18,5°	-3,3°	1,08°	18,3°	17,9°	-1,4°	-0,12°	17,6°	-0,9°	-0,06°	4	1
11h	24,2°	22,3°	-5,5°	19,2°	-4,6°	1,24°	18,8°	18,4°	-1,7°	-0,16°	18,0°	-0,8°	-0,08°	4	1
30'	24,5°	22,7°	-6,6°	19,6°	-7,5°	1,24°	19,1°	18,7°	-2,2°	-0,18°	18,2°	-0,9°	-0,10°	4	1
12h	22,5°	23,3°	-5,9°	20,0°	-7,3°	1,32°	19,5°	19,0°	-2,7°	-0,20°	18,4°	-1,0°	-0,12°	4	1
30'	22,0°	23,6°	-6,3°	20,5°	-7,8°	1,24°	20,1°	19,4°	-3,0°	-0,22°	18,7°	-0,8°	-0,14°	4	1
13h	21,8°	24,0°	-7,0°	21,0°	-8,3°	1,20°	20,6°	19,7°	-3,3°	-0,26°	18,9°	-0,9°	-0,16°	4	1
14h	22,1°	24,4°	-7,7°	21,5°	-8,0°	1,16°	21,0°	20,3°	-3,7°	-0,24°	19,4°	-0,9°	-0,18°	4	1
15h	21,3°	24,2°	-8,1°	21,8°	-8,5°	0,96°	21,4°	20,6°	-4,2°	-0,24°	19,8°	-1,0°	-0,16°	4	2
16h	20,8°	22,9°	-5,6°	21,5°	-7,3°	0,56°	21,2°	20,8°	-4,4°	-0,14°	19,9°	-1,1°	-0,18°	1	5
17h	19,2°	21,7°	-3,8°	20,8°	-5,4°	0,36°	21,0°	20,6°	-4,2°	-0,04°	19,8°	-1,2°	-0,16°	1	9
Mittlere Stunden-schwank.	1,0°	1,0°		0,7°			0,6°	0,5°			0,3°				
Mittelwert	22,1°	22,3°	-5,2°	19,8°	-5,5°	1,02°	19,5°	19,0°	-2,5°	-0,15°	18,5°	-0,9°	-0,11°		

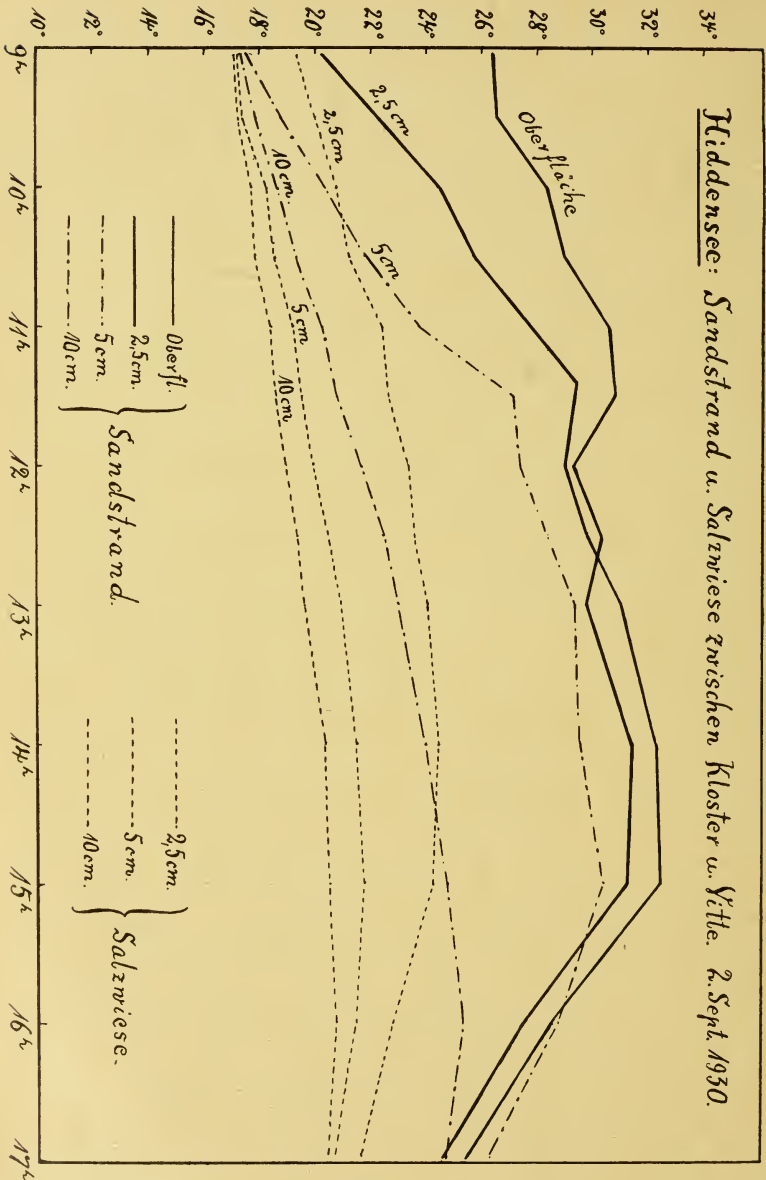


Abb. 8.

Für die Temperaturkurven des Sandbodens ist ihr unregelmäßiger Verlauf, ihr verhältnismäßig weiter Abstand und das gegen Abend eintretende Überschneiden ebenso charakteristisch wie für diejenigen der Salzwiese ihre Ausgeglichenheit, ihre enge Aufeinanderfolge und die Verzögerung bzw. völlige Unterdrückung der Überschneidung. Diese Gegensätze verlieren sich naturgemäß mit zunehmender Bodentiefe.

4. Messungen in der Vittener Dünenheide.

Südlich des Dorfes Vitte breitet sich ein höchst eigenartiges Gelände aus, das hinter einem flachen Sandstrande Kreuz- und Querzüge zerrissener, zum Teil in Wanderung begriffener Kupstendünen aufweist. Die zwischen und hinter diesen Dünen gelegenen ebenen Sandflächen sind von Heidekraut bedeckt, während die Dünentälchen und flacheren Mulden Miniaturmoore beherbergen. Diese lassen neben verschiedenartigen Moosen größere und kleinere Bestände von *Erica tetralix* sowie einen oft reichlichen Bewuchs von *Drosera rotundifolia* und *Drosera intermedia* erkennen. Dort, wo die Moorflächen in Ausbreitung begriffen sind, zeigen sich zahlreiche geschwärzte Reste von *Calluna vulgaris*.

Die erste Serienmessung, die am 8. August 1930 bei sonnigem Wetter vorgenommen wurde, ermöglicht einen Vergleich zwischen den Temperaturverhältnissen des Sandstrandes und der mit Heidekraut bestandenen Flächen. Die ermittelten Zahlenwerte sind in der folgenden Tabelle 11 niedergelegt.

Ogleich am Beobachtungstage (8. August 1930) die Luft verhältnismäßig kühl (Mittelwert $+ 18,7^{\circ}$) und bewegt war, und dementsprechend die Luft-Boden-Differenz im Maximum nur $8,9^{\circ}$ und im Mittel $6,4^{\circ}$ erreichte, brachte es die intensive Sonnenstrahlung doch zu Wege, daß in der 2,5 cm-Schicht eine mittlere Temperatur von $27,2^{\circ}$ herrschte, und daß selbst noch in 20 cm Tiefe der Boden im Durchschnitt

Tabelle 11.

Hiddensee. Viteiner Heide. Sandstrand mit lockerem Bewuchs von Dünengräsern und Heide mit einem geschlossenen Bestande von *Calluna vulgaris*. 8. August 1930. Fast ununterbrochener Sonnenschein.

Zeit	Lufttemp.	Schwarz- kugeltherm.	Sandstrand										Diffr. dem Sand- strand- gegen- über			
			Oberfl.	Luft- Boden-Diff.	2,5 cm	Temp.- Gef. 0—2,5 cm	5 cm	Temp.- Gef. 2,5—5 cm	10 cm	Temp.- Gef. 5—10 cm	15 cm	Temp.- Gef. 10—15 cm		20 cm	Temp.- Gef. 15—20 cm	Heide 15 cm
9h 30'	18,6 ⁰	51,3 ⁰	23,1 ⁰	4,5 ⁰	22,7 ⁰	-0,16 ⁰	22,5 ⁰	-0,08 ⁰	20,2 ⁰	-0,46 ⁰	18,1 ⁰	-0,42 ⁰	18,0 ⁰	-0,02 ⁰	14,0 ⁰	4,1 ⁰
10h 30'	18,3 ⁰	55,8 ⁰	25,2 ⁰	6,9 ⁰	24,8 ⁰	-0,16 ⁰	22,7 ⁰	-0,84 ⁰	20,3 ⁰	-0,48 ⁰	19,0 ⁰	-0,26 ⁰	18,3 ⁰	-0,14 ⁰	14,1 ⁰	4,9 ⁰
11h 30'	18,4 ⁰	58,0 ⁰	24,2 ⁰	5,8 ⁰	25,9 ⁰	+0,6 ⁰	24,1 ⁰	-0,72 ⁰	21,2 ⁰	-0,58 ⁰	19,6 ⁰	-0,32 ⁰	18,6 ⁰	-0,20 ⁰	14,3 ⁰	5,3 ⁰
12h 30'	18,7 ⁰	58,5 ⁰	27,0 ⁰	8,3 ⁰	28,7 ⁰	+0,68 ⁰	26,0 ⁰	-1,08 ⁰	22,2 ⁰	-0,76 ⁰	20,4 ⁰	-0,36 ⁰	19,0 ⁰	-0,28 ⁰	14,5 ⁰	5,9 ⁰
13h 30'	18,9 ⁰	58,6 ⁰	27,8 ⁰	8,9 ⁰	29,6 ⁰	+0,72 ⁰	27,5 ⁰	-0,84 ⁰	23,4 ⁰	-0,82 ⁰	21,2 ⁰	-0,44 ⁰	19,5 ⁰	-0,34 ⁰	14,7 ⁰	6,5 ⁰
14h 30'	19,2 ⁰	58,4 ⁰	28,0 ⁰	8,8 ⁰	29,9 ⁰	+0,76 ⁰	28,2 ⁰	-0,68 ⁰	24,3 ⁰	-0,78 ⁰	22,1 ⁰	-0,44 ⁰	20,1 ⁰	-0,40 ⁰	14,8 ⁰	7,3 ⁰
15h 30'	19,0 ⁰	59,0 ⁰	27,6 ⁰	8,6 ⁰	29,8 ⁰	+0,88 ⁰	28,6 ⁰	-0,48 ⁰	24,7 ⁰	-0,78 ⁰	22,6 ⁰	-0,42 ⁰	20,6 ⁰	-0,40 ⁰	14,9 ⁰	7,7 ⁰
16h 30'	18,8 ⁰	49,5 ⁰	20,0 ⁰	1,2 ⁰	28,0 ⁰	+3,20 ⁰	27,5 ⁰	-0,20 ⁰	24,6 ⁰	-0,58 ⁰	23,0 ⁰	-0,32 ⁰	21,0 ⁰	-0,40 ⁰	14,9 ⁰	8,1 ⁰
18h	18,0 ⁰	39,0 ⁰	23,0 ⁰	5,0 ⁰	25,3 ⁰	+0,92 ⁰	25,4 ⁰	+0,04 ⁰	23,7 ⁰	-0,34 ⁰	22,8 ⁰	-0,18 ⁰	21,4 ⁰	-0,28 ⁰	15,0 ⁰	7,8 ⁰
Mittlere Stunden- schwankung	0,3 ⁰	3,4 ⁰	2,2 ⁰		1,5 ⁰		1,2 ⁰		0,7 ⁰		0,6 ⁰		0,4 ⁰		0,1 ⁰	
Mittelwert	18,7 ⁰		25,1 ⁰	6,4 ⁰	27,2 ⁰	+0,84 ⁰	25,8 ⁰	-0,43 ⁰	22,7 ⁰	-0,62 ⁰	21,0 ⁰	-0,35 ⁰	19,6 ⁰	-0,27 ⁰	14,6 ⁰	6,4 ⁰

höher temperiert war als die Luft. Während die 15 cm-Schicht der mit spärlichen Dünengräsern bestandenen Sandfläche noch eine mittlere Temperatur von $+ 21,0^{\circ}$ und eine maximale von $23,0^{\circ}$ aufwies, erwärmte sich die gleiche Bodenschicht unter dem Calluna-Rasen nur bis auf $14,6^{\circ}$ (im Max. $15,0^{\circ}$). Somit war also — trotz weitgehender Übereinstimmung des Bodenmaterials — in gleicher Bodentiefe zwischen beiden Standorten eine mittlere Differenz von $6,4^{\circ}$ und eine maximale von $8,1^{\circ}$ vorhanden. Vergleichen wir damit die unter ganz ähnlichen Verhältnissen auf der Salzwiese in 15 cm Tiefe gefundenen Werte von $+ 18,8^{\circ}$ und $+ 18,5^{\circ}$, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß der Heidekrautbewuchs eine viel stärkere Erniedrigung der Bodentemperatur nach sich zieht als die Grasnarbe der Wiese. Dichte und Höhe des Bewuchses sind hier offenbar von Ausschlag gebender Bedeutung. In Betracht zu ziehen ist allerdings auch die nach den Angaben von O. Stocker (27) keineswegs geringfügige Transpiration des Heidekrautes. Unter diesen Umständen ist damit zu rechnen, daß sich besonders im Frühjahr, wo der von Heidekraut bedeckte Boden nur eine sehr langsame Erwärmung erfährt, eine kritische Periode der Wasserversorgung geltend macht. Tatsächlich zeigt sich in der genannten Jahreszeit an solchen Stellen, wo die Winde freien Zutritt haben, häufig eine Schädigung der Calluna-Bestände. Schon eine geringfügige Bodenerhebung innerhalb der Heidefläche läßt erkennen, daß die im Windschatten stehenden Pflanzen eine deutliche Förderung ihres Wachstums aufweisen. Weiterhin können die tiefen Bodentemperaturen das Ihrige dazu beitragen, das Aufkommen von Begleitpflanzen im Heidekrautrasen hintanzuhalten. Schließlich macht dieser Befund auch die auffälligen Übereinstimmungen verständlich, die zwischen der Vegetationsdecke der Heide und der Moore bestehen und dazu führen, daß die eine Formation auffällig leicht in die andere überzugehen vermag.

Eine weitere Beobachtungsserie, die in dem gleichen Gelände, und zwar am 28. und 29. Juli ausgeführt wurde, ging darauf aus, die Bodentemperaturen der Dünen und Moorflächen mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Wenn für diesen Zweck die Verteilung der Meßstellen nicht so günstig war, wie man es wünschen möchte, so hatte das seinen Grund darin, daß diese Beobachtungen ohne Ausnahme in Verbindung mit Evaporationsbestimmungen vorgenommen wurden und sich dementsprechend nach den Bedürfnissen der letzteren richten mußten. Immerhin geben die erzielten Resultate doch einen gewissen Anhalt für die Beurteilung des thermischen Verhaltens der verschiedenen Böden. Die Tabelle 12 gibt eine Übersicht über die am 28. und 29. Juli in verschiedenen Tiefen und an den verschiedenen, räumlich nicht weit voneinander entfernten Standorten gefundenen Werte.

Die Einstrahlung war an den beiden Beobachtungstagen — wie aus den Temperaturen des Schwarzkugeltermometers leicht zu entnehmen ist — keine starke, da die Sonne zeitweilig durch dichtere Wolkenschleier verdeckt wurde. Fassen wir zunächst das Verhalten der ebenen Sandfläche am 28. Juli ins Auge, so finden wir, daß in allen Bodenschichten ungefähr die gleichen Wärmegrade herrschten wie bei der in Tabelle 11 wiedergegebenen Serie. Kleine Abweichungen erklären sich leicht aus den andersartigen Witterungsverhältnissen. Das auf einer niedrigen, mit *Carex arenaria* und *Calamagrostis epigeios* bestandenen Düne 15 cm tief eingesenkte Thermometer zeigte genau den gleichen mittleren Stand wie das auf ebener Sandfläche in 20 cm Tiefe befindliche. Die Ursache für diese auffällige Erscheinung ist nicht nur in der verschiedenen Bewuchsdichte beider Standorte zu suchen, sondern auch in der verstärkten Windwirkung auf der Düne. Gerade die reiche Luftführung des Sandbodens ist es, die dem Winde den abkühlenden Einfluß erleichtert. Diese Dinge verdienen

Tabelle 12.

Hiddensee. Sandstrand, Düne und Moor in der Vittener Dünenheide. Der Sandstrand weist einen lockeren Bestand von Dünengräsern auf; auf der Düne wachsen Carex arenaria und Calamagrostis epigeios. Das Dünenalmoor zeigt eine geschlossene Decke von Hypnum-Arten, Drosera rotundifolia, Erica tetralix und Calluna vulgaris.

28.—29. Juli 1930.

Datum Stunde	Lufttemp.	Schwarz- kugeltherm.	Sandstrand							Temp.- Gef. 10—20 cm	Düne Moor 15 cm 15 cm	Diff. zwischen Düne u. Moor	Sonne	Bevölkung				
			Oberfl.	Luft- Diff.	2,5 cm	5 cm	Temp.- Gef. 2,5—5 cm	10 cm	Temp.- Gef. 5—10 cm						20 cm			
28. Juli 30	16,2 ⁰	35,8 ⁰	19,8 ⁰	8,6 ⁰	20,7 ⁰	19,4 ⁰	—	0,52 ⁰	18,2 ⁰	—	0,24 ⁰	17,3 ⁰	17,1 ⁰	16,3 ⁰	—	0,8 ⁰	0	9
9h	16,7 ⁰	40,8 ⁰	20,6 ⁰	3,9 ⁰	21,6 ⁰	19,9 ⁰	—	0,68 ⁰	18,6 ⁰	—	0,26 ⁰	17,5 ⁰	17,3 ⁰	16,3 ⁰	—	1,0 ⁰	1	8
10h	17,0 ⁰	45,7 ⁰	24,2 ⁰	7,2 ⁰	24,9 ⁰	22,1 ⁰	—	1,12 ⁰	19,6 ⁰	—	0,50 ⁰	17,7 ⁰	17,6 ⁰	17,2 ⁰	—	0,4 ⁰	3	5
11h	18,5 ⁰	45,3 ⁰	25,1 ⁰	6,6 ⁰	27,6 ⁰	23,6 ⁰	—	1,60 ⁰	20,7 ⁰	—	0,58 ⁰	18,1 ⁰	18,2 ⁰	17,4 ⁰	—	0,8 ⁰	4	5
12h	18,7 ⁰	44,1 ⁰	24,6 ⁰	5,9 ⁰	27,5 ⁰	24,9 ⁰	—	1,04 ⁰	21,8 ⁰	—	0,62 ⁰	18,6 ⁰	18,7 ⁰	18,1 ⁰	—	0,6 ⁰	3	6
13h	18,8 ⁰	42,5 ⁰	26,4 ⁰	7,6 ⁰	28,7 ⁰	25,5 ⁰	—	1,28 ⁰	22,4 ⁰	—	0,62 ⁰	19,0 ⁰	19,5 ⁰	18,6 ⁰	—	0,9 ⁰	3	4
14h	19,2 ⁰	52,3 ⁰	28,8 ⁰	9,6 ⁰	30,0 ⁰	27,0 ⁰	—	1,20 ⁰	23,5 ⁰	—	0,70 ⁰	19,7 ⁰	20,3 ⁰	19,3 ⁰	—	1,0 ⁰	4	4
15h	18,3 ⁰	52,5 ⁰	27,4 ⁰	9,1 ⁰	29,7 ⁰	26,9 ⁰	—	1,12 ⁰	23,8 ⁰	—	0,62 ⁰	20,5 ⁰	20,6 ⁰	19,8 ⁰	—	0,8 ⁰	4	2
16h	18,3 ⁰	46,4 ⁰	24,4 ⁰	6,1 ⁰	26,9 ⁰	25,5 ⁰	—	0,56 ⁰	23,6 ⁰	—	0,38 ⁰	20,6 ⁰	20,8 ⁰	20,0 ⁰	—	0,8 ⁰	4	1
17h	18,2 ⁰	41,5 ⁰	22,2 ⁰	4,0 ⁰	24,1 ⁰	23,8 ⁰	—	0,12 ⁰	22,8 ⁰	—	0,20 ⁰	20,7 ⁰	20,3 ⁰	19,8 ⁰	—	0,5 ⁰	4	0
18h	16,5 ⁰	33,7 ⁰	19,3 ⁰	2,8 ⁰	21,4 ⁰	22,3 ⁰	+	0,36 ⁰	22,0 ⁰	—	0,06 ⁰	20,7 ⁰	19,8 ⁰	18,8 ⁰	—	1,0 ⁰	0	4
19h																		
Mittlere Stunden- schwankung	0,6 ⁰	3,8 ⁰	2,0 ⁰		1,8 ⁰	1,2 ⁰			0,7 ⁰			0,3 ⁰	0,5 ⁰	0,5 ⁰				
Mittelwert	17,9 ⁰	—	23,9 ⁰	6,0 ⁰	25,7 ⁰	23,7 ⁰	—	0,81 ⁰	21,5 ⁰	—	0,43 ⁰	19,1 ⁰	19,1 ⁰	18,3 ⁰	—	0,8 ⁰	—	—

Tabelle 12. (Fortsetzung.)

Datum Stunde	Lufttemp.	Schwarz- kugeltherm.	S a n d s t r a n d										Düne 15 cm	Moor 15 cm	Diff. zwischen Düne u. Moor	Sonne	Bewölkung			
			Oberfl.	Luft- Boden- Diff.	2,5 cm	5 cm	Temp.- Gef. 2,5—5 cm	10 cm	Temp.- Gef. 5—10 cm	20 cm	Temp.- Gef. 10—20 cm									
29. Juli 30																				
6h	15,80	21,70	16,80	1,00	17,20	17,00	—	0,080	17,40	+	0,080	18,00	+	0,060	17,10	16,50	—	0,60	1	10
7h	16,70	24,30	18,00	1,30	18,60	17,70	—	0,360	17,60	—	0,020	17,90	+	0,030	17,20	16,70	—	0,50	0	10
8h	16,80	25,50	19,00	2,20	19,50	18,60	—	0,360	18,10	—	0,100	17,80	—	0,030	17,50	16,70	—	0,80	0	10
9h	20,20	49,20	23,70	3,50	21,90	19,90	—	0,800	18,70	—	0,240	18,00	—	0,070	17,40	16,80	—	0,60	1	6
10h	22,50	50,80	28,60	6,10	26,70	22,80	—	1,560	20,10	—	0,540	18,20	—	0,190	18,20	17,40	—	0,80	4	0
11h	21,00	52,20	29,40	8,40	30,80	25,80	—	2,000	21,80	—	0,800	18,60	—	0,320	19,00	18,20	—	0,80	4	5
12h	22,20	54,00	29,80	7,60	30,70	25,40	—	2,120	22,80	—	0,520	19,20	—	0,360	19,60	18,40	—	1,20	3	5
Mittel- wert	19,30	—	23,60	4,30	23,40	21,00	—	1,040	19,50	—	0,310	18,20	—	0,130	18,00	17,20	—	0,80	—	—
12h 30'																				
15h 30'																				
Gewitterregen mit im ganzen 10,8 mm Niederschlag																				
16h	17,20	—	20,40	3,20	20,90	19,90	—	0,400	19,70	—	0,040	19,40	—	0,030	19,00	18,00	—	1,00	3	6
17h	18,00	46,70	19,40	1,40	20,60	20,00	—	0,240	19,70	—	0,060	19,40	—	0,030	18,90	18,20	—	0,70	3	7
18h	16,50	—	16,80	0,30	17,90	18,80	+	0,360	19,30	+	0,100	19,20	—	0,010	18,80	18,20	—	0,60	0	8

Beachtung, wenn es sich darum handelt, die Lebensbedingungen der Dünenpflanzen gegen diejenigen der Vorstrandgewächse abzugrenzen.

Überraschend ist die auf einer kleinen, mit Moosen, *Drosera rotundifolia*, *Erica tetralix* und Resten von *Calluna vulgaris* bestandenen Moorfläche in 15 cm Tiefe ermittelte Temperatur, die im Maximum $20,0^{\circ}$ und im Tagesmittel $18,3^{\circ}$ betrug und nur um $0,8^{\circ}$ hinter derjenigen der Düne zurückblieb. Wir müssen solchen Dünentalmooren also einen viel günstigeren Wärmehaushalt zuschreiben als etwa dicht bewachsenen Heideflächen und können sie in dieser Beziehung etwa einer kurzrasigen Salzwiese (vergl. S. 21) gleich setzen. Worauf diese Erscheinung beruht, ist leicht einzusehen, wenn man sich die Entstehung solcher Miniaturmoore vor Augen hält (vergl. W. Wangerin, 30). Der durch die Gallertbildungen von Cyanophyceen verkittete und abgedichtete Sand wird zum Träger eines stark vernäbten Moosrasens. Die meist sehr dünne, torfige Schicht unterhalb der niedrigen Pflanzendecke schwächt die Wirkung der Insolation wohl ab, läßt aber noch genug Wärme in die tieferen Bodenschichten eindringen. Es darf daher auch nicht Wunder nehmen, wenn die auf den Dünen und Sandflächen verbreitete *Salix repens* auch die Dünentalmoore besiedelt. Allerdings tritt sie dann meist in abgeänderter Form als *var. rosmarinifolia* auf, während an den sandigen Standorten die *var. argentea* überwiegt.

Am zweiten Beobachtungstage wurde mit den Messungen um 6^h morgens begonnen. Zu dieser Zeit war die ebene Sandfläche nur um 1° wärmer als die Luft; in 20 cm Tiefe dagegen herrschte eine um $1,2^{\circ}$ höhere Temperatur als an der Bodenoberfläche (die Lufttemperatur wurde um $2,2^{\circ}$ überschritten). Sowohl die Düne als auch das Dünentalmoor hatten während der Nacht eine stärkere Abkühlung erfahren und übertrafen die Luftwärme nur noch um $1,3^{\circ}$ bzw. $0,7^{\circ}$. Aber schon um 11^h vormittags hatte nach

kurzer Einwirkung der Sonne die 15 cm-Schicht an beiden Standorten wieder die mittlere Temperatur des vorhergehenden Tages erreicht. Die für den Vormittag des 29. Juli errechneten Mittelwerte bleiben — wie nicht anders zu erwarten war — durchweg um 1° bis 2° hinter denen des 28. Juli zurück. Der mittags einsetzende heftige Gewitterregen brachte für die oberen Schichten des Sandbodens einen starken Wärmeabfall, setzte aber in 15 cm Tiefe die Temperaturen der Düne und des Moores nur um $0,6^{\circ}$ bzw. $0,4^{\circ}$ herab. Während in den folgenden Stunden (16^h bis 18^h) die Bodenwärme der Düne — entsprechend der verminderten Sonnenstrahlung — weiter sank, zeigte der Moorboden einen geringen Temperaturanstieg, der wohl auf den Wärmeausgleich aus tieferen Bodenschichten zurückzuführen ist.

D. Zusammenfassung (I. und II. Teil).

Im ersten Abschnitte der vorliegenden Arbeit wird eine kurze Übersicht über die wechselseitigen Beziehungen zwischen Bodentemperaturen und Pflanzenwuchs im allgemeinen gegeben. Einerseits greift die Bodentemperatur als Standortfaktor in mannigfacher Weise in den Lebenshaushalt der Gewächse ein, andererseits vermag die Pflanzendecke in erheblichem Maße die Wärmeumsetzung im Boden zu beeinflussen und sich dadurch selber einen von der Umgebung abweichenden Klimaraum zu schaffen.

Der zweite Abschnitt gibt eine kurze Übersicht über zahlreiche auf der Insel Hiddensee an den verschiedensten Standorten ausgeführte Bodentemperaturmessungen. Dabei zeigt sich folgendes:

1. Unter günstigen Bedingungen treten an lückenhaft bewachsenen Abhängen maximale Bodentemperaturen bis zu $+59,6^{\circ}$ und Differenzen gegenüber der Lufttemperatur bis zu $36,8^{\circ}$ auf. Die höchsten Wärmegrade werden meist in einer Tiefe von 1 bis 2 cm gemessen. Örtlich-

- keiten mit besonders hohen Bodentemperaturen beherbergen auch eine mehr oder weniger charakteristische Pflanzengemeinschaft.
2. Aus Messungen an ganz verschiedenen Örtlichkeiten ergibt sich, daß der Bodenbewuchs einen starken Einfluß auf die Wärmegestaltung des Substrates ausübt. Schon dürrtigster Kümmerwuchs vermag die Extreme der offenen Bodenfläche erheblich einzuschränken. Je nach Dichte, Höhe, morphologischer Gestaltung und physiologischer Reaktionsweise (Transpiration, Lichtlage der Blätter) werden durch die Vegetationsdecke die Bodentemperaturen in mannigfacher Weise abgeändert.
 3. Der Wind ist für den Wärmehaushalt des Bodens von großer Wichtigkeit. Seine Wirkung erstreckt sich nach verschiedenen Richtungen hin: durch Wegführung der erwärmten bodennahen Luftschicht steigert er die Möglichkeit des Wärmeausgleiches; durch Begünstigung der Transpiration verringert er die dem Boden zugestrahlte Energiemenge; durch Sogwirkung entzieht er lockeren Böden die angewärmte, feuchte Luft der Interstitialräume; nach Sonnenuntergang verhindert der Wind oft eine Unterkühlung der dem Boden anhaftenden Luftschicht. Die Unterschiede der Bodentemperaturen auf Luv- und Lee-seiten bei diffuser Strahlung sowie auf Freiungen und unter windstillen Räumen der Vegetationsdecke werden an Beispielen aufgezeigt.
 4. Die verschieden geböschten und verschieden gerichteten Hänge zeigen auch bei gleicher Bodenstruktur recht erhebliche thermische Differenzen. Diese üben naturgemäß einen starken Einfluß auf den Vegetationscharakter aus. Andererseits können die durch Feuchtigkeit und Nährstoffgehalt hervorgerufenen Unterschiede des Bewuchses die Wirkungen der Exposition steigern, herabmindern oder sogar völlig aufheben. Die sehr mannigfaltigen Steilstrandformen Hiddensees geben hierfür zahlreiche Beispiele.

5. Unter gleichen äußeren Bedingungen zeigen die Böden je nach dem Material, aus dem sie bestehen, und je nach ihrer Struktur mehr oder weniger beträchtliche Wärmeunterschiede. Reiner Sandboden erwärmt sich schneller als Lehmboden. Bei Kiesböden macht sich — wenigstens bei bewegter Luft — eine deutliche Abhängigkeit von der Korngröße bemerkbar. Der Pflanzenwuchs modifiziert diese Verhältnisse in mannigfacher Weise.
6. Nach Sonnenuntergang hängt die Temperaturgestaltung im Boden nur noch von dem durch Leitung, Strahlung und Konvektion (Massenverlagerung) bedingten Wärmeverlust ab. Wasserdampfgehalt der Luft, Windbewegung und Wolkendecke sowie der Wärmeverrat des Bodens und dessen spezifisches Leitvermögen sind hauptsächlich für die Größe der Wärmeabgabe verantwortlich zu machen. Ganz besonders ist es aber die Pflanzendecke, die — oft auch auf kleinstem Raume — grundverschiedene Bedingungen schafft. Die hiermit im Zusammenhange stehende Taubildung übt — ebenso wie die Kondensation von Wasserdampf in den oberen Bodenschichten — auf den Wasserhaushalt der Pflanzen einen großen, noch viel zu wenig beachteten Einfluß aus.

Im letzten Abschnitte (II. Teil) werden einige Serienmessungen von Bodentemperaturen näher besprochen. Sie reichen bei weitem noch nicht aus, um eine wirkliche Charakterisierung der verschiedenen Standorte zu ermöglichen. Die vorliegenden Messungen erstrecken sich auf folgende Örtlichkeiten Hiddensees:

1. Schwedenhagener Binnenufer;
 2. „Aschkoben“ im Grundmoränengebiet des Dornbusches;
 3. Sandstrand und Salzwiese zwischen Kloster und Vitte;
 4. Vittener Dünenheide.
-

Literaturnachweis.

1. Bode, H. R.: Beiträge zur Kenntnis der Wasserbewegung in der Pflanze. *Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. **62**. 1923.
2. Buxton: The temperature of the surface of deserts. *Journ. of Ecology.* Bd. **12**. 1924.
3. Ebermayer, E.: Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Aschaffenburg 1873.
4. Firbas, F.: Über die Bedeutung des thermischen Verhaltens der Laubstreu für die Frühjahrsvegetation des sommergrünen Laubwaldes. *Beih. z. Bot. Centralbl.* Bd. **44**, II. 1927.
5. Fitting, H.: Die Wasserversorgung und die osmotischen Druckverhältnisse der Wüstenpflanzen. *Zeitschr. f. Bot.* Bd. **3**. 1911.
6. Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1927.
7. Geßner, F.: Ökologische Untersuchungen an Salzwiesen. 1. Salz- und Wassergehalt des Bodens als Standortsfaktoren. Ihre Abhängigkeit vom Gefälle. *Mitt. d. Naturw. Vereins f. Neuvorp. u. Rügen.* Bd. **57**. 1930.
8. Giltay, E.: Anatomische Eigentümlichkeiten in Bezug auf klimatische Umstände. *Neederl. Kruidk. Arch.* Bd. **4**. 1886.
9. Hann, J. und Süring, R.: *Lehrbuch der Meteorologie.* 4. Aufl. Leipzig 1926.
10. Harder, R.: Beobachtungen über die Temperatur der Assimilationsorgane sommergrüner Pflanzen der algerischen Wüste. *Zeitschr. f. Bot.* Bd. **23**. 1930.
11. Heilig, H.: Untersuchungen über Klima, Boden und Pflanzenleben des Zentralkaiserstuhls. *Zeitschr. f. Bot.* Bd. **24**. 1931.
12. Homén, Th.: Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde. Leipzig 1897.
13. Hueck, K.: In: *Das v. Keudellsche Naturschutzgebiet Bellinchen a. d. Oder* (hrsg. von F. Solger, K. Hueck, H. Hedicke u. H. Klose). Neudamm 1927.
14. Hummel: Zum Mikroklima insulierter Standorte. *Deutsch. meteorolog. Jahrb. f. Bayern.* Bd. **1**. 1929.
15. Jaekel, O.: Über gegenwärtige tektonische Bewegungen in der Insel Hiddensee (Rügen). *Zeitschrift d. Deutschen Geolog. Ges.* Bd. **54**. 1912.

16. Kraus, G.: Boden und Klima auf kleinstem Raum. Versuch einer exakten Behandlung des Standortes auf d. Wellenkalk. Jena 1911.
 17. Leick, E.: Zur Frage der Wasserbilanz von Hochmooren. Untersuchungen über das ökologische Sättigungsdefizit. Mitt. d. Naturwiss. Ver. f. Neuvorpom. u. Rügen. Bd. 52—56. 1929.
 18. Leick, E.: Die Pflanzendecke der Provinz Pommern. Eine pflanzengeographische Übersicht. In: Pomm. Heimatbuch. Berlin 1926.
 19. Leick, E.: Über Wärmeproduktion und Temperaturzustand lebender Pflanzen. Biolog. Centralblatt. Bd. 36. 1916.
 20. Schade, F. A.: Pflanzenökologische Studien an den Felswänden der Sächsischen Schweiz. Englers bot. Jahrb. Bd. 48. 1912.
 21. Schanderl, H.: Ökologische u. physiologische Untersuchungen an d. Wellen- u. Muschelkalkflora des Maintales zwischen Würzburg u. Garnbach. Planta. Bd. 10. 1930.
 22. Schmidt, W.: Die Wärmeumsätze an der Erdoberfläche mit besonderer Berücksichtigung der Nachtfröste. Fortschr. d. Landwirtschaft. Bd. 3. 1928.
 23. Schmidt, W.: Über Boden- und Wassertemperaturen. Unter Benutzung von Messungen am Lunzer Untersee. Meteorol. Zeitschrift. Bd. 24. 1927.
 24. Schubert, J.: Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre. Berlin 1904.
 25. Schubert, J.: Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und in den Waldungen und der Wärmeaustausch im Boden. Berlin 1900.
 26. Shreve, F.: Soil temperature as influenced by altitude and slope exposure. Journ. of Ecology. Bd. 12. 1924.
 27. Stocker, O.: Die Transpiration und Wasserökologie nordwestdeutscher Heide- und Moorpflanzen am Standort. Zeitschr. f. Bot. Bd. 15. 1923.
 28. Süring, R.: Der tägliche Temperaturgang in geringen Bodentiefen. Abhandl. d. Preuß. Meteorolog. Inst. Bd. 5. (Nr. 6).
 29. Volk, O. H.: Beiträge zur Ökologie der Sandvegetation d. oberrheinischen Tiefebene. Zeitschr. f. Bot. Bd. 24. 1931.
 30. Wangerin, W.: Beobachtungen über die Entwicklung der Vegetation in Dünentälern. I. u. II. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 39. 1921.
 31. Wild, H.: Differenzen der Bodentemperatur mit und ohne Vegetation oder Schneedecke. Mem. d. Petersburger Akad. Bd. 8. Ser. T. V. 1897.
-

Der Beginn der Moorbildung in den südlichen Küstenländern der Ostsee, insbesondere in Pommern.

Von Kurd von Bülow.

Es ist heute möglich, die jüngste Epoche der Erdgeschichte, die Nacheiszeit oder das Alluvium, gleichwie ältere erdgeschichtliche Zeitabschnitte in eine Reihe von Unter-Abteilungen zu gliedern. Es ist darüber hinaus möglich, eine ganze Reihe von Neubildungen und Geschehnissen aus dieser Epoche in das Schema der Untergliederung einzuordnen und somit die Reihenfolge der Ereignisse in alluvialer Zeit festzulegen, d. h. mit anderen Worten: Es ist bis zu einem gewissen Grade möglich, den Werdegang der heutigen Landschaft, ihre Entwicklung vom Ende der diluvialen Vereisung bis in die geschichtliche Gegenwart zu verfolgen.

Es ist gegenwärtig üblich, die Nacheiszeit in folgende Unterabteilungen zu gliedern (vgl. die stratigraphische Tabelle am Schluß): (Ende der letzten Vereisung) — Präboreal — Boreal — Atlantikum — Subboreal — Subatlantikum und als Unterabschnitt des subatlantischen Zeitraumes nötigenfalls noch die geschichtliche Zeit auszuscheiden. Den ersten Anstoß zu dieser Gliederung hat der Wechsel des Klimas gegeben, wie er sich aus den Veränderungen des Pflanzenbildes und der geologischen Neubildungen (Moore, Dünen usw.) ergibt. Nun werden die Abschnitte des Boreals, Atlantikums und Subboreals nach schwedischem Vorbild häufig als „postglaciale Wärmezeit“ zusammengefaßt, in der zum wenigsten während der Vegetationsperiode eine Durchschnittstemperatur herrschte, die über den heutigen Werten lag. Das Subatlantikum bedeutet also demgegenüber eine Klimaverschlechterung, von unserem Standpunkt des mitteleuropäischen Menschen gesehen. Der Abschnitt vor Beginn der „Wärmezeit“ war im Gegensatz zu dieser klimatisch durch den Ausklang der Eiszeit

bestimmt. Da sich innerhalb der Wärmezeit selbst noch mindestens zwei — in Küstengegenden drei — von einander verschiedene Klimacharaktere erkennen lassen, kann man die gesamte Nacheiszeit übersichtlicher als nach dem angeführten Schema folgendermaßen einteilen:

(Eiszeit)

Arktischer Ausklang der Eiszeit (Eisrückzug)

Subarktischer Übergang mit (in unseren Breiten) kaltem, kontinentalem Klima, das allmählich wärmer wird (= Präborealzeit, Vor-Wärmezeit)

Wärmezeit:

a) Warm-kontinentaler Abschnitt (= Boreal)

b) Warmer und relativ ozeanischer Abschnitt (= Atlantikum)

Der letzte Teil dieses Abschnittes war wieder etwas trockner: das Subboreal (Nach neueren Forschungsergebnissen ist es nicht ausgeschlossen, daß dessen Bedeutung bisher überschätzt wurde)

Nachwärmezeit (= Subatlantikum) mit verhältnismäßig kühlfeuchtem Klima, das in der Gegenwart vielleicht wieder trockner wird.

Greifen wir aus den geologischen Neubildungen denjenigen Vorgang heraus, der für das Aussehen der heimischen Landschaft mit in erster Linie bestimmend war, die Moorbildung, die die bis dahin leeren Mulden und Täler der Gelände mit neuen Gesteinsmassen füllte, und fragen wir nach dem Zeitpunkt, in dem dieser Vorgang einsetzte, so werden wir allgemein der Vorstellung begegnen, daß die Moorbildung so alt sei wie die gesamte Nacheiszeit, d. h. daß die Ausfüllung der Geländemulden mit dem Verschwinden des Eises einsetzte.

Diese Vorstellung ist bis zu einem gewissen Grade richtig: Es gibt tatsächlich Moore, deren Schichten bis in die präboreale Zeit hinabreichen und die den gesamten Klimaablauf der Nacheiszeit bis auf den heutigen Tag widerspiegeln. Doch sind solche Moore selten. Unter den 70—80 Profilen aus ganz Norddeutschland, die ich in den letzten Jahren auf ihre Altersstellung hin zu untersuchen Gelegenheit hatte, waren drei oder vier von präborealem

Alter. Auch in der nordostdeutschen Moorkultur findet man nicht viel solcher Ablagerungen verzeichnet. Wenn also hier und da schon präboreale Moore oder Ähnliches bestanden haben, so muß doch der umfassende Vorgang der Ausfüllung von Tälern und Mulden erst in späterer Zeit eingesetzt haben.

Da sich das Waldbild Mitteleuropas mit fortschreitender Entwicklung — in erster Linie mit dem Wandel des Klimas — ständig geändert hat, so geben die in den jeweils entstandenen Moorschichten abgelagerten und bis heute erhalten gebliebenen Blütenstaubkörner die Möglichkeit, Moorschichten in das Schema der nacheiszeitlichen Wald- und Klimageschichte einzuordnen, d. h. ihr relatives Alter festzustellen. So entsprechen der Präborealzeit im allgemeinen arme, eintönige Pollenbestände, der Wärmezeit kommen reiche Mischwaldbestände zu, die mit Annäherung an die Gegenwart wieder verarmen, so daß an die Stelle der Mischwälder mit ihrem üppigen Laubholzanteil immer mehr wieder die Bäume der frühen Nacheiszeit treten, bei uns besonders Kiefer und Birke. Allerdings sind für das Subatlantikum Pommerns und seiner Nachbargebiete auch die Buche und die Hainbuche bezeichnend (vgl. hierzu die Tabelle am Schluß).

Um nun also festzustellen, in welchen der nacheiszeitlichen Abschnitte der allgemeine Beginn der Moorbildung in Pommern und seinen Nachbarländern fällt, ist es nötig, die tiefsten d. h. ältesten Schichten möglichst vieler Moore auf ihren Pollengehalt zu untersuchen und zu prüfen, ob sich dabei eine Gesetzmäßigkeit herausstellt.

Aus Pommern liegt bereits eine ganze Reihe solcher Untersuchungen vor. Die Ergebnisse sind z. gr. T. in der Literatur niedergelegt, z. T. stammen sie aus gelegentlichen, bisher unveröffentlichten Untersuchungen des Verfassers.

Aus Vorpommern ist bisher anscheinend lediglich das Kieshofer Moor bei Greifswald näher bekannt (Nr. 1

des Literaturverzeichnisses). Doch liegen aus der weiteren Umgebung außerdem Pollenanalysen aus der Uckermark vor (Nr. 2). Im Kieshofer Moor finden sich zu unterst 1,5 m Mudden (Faulschlamm), also Absätze offenen Wassers, deren Inhalt an Pollen beweist, daß sie während der Kiefer-Birke-Hasel-Periode abgelagert worden sind, d. h. im Anfang des Boreals, im ersten Abschnitt der „Wärmezeit“. In den untersten Teilen des Torfes, der über der Mudde liegt, tritt eine Vergesellschaftung von Pollen auf, die lehrt, daß der Beginn der Torfbildung (Sumpftorf) mit dem Beginn der Eichenmischwald-Zeit, d. h. des Atlantikums zusammenfällt.

Aus den Profilen, die Hueck aus der Uckermark angibt, ist zu entnehmen, daß (im Plötzendiebel bei Joachimsthal) in der subarktischen (Birken-)Zeit nur an den tiefsten Stellen des heutigen Moores Faulschlamm abgelagert wurde. Auch in der darauffolgenden borealen (Kiefern-)Zeit änderte sich das Bild nur wenig, wenn auch die von Mudde bedeckten Flächen einen etwas größeren Raum einnehmen. Sobald aber die Hasel eingewandert war und sich sehr schnell ausgebreitet hatte, begann die Vermoorung des Beckens, d. h. die Torfbildung. Doch erst mit Beginn der Eichenmischwaldzeit setzte die Vermoorung in vollem Umfang ein; Hueck führte sie auf die zunehmende Ozeanität des Klimas der atlantischen Periode zurück.

Aus Vorpommern sind neuerdings noch einige Torfproben vom Grunde des Strelasundes pollenstatistisch untersucht worden. Man darf mit gutem Recht als sicher annehmen, daß auch die deutschen Ostseeküsten von der Litorinatransgression betroffen worden sind und daß das litorinazeitliche Steigen des Meeresspiegels einen breiten Küstenstreifen unter Wasser setzte. Dieser Anstieg fällt in die Zeit der Herrschaft des Eichenmischwaldes während des Atlantikums, also in den mittleren Teil der Wärmezeit. Wenn also am Grunde des Strelasundes Torfschichten auf-

treten, so muß ihr Inhalt an Pollen auf eine Zeit hindeuten, die vor oder höchstens in den ersten Anfängen der Eichenmischwaldherrschaft liegt. Die zwei untersuchten Proben sind durch Bohrungen gehoben worden, die anläßlich des Baues des Rügendamms zwischen der Insel Dänholm und Altefähr auf Rügen gestoßen wurden (Sommer 1931). Beide gehören nach allen Anzeichen einem und demselben Moor an und liegen unter alluvialen Ablagerungen von brakischem und marinem Charakter, Absätzen des heutigen Sundes. Die eine Bohrung steht in 2,19 m tiefem Wasser und hat den Torf unter 4,65 m jüngeren Sedimenten angetroffen — dieser liegt also in 6,84 (bis 7,31) m Tiefe unter dem Wasserspiegel. Die andere untersuchte Probe lag unter 5,30 m tiefem Wasser und unter 3,7 m jüngeren Ablagerungen, also 9,0 (bis 9,4) m unter dem Wasserspiegel.

Die erste Probe enthält an Pollen: rund 49% Kiefer, rd. 20—21% Birke, rd. 22,5% Erle, rd. 4,1% Linde und rd. 4,1% Eiche. Buche und Fichte fehlen. Dieses Spektrum, zu dem noch neben die 100% Waldbaumpollen rund 35% Pollen der Haselnuß treten, deutet daraufhin, daß die Torfschicht im frühen Beginn der Eichenmischwaldzeit gebildet worden ist, denn noch treten die edlen Laubhölzer Linde und Eiche erst in geringer Beteiligung auf, die Hasel nimmt noch verhältnismäßig viel Raum in Anspruch und die Kiefer ist noch nicht vollständig aus ihrer Vorherrschaft verdrängt. Die zweite Probe, die aus dem gleichen Moor stammen dürfte, ist kein reiner Torf, sondern vielmehr ein stark humoser Sand, wie er im Liegenden von Mooren anzutreffen ist. Sie ist also wahrscheinlich um ein wenig älter als die erste Probe. Der Pollenbestand bestätigt diese Vermutung: Die Kiefer beansprucht noch rund 77% für sich, die Birke nimmt 18% ein und die Erle 2,5%. Von den edlen Laubhölzern ist nur die Linde mit 2,5% gefunden worden. Merkwürdigerweise fehlt die Hasel ganz, bezw. wurde sie in der recht pollenarmen Probe nicht gefunden.

Es ist ja nicht selten, daß sandige Massen ärmer an Pollen sind, als reiner Torf, da sie stärker durchlüftet werden und ihr Inhalt daher der Verwitterung leichter zugänglich ist, als in dem schwerer durchlässigen Torf. Das Untersuchungsergebnis dieser Probe ist daher nicht ganz zuverlässig, läßt aber doch erkennen, daß diese ebenso wie die erste Probe in den frühen Beginn der Eichenmischwaldzeit zu stellen ist (Grenze Boreal-Atlantikum). Jedenfalls sind beide Proben wie gefordert vor dem Höhepunkt der Laubwaldphase und damit vor dem Höhepunkt der Litorina-Transgression entstanden, durch die sie nach ihrer Bildung unter den Meeresspiegel gerieten.

Es mag reizvoll sein, diese Ergebnisse mit benachbarten Mooren vom Festlande zu vergleichen. Unmittelbar bei der Stadt Stralsund, zwischen der Zuckerfabrik und dem Sund, nördlich vom Flughafen, liegt eine nicht sehr ausgedehnte moorige Fläche. Die gegenwärtigen Grundwasserverhältnisse machen es wahrscheinlich, daß dieses Flachmoor nach der Litorinatransgression bzw. in deren Gefolge entstanden ist, also später als der Torf am Grunde des Strelasundes. Nur an einer Stelle erreicht das Moor mehr als zwei bis drei Meter Mächtigkeit, nämlich 4,5 m. Die untersten 1,5 m bestehen aus Moormergel bzw. stark humoser Kalkmudde, in der auch Konchylien vorhanden sind. Der Pollenbestand dieses Moormergels ist recht einfach: 77% Kiefer und 23% Birke. Von den 4% Hasel ist ein Teil noch dazu unsicher, ebenso konnten je ein Pollenkorn von ? Erle, und ?? Fichte nicht mit Sicherheit identifiziert werden. Offenbar liegt also ein Pollenspektrum von präborealer Zusammensetzung vor. Das Auftreten der Hasel kann dahin ausgelegt werden, daß der Mergel gegen Ende des Präboreals, an der Wende zum Boreal entstanden sei. Sein Inhalt an Weichtierresten, den Herr Professor Schmierer die Güte hatte zu bestimmen, entspricht dieser Datierung durchaus. Denn seit es Tidelski (Nr. 15) ge-

lungen ist, die Reihenfolge der Einwanderung der Weichtiere seit der Vereisung für Schleswig-Holstein mittels pollenanalytischer Datierungen aufzuklären, vermögen diese Fossilien ebenfalls der Altersfeststellung alluvialer Schichten zu dienen. In dem Moormergel fanden sich: *Gyraulis gredleri-stroemi* und *albus* Müll, von denen besonders der erstere für alt-alluviale Sedimente bezeichnend ist, da er in jüngeren fehlt. Ebenso ist *Pisidium amnicum*, das neben anderen unbestimmbaren Pisidien-Resten auftritt, für ältere Abschnitte bezeichnend: Denn in Schleswig-Holstein wandert es im Boreal ein. Es ist sehr wohl denkbar, daß es in Pommern schon früher, um die Wende Präboreal-Boreal, lebte. Die Fauna vermag demnach das pollenanalytische Ergebnis zu stützen. Demnach ist der Moormergel älter als der Sund-Torf und dieser wahrscheinlich älter als die moorigen Ablagerungen über dem Moormergel südöstlich von Stralsund.

Aus Mittelpommern ist das Große Gelüch bei Karolinenhorst (zwischen Stettin und Stargard) pollenstatistisch gut bekannt. Die erste Untersuchung, deren Ergebnisse W. Hiller veröffentlichte (Nr. 3), ist inzwischen durch H. Nietsch richtig gestellt worden (Nr. 4). Nach den Feststellungen Nietsch's gehören die tiefsten Schichten des Gr. Gelüchs — wiederum Mudden, also Sedimente des offenen Wassers — in die boreale Kiefer-Hasel-Zeit. Pollen des Eichenmischwaldes treten hier nur erst vereinzelt auf. Das ändert sich unmittelbar oberhalb des Faulschlammes mit dem Beginn des Torfes: Mit der Haselkurve steigt auch die Kurve des Mischwaldes an. Das bedeutet, daß die Torfbildung, vielleicht von den untersten Teilen abgesehen, erst im Atlantikum kräftig einsetzte.

Etwas weiter östlich, halbwegs zwischen Greifenberg und Schivelbein, im Geiglitzer Moor, hat Hesmer neuerdings eine Pollenanalyse durchgeführt (Nr. 5). Dabei stellte sich heraus, daß hier nicht nur Ablagerungen des

Präboreals, sondern auch solche des Boreales vollständig fehlen, daß vielmehr die tiefsten Schichten des Moores dem Atlantikum, d. h. dem „maritimen“ Abschnitt der „Wärmezeit“ zuzurechnen sind. Allerdings handelt es sich hierbei nicht um Torf, sondern um mächtigen Faulschlamm. Doch auch dieses Ergebnis ist bedeutsam, lehrt es doch, daß das Becken des Geiglitzer Sees vor dem Eintritt des Atlantikums noch kein Wasser enthielt. Vergleicht man mit diesem Moor die Schichtenfolge anderer Moore aus der weiteren Umgebung, etwa des Großen Torfmoores bei Greifenberg (Nr. 6), so findet man weitgehende Ähnlichkeiten. Nur wird im Greifenberger Moor der Faulschlamm durch eine Folge von faulschlammhaltigem Sumpftorf ersetzt. Es liegt nahe, dem Sumpftorf das gleiche Alter wie dem Geiglitzer Faulschlamm zuzuweisen und ihn ebenfalls ins Atlantikum zu stellen. Offenbar kommt der Datierung aus dem Geiglitzer Moor eine allgemeine Bedeutung für die Moore des weiteren Gebietes zu.

Dieser Schluß wird bestätigt, wenn man östlicher gelegene Moorprofile zum Vergleich heranzieht, soweit sie pollenanalytisch genauer erforscht sind. Solche Moore liegen in der Umgebung von Neustettin. Eine Kalkmudde aus dem Vilmsee enthält ein Pollenspektrum, das diese Ablagerung in den früh-borealen Zeitabschnitt, also in den kontinental-klimatischen Anfang der Wärmezeit, verweist (Nr. 7). Die Schichtenfolge der Valmer Mösse (Nr. 8) beginnt in 5 m Tiefe mit Mudden von borealem Alter, deren Bildung bis in das Atlantikum hineinreicht. Erst nach dem Höhepunkt des Eichenmischwaldes und der Hasel setzt die Torfbildung ein. In der Großen Mösse bei Kussow ist die Lage ganz ähnlich: Die bis in mehr als 8 m Tiefe hinabreichenden Mudden gehören noch ganz der Eichenmischwaldzeit an. Die Torfbildung setzt erst mit dem Nachlassen des Mischwaldes ein. Offenbar haben die Ursachen, die in den bisher besprochenen

Mooren zur Torfbildung geführt haben, sich in der Neustettiner Gegend, also auf der Höhe des Landrückens, erst etwas später geltend machen können, als in den tiefer gelegenen Bereichen.

Wenn diese Annahme zutrifft, daß also der Beginn der Moor- und besonders der Torfbildung in irgend einer Beziehung zur Meereshöhe oder — was in Ost-Pommern dasselbe ist — zur Entfernung von der Küste steht, so müßten ostpommersche Moore von größerer Küstennähe das erkennen lassen. Zur Prüfung der Frage schien das Schwarze Moor bei Poblitz, unweit Glowitz im Kreise Stolp, besonders geeignet:

Das Moor erfüllt eine kleine Vertiefung, den Anfang eines eiszeitlichen Tälchens, auf der Grundmoränenhochfläche. Seine größte, gemessene Tiefe beträgt im Hochmoorteil nahezu 5 m. An einer 3,5 m tiefen Stelle fand sich folgendes Profil (von oben nach unten):

Jüngerer Moostorf	0,5 m
Seggensumpftorf	1,8 m
Mudde	0,6 m
Lebermudde	0,55 m
Tonmudde	0,1 m
Reiner Sand	

Diese Schichtfolge belegt den normalen Verlandungshergang unserer vermoorten ostpommerschen Seen. Da der Faulschlamm der unteren drei Schichten (Mudde) nur in einem Teil des Moores auftritt, wo er muldenförmige Vertiefungen des Untergrundes ausfüllt, das Moor aber im übrigen gleich mit Sumpftorf beginnt, muß geschlossen werden, daß anfangs nur kleine wassergefüllte Vertiefungen vorhanden waren, in denen die verschiedenen Muddearten zum Absatz kamen. Erst nachdem diese Vertiefungen ausgefüllt waren, wurden sie ebenso wie die übrige, heut von Torf eingenommene Mulde, von Seggensumpftorf bedeckt, auf dem sich dann wieder später ein Hochmoor

entwickelte (der sog. Jüngere Moostorf wird bis mehr als 2 m mächtig),

Die pollenanalytische Untersuchung der Muddeschichten hat folgendes Ergebnis gezeitigt: In der humosen Tonmudde fanden sich rund 70% Kiefernpollen, 28,5% Birkenpollen und knapp 2% Pollen der Rüster (Ulme), daneben noch 10% Haselpollen. Außerdem scheinen andere Laubholzpollen vorhanden gewesen zu sein, die jedoch nicht mit Sicherheit identifiziert werden konnten. Jedenfalls zeigt die Zusammensetzung des Pollenbestandes, daß zur Zeit des ersten Muddeabsatzes die Waldbaumflora über die ersten primitiven Zeiten hinaus war, daß mit anderen Worten der Absatz im (frühen?) Boreal erfolgt sein dürfte. Die darüber liegende, also jüngere Lebermudde (aus einer benachbarten Bohrung entnommen) enthielt folgende Pollen:

46,5%	Kiefer,
20,5%	Birke,
15,5%	Erle,
8,5%	Linde,
1,0%	Eiche,
8,0%	Ulme.

Daneben wurden 18% Haselpollen gezählt. Es liegt also ein ausgesprochenes Spektrum aus der beginnenden Eichenmischwaldzeit vor, denn noch nehmen Kiefer und Birke einen ziemlich großen Raum in Anspruch. Demnach wäre die Entstehung der Lebermudde an die Grenze Boreal-Atlantikum zu verlegen, der hangende Sumpftorf wird also in der folgenden Zeit, d. h. im Voll-Atlantikum entstanden sein. Die eigentliche Torfbildung begann somit auch hier erst in der atlantischen Periode, jedoch früher als auf den Landrücken.

Ähnlich wurde verfahren, als es sich darum handelte, das Alter der tiefsten, ältesten Schichten des Leba-Moores zu ermitteln. Dieses Moor erfüllt in rund 150 qkm Größe das sog. Lauenburger Urstromtal zwischen Lauenburg und

dem Lebasee. An der tiefsten Stelle, die im Bereich von Poblitz, südlich des Lebasees liegt, erreicht das Moor auf kleinstem Raume Mächtigkeiten von mehr als 7 m. Hier findet sich folgendes Profil:

Bruchwaldtorf (heutiger Waldboden) . . .	0,2 m
Seggensumpftorf (Radicellentorf)	4,5 m
Kalkhaltiger Faulschlamm (Kalkmudde) . . .	1,8 m
Kalkig-toniger, sandiger Faulschlamm . . .	<u>0,5 m</u> u. mehr
	> 7,0 m

Unweit davon wurde folgendes Profil erbohrt:

Radicellentorf wie oben	3,7 m
Schneckenreiche Kalkmudde	0,8 m
Humoser kalkiger Sand (Untergrund) . . .	0,1 m
Sand des Untergrundes.	
	<hr style="width: 10%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 4,7 m

Aus dem ersten Profil wurde die tiefste Probe analysiert. Sie enthielt: 60% Kiefer, 39% Birke, 1% Erle und 8% Haselpollen. Diese Zusammensetzung zeigt, daß an besonders tiefen Stellen des unteren Lebasees schon in sehr früher Zeit Wassertümpel bestanden haben müssen. Denn Kiefer und Birke herrschen durchaus vor, offenbar begünstigt durch die sandige Beschaffenheit des noch trocken liegenden Talbodens in der Umgebung des ersten Tümpels.

Aus der zweiten Bohrung wurde eine Probe aus 4,4—4,5 m Tiefe untersucht (Schneckenmudde). Auch hier reicht das Moor noch unter den Meeresspiegel. Es handelt sich um eine Mulde am Boden des Urstromtales. Ringsum ist das Moor flacher. Auch ist Mudde nur in dieser Mulde vorhanden, deren tiefster Punkt (Bohrung 1) bei 7 m liegt. Im übrigen beginnt die Schichtenfolge im nördlichen Lebamoor überall sofort mit Sumpftorf. Die Pollenanalyse der Probe ergab: rund 80% Kiefer und rund 16% Birke, sowie 3% Ulme und ebenso viel Hasenpollen. Da die Masse sehr arm an Pollen ist, konnten nur weniger

als 100 Pollenkörner ermittelt werden, sodaß das Ergebnis nicht ganz zuverlässig ist. Immerhin ist so viel sicher, daß das Auftreten von Ulmenpollen das Nahen der atlantischen Zeit ankündigt, wir uns also im späten Boreal befinden werden. Wenn dieser Schluß zu gewagt erscheinen sollte, so ist doch sicher, daß diese Schichten jünger sind als die erstuntersuchten — was ja schon ihre höhere Lage zeigt — daß sie auf der anderen Seite aber gewiß noch nicht in die reine Eichenmischwaldzeit gehören. In diese, das Atlantikum, sind vielmehr erst die darüberliegenden Torfbildungen zu stellen, deren Alter auf pollenanalytischem Wege als atlantisch sichergestellt ist (Nr. 9).

Hier beim Lebamoor, das heute, wenn die Lebasee-Nehrung fehlte, unmittelbar an die Ostsee grenzen würde, auch in seinen nördlichen Teilen nicht nennenswert über den Meeresspiegel aufragt, ist es besonders auffällig, daß die Moorbildung nicht von Beginn der Nacheiszeit an eingesetzt hat. Die genannten Bohrpunkte liegen rund 2—2,5 m über dem Meeresspiegel, die Moorschichten reichen also in dem ersten Fall bis mehr als 4,5 m, im zweiten Fall auch noch bis mehr als 2 m unter den heutigen Spiegel der Ostsee hinab¹⁾. Hätte der Mooruntergrund von je diese Lage gehabt, so hätte er von Anfang an mit Wasser bedeckt sein müssen. Und dieses Wasser hätte von Anfang an muddige Sedimente bilden müssen. Da das aber nicht der Fall ist, muß geschlossen werden, daß der Talboden selbst an der tiefsten Stelle zu Beginn der Nacheiszeit trocken gelegen haben muß und erst später in den Bereich des Grundwassers gelangt sein kann. Wir werden auf diese Frage noch zurückkommen.

1) Anm. Damit sind diese Flächen die absolut tiefsten Teile des großen Moores. Wo das Moor weiter oberhalb größere Tiefen (bis > 5 m) erreicht, liegt der Untergrund doch immer noch über dem Meeresspiegel.

Vorher soll jedoch noch ein weiteres Untersuchungsergebnis mitgeteilt werden, das ebenfalls aus dem Kreise Stolp stammt. Im Brüskower Moor, einige Kilometer west-nordwestlich der Kreisstadt, liegen rund 4 m Flachmoortorf über Moormergel (stark humose Kalkmudde). In diesem Moormergel, dessen Bildung demnach der des Torfes vorausging, finden sich folgende Pollen: 62–63% Kiefer, rund 20% Birke, rund 7,5% Erle, rund 2,5% Linde, 7,5% Ulme und außerdem etwa 7,5% Haselpollen. Dieses Pollenspektrum deutet klar auf den Anfang der atlantischen Eichenmischwaldzeit hin, auf den Anfang deshalb, weil die Kiefer noch recht stark beteiligt ist, einige der edlen Laubhölzer aber doch schon mit nennenswerten Anteilen vertreten sind. Da die Probe des Moormergels aus den oberen Teilen desselben entnommen worden ist, darf man dessen Entstehung in der Hauptsache in das vorangegangene Boreal verlegen und den auf dem Mergel liegenden Torf, bzw. den Beginn seiner Bildung im Wesentlichen ins Atlantikum stellen.

Damit dürften die im Augenblick einigermaßen zuverlässig bekannten Beispiele aus pommerschen Mooren erschöpft sein. Da jedoch — wie in Nr. 6 des Literaturverzeichnis wahrscheinlich gemacht worden ist — ein großer Teil der übrigen pommerschen Moore ganz entsprechende Verhältnisse zeigt, insbesondere auch das Lebamoor als Typ der Urstromtalmoore gelten darf, so dürfte es zulässig sein, die gewonnenen Ergebnisse vorsichtig zu verallgemeinern.

Wenn man also die Ergebnisse der vorstehenden Ausführungen zusammenstellt, so muß damit ein Hinweis auf die Gesamtverhältnisse in Pommern gewonnen werden, soweit sie den Beginn der Moorbildung betreffen:

Im Kieshofer Moor erfolgte der Muddeabsatz im Boreal, begann die Torfbildung mit dem Atlantikum;

in der Uckermark: Mudde bis ins Boreal, Torf seit dem Atlantikum;

im Strelasund . . . Torf im frühesten Atlantikum;

am Strelasund: Mudde im Präboreal-Boreal, Torf seit dem Atlantikum;

im Großen Gelüch: Mudde im Boreal, Torf seit dem Atlantikum;

im Geiglitzer Moor: Mudde erst seit dem Atlantikum, (Torf im Subboreal);

im Vilmsee: Mudde im Boreal;

in der Valmer Mösse: Mudde im Boreal und Früh-Atlantikum, Torf seit dem Voll-Atlantikum;

in der Kussower Mösse: desgl.

im Schwarzen Moor b. Poblitz: Mudde im Boreal und Früh-Atlantikum, Torf seit dem Voll-Atlantikum;

im unteren Leba-Moor: Mudden bis zum Boreal, Torf seit dem Atlantikum;

im Brückower Moor: Mudde (Moormergel) bis ins frühe Atlantikum, Torf seit dem Atlantikum.

Insgesamt ergibt sich also, daß die ersten Abschnitte der Nacheiszeit nur Mudden geliefert haben, sofern in der betreffenden Mulde überhaupt schon Wasser vorhanden war. Torf ist in allen Fällen nicht vor dem Beginn des Atlantikums entstanden, mehrfach sogar erst in dessen zweiter Hälfte, d. h. nach Eintritt des Wärme-Optimums bzw. zur Zeit der Kulmination des Eichenmischwaldes. In einzelnen Fällen, von denen noch nicht gesagt werden kann, wieweit sie verallgemeinert werden dürfen, fehlt vor dem Beginn der atlantischen Periode jegliche Sedimentation in später vermoorten Senken. Dann setzt die Ausfüllung derselben durch Sedimente des offenen Wassers (Mudden) erst im Atlantikum ein. Überall, wo vor Beginn dieser Periode

und dem Einsetzen des ihr zukommenden „warm-feuchten“ Klimas keinerlei Ablagerungen vorhanden sind, muß angenommen werden, daß die betreffenden Geländevertiefungen bis dahin trocken gelegen haben. Und zwar fehlte es in ihnen nicht nur an offenem Wasser, sondern es muß auch gefolgert werden, daß der Boden der Senken soweit über dem Spiegel des Grundwassers lag, daß eine feuchtigkeit-liebende Vegetation in ihnen nicht Fuß fassen konnte, also auch kein Torf zu entstehen vermochte. Das bedeutet, daß ein Teil der heute nassen, vermoorten Senken ursprünglich wasserfrei gewesen sein muß. Sieht man daraufhin die Liste der Beispiele durch, so läßt sich feststellen, daß im Kieshofer Moor, in der Uckermark, im Großen Gelüch, im Vilmsee, in der Valmer und Kussower Mösse, sowie in den Mooren des Kreises Stolp bereits im Boreal, z. T. sogar schon im frühen Boreal auf kleinen Flächen offenes Wasser vorhanden gewesen ist. Im Strelasund aber und im Geiglitzer Moor scheint der Boden erst im Atlantikum naß geworden zu sein, ebenso im größten Teil des Lebaurstromtales.

Was den Torf angeht, der, wie gesagt, nirgends vor Beginn des Atlantikums sich zu bilden begann, so handelt es sich in den meisten Fällen um Sumpftorf und zwar vorwiegend um Seggensumpftorf, eine Bildung flachen Wassers. Nun erreicht dieser Torf aber häufig Mächtigkeiten, die erheblich über der vorauszusetzenden Wassertiefe liegen. Man ist demnach zu dem Schluß gezwungen, daß der Wasserspiegel in den betr. Mooren im selben Maße alljährlich stieg, in dem der Torf gebildet wurde, bezw. umgekehrt. Der Grundwasseranstieg, der die Bildung des Sumpftorfes ermöglichte, fiel nach den mitgeteilten Erfahrungen in die atlantische Periode, zu deren Beginn die Gewässer des Boreals soweit mit Mudden aufgefüllt gewesen sein müssen, daß Pflanzen des flachen Wassers Fuß fassen konnten. Die einmal vorhandene Wassertiefe

blieb dann trotz der Anhäufung von Torf nahezu unverändert durch das ganze Atlantikum bestehen, da der Wasserspiegel anscheinend ständig stieg. Der Beginn des Grundwasseranstieges liegt in der Mehrzahl der untersuchten Moore in den frühesten Teilen des Atlantikums, bezw. fällt mit dessen Beginn zusammen. Nur in den Neustettiner Landrückenmooren setzt die Torfbildung später ein, ebenso im Poblutzer Schwarzen Moor, das nicht wie die meisten anderen Moore im Bereich der großen Urstromtal-Niederungen, sondern auf der Höhe der Grundmoränen-Hochfläche liegt (da allerdings in einem Tal zweiter Ordnung). Es scheint demnach, daß die Hochlage irgendwie für das spätere Einsetzen der sich im Atlantikum abspielenden Torfbildung verantwortlich zu machen wäre.

Ehe jedoch den Ursachen des atlantischen Grundwasseranstieges nachgegangen werden soll, muß geprüft werden, ob die geschilderten Umstände auf Pommern beschränkt sind oder auch in den Nachbargebieten Parallelen haben.

Aus dem Bielawa-Moor auf der Reichsgrenze im Kreise Lauenburg liegt, ebenso wie aus dem Neu-Linumer Moor im ehemaligen Westpreußen, eine pollenanalytische Untersuchung von polnischer Seite vor (Nr. 10). Im Bielawa-Moor beginnt die Ausfüllung zur Zeit des Eichen-Maximums. Leider aber vermißt man in Paszewski's Arbeit Angaben über die Schichtfolge des Moores, sodaß man nicht sagen kann, was zuerst -- ob Mudden oder Torf -- gebildet wurde. Ebenso ist es im Linumer Moor, wo die untersten 75 cm in die Boreal-Periode zu stellen sind.

Von Ostpreußen haben wir in erster Linie eine ausgezeichnete Monographie des Zehlau-Bruches, eines der wenigen in Deutschland wirklich noch lebenden Hochmoore, von Gams und Ruoff (Nr. 11). Dort liegt der Beginn intensiver Moor- d. h. Torfbildung etwa in der Mitte des Atlantikums, also in der auch in Pommern in dieser Hinsicht wichtigsten Zeit. Allerdings erfolgt die Hauptausbreitung des wachsenden Moores dann erst vom kühleren und feuchten Subatlantikum bis zur Gegenwart. In diesem Abschnitt ist auch in den pommerschen Hochmooren viel Torf entstanden.

Über die entsprechenden Verhältnisse in Brandenburgischen Mooren geben außer der bereits zitierten Arbeit (Nr. 2) noch eine weitere Veröffentlichung von Hueck, sowie eine Arbeit von L. Hein (Nr. 12 und Nr. 13) Auskunft. So fand Hueck in einem anderen Moor in der Uckermark (Gr. Prüßnicksee), daß die liegenden Schichten (Kalkmudde) in's Boreal gehören, während die Bildung des Torfes seit der atlantischen Zeit erfolgt ist. Ganz entsprechend liegen die Verhältnisse nach den Ausführungen L. Hein's in den von ihr untersuchten Mooren aus allen Teilen der Provinz Brandenburg. Aus den weiteren Nachbargebieten Pommerns, insbesondere aus Mecklenburg, liegen m. W. noch keine Pollenanalysen vor. Dagegen sind aus der Provinz Schleswig-Holstein recht genaue Untersuchungen bekannt gegeben worden (Nr. 14 u. 15). Wir entnehmen den Mitteilungen O. Schuster's und Tidelski's die bedeutsame Tatsache, daß ein großer Teil, wenn nicht der größte Teil der Gelände-Vertiefungen der Provinz zwar in der eigentlichen Abschmelzzeit des Eises mit Wasser und zwar mit Schmelzwasser angefüllt war, daß sie sich aber erst im Laufe der Borealzeit z. T., ganz aber erst im Atlantikum mit Wasser füllten. Es haben lediglich kleine Becken von nicht näher bekanntem Umfange bestanden. Erst in der Litorinazeit, der Periode der atlantischen Eichenmischwälder füllten sie sich endgültig mit Wasser. Da ein Gleiches aufgrund früherer Untersuchungen von anderer Seite, die allerdings nicht pollenanalytisch belegt, aber doch gut und ausreichend gestützt sind, aus Mecklenburg angeführt werden kann (vgl. 14), schließt sich der Ring um die deutsche Ostsee-Küste. Es ist, als ob die Ausführungen über Schleswig-Holstein geradezu auf Pommern gemünzt wären, als ob sie das Fazit aus den vorstehend mitgeteilten Beobachtungen an pommerschen Mooren zögen.

Das **Ergebnis** erhellt aus der zusammenfassenden Tabelle am Schluß: Ein großer Teil der pommerschen Moorbecken hat zweifellos zu Beginn der Nacheiszeit, nach dem Versiegen der eiszeitlichen Schmelzwässer, durch den größten Teil der präborealen Periode hindurch trocken gelegen. Im Boreal scheinen dann viele der Becken in einem Umfange mit Wasser gefüllt gewesen zu sein, der hinter dem heutigen Ausmaß der Moore vielfach weit zurückblieb. Während dieser Zeit kam es ausschließlich zum Absatz von Sedimenten des offenen Wassers und zwar in der Mehrzahl der Fälle von kalkigen, seltener von mehr

oder weniger kalkfreien Mudden (Faulschlamm, Plankton- und „Feindetritus-Gyttja“ der Schweden). Erst mit dem Ende des Boreals, meist sogar erst im früheren oder späteren Verlaufe der atlantischen Zeit begann die Torfbildung auf der borealen Unterlage oder unmittelbar auf dem eiszeitlichen Untergrunde. In einem Falle war sogar zu beobachten, daß auch der Absatz von Faulschlamm — d. h. die Bildung eines offenen Wasserspiegels — erst im Atlantikum einsetzte und Torf erst nach dem Ablauf dieser Periode, in der trockneren Subborealzeit entstand.

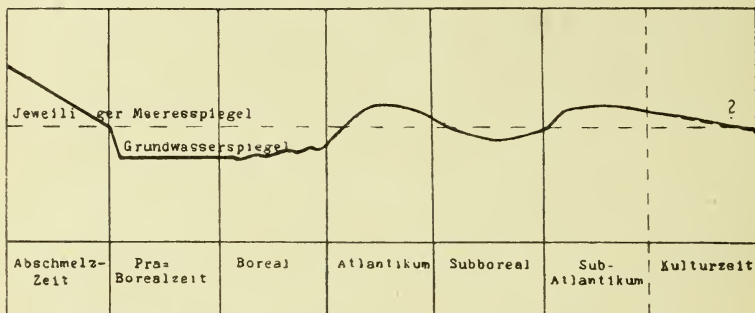


Abb. 1. Mutmaßliches Verhalten der Grund- (und Seen-)Wasserspiegels während der Nacheiszeit im Bereich der südlichen Ostseeländer, insbesondere Pommerns.

(Schematisch. Die Linie des „jeweiligen Meeresspiegels“ ist lediglich als Vergleichspunkt gedacht).

Die **Ursachen** für ein derartiges Verhalten sind in zwei Komplexen von Erscheinungen zu suchen. Eine bestimmende Rolle kommt dem Wechsel verschiedener Klimate zu. Wenn auch das Ausmaß dieser Klimaänderungen nicht bedeutend war, so reichte es doch aus, um den Grundwasserspiegel merklich zu beeinflussen: Zweifellos haben wir für die Übergangszeit vom Versiegen der Schmelzwässer¹⁾ bis zum Beginn der „Wärmezeit“ am

1) Aus dieser Zeit des subarktischen Übergangsklimas kennt man in Pommern bislang nur die Dryas-Ablagerungen von Krampkewitz im Krs. Lauenburg.

Anfang des Boreales mit einem anfänglich kalten, dann nur noch kühlen und allmählich wärmer werdenden, doch immer kontinentalen und trockenen Klima zu rechnen. Demzufolge lag der Grundwasserspiegel verhältnismäßig tief unter der Oberfläche: Die sommerliche Verdunstung und das Fehlen hinreichender Niederschläge bestimmten die rel. Größt-Entfernung von der Erdoberfläche. Das Grundwasser wird nur am Boden besonders tiefer Geländemulden zu Tage getreten sein. Dieses gleiche Verhalten werden wir auch für den borealen Zeitraum allgemein annehmen müssen. Nun scheint sich im Verlaufe dieser Periode ein Wandel angebahnt zu haben: Die folgende atlantische Periode war durch ein immer noch freundlichwarmes, doch im Gegensatz zum borealen erheblich feuchteres Klima ausgezeichnet. Der Übergang vom Boreal zum Atlantikum hat sich nicht von heute auf morgen vollzogen, sondern wie alle Übergänge in der Natur schrittweise und allmählich eingestellt. So ist es nur selbstverständlich, daß sich schon im zweiten Teil des Boreales Anklänge an das kommende atlantische Klima geltend machen. Hierbei ist übrigens zu bedenken, daß sich „Grundwasser“ in den anfangs wasserleeren, diluvialen Schichten erst im Präboreal und im Boreal bildete und daß die Füllung der Grundwassertäler in diesen trockenen Zeiten naturgemäß so langsam vor sich ging, daß der Grundwasserspiegel vielleicht erst am Ende des Boreals bis in den Bereich der Oberfläche gelangte. Diesem Umstand ist es zu danken, daß sich die Becken der Landschaft in bescheidenem Maße allmählich mit Wasser füllten; zudem begannen die Niederschläge jetzt zu steigen und die Temperaturgegensätze zwischen den Jahreszeiten sich auszugleichen. Daher haben wir im Boreal zum ersten Mal die Bildung erheblicher Mengen von Süßwasserabsätzen. Wahrscheinlich hat die Gunst des warmen Klimas nicht nur das Leben des muddeerzeugenden Planktons, sondern auch die lösende Kraft

des den Boden durchsickernden und den Sammelbecken zufließenden Wassers befördert und damit den Absatz von mächtigen Muddeschichten, insbesondere solchen von kalkiger Beschaffenheit, ermöglicht. Allerdings ist auch anzunehmen, daß die Verdunstung beträchtlicher war, als etwa heutzutage, und daß die Seespiegel daher beträchtlich schwankten. Dieser Umstand wieder vermag zu erklären, warum wir aus jener Zeit so verhältnismäßig wenig, aus Pommern bislang wohl gar keine Ablagerungen echten Torfes kennen: Die Stetigkeit des Wasserstandes, die die echten Sumpf- und Verlanderpflanzen zum Gedeihen brauchen, wird eben gefehlt haben.

Die erforderliche Stetigkeit des Wasserstandes im Boden und in den Seen trat offenbar erst mit Beginn und im Verlaufe der atlantischen Klimaperiode ein. Für diesen Abschnitt darf, wie gesagt, ein erheblich feuchteres Klima angenommen werden. Es wurde auch bereits auseinandergesetzt, daß gewisse Anzeichen im Moorprofil für ein dauerndes, langsames Ansteigen des Grund- und Seewassers während des Atlantikums sprechen. Man darf daraus zweifellos auf eine allmähliche Zunahme der jährlichen Niederschläge oder auf eine allmähliche Abnahme der Verdunstung schließen, die im Boden einen Überschuß schuf, der im Verhältnis zum Ausmaß der Verdunstung ständig zunahm. In jedem Fall erkennen wir im atlantischen Steigen des Grundwassers, sowie in der zunehmenden Stabilisierung der Wasserstände eine Ursache für das allgemeine Einsetzen der Torfbildung im südlichen Ostseebereich und darüber hinaus. Wir haben auch erkannt, daß das allmähliche Ansteigen insofern bedeutsam war, als es die Moor- bzw. Seebecken nicht auf einmal tief unter Wasser setzte, sondern einer torfbildenden Sumpfvegetation Zeit ließ, die Becken im gleichen Schrittmaß mit ihren humifizierten Resten auszufüllen.

Die Ursachen der klimatischen Änderung in Richtung auf zunehmende Feuchtigkeit, wie sie das Atlantikum kennzeichnet, sind uns heute noch z. T. verschlossen. Zweifellos aber hat der mehrfach erwähnte Vorgang der sog. Litorina-Transgression sein Teil dazu beigetragen, das Klima Norddeutschlands „maritimer“ zu gestalten. Denn in jener Zeit erreichte nicht nur die Ostsee, sondern auch die Nordsee ihre heutige Flächenausdehnung. Das bedeutete, daß der klimatische Einfluß der See erheblich weiter in das Binnenland hineingetragen wurde, als es vorher der Fall gewesen war.

Dieser geologische Vorgang, der bis zu einem gewissen, wahrscheinlich recht beträchtlichen Grade für das Eintreten des der Moorbildung förderlichen Klimas verantwortlich zu machen ist, hat aber auch unmittelbar die Seen- und damit die Moorbildung begünstigt. Denn eine Folge des Höherrückens des Meeresspiegels — sei es absolut oder, etwa infolge einer Senkung des Landes, nur relativ — mußte ein Anstieg des Grundwassers bis weit ins Binnenland hinein sein. Damit wären weithin auch ohne klimatische Veränderungen für die Moorbildung günstige Voraussetzungen geschaffen worden. Daß auch der unmittelbare Einfluß der Litorina-Transgression¹⁾ sich bei der Moorbildung geltend gemacht hat, glauben wir aus einem Vergleich der Moore in der pommerschen Grundmoränen-Ebene mit denen des Landrückens bei Neustettin ableiten zu dürfen: In diesen Hochmooren, die um 50 bis 100 m höher liegen als die Moore der Ebene und deren Grundwasser daher dem unmittelbaren Einfluß des steigenden Meeresspiegels entzogen war, wird die einsetzende Torfbildung ausschließlich auf den klimatisch bedingten Anstieg des Wassers zurückzuführen sein. Demzufolge

1) Die Bezeichnung „Transgression“ läßt die Frage offen, ob das Meer stieg oder das Land sank, welch' letztere Annahme in den Begriff „Litorina-Senkung“ enthalten ist.

sehen wir, da die ausschlaggebende Besserung des Wasserhaushaltes nicht sofort mit dem Beginn der Transgression erfolgt sein wird, daß die atlantische Torfbildung hier oben später einsetzt, als in den tiefer gelegenen Mooren des Küstenlandes.

Als Ursache der im Atlantikum einsetzenden Torfbildung ist also letztlich die Litorina-Transgression zu erkennen, die teils unmittelbar als Wirkung des in ihrem Gefolge eintretenden Grundwasseranstieges, teils mittelbar durch Umgestaltung des klimatisch bedingten Wasserhaushaltes im Boden die Bildung von Torf ermöglichte. Ohne sie — und ohne die spätere, subatlantische Feuchtigkeitszunahme — wäre der größte Teil der Geländevertiefungen Norddeutschlands heute noch wasserleer wie nach dem Abzuge des letzten Eises.

Die weitere Entwicklung der Moore, die nicht mehr der Gegenstand dieser Ausführungen sein soll, wird im wesentlichen durch eine mehr oder weniger eingreifende Behinderung der Torfanhäufung im Subboreal (vgl. z. B. Nr. 6 u. 9), sowie durch das Wiederaufleben im feuchten Subatlantikum bestimmt.

Übersichtstabelle.

Zeitabschnitte ¹⁾	Waldbild	Ostsee	Muddebildung	Beginn der Torfbildung
Subatlantikum (feucht-kühl, wie heute)	Verarmung der Wälder (Kiefer, Buche)	Ostsee (Mya- u. Limnaea-Zeit)		
Subboreal (allmähliche Wärmeabnahme; trockener)	Beginn des Bucheanstieges	Litorina-Meer		
Atlantikum (rel. warm u. feucht; ozeanisch)	} Wärmezeit Eichenmischwald als herrschende Waldform	Litorinatransgression	Im Anfang allgemein Ausklang der Muddebildung (im Geiglitzer Moor Beginn)	Im Kieshofer Moor, i. d. Uckermark, im Gr. Gelüch, bei Neustettin und im Kreise Stolp, sowie wahrscheinlich in den meisten pommerschen Mooren. Auch in den Nachbargebieten
5600 v. Chr.				
Boreal (rel. warm u. trocken; kontinental)	Kiefer, Birke, Hasel, Beginn der Laubhölzer	Ancylus-See	Hauptzeit der Muddebildung	
Präboreal (anfangs subarktisch, dann wärmer werdend)	Kiefer und Birke	Yoldia-meer Baltischer Eisse		

L e t z t e V e r e i s u n g

1) Diese Spalte enthält die Klimabezeichnungen der Zeitabschnitte und ihren ungefähren Charakter in Pommern.

Schrifttum.

1. v. Bülow, K.: Pollenanalytischer Beitrag zur Kenntnis des Kieshofer Moores bei Greifswald. Abh. Pom. Natf. Ges. IX. 1928. Jaekelheft.
2. Hueck, K.: Vegetationsstudien am Plötzendiebel bei Joachimsthal (Uckermark). Beitr. z. Naturdenkmalpflege XIII. Berlin 1929.
3. Hiller, W.: Pollenanalytische Untersuchungen aus dem Großen Gelüch bei Stargard in Pommern. Abh. Pom. Natf. Ges. VIII. 1927.
4. Nietsch, H.: Zwei Pollendiagramme aus dem Großen Gelüch. ebendort. IX. 1928.
5. Hesmer, H.: Untersuchungen zur Waldentwicklung in Pommern unter besonderer Berücksichtigung der Frage des natürlichen Fichtenvorkommens. Ztschr. für Forst- und Jagdwesen LXIII. 1931.
6. v. Bülow, K.: Beitrag zur Geologie pommerscher Hochmoore. Abh. Pom. Natf. Ges. VIII. 1927.
7. — Beiträge zur Kenntnis des Alluviums in Pommern. I. Altalluvialer Kalk bei Neustettin (Hinterpommern) Jrb. d. Preuß. Geol. Landesanst. f. 1927, Bd. 48.
8. — Drei Pollendiagramme aus Vor- und Ostpommern, ebendort f. 1928 Bd. 49.
9. — Beitr. z. Kenntn. d. Alluviums in Pommern III. Der Grenzhorizont in einem hinterpommerschen Moorprofil. Ebendort f. 1927, Bd. 48.
10. Paszewski, A.: Pollenanalytische Untersuchung einiger Moore in Nordwest-Polen. Vorl. Mitt. Acta Soc. botanicorum Poloniae 5 1927/28.
11. Gams, H. und S. Ruoff, Geschichte, Aufbau und Pflanzendecke des Zehlaubruches. Monographie eines wachsenden Hochmoores in Ostpreußen. Schrift. d. Phys.-ökonom. Ges. zu Königsberg i. Pr. LXVI. 1. Zehlau-Heft Teil I. 1929.
12. Hueck, K.: Ein Pollendiagramm aus der Uckermark. Verh. d. Botan. Ver. d. Prov. Brandenburg 70. 1928.

13. Hein, Lotte: Beiträge zur postglazialen Waldgeschichte Norddeutschlands. Pollenanalysen aus märkischen Mooren. Ebendort Bd. 73, 1931.
 14. Schuster O.: Postglaziale Quellkalke Schleswig-Holsteins und ihre Molluskenfauna in Beziehung zu den Veränderungen des Klimas und der Gewässer. Archiv f. Hydrobiologie Bd. XVI. Stuttgart 1925.
 15. Tidelski, Fr.: Untersuchungen über spät- und postglaziale Ablagerungen in Becken der kuppigen Grundmoränenlandschaft Schleswig-Holsteins. Ebendort XX. 1929.
-

Armadillidium zenckeri Brdt. als boreal-alpine Isopodenart.

Von Werner Herold, Swinemünde.

Gelegentlich meiner Isopodenuntersuchungen im Ostbaltikum¹⁾ war mir aufgefallen, daß *Armadillidium zenckeri* Brdt. abweichend von den 3 anderen dort vorkommenden Arten der Gattung, *pulchellum* Brdt., *pictum* Brdt. und *opacum* (C. L. Koch) keinen Baum- und Strauchbewuchs des Biotops verlangt und daß die Lebensbedingungen dieser Assel offenbar in hohem Maße den Anforderungen gleichen, die eine als boreal-alpines Relikt angesprochene Pflanze, die Mehlprimel (*Primula farinosa* L.), an ihren Standort stellt. Sowohl in Norddeutschland wie im Ostbaltikum habe ich *zenckeri*, mehrfach als einzige Asselart, auf Moorzweiden mit *farinosa*-Beständen festgestellt. Über die ostbaltischen Fundorte findet sich Näheres in der zitierten Arbeit. In Norddeutschland sind mir derartige Stellen gemeinsamen Vorkommens bekannt von Rostock, Wolgast, Anklam und Zinnowitz. Im Swinemoor bei Swinemünde ist *Primula farinosa* seit einigen Jahren verschwunden, *A. zenckeri* hat sich noch in großer Zahl erhalten. Außer im Norden ist die Art (durch Verhoeff) vom Nordrande der Alpen nachgewiesen.

Aus der Ökologie und der Verbreitungsweise der Art hatte ich (l. c. S. 488) den Schluß gezogen: „Sie hat als erstes von unseren *Armadillidien* infolge ihrer Unabhängigkeit von Baum- und Buschvegetation und ihrer Wider-

1) Siehe: Beiträge zur Verbreitung und Ökologie der Landisopoden des Ostbaltikums. Zeitschr. Morph. Ök. Bd. 18, 1930.

standsfähigkeit gegen niedere Temperaturen in der Präborealzeit die vom Eise befreiten Gebiete besiedelt und sich unter den geänderten klimatischen Verhältnissen der Folgezeit bis auf unsere Tage in Mooren und an ähnlich ungünstigen Biotopen gegenüber der Konkurrenz später eingewanderter anspruchsvollerer Formen erhalten. *A. zenckeri* wäre dann die erste boreal-alpine Art, die wir unter unseren europäischen Landisopoden kennen.“

Zwei Bedenken blieben gegenüber dieser Auffassung bestehen. Einmal war es mir auf meinen Reisen nicht gelungen, die Art auf Moorwiesen Kurlands, Livlands und Lettgallens nachzuweisen, auf denen *Primula farinosa* häufig vorkommt — ich hatte allerdings auf die Bestände dieser Pflanze nicht besonders geachtet, da mir die Gemeinsamkeit des Vorkommens erst gegen Schluß der letzten Reise in Eesti aufgefallen war. Ein weiteres uns zunächst noch schwerer erscheinendes Bedenken war darin zu sehen, daß das bisher bekannte Hauptverbreitungsgebiet dieser Assel im Ostbaltikum auf den Inseln Ösel, Dagö, Worms und Moon lag, also gerade in einem Areal, das nach übereinstimmender Ansicht der Geologen und Biogeographen zur Präborealzeit noch nicht aus dem Meere aufgetaucht war. Nun sind aber zahlreiche andere sicher boreal-alpine Pflanzen und Tiere auf den Inseln nachgewiesen. Nach der Ansicht ostbaltischer Botaniker und Zoologen ist die Besiedlung der Inseln in geologisch jüngerer Zeit hauptsächlich vom südlich gelegenen Festlande her, also von Kurland aus erfolgt.

Für passive Verschleppung mit Rohr- und Binsendreff ist an und für sich *A. zenckeri* wegen seiner Vorliebe für Ufer und flache Strandwiesen besonders geeignet. Sobald es daher gelang, nachzuweisen, daß die Art, wofür die bevorzugten Biotope selbst schon zu sprechen scheinen, nicht besonders empfindlich gegen längeren Aufenthalt im Wasser ist, sobald ferner ihr Nachweis auf irgendeiner

Moorwiese Kurlands glückte, konnten beide angeführten Bedenken zugleich fallen.

Das von mir erwartete (l. c. S. 488) Auffinden der Art in Kurland ist in der Tat eingetroffen. Auf meine Bitte hin sammelte Herr Alexander Große, Riga, dem ich auch an dieser Stelle für seine Hilfe bestens danke, vom Mai 1930 an auf einer Anzahl Moorwiesen Kurlands für mich Asseln. In dem sehr trockenen Mai und Juni verliefen Fänge auf Moorwiesen bei Dalbingen, Poli und Eckau ergebnislos. Am 20. 7. 1930, nachdem Mitte des Monats Juli Regen gefallen war, gelang es dagegen, die Tiere am Kanjersee nördlich Kemmern (etwa 35 km westlich Riga) zu erbeuten. Neben vereinzelt *Tracheoniscus rathkei* und *Ligidium hypnorum* enthielt dieser Fang 22 *A. zenckeri*. Jetzt ließ sich auch feststellen, das die erwähnten im Mai und Juni vergeblich untersuchten Moorwiesen die Art enthielten. Die Asseln hatten sich in der Dürrezeit in tieferen Erdschichten verkrochen und waren so der Beobachtung entgangen.

Zur Feststellung, ob *A. zenckeri* die für die Annahme passiver Verschleppung mit Dreff geforderte Widerstandsfähigkeit gegen Wasser besitzt, brachte ich am 16. 9. 1931 20 Exemplare der Art in ein Aquarium mit Leitungswasser. Alle Tiere waren am gleichen Tage im Swinemoor gefangen worden. Zum Vergleich wurden 20 *A. opacum* unter gleiche Bedingungen in ein gleich großes Aquarium gebracht. Auch diese Tiere waren am 16. 9. 1931 im Swinemoor, einige 100 m von der *zenckeri*-Fangstelle entfernt, erbeutet worden. Die Aquarien maßen 19 cm Länge und 11 cm Breite und wurden 5 cm hoch mit Wasser gefüllt. Die Temperatur des Wassers hielt sich während der Dauer des Versuchs auf $+ 15,5$ bis $+ 17,5^{\circ}$ C., war also nach früheren Erfahrungen¹⁾ nicht optimal, vielmehr zu hoch.

1) Herold: Untersuchungen zur Ökologie und Morphologie einiger Landasseln. Zeitschr. Morph. Ök. Bd. 4, 1925, S. 374.

Da aber ein Teil der an der erwähnten Stelle angeführten Versuche mit *Porcellium conspersum* und *Tracheoniscus rathkei* bei etwa gleichen Temperaturen angestellt worden war, und da ich einen Versuchsraum mit gleichmäßigen niedrigen Temperaturen nicht zur Verfügung habe, mußte versucht werden, auch unter diesen ungünstigen Bedingungen zu einem vorläufigen Ziel zu kommen.

Die Ergebnisse der Versuche mit *Armadillidium opacum* und *A. zenckeri* im Vergleich zu denen mit *Porcellium conspersum* und *Tracheoniscus rathkei* sind in der folgenden Übersicht zusammengestellt.

Art	Temperatur d. Wassers ° C.	Minimale Lebensdauer in Stunden	Maximale Lebensdauer in Stunden
<i>Porcellium conspersum</i>	14—16	6	ca. 6
<i>Armadillidium opacum</i>	15,5—17,5	10 ^{3/4}	ca. 16
<i>Tracheoniscus rathkei</i>	14—16	24	ca. 30
<i>Armadillidium zenckeri</i>	15,5—17,5	10 ^{3/4}	ca. 60

Berücksichtigt man, daß sich die Lebensdauer der Versuchstiere unter günstigen Verhältnissen, d. h. in Wasser von 9—10° C. bei *Porcellium conspersum* auf eine etwa 8 mal so lange Zeitdauer, bei *Tracheoniscus rathkei* gar in Wasser von 4—10° C. auf über 66 Tage verlängern ließ, so ist anzunehmen, daß *A. zenckeri*, das sich in den oben angeführten Versuchen unter sogar noch etwas ungünstigeren Temperaturbedingungen doppelt so lange wie die gegen Wasser wenig empfindliche Art *Tracheoniscus rathkei* halten ließ, eine so erhebliche Widerstandsfähigkeit gegen Wasser niederer Temperatur

aufweist, daß Bedenken gegen Wassertransport auch über größere Strecken hin kaum zu bestehen brauchen. Ich hoffe noch Gelegenheit zu haben, diese aus dem Verhalten der Art im wärmeren Wasser erschlossenen Ergebnisse mittels Versuchen im kälteren Medium nachzuprüfen. Denkt man aber an die relativ geringe Entfernung zwischen Ösel und Kurland (Sworbe-Dondangenscher Strand 30 km) und setzt man die Möglichkeit eines Transports im Inneren hohler Dreifteile z. B. Rohrstückchen in Rechnung, so dürften alle ernst zu nehmenden Bedenken gegen eine Besiedlung der ostbaltischen Inseln durch *Armadillidium zenckeri* von Kurland aus entkräftet sein.

Eine Beobachtung über die Fortpflanzungszeit der Zauneidechse (*Lacerta agilis*).

Von Werner Herold, Swinemünde.

Am 8. September 1931 erhielt ich 8 in einem Garten der Stadt Usedom 5 cm tief in der Erde gefundene Zauneidechsenier. Eine am 12. d. Mts. vorgenommene Öffnung der Eier zeigte wohl entwickelte Embryonen mit großem Dottersack. Die gesamte Entwicklungsdauer von der Eiablage bis zum Ausschlüpfen wird von Sternfeld (Die Reptilien und Amphibien Mitteleuropas, Schmeils Naturwissenschaftliche Atlanten, 1913, S. 21) auf etwa 6—9 Wochen angegeben und soll im Süden des Verbreitungsgebiets der Art schon in den letzten Julitagen, in nördlichen Gegenden 2—3 Woche später abgeschlossen sein. Hiernach müßten wir in unserem Gebiet etwa zwischen dem 10. und 20. August mit dem Schlüpfen junger Zauneidechsen zu rechnen haben. Der Zustand der am 12. 9. 1931 gefundenen Embryonen läßt aber auf eine noch mindestens 8-tägige Dauer des Eizustandes schließen. Vielleicht muß man die Zeit auch noch länger annehmen; entsprechende Angaben fehlen in der mir zugänglichen Literatur. Sicher ist aber, daß das Schlüpfen der Jungen mindestens einen Monat später zu erwarten wäre, als der oben erwähnten Literaturangabe entspräche. Offen bleibt die Frage, ob die Zauneidechsen unseres Küstengebiets in der Regel so späte Schlupfzeiten aufweisen, oder ob es sich nur um eine Folgeerscheinung des um einen Monat verspäteten Einsatzes der Sommerwärme im Jahre 1931 handelt. Zu Beobachtungen hierüber in den nächsten Jahren möchte diese Mitteilung anregen.

Vogelzugbeobachtungen in der Umgebung von Swinemünde.

(II. Mitteilung des Greifswald-Rügenschens Beobachternetzes¹⁾)
von Hellmut Prescher, Staatsförster.

Beobachtungspunkte und Zugrichtungen.

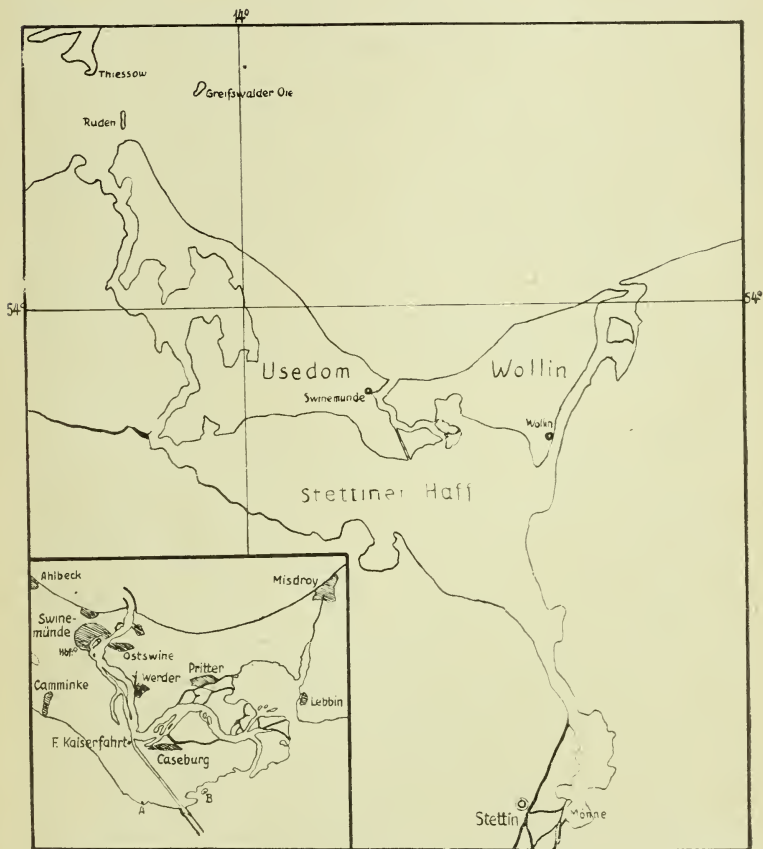
Da ich den größten Teil meines bisherigen Lebens auf den Inseln Usedom—Wollin (spez. Swinemünde und nähere Umgebung) verbrachte und hierbei eingehend von verschiedenen Punkten aus den hiesigen Vogelzug jahraus, jahrein beobachtete, möchte ich meine bisherigen Erfahrungen für spätere, umfassendere Arbeiten kurz zusammenstellen. Mein augenblicklicher Wohnort ist seit Dez. 28 das Forsthaus Kaiserfahrt bei Caseburg auf Usedom. Das Beobachtungsgebiet, das Caseburger Forstrevier, erstreckt sich bis zum südlichen Ausfluß der Kaiserfahrt und ist rund 6 km von Swinemünde entfernt. Vordem wohnte ich unmittelbar am Swinemünder Hauptbahnhof und in früheren Jahren in Camminke bzw. Friedrichsthal. Auch war ich gelegentlich im Forstrevier Pritter (Wollin) tätig, was mir zu meinen Beobachtungen wertvolle Ergänzungen brachte.

Bezüglich der geographischen und geologischen Verhältnisse des Beobachtungsgebietes sei auf Lassahn: „Die Entstehung des Swinemünder Flachlandes“ (Der Naturforscher 1928/29, Heft 5, pg. 206/11) verwiesen.

Swinemünde ist entschieden ein interessantes Zugbeobachtungsgebiet, obwohl man nicht ausschließen darf,

1) I. Mitteilung: Sturm, H.: „Der Vogelzug auf der Greifswalder Oie 1931“, in „Berichte des Vereins schlesischer Ornithologen“, 17. Jhrg. März 1932, Seite 12—39.

daß ein Teil der Zugvögel beim Frühjahrszug die Pommersche Bucht auf dem freien Meere überfliegt, also im westlichen Teil der Insel Usedom neben dem Abflug nach NO zur Greifswalder Oie (vergl. I. Mitteilung) das Festland in östlicher Richtung verläßt, um etwa bei Diewenow und weiter nordöstlich wieder das Festland zu erreichen. Die Hauptrichtung ist für die Umgebung von Swinemünde (Abb.) im Frühjahr W—O (auf der Insel



Karte von Usedom-Wollin
mit Teilkarte des engeren Beobachtungsgebietes.
A und B = Punkte der Reusenfänge.

Wollin dann z. T. mehr nach NO umschwenkend) mit einer Abzweigung nach SO. Eine Ausnahme hiervon machen alle Entenarten, sowie Schwäne und Säger, die die Insel fast durchweg in Richtung S—N oder entgegengesetzt überfliegen. Der im Frühjahr typische Zug von W nach O zeigt uns, daß wir es vorwiegend mit Zugvögeln zu tun haben, die, aus west- oder südwestlichen Winterherbergen kommend, über das Pommersche Küstengebiet nach Ost- bzw., da zunächst mit einer gewissen Stauung an der Küste zu rechnen ist, Nordosteuropa ziehen. Ob diese Vögel mit denen, die über Rossitten ziehen, identisch sind, wissen wir nicht bestimmt. Eine direkte Verbindung mit Rossitten haben wir bisher nur durch eine dort am 1. VIII. 1930 als ad. beringte Sturmmöve (*Larus canus*) erhalten, die im September (Tag?) 1930 bei Lohberg (Punkt B der Karte) verendet gefunden wurde. Ferner ist sicher anzunehmen, daß gewisse Vogelarten, die in Skandinavien heimisch sind, ebenfalls die hiesige Gegend berühren, wofür der Wiederfund eines Rotkehlchens (*Erithacus rubecula*), das ich bei Caseburg am 24. X. 30 als Durchzügler beringte und das am ca. 11. VIII. 31 in Sandhult bei Boras (Schweden) tot aufgefunden wurde, einen Beweis liefert. In welcher Weise und in welcher Stärke dieser Zug schwedischer Vögel über Usedom-Wollin hinweggeht, bedarf weiterer Klärung. Hübner schreibt in der „Avifauna von Vorpommern und Rügen“ p. 120: „Das Odertal mit den anstossenden Niederungs- und Forstgebieten führt im Herbst und Frühling, am auffallendsten wohl gelegentlich im März, große und zuweilen sich wolkenartig im Frühling von Süd nach Nord fortbewegende Vogelmassen, die sich beim Auslauf der Oder zum Teil fächerartig über die Haffküsten und über die Inseln Usedom-Wollin ausbreiten, und anscheinend in nicht zu starker Kopffzahl die Ostsee in nördlicher Richtung überfliegen“. Diese Schilderung Hübners steht in direktem Widerspruch mit meinen Fest-

stellungen, da ich im Frühling niemals Singvögel bei Tage aus südlicher Richtung über das Haff kommen sah, sie widerspricht auch den von Robien gemachten Beobachtungen, der alljährlich auf der Mönne im Frühjahr Vögel aus nördlicher Richtung kommen sieht. Auf eine entsprechende Anfrage schreibt mir Robien am 18. IV. 30: „Wir kennen hier im Frühjahr eigentlich nur Ankömmlinge aus dem Norden, besonders an den wenigen guten Zugtagen. Allerdings nur folgende Arten: Lerchen, Pieper, Finken, manchmal stundenlang Zug auf Zug. Auch Drosseln treffen aus dem Norden ein, aber nicht immer, desgleichen Stare, ebenfalls nicht regelmäßig. Dagegen ziehen hier Rabenvögel nach NO quer über das Land. Im Herbst kommen die Zugvögel ebenfalls aus dem Norden. Dies sind aber Nordländer. Unsere Brutvögel, eben jene, die aus dem Norden kommen, scheinen im Frühjahr nach Süden abzuwandern. Man kann also eine gewisse Art Rundreise annehmen“. Den nächtlichen Zug müssen wir hier ausnehmen, da keine entsprechenden Anhaltspunkte vorhanden sind.

Die Beobachtungen an Einzelpunkten der Swinemünder Umgebung ergeben folgendes; Abgesehen von dem Zug, der die Ostseeküste als Leitlinie benutzt, sah ich bei meinen Beobachtungen am Swinemünder Hauptbahnhof (südl. der Stadt) Frühjahr 1928, daß gerade über diesen hinweg ein recht guter Zug nach SO geht. Verzeichnet wurden vornehmlich Rabenvögel, Kiebitze, Brachvögel, Stare, Drosseln, Lerchen und Finkenvögel. Bei weiteren Beobachtungen ab Frühjahr 1929 am Forsthaus Kaiserfahrt (6 km südsüdöstl. vom Sw. Hptbhf.) ergibt sich für diesen Punkt gleichfalls Zug nach SO, jedoch von den vorgenannten Arten nur vorwiegend Buchfinken, dazu einige Drosseln, Stare und Lerchen. Mithin dürfte der Hauptzug (besonders Rabenvögel, Kiebitze und Brachvögel) vorher nach O umschwenken. Diese Schwenkung liegt etwa bei

Werder. Der beim Forsthaus Kaiserfahrt zu beobachtende Finkenzug nach SO trifft östlich vom Ausfluß der Kaiserfahrt auf die Haffküste und benutzt dann diese anscheinend als Leitlinie. Der Finkenzug geht in breiter Front vor sich. Abseits der Kaiserfahrt beobachtet man ebenfalls ausgesprochene südöstliche Tendenz. An der Haffküste zwischen Camminke und der Kaiserfahrt (die Küste verläuft hier NW—SO) findet regelmäßig Kleinvogelzug (hauptsächlich Lerchen, Finken, Pieper, Drosseln, Stare und Ammern) statt, der, der Haffküste folgend, nach SO führt und die Schwenkung der Küste am südlichen Ausfluß der Kaiserfahrt nach ONO mitmacht (Landgebundenheit). Dieser Zug längs der Küste wird durch die Zuzügler (vorwiegend Finken), die in breiter Front über das Caseburger Waldgebiet kommen, verstärkt.

Neben dem im Allgemeinen beobachteten NW—SO gerichteten Kleinvogelzug fiel an manchen guten Zugtagen der Monate März und April Zug in gerade entgegengesetzter Richtung auf. Anfänglich glaubte ich, daß es sich bei dem entgegengesetzten Zug um Vögel handelte, die, der Beschreibung von Hübner entsprechend, aus dem Odertal um die Haffküste herumkamen. Die weiteren Beobachtungen sprechen aber dafür, daß es sich in diesen Fällen um pendelartige Bewegungen als Reaktion auf die Windrichtung (Suchen nach seitlichem Gegenwind) und auf Wetterstürze handelt. Hierfür sprechen auch die oben angeführten Beobachtungen Robiens. Ob der Zug, den Robien im Frühjahr von Nord nach Süd fließen sieht, mit der hiesigen Abzweigung nach SO in Beziehung steht, läßt sich hier nicht erkennen, erscheint aber nicht wahrscheinlich.

Beringung.

An den in der Karte mit A und B bezeichneten Punkten werden jeden Sommer und Herbst auf dem Lande oder in Landnähe von Neuwarper Fischern Flügelreusen (durch-

schnittlich 200 Stück) zum Trocknen aufgestellt, die als unfreiwillige Vogelfallen unerschöpfliche Hilfsquellen zur Feststellung von Arten und Zugdaten sind. Reusenstand A befindet sich auf dem Festland und ist vom nächsten Waldbestand ca. 150 m entfernt, B auf einer kleinen vorgelegerten Insel (ca. 3 ha Wiesengelände) mit einer Entfernung von 1200 m vom nächsten Waldbestand. Abgesehen von Teich- und Schilfrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus* s. (Herm.) und *A. schoenobaenus*, L.), die sich schon ab Juli fast täglich (meist juv.) fangen, verfliegen sich alljährlich regelmäßig in die Reusen: Star (*Sturnus vulgaris* v., L.), Rohrammer (*Emberiza schoeniclus* sch., L.), Wiesenpieper (*Anthus pratensis*, L.), Kohlmeise (*Parus major* m., L.), Sumpfmehle (*Parus palustris* p., L.), Weidenlaubvogel (*Phylloscopus collybita* c., Vieill.), Fitislaubvogel (*Ph. trochilus* tr., L.), Drosselrohrsänger (*Acrocephalus arundinaceus* a., L.), Braunkehlchen (*Saxicola rubetra* r., L.), Gartenrotschwanz (*Phoenicurus ph. ph.*, L.), Neuntöter (*Lanius collurio* c., L.), Dorngrasmücke (*Sylvia communis* c., L.), Zaungrasmücke (*Sylvia curruca* c., L.). Letztere drei Arten fingen sich bisher nur bei A. Je einmal wurden gefangen: Bachstelze (*Motacilla alba* a., L.) bei A, Schafstelze (*Motacilla flava* fl., L.) bei B, Haubenmeise (*Parus cristatus* c., L.) bei A, Rauchschwalbe (*Hirundo rustica* r., L.) bei B, grünfüßiges Teichhuhn (*Gallinula chloropus* ch., L.) bei B. Beachtlich ist, daß sich im Herbst 1930 bei A und B Arten fingen, die in den anderen Jahren dort nicht in die Hände gelangten: Blaumeise (*Parus caeruleus* c., L.) 8, Wintergoldhähnchen (*Regulus r. r.*, L.) 16, Zaunkönig (*Troglodytes tr. tr.*, L.) 4, Rotkehlchen (*Erithacus rubecula* r., L.) 20. Hiermit im Zusammenhang wurden 1930 auch mehr Gartenrotschwänze gefangen, davon eine Rückmeldung nach 8 Tagen von Brescia, Oberitalien (vergl. Sturm, „Der Vogelzug auf der Greifswalder Oie 1931“ p. 24). Laubsänger fingen sich des öfteren bei B in

Reusen, die bis zu 1 km vom Lande entfernt in Binsenkämpfen standen.

Der Umstand, daß sich nur 1930 Blaumeisen, Goldhähnchen, Zaunkönige und Rotkehlchen in den Reusen fingen, läßt den Schluß zu, daß diese Arten nicht alljährlich, zum mindesten nicht in gleich hoher Zahl, die Casseburger Haffküste berühren, zumal, da außerdem Rotkehlchen und Goldhähnchen während dieser Herbstperiode ungewöhnlich zahlreich angetroffen wurden. Möglich ist aber auch, daß die Tiere infolge günstiger meteorologischer Bedingungen längere Zeit rasteten, wodurch ja ebenfalls höhere Fangzahlen bedingt sind. Der Wiederfund des Gartenrotschwanzes nach 8 Tagen in Oberitalien läßt den Schluß zu, daß der Weg auf kürzester Strecke, also in südlicher Richtung übers Haff, zurückgelegt wurde. Ein kürzlich im Haff errichtetes Oberfeuer ermöglicht vielleicht eine weitere Klärung dieser Zugverhältnisse.

Der Swinemünder Leuchtturm hat m. E. für den Vogelzug keine große Bedeutung, auch ist der nächtliche Anflug nach Angabe der Wärter nur gering. (Etwa 300 Vögel im Jahr, an guten Zugtagen bis zu 15).

Insgesamt wurden 1928/31 709 Vögel in 47 Arten (nicht nur Reusenfänge) mit Helgoländer Ringen gezeichnet. Erwähnt sei die Rückmeldung eines Teichrohrsängers (*Acrocephalus scirpaceus* s. Herm.), der am 13. VII. 1930 bei Punkt A beringt und am 6. X. 1931 in Portimao (Portugal) wiedergefangen wurde. Erwähnenswert sind die Wiederfunde von Schleiereulen (*Tyto alba guttata*, Brehm), die bei Swinemünde als juv. beringt wurden. (Alle Jungvögel wurden von demselben Weibchen erbrütet).

1. Beringt am 17. VIII. 28, tot aufgefunden am 3. II. 29 in Quilitz, bei Liepe (Usedom).
2. Beringt am 19. VI. 29, gefangen am 18. X. 29 in Pinnow (Mecklenburg).
3. Beringt am 13. VI. 30, tot aufgefunden am 31. X. 30 in Alt-Kätwin bei Laage (Mecklenburg).

4. Beringt am 13. VI. 30, gefangen am ca. 25. II. 31 in Buchhof bei Neubrandenburg.

5. Beringt am 13. VI. 30, wiedergefunden am 15. V. 31 in Gollnow.

Im Interesse des Vogelschutzes sei bemerkt, daß die Fischer nach Kräften den Einflug in die Reusen zu verhindern suchen, was nicht immer gelingt, da sich die Vögel infolge der günstigen Nahrungsbedingungen mit Vorliebe zwischen den Reusen aufhalten.

Einzelne Arten.

Nebelkrähe (*Corvus cornix* c., L.), Saatkrähe (*C. frugilegus* f., L.) und Dohle (*Coloeus monedula* m., L.). — Im Küstengebiet der Ostsee im Frühjahr ausgesprochener Zug nach O und ONO. — Swinemünde Hauptbahnhof März 28 ca. 3200 SO. Schwacher Zug geht auch über Camminke in Richtung Werder. — Sw. Hptbhf. Okt. 28 14000 Rabenvögel (davon 70% Saatkrähen, 20% Nebelkrähen, 10% Dohlen) nach NW.-Caseburg (Ort)¹⁾: Herbst 1931 ca. 8000 nach W. Bei östlichem Wind schwenkt der Zug in diesen Fällen nach NW und hört gewöhnlich bald ganz auf. Starke Konzentration des Krähenzuges im Frühjahr bei Warnow, nicht dagegen im Herbst, was auch Hübner p. 121 erwähnt.

Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes* c., L.) — Während der ganzen Jahre der Beobachtung nur ein Exemplar, am 7. IX. 1930 bei Camminke.

Eichelhäher (*Garrulus glandarius* g., L.). — 1930/31 Invasion (vergl. Mitt. ü. d. Vogelwelt 10/12, 1930, p. 33/34).

Star (*Sturnus vulgaris* v., L.). — Sw. Hptbhf.: März 28 ca. 1500 nach SO, 22. VI. 28 in einer Stunde 1500 juv. nach NW (vergl. auch Schüz, E. „Frühsommerzug bei Star und Kiebitz“, Der Vogelzug, III, 2, 1932, p. 52/57). Okt. 28 ca. 4000 nach NW. — Forsth. Kaiserfahrt: März 31 etwa 200 SSO bis SO, 1932 keine. Ab Mitte Juni Zusammenrotten von Jungstaren zu 1000 und mehr. — Caseburg (Ort):

1) Caseburg Ort wird im Herbst stets von Rabenvögeln überflogen, niemals dagegen im Frühjahr.

Okt. 30 2000 nach W, Okt. 31 2500. Zwei beim Sw. Hptbhf. Aug. 28 beringte Jungstare wurden Sept. 29 in Swinemünde bzw. Caseburg tot aufgefunden.

Grünling (*Chloris chloris* ch., L.). — Sw. Hptbhf. am 28. IV. 28. 180 SO. — Herbst 30 Rast von Flügen bis zu 300 häufig auf der Spülfläche am Südausfluß der Kaiserfahrt.

Erlenzeisig (*Acanthis spinus*, L.) u. Birkenzeisig (*Acanthis flammea* f., L.). — Als Wintergäste zahlreich, erstere Art vorwiegend in Erlenbeständen ab Oktober. Oft in Meisenschwärmen.

Berghänfling (*Acanthis flavirostis* f., L.). — Nov. 28 ca. 75 an der Westmole, Dez. 30 ca. 200 an der Spülfläche der Kaiserfahrt.

Nordischer Gimpel (*Pyrrhula pyrrhula* p., L.). — Ab Sept. in geschlossenen Trupps, Rast bis Ende März.

Fichtenkreuzschnabel (*Loxia curvirosta* c., L.). — Seit 1927 Invasion, besonders stark 30, während des ganzen Jahres. 1931 nur sehr mäßig.

Buchfink (*Fringilla coelebs* c., L.). — Sw. Hptbhf. März 18 ca. 4000 SO, Forsth. Kaiserfahrt März 32 2000 SO. Am Südausfluß der Kaiserfahrt gehen am 17. III. 30 ca. 20 Buchfinken nach SSO auf das Haff hinaus. Wie stark der Zug in dieser Richtung über das Haff ist, werden weitere Beobachtungen ergeben.

Raubwürger (*Lanius excubitor* e., L.). — Okt. bis März in einzelnen Stücken immer vertreten.

Heidelerche (*Lullula arborea*, L.). — Bei A März 29 ca. 400 SO, Okt. 600 NW.

Feldlerche (*Alauda arvensis* a., L.). — Bei A März 29 ca. 2000 SO, Okt. 29 2000 NW.

Wiesenpieper (*Anthus pratensis*, L.). — Bei A März 29 2000 SO, Okt 29 ca. 2200 NW. Haben die Vögel es eilig, überschneiden sie stets die Camminker Bucht, verlassen also bei A die Küste und treffen bei Neverow bezw.

westl. davon wieder auf Land. Sinngemäß auch bei anderen Arten zu beobachten.

Schafstelze (*Motacilla flava* f., L.). — Bei A 29. IV. 29 4 nach SO. — Die nordische Form, *M. flava thunbergi* (Billberg), erscheint im Frühjahr zuweilen als Rastvogel auf der Spülfläche der Kaiserfahrt, so am 2. V. 29 (14) 8. V. 32 (10), 12. V. 32 (3).

Weißer Bachstelze (*Motacilla alba* a., L.). — Bei A 23. März bis Ende April 29 42 SO.

Seidenschwanz (*Bombycilla garrulus* g., L.). — Vom 26. X. 31 bis 25. II. 32 ungewöhnlich häufig.

Wacholderdrossel (*Turdus pilaris*, L.). — Dez. 30 bei A 450 nach NW.

Singdrossel (*Turdus philomelos* ph., Brehm) und Weindrossel (*Turdus musicus* m., L.). — Im Frühjahr und Herbst 28 Sw. Hptbhf. ca. 2000, bei A etwa gleiche Anzahl, 1930 etwas mehr.

Rauchschwalbe (*Hirundo rustica* r., L.), Mehlschwalbe (*Delichon urbica* u., L.), Uferschwalbe (*Riparia r. r.*, L.) und Mauersegler (*Apus a. a.*, L.). — Frühsommerzug ab Anfang Juni längs der Haffküste nach NW. *Riparia* ist nur wenig vertreten und dürfte aus der Kolonie bei Lebbin stammen.

Rauhfußbussard (*Buteo lagopus* l., Brünn). — Oktober 31 bis März 32 wanderten am Forsthaus Kaiserfahrt bzw. Umgebung 18 durch. Vorwiegend Kurs S:SSO oder umgekehrt.

Weißer Storch (*Ciconia ciconia* c., L.). — Früheste Ankunft: 1928 am 16. IV. (2), am 12. IV. 32 (3). Forsth. Kaiserfahrt: April/Mai 32 8 NO. Im August Rastgesellschaften auf den Wiesen bei Camminke (1928 10 + 31 + 16). Bei Friedrichsthal werden alte, hohe Kiefern während der Herbstrast als Schlafbäume gern bezogen.

Ringeltaube (*Columba palumbus* p., L.). — Bei Eichelmast im Herbst in den Beständen bei A lange rastend. Dort auch Frühjahrsdurchzug nach SO, Okt. 30 800 NW.

Kiebitz (*Vanellus vanellus*, L.). — Sw. Hptbhf. März-April 28 350 SO, Aug. 28 ca. 255 nach NW. u. W. Frühsommerzug an der Haffküste, auch bei Swinemünde. Am 27. V. 31 erstmalig bei Warnow (vergl. oben erwähnte Arbeit von Schüz).

Großer Brachvogel (*Numenius arquata* a., L.). — Sw. Hptbhf. im März u. April 28 385 nach O u. SO. Oft nachts Rufe, wobei die Beleuchtung des Bahnhofes sicher nicht ohne Einfluß war. — Eine interessante Beobachtung am 27./28. VII. 28 gegen 0.30 Uhr: Starkes Gewitter mit Regen, plötzlich Brachvögel rufend. Die Rufe folgten sehr schnell aufeinander und verrieten deutlich die Aufregung der Vögel. Nach jedem Donnerschlag verstärktes Rufen. — Gemischter Zug von Kiebitz und Brachvogel wurde nur einmal (13. VII. 28) von 36 Kiebitzen und 18 Brachvögeln beobachtet. Die Kiebitze hielten mehr die Spitze des Zuges, die Brachvögel den Schluß. Flughöhe in diesem Fall 100 m, Zugrichtung NW. (Frühsommerzug).

Saatgans (*Anser fabalis* f., L.). — Oktober bis März, streichen nach O und NO oder umgekehrt. Beliebte Raststation ist das Thurbruch (8,5 km westl. von Sw.). Dort z. B. am 31. XII. 30 ca. 800 rastend. Evtl. Gelegenheit zur Feststellung von Seltenheiten (vergl. Schüz, E. „Achtet auf seltene Gänse“ in „Wild und Hund“ 1930, Nr. 49, p. 916 u. 917).

Grauer Kranich (*Megalornis grus* g., L.). — 1928 Sw. Hptbhf. erstmalig am 5. III. (3). — Durchzug bis 5. IV. insges. 689 nach O. Über Caseburg im Frühjahr selten, im Herbst schwacher Zug (Herbst 1929 42 nach W). Der Herbstzug der Kraniche scheint vorwiegend südlich vom Haff zu liegen, da ich im Herbst 26 und 27 bei Torgelow guten Kranichzug beobachten konnte.

Strandsuche: Alljährlich nach dem Frühjahrszuge (Mitte Mai) suche ich die Küste der Insel Wollin nach angeschwemmten Vögeln ab. Die Resultate sind laufend in „Der Vogelzug“ bekannt gegeben. 1931 wurden einige Seltenheiten gefunden: Sperlingskauz (*Glaucidium passerinum* p., L.), Gryllumme (*Uria grylle* g., L.) und Lund (*Fratercula arctica* a., L.).

Rastbeobachtungen: Näheres Beobachtungs- und Zahlenmaterial fehlt noch über den Zug, der direkt an der Küste der Ostsee verläuft. Zur Feststellung durchziehender Arten dürfte eine dortige Beobachtung wesentlich sein, auch hinsichtlich der Zugrichtungen dürfte sie noch wichtige Aufschlüsse bringen. Ich mußte mich darauf beschränken, bevorzugte Rastplätze an der Ostseeküste (z. B. die Joachimsfläche an der Sw. Westmole) gelegentlich zu besuchen. Ab Juli sieht man dort gesellig: Halsbandregenpfeifer (*Charadrius hiaticula* h., L.), Alpenstrandläufer (*Calidris alpina* a., L.) und Flußuferläufer (*Tringa hypoleucos*, L.), dazwischen vereinzelt Kiebitzregenpfeifer (*Squatarola squatarola* s. L.), Steinwäzler (*Arenaria interpres* i., L.), Isländischer Strandläufer (*Calidris canutus* c., L.), Sanderling (*Crocethia alba*, Pall.), Austernfischer (*Haematopus ostralegus* o. L.), Zwergrohrdommel (*Ixobrychus minutus* m., L.). Neubaur stellte hier außerdem fest: Sumpfläufer (*Limicola falcinellus* f., Pontopp.) und Plattschnäbligen Wassertreter (*Phalaropus fulicarius*, L.), vergl. Abh. u. Ber. d. Pom. Naturf. Ges. 1925, p. 36. Erstere Art sah ich in 10 Exemplaren am 14. IX. 1928 an der Swinemünder Kläranlage. Ein Belegexemplar wurde geschossen. — Im Herbst findet man häufig größere Ansammlungen im gesamten Molengebiet, die eine Erfassung des Küstenzuges wesentlich erleichtern.

Zusammenfassung.

Für die engere Umgebung von Swinemünde haben die Beobachtungen Aufschluß gegeben über die Zugrichtungen

einer ganzen Reihe von Arten. Zahlenmäßig konnte der Zug nicht völlig erfaßt werden, doch zeigen die einzelnen Daten zur Genüge, daß über das erwähnte Gebiet ein recht guter Vogelzug hinweggeht.

Für die weiteren Beobachtungen dürfte zunächst die bei *Fringilla coelebs* erwähnte Abzweigung nach SO und SSO ins Haff hinaus interessieren. Es ist daher für die nächste Zugperiode eine Beobachtung auf der Spülfläche am Südausfluß der Kaiserfahrt geplant, da sich dieser Punkt am weitesten ins Haff vorschiebt. Hieran anschließend kann dann auch den Zugverhältnissen im südlichen Haffgebiet nachgeforscht werden, bleibt doch zu untersuchen, ob es sich bei den von Robien geschilderten Zugverhältnissen auf der Mönne (Ankunft und Durchzug im Frühjahr aus N) etwa um rein topographische bezw. Witterungseinflüsse handelt.

Der Zug skandinavischer Vögel über die beiden Inseln kann nur in Verbindung mit den Arbeiten auf der Greifswalder Oie (vergl. I. Mitteilung) — vornehmlich durch Beringungen — geklärt werden.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA

506 NEU C002 v.50-59(1922-19
Mittellungen aus dem Naturwissenschaftli



3 0112 088386591