

10.9.1927

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

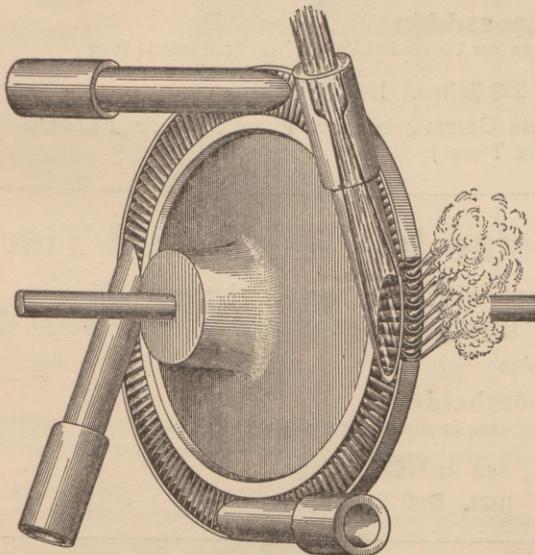
HEFT 37 (SEITE 753—768)

16. SEPTEMBER 1927

FÜNFZEHNTER JAHRGANG

INHALT :

Zehn Jahre Hydrobiologische Anstalt Plön der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft. Von AUGUST THIENEMANN, Plön	753	Die Konzentrierung und Isolierung des Elements 91 — Protactinium. Von ARISTID v. GROSSE, Berlin-Dahlem	766
Der submikroskopische Feinbau der Zellmembranen. Von ALBERT FREY, Zürich. (Mit 9 Figuren)	760	Einige Beobachtungen über Elektronenströme in gaserfüllten Räumen. Von M. PIRANI und H. SCHÖNBORN, Berlin	767
ZUSCHRIFTEN:		Über die Löslichkeit nicht rostender Stähle in destilliertem Wasser. Von H. FITTING, Bonn	768
Das Bor-Bogenspektrum. Von RALPH A. SAWYER, Berlin-Charlottenburg	765	BERICHTIGUNG	768



Wirkungsweise einer Dampfturbine
Abb. 114 aus nebenstehendem Buch

Technisches Denken und Schaffen

Eine leichtverständliche Einführung
in die Technik

Von

Dipl.-Ing. Georg v. Hanffstengel
a. o. Professor an der Technischen Hochschule
zu Berlin

Vierte, neubearbeitete Auflage

Mit 175 Textabbildungen
XII, 228 Seiten · 1927

Gebunden Reichsmark 6.90

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{1}$ Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Lehrbuch der Pflanzenphysiologie auf physikalisch-chemischer Grundlage

Von

Dr. W. Lepeschkin

früher o. ö. Professor der Pflanzenphysiologie an der Universität Kasan, jetzt Professor in Prag

Mit 141 Abbildungen. VI, 297 Seiten. 1925. RM 15.—; gebunden RM 16.50

Kolloidchemie des Protoplasmas

Von

Dr. W. Lepeschkin

früher o. ö. Professor der Pflanzenphysiologie an der Universität Kasan, jetzt Professor in Prag

Mit 22 Abbildungen. XI, 228 Seiten. 1924. RM 9.—

(Bildet Band VII der „Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere“)

Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier

Zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Wechselbeziehungen
der gesamten Organismenwelt

Von

Emil Abderhalden

o. ö. Professor und Direktor des Physiologischen Institutes der Universität Halle a. S.

Zweite, vollständig neu verfaßte Auflage

V, 61 Seiten. 1924. RM 2.40

Grundzüge der chemischen Pflanzenuntersuchung

Von

Dr. L. Rosenthaler

a. o. Professor an der Universität Bern

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage

IV, 115 Seiten. 1923. RM 4.—

Zehn Jahre Hydrobiologische Anstalt Plön der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft¹.

VON AUGUST THIENEMANN, Plön.

Am 2. Oktober 1916 starb Professor Dr. OTTO ZACHARIAS, der Begründer der im Jahre 1892 eröffneten Biologischen Station zu Plön. Mit ihm war eine ganz eigenartige Persönlichkeit dahingegangen, die sich mit eisernem Fleiße aus einfachen Verhältnissen aufgearbeitet hatte. Seine geschichtliche Bedeutung liegt weniger in den Ergebnissen seiner eigenen wissenschaftlichen Forschungen „als in der unermüdlichen Propagandatätigkeit, die er für sein Arbeitsgebiet entfaltet und durch die er allmählich immer mehr nicht nur die Augen der Fachgenossen auf dieses verheißungsvolle Neuland biologischer Forschung lenkte, sondern auch das Interesse weitester Kreise für die Organismenwelt der Gewässer weckte“. (Arch. f. Hydrobiol. 11, 11). In der Plöner Station schuf er das erste Institut zur Erforschung des Lebens der Binnengewässer überhaupt, er begründete auch die erste selbständige hydrobiologische Zeitschrift, das „Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde“, von dem bis heute (1927) 17 Bände und 7 Supplementbände vorliegen.

Dreiviertel Jahre stand die Biologische Station verwaist da, bis sie am 1. Juli 1917 die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften als „Hydrobiologische Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft“ in den Kreis ihrer Forschungsinstitute aufnahm und mir die Leitung übertrug.

In dem Programm, das ich damals vor den an der Weiterführung und dem Ausbau der Station interessierten Kreisen entwickelte, und das unter dem Titel „die wissenschaftlichen Aufgaben und die wirtschaftliche Bedeutung der Biologischen Station zu Plön“, im Archiv für Hydrobiologie — dessen Schriftleitung mir nach ZACHARIAS' Tode übergeben wurde — veröffentlicht wurde, stellte ich als Aufgabe der Plöner Station kurz hin „das Studium der Wechselwirkung zwischen dem Lebensraum und seiner Organismenwelt in den Binnengewässern, und zwar speziell in unseren Binnenseen“. Und ihre wirtschaftliche Bedeutung wurde darin gesehen, daß mit dem Ausbau einer „rein wissenschaftlichen vergleichenden biologischen Seenkunde“, zugleich „auch die Grundlagen für eine wahrhaft rationelle fischereiliche Nutzung der Binnenseen“ geschaffen werden.

Zehn Jahre wissenschaftlicher Arbeit liegen nun hinter uns: was hat die Hydrobiologische Anstalt in dieser Zeit geleistet? Inwieweit hat sie das im Beginn aufgestellte theoretische Programm erfüllt? Und hat sie durch ihre wissenschaftliche

Tätigkeit auch die Erwartungen der Praxis nicht betrogen?

Im tiefen Verständnis für das Wesen der wissenschaftlichen Forschung macht die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft den Leitern ihrer Institute keinerlei Vorschriften für ihre Arbeit: der Gelehrte, der an einem Kaiser Wilhelm-Institute arbeitet, entfaltet sich frei und unbehindert in seinem wissenschaftlichen Forschen und läßt sich den Weg weisen nur durch seine eigenen Ideen! Kontinuierlich entwickeln sich die Probleme im Geiste des Forschers, wenschon natürliche äußere Einflüsse — Zufallsfunde können wir sie nennen — eingreifen. Alte Gedanken werden fortgesponnen, neue Fäden werden eingeschlagen, und so nimmt das Alte oft ganz neue, unerwartete Gestaltung an.

Naturgemäß schlossen sich die in Plön ausgeführten Untersuchungen an meine früheren Arbeiten an.

Schon vor etwa 20 Jahren war ich auf eine Gruppe unserer Süßwassertiere aufmerksam geworden, auf die Zuckmücken oder *Chironomiden*. In geradezu ungeheurer Massenentwicklung und Artenzahl bevölkern ihre Larven und Puppen unsere Binnengewässer; sie bilden den Hauptteil der Nahrung fast aller unserer Süßwasserfische. Noch aber sind ihre im Wasser lebenden Jugendstadien, die Larven und Puppen, größtenteils unbeschrieben. Besonders FR. LENZ und ich waren daher bemüht, alle uns begegnenden *Chironomiden* aufzuziehen, so daß wir die zusammengehörenden Larven, Puppen und Mücken kennenlernten, und diese zu beschreiben; nur der kleinste Teil dieser Beschreibungen ist bisher veröffentlicht. In erster Linie leitete uns dabei der Wunsch, diese große Formenmannigfaltigkeit zu meistern — denn „ein natürliches Bestreben verlangt zu wissen, was es alles gibt“ — und eine Systematik dieser Tiergruppe aufzustellen, die es ermöglichen sollte, eine jede Form, die wir antreffen, in jedem Stadium zu bestimmen. Dabei zeigte es sich, daß jedes Stadium, Larve, Puppe und Imago (Mücke), selbständige Wege der Formumbildung gehen kann, so daß die *Chironomiden* eine ganz besondere Bedeutung für die Frage der Entstehung neuer Arten, wie für die Methodologie des natürlichen Systems der Organismen gewinnen können. Leider haben die zünftigen Genetiker dieser Tiergruppe ihre Aufmerksamkeit noch nicht gewidmet. Nebenbei sei bemerkt, daß sich in der Geschichte der *Chironomus*-forschung — schon ARISTOTELES kannte diese Tiere — ein gut Teil der historischen Entwicklung der Zoologie überhaupt widerspiegelt.

¹ Bericht, erstattet in der Sitzung des Kuratoriums der Hydrobiologischen Anstalt in Plön am 4. VII. 1927.

Zwei Wege führen von den Chironomiden nun auf das Hauptproblem der biologischen Seenkunde hin, um das sich die größte Zahl der Arbeiten gruppiert, die aus der Plöner Anstalt hervorgegangen sind, das *Problem der biologischen Seetypen*.

Ein großer Teil meiner Tätigkeit in Westdeutschland war der Untersuchung von Abwässern und dem Ausbau der *Abwasserbiologie* gewidmet, d. h. der Lehre von der Besiedelung verunreinigter Gewässer; die sog. *biologische Wasseranalyse* zieht dann auf Grund der Fauna und Flora eines Gewässers einen Rückschluß auf Ursprung, Art und Grad der Verunreinigung des betreffenden Gewässers. In Plön mußten derartige Untersuchungen (zum Glück! kann man sagen) ganz zurücktreten, da hier die Gewässer noch nicht oder kaum unter kultureller Verunreinigung zu leiden haben. Doch kamen wir durch praktische Gutachten gelegentlich mit Abwässern in Berührung; ein kleiner Beitrag zur feineren Differenzierung der biologischen Wasseranalyse konnte auch hier geliefert werden. Und ein Zufall brachte es mit sich, daß wir in WILHELM RAABES sonnigem „Sommerferienheft“, „Pfisters Mühle“, den ersten „Roman der biologischen Wasseranalyse“ entdeckten und seine Entstehungsgeschichte klarlegen konnten. — In den durch faulende Stoffe hochgradig verschmutzten Gewässern entwickeln sich die roten *Chironomuslarven* (der *Thummigruppe*) in gewaltigen Mengen, alle anderen Tiere, mit Ausnahme bestimmter Würmer, treten ganz zurück. Es ließ sich zeigen, daß der nährstoffhaltige Schlamm solcher Stellen von diesen Tieren deshalb so gut ausgenutzt werden kann, weil gerade diese roten Chironomuslarven auch in einem ganz sauerstoffarmen, ja fast sauerstofffreien Wasser — wie es durch die Fäulnisprozesse entsteht — leben können. Nun spinnt sich der zweite Faden von den Kraterseen der Eifel her. Hier hatte die gemeinsam mit Prof. W. VOIGT, Bonn, durchgeführte Erforschung der Eifelmaare ergeben, daß die Tiefenfauna der einen Gruppe von Maaren charakterisiert ist durch Massenentwicklung von roten *Chironomuslarven*, während die andere Gruppe in ihrem Tiefenschlamm nur die Larven einer Chironomide der *Tanytarsusgruppe* enthielt. Die an den Abwässern gewonnenen Erfahrungen legten die Vermutung nahe, daß jene *Chironomusmaare* in der Tiefe zur Zeit der stärksten Sommerstagnation einen hochgradigen Sauerstoffschwund zeigen, die *Tanytarsusmaare* aber stets auch in der Seetiefe einen normalen Sauerstoffgehalt aufweisen. Gasanalysen des Tiefenwassers führten zur Bestätigung dieser Ansicht, und Literaturstudium und Ausdehnung der Untersuchungen auf norddeutsche Seen ließ erkennen, daß *Chironomus-* und *Tanytarsusseen* die zwei in Mitteleuropa in größter Zahl vorhandenen *Seetypen* darstellen. Inzwischen hatte EINAR NAUMANN in Schweden seine vergleichend limnologischen Seenstudien begonnen, und die in Mitteleuropa und in Nordeuropa gewonnenen Erfahrungen führten zur Aufstellung von drei Hauptseetypen, des

oligotrophen, d. h. nährstoffarmen (im wesentlichen = *Tanytarsusseen*), des eutrophen, d. h. nährstoffreichen (im wesentlichen = *Chironomusseen*) und des dystrophen Seetypus, d. h. der Humusseen. Diese, von NAUMANN und mir und unseren Mitarbeitern in der Folgezeit mehr und mehr ausbaute Seetypenlehre hat in der Limnologie, der Süßwasserforschung, überaus anregend gewirkt und sich von einem solch großen, zum mindesten heuristischen Wert erwiesen, wie wir es bei ihrer Begründung kaum ahnen konnten!

Nun fiel auf einmal Licht auf die rätselhafte Verbreitung mancher Tiere in unseren Binnenseen. Ich nenne hier nur 2 Gruppen solcher Tiere. Einmal die *Coregonen*, die Maränen, Felchen oder Renken, Fische aus der Lachsfamilie. Das Interesse für diese Fische, die durch ihren Formenreichtum den Systematiker schier zur Verzweiflung bringen, war ebenfalls in der Eifel wachgerufen worden, als ich die Silberfelchen des Laacher Sees und ihre Genese genauer studierte. Die Untersuchung der in Norddeutschland vorkommenden Formen ließ die unterscheidenden Merkmale, die der sog. Kiemenreusenapparat bietet, schärfer als bisher hervortreten, zugleich aber auch bei Vergleichen mit nordischen Formen die Übergänge erkennen, die eigentlich alle bisher als Arten unterschiedenen Fische dieses Verwandtschaftskreises miteinander verbinden. Sie führten ferner zur Entdeckung bzw. systematischen Festlegung einer besonders interessanten *Coregonenkolonie* im Brackwasser der Schlei, des sog. Schleischnäpels, vor allem aber zur Erkenntnis, daß die sporadische Verbreitung der großen Maräne in Norddeutschland (Madüsee in Pommern, Selenter See in Holstein, Schaalsee in Lauenburg und Mecklenburg) mit einem besonders hohen Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers dieser Seen zusammenhängt. Auch die Verbreitung der Edelmaräne der Seen des Warthegebietes ließ sich neuerdings mit der Sonderstellung dieser Seen im System der Biologischen Seetypen in Verbindung bringen. Zum andern waren es die schon viel untersuchten *glazial-marinen Reliktenkrebse* der norddeutschen Seen, *Mysis relicta*, *Pontoporeia affinis* und *Pallasea quadrispinosa*, deren eigenartige Beschränkung auf nur bestimmte einzelne Seen Nordostdeutschlands durch die Sauerstoffstudien und die Seetypenlehre ihre Aufklärung fand.

Zum weiteren Ausbau der Seetypenfrage war vor allem eine intensive Kenntnis der Verbreitung der einzelnen Organismen der Seen notwendig. Auf zwei Wegen konnte man diesen Zielen näherkommen.

Entweder man verfolgt bestimmte Tier- und Pflanzengruppen in ihrer Vertikalverbreitung in möglichst vielen, recht verschiedenartigen Seen — und gelangt so zur Kenntnis der kausalen Bedingtheit ihrer Verbreitung. Arbeiten, zum Teil großen Umfanges, in dieser Richtung liegen vor von K. VIETS für die Wassermilben (Hydracarinen) der norddeutschen Seen, von W. SCHNEIDER für

die Nematoden der holsteinischen Seen; über die Chironomidenfauna der norddeutschen Seen hat LENZ einige kleine Arbeiten veröffentlicht; eine Zusammenfassung unseres gesamten Materiales steht noch aus. Untersucht sind ferner schon die Mollusken, die Krebse — durch W. KLIE —, die Käfer — durch L. BENICK —, die Oligochäten — durch W. BOLDT —, die Diatomeen — durch FR. HUSTEDT; die Veröffentlichung der Ergebnisse dieser Studien ist in absehbarer Zeit zu erwarten. Leider fehlt eine Bearbeitung der höheren Wasservegetation unserer Seen noch ganz. Oder man studiert die Zusammensetzung *bestimmter Lebensgemeinschaften* der Seen, und versucht sie mit den Eigentümlichkeiten ihres Lebensraumes in Verbindung zu bringen. FR. KOPPE untersuchte so die Schlammflora der ostholsteinischen Seen und des Bodensees und konnte an der Hand seiner Studien wichtige Beiträge zur Seetypenlehre bringen; die Litoralfauna, speziell der kalkarmen Seen, wird zur Zeit von Herrn R. NOLTMANN bearbeitet. Besonders aber sind hier zwei große Abhandlungen zu nennen, die „limnologischen Phytoplanktonstudien“ H. UTERMÖHLS und die Arbeit J. LUNDBECKS über die „Bodentierwelt norddeutscher Seen“. UTERMÖHLS Studie hat uns erst den wahren Reichtum unserer Seen an Phytoplankton enthüllt und die Bedeutung klargelegt, die diese Lebensgemeinschaft des freien Wassers für den Stoffwechsel unserer Seen hat; sie versucht das qualitative und quantitative Auftreten der einzelnen Formen, kausal zu verstehen; sie bringt eine Fülle von Einzelheiten, die die mannigfachsten Probleme der Planktonforschung berühren. LUNDBECK untersucht die Bodentierwelt der Seen gleichfalls mit quantitativen Methoden; so gewinnt er ein Bild von ihrem jahreszeitlichen Wechsel und ihrer Vertikalverbreitung in einen jeden See und ihrer Verteilung auf die verschiedenen Seetypen. Produktionsbiologische Gesichtspunkte werden ausgiebig behandelt und so wichtige fischereibiologische Fragen berührt. Die Arbeit gipfelt in einem fein durchdachten System der Seetypen, in dem alle Ergebnisse eigener und fremder diesbezüglicher Untersuchungen ihren Ausdruck finden. Auch diese Arbeit wird, wie die UTERMÖHLS, lange Zeit die Grundlage bilden, von der alle weiteren Untersuchungen auf diesen Gebieten ausgehen müssen.

Die Aufstellung biologischer Seetypen — d. h. von „Normalfällen“, die sich durch Lebensbedingungen und Lebenserfüllung in ihrer Wechselwirkung unterscheiden — hat nur dann eine Berechtigung, wenn wir den See *als Lebensseinheit* auffassen dürfen. Diese Auffassung liegt in der Fortsetzung der Linie, die über den Einzelorganismus hinaus zu den Lebensgemeinschaften, den Biocönos, verläuft. Die Frage nach der Struktur und den inneren und äußeren Beziehungen der Lebensgemeinschaften spielt in der botanischen Forschung schon lange eine große Rolle; für die tierischen Biocönos sind diese Probleme noch wenig durchgearbeitet. Sie sind aber naturgemäß

auch bei der Erforschung der Lebewelt der Gewässer von Bedeutung; denn kein Organismus steht in der Natur isoliert da, stets tritt er im Rahmen einer Biocönose auf, vergesellschaftet mit anderen, und lebenswichtige, ja lebensnotwendige Bindungen bestehen zwischen den Gliedern der einzelnen Lebensgemeinschaften und zwischen den Biocönos der gleichen oder benachbarter Lebensstätten. Es ist eine ebenso auffallende — nur aus der historischen Entwicklung der biologischen Wissenschaften einigermaßen verständliche — wie bedauerliche Tatsache, daß die allgemeine Biologie (im Sinne HARTMANNS) an allen biocönotischen Fragen noch achtlos vorbeigeht, und daß immer wieder „Systeme der Biologie“ erscheinen können, die überhaupt vergessen, daß der Einzelorganismus isoliert, losgelöst aus seiner Umwelt eigentlich nur eine „Abstraktion“ darstellt. Einzelbeiträge zur Lehre von den Lebensgemeinschaften und zur Methodologie der Biocönotik als eines selbständigen biologischen Wissenschaftszweiges sind mehrfach aus der Plöner Anstalt hervorgegangen. Zusammenfassende Darstellung haben diese Fragen bisher nur in mehr populären Vorträgen gefunden. Doch wird eine von mir in Kiel regelmäßig gehaltene Vorlesung über „Lebensgemeinschaft und Lebensraum“ schließlich wohl ihren literarischen Niederschlag in einer „Biocönotik der Binnengewässer“ finden.

Eine Brücke zwischen Geologie und Hydrobiocönotik schlug WASMUND in einer gedankenreichen Arbeit „Biocönose und Thanatocönose. Biosoziologische Studie über Lebensgemeinschaften und Totengesellschaften“, in der er den Gesetzen nachging, die aus der Lebensgemeinschaft die schließlich versteinierungsfähige Totengesellschaft werden lassen.

Wie man die Biocönose als Lebensseinheit (zweiter Ordnung) auffaßt, so sieht man, steigt man *noch* eine Stufe höher, in der (biocönotisch gegliederten) Lebenserfüllung einer Lebensstätte, z. B. eines Sees, plus seiner Umwelt eine Einheit noch höherer Ordnung, eine limnologische Einheit. Jeder See stellt eine solche dar, und der *Seetypus* ist eine solche abstrakte Einheit, in der, etwa so wie in der „Art“ oder „Gattung“ des Systems der Einzelorganismen, die ähnlichen einzelnen Seeindividuen zusammengefaßt werden. Hier liegen Gesichtspunkte vor, die für den methodologischen Aufbau unserer ganzen limnologischen Wissenschaft überaus wichtig sind, und die zu klären wir in verschiedenen Arbeiten, teilweise in lebhafter literarischer Diskussion mit gleichstrebenden Fachgenossen bemüht waren.

Die Einheit in jedem See oder Seetypus wird — abgesehen von der räumlichen Geschlossenheit — hergestellt durch den *Kreislauf der Stoffe*, und dieser stellt daher ein Zentralproblem unserer Forschung dar. Daß die große Bedeutung dieses Problems auch von den der speziellen limnologischen Forschung ferner stehenden Biologen anerkannt wird, geht daraus hervor, daß die deutsche

Zoologische Gesellschaft als Thema des Hauptreferates ihrer letzten Jahresversammlung „den Nahrungskreislauf im Wasser“ gewählt und mir dieses Referat übertragen hatte. Bei den meisten allgemeinen Arbeiten der Plöner Anstalt sind die Stoffkreislauffragen mehr oder weniger in den Mittelpunkt des Interesses gerückt, so z. B. bei UTERMÖHLS und LUNDBECKS schon erwähnten Studien. Hier sei auch auf die Untersuchungen des Schweden G. ALSTERBERG über die Bedeutung der schlammbewohnenden Borstenwürmer (Tubificiden) für den Kreislauf der Stoffe in den Binnenwässern hingewiesen, Untersuchungen, die zum Teil in Plön ausgeführt worden sind. Nach dem bekannten LIEBIGSchen Gesetz vom Minimum wird die Stärke der Produktion an Pflanzensubstanz (und damit auch an Tieren) an jeder Lebensstätte bestimmt durch die Menge *des* unentbehrlichen Nährstoffs, der im „Minimum“ vorhanden ist. Mögen alle anderen lebensnotwendigen Stoffe auch noch so reichlich zur Verfügung stehen: der in geringster Menge vorhandene begrenzt die Produktion. Im Wasser sind es vor allem die Stickstoff- und Phosphorsäureverbindungen, zum Teil auch Kieselsäureverbindungen, die als „Minimumstoffe“ auftreten. Wir wissen aber über die Quantität wie qualitative Zusammensetzung dieser Stoffe im Süßwasser, über ihre Vertikalverteilung im See und ihre jahreszeitlichen Schwankungen fast nichts, wengleich von ihnen doch eigentlich der gesamte Stoffumsatz, die Stärke und der Wechsel der Inkarnation der Stoffe in Pflanzen- und Tierleiber, ausschlaggebend abhängt. Hier klafft eine tiefe Lücke in unserem Wissen! Vor allem Dank dem Entgegenkommen der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ist es seit etwa Jahresfrist möglich geworden, daß Untersuchungen über diese Stoffe in einem besonderen chemischen Laboratorium an unserer Anstalt durch Herrn Dr. UTERMÖHL ausgeführt werden. Wir sind der festen Überzeugung, daß diese uns im Laufe der nächsten Jahre Antworten auf viele Fragen des Stoffkreislaufs geben werden.

Biologische Erscheinungen aber sind nie von einem einzigen Faktor abhängig, stets wirkt ein ganzer Faktorenkomplex auf sie, wengleich natürlich die Intensität der Wirkung bei den einzelnen Faktoren recht verschieden stark sein kann. Rechnerische Durcharbeitung der morphometrischen (Gestalts-)Verhältnisse der verschiedenen Seen und ihres Sauerstoffgehaltes, hat neuerdings zu der Erkenntnis geführt, daß letzten Endes die „Trophie“ eines Sees, d. h. die Stärke der in ihm stattfindenden Erzeugung und des Umsatzes organischer Substanz, abhängig ist von dem *Bau des Seebeckens*, oder genauer gesagt von dem Verhältnis der Volumina der trophogenen (organische Stoffe erzeugenden) und der tropholytischen (organische Stoffe zersetzenden) Schicht. So konnten einfache Zahlenwerte in die Lehre von den biologischen Seetypen eingeführt werden, was zweifellos von nicht geringem wissenschaftlichen Werte ist.

All die bisher in Kürze geschilderten Seestudien aber haben auch ihre *praktische, fischereiliche Bedeutung*. Ich erinnere nur daran, daß die Coregonen, deren Verbreitungsökologie durch die von Plön ausgehenden Anregungen erst richtig erkannt worden ist, wertvolle Nutzfische unserer Seen sind; daß erst LUNDBECKS Arbeiten uns mit der Quantität der Bodennahrung in den norddeutschen Seen bekannt gemacht haben. Vor allem aber waren wir von vornherein der Meinung, daß die Seetypenlehre, die doch durchaus produktionsbiologisch denkt, *eine* rationelle Grundlage (natürlich nur den einen biologischen Teil; rein wirtschaftliche Gesichtspunkte müssen hinzukommen!) für die fischereiwirtschaftliche Nutzung unserer Seen bilden muß. Die fischereibiologische Literatur der letzten Jahre hat das bestätigt: schon erscheinen Arbeiten von rein fischereibiologisch orientierten Forschern über die Seetypenlehre als Grundlage der praktischen Seenfischerei. Noch in anderer Beziehung ist eine Wandlung in der Auffassung der Fischereibiologie von ihrem Verhältnis zur theoretischen Limnologie eingetreten, die zum Teil auf die Plöner Anstalt zurückgeht. Noch vor 6 Jahren als ich zum ersten Male bei der Tagung des Deutschen Fischereivereins über die fischereiliche Bedeutung der biologischen Seetypen sprach und in einem anderen Vortrag kritische Gedanken über „die deutsche Fischereibiologie und die Ausbildung der Fischereibiologen“ äußerte, fand ich nur bei einem kleinen Teil meiner Hörer Gefolgschaft, der größere Teil stellte sich in scharfen Gegensatz zu meinen Ausführungen. Heute sind meine damaligen Forderungen großenteils selbstverständliches Gemeingut der modernen Fischereibiologie geworden! — Nur in Ausnahmefällen und auf ausdrücklichen Wunsch der Beteiligten werden von der Plöner Anstalt fischereiliche Einzelfälle bearbeitet. Ihre Hauptaufgabe liegt auf dem Gebiete der *reinen* Forschung. Daß sie aber, wie ich schon vor 10 Jahren sagte, mit dem Ausbau einer rein wissenschaftlichen, vergleichenden biologischen Seenkunde auch an den Grundlagen für eine wahrhaft rationelle fischereiliche Nutzung der Binnenseen an ihrem Teile mit schafft, ist nunmehr wohl allgemein anerkannt.

Die Hydrobiologische Anstalt zu Plön hat sich in ihren Arbeiten nicht auf Seen beschränkt, wengleich die Lage Plöns, in dem Zentrum eines ausgedehnten und vielgestaltigen Seengebietes zu vergleichenden Seenstudien natürlich in erster Linie lockt. Anschließend an Studien über die Fauna des westfälischen Binnensalzwassers haben wir die Pflanzen- und Tierwelt der Salzwiesen und Salzquellen von *Oldesloe* in Holstein genau untersucht; und dank der Mitwirkung von 17 Fachgenossen konnte so zum ersten Male eine fast alle Organismengruppen umfassende gründliche Darstellung der biologischen Verhältnisse eines Binnen-Salzwassergebietes gegeben werden.

Hier ist aber vor allem noch eine stattliche Serie von Arbeiten zu nennen:

Sie nahmen ihren Ausgang von der Entdeckung zweier Tiere, einer Wassermilbe (*Hygrobatas norvegicus*) und eines Strudelwurmes (*Polycelis cornuta*) in einer kalten Quelle am Ufer des Dieksee; beide Tiere müssen als Relikte aus den ersten kalten, nacheiszeitlichen Perioden aufgefaßt werden. Nun setzte eine intensive Erforschung der biologischen Verhältnisse der Quellen Holsteins sowie Norddeutschlands überhaupt ein, an der sich zahlreiche Fachgenossen beteiligten. Eine ganz unerwartet große Anzahl neuer Tiere wurden gefunden; die Ergiebigkeit dieser Quellebensstätten führte dazu, die Quellenstudien auch bis Skandinavien und in die deutschen Mittelgebirge und in die Alpen auszudehnen. Es war auf Grund dieser Untersuchungen möglich, zusammenfassende Darstellungen der Tierwelt der Quellen, ihrer Zusammensetzung und ihres Zusammenhanges mit den Lebensbedingungen der Quellen zu geben. Vor allem aber wurde die Erforschung der Quellen nach zwei Richtungen hin wissenschaftlich allgemeiner wichtig.

Einmal für die *Tiergeographie*. Speziell die Strudelwürmer und Wassermilben der Quellen brachten bei genauer Durcharbeitung ihrer Verbreitung neue Gesichtspunkte für die Beurteilung der Zusammensetzung der eiszeitlichen Fauna Mitteleuropas und der Verschiebung des Tierbestandes in der Postglazialzeit, ja sie lehrten uns zahlreiche Bewohner unserer Binnengewässer als präglaciale, d. h. zum mindesten tertiäre, Urbewohner oder Relikte aufzufassen. Auch das Studium der früher genannten glazial-marinen Reliktenkrebse *Mysis*, *Pontoporeia* und *Pallasea*, sowie der *Coregonen*, führt zur tieferen Erkenntnis der tiergeographischen Zusammenhänge in der Süßwasserfauna, und eine (erste) tiergeographische Untersuchung der Süßwasserfischfauna Deutschlands ergänzte das Bild. So vermehrt sich allmählich das Material für eine Tiergeographie der Binnengewässer. Schon läßt diese sich kollegmäßig darstellen. Die großen Linien sind klar, doch sind noch mancherlei Vorarbeiten notwendig, ehe man daran gehen kann, ein wirklich bis in die Einzelheiten gehendes Bild der geschichtlichen Entwicklung der Fauna unserer Binnengewässer, ihrer Herkunft und Wanderungen, zu entwerfen.

Die Quellarbeiten führten andererseits aber auch in die Gebiete, in denen sich die Limnologie mit der Geologie berührt. Auf Anregung des Kieler Geologen, Prof. Wüstr, untersuchte O. SCHÜSTER die fossilen, dann auch die rezenten von Quellen abgelagerten tuffartigen Kalke Schleswig-Holsteins und ihre Fauna, und die Verbindung dieser Arbeiten mit der Untersuchung der jetzigen Fauna der Quellen stellte die Eigenart unserer Quellfauna, in der sich Relikte aus kalten frühen nacheiszeitlichen Perioden mit solchen aus der postglazialen Wärmezeit mischen, erst in das rechte Licht. Ja, die *Quelltruffe* wurden zusammen mit den Seekreiden wertvolle Hilfsmittel für die Beurteilung der postglazialen Wasserstandsschwän-

kungen unserer Seen. Die Entdeckung eines ausgedehnten Quelltuffvorkommens in der Kreideküste Jasmunds auf Rügen — eines wahren Naturdenkmals (!) — veranlaßte G. PETERSEN, diese Gebilde dort genau zu untersuchen; zugleich studierte er die Karstphänomene der Kreidebäche Jasmunds. Seine, gemeinsam mit mir ausgeführten Rügenarbeiten bildeten auch die Grundlage für das Verständnis der Bach- und Quellfauna Rügens, für deren Untersuchung ich mich schon seit Jahren interessiert hatte und die nunmehr eine abschließende Behandlung erfahren konnte.

Mancherlei, noch nicht abgeschlossene, Einzelarbeiten sind hier zu erwähnen, so die Untersuchung der Tierwelt wassererfüllter Höhlungen in Bäumen, die Untersuchung der kalkarmen, durch eine spezifische Flora und Fauna charakterisierten Seen Norddeutschlands, der Strandseen (LENZ), der Verlandungsgebiete an den Seen, aus denen mit Hilfe der pollenanalytischen Methode Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Seen gewonnen werden sollen, usw. Stets tauchen neue Fragen auf und locken zur Untersuchung — wenn nicht die allzu geringe Zahl der Mitarbeiter, die ihre volle Kraft unserer Wissenschaft widmen können, dauernd Beschränkung auferlegte!

Wenn die Lebensarbeit einer bestimmten Wissenschaft gilt — und noch dazu einer solchen Wissenschaft, wie es die Limnologie ist — so fühlt man mehr und mehr das Bedürfnis, den gesamten Wissenschaftsbestand einmal unter allgemeinen Gesichtspunkten zusammenzufassen. Mitarbeit an größeren Handbüchern bietet dazu nur in beschränktem Maße Gelegenheit; auch die mündliche Zusammenfassung in Einzelvorträgen ist nur ein Anfang dazu. Wertvoller ist die Personalunion des Leiters der Anstalt mit der Universität Kiel, die ihn zwingt, Teilgebiete seines Arbeitsgebietes in regelmäßigen Intervallen in Vorlesungen darzustellen, ganz abgesehen davon, daß der Verkehr mit den Vertretern der Nachbargebiete neue Anregungen gibt, und so der Gefahr des Einseitigwerdens vorgebeugt wird, die naturgemäß bei wissenschaftlichen Instituten, die isoliert sind von den größeren wissenschaftlichen Zentren, leicht vorliegt. Aber das einzig Wünschenswerte bleibt doch die Zusammenfassung unseres limnologischen Wissens in einem einheitlichen Lehrbuch oder Handbuch der Süßwasserkunde. Doch scheint mir die Zeit dafür noch nicht günstig. Denn noch entwickeln sich die limnologischen Probleme dauernd und mit zunehmender Schnelligkeit in die Breite und in die Tiefe und das Tatsachenmaterial schwillt stetig so an, daß ein solches, alles vereinende Buch allzuschnell von der Wissenschaft überholt wäre. Wohl aber sind viele Einzelgebiete der theoretischen und angewandten Limnologie für zusammenfassende Darstellung reif. Gemeinsam mit Dr. EINAR NAUMANN, Lund, habe ich daher die Sammlung „die *Binnengewässer*“ begründet, in der Einzeldarstellungen aus der Limno-

logie und ihren Nachbargebieten Aufnahme finden. Sie erscheint im gleichen Verlag, wie das Archiv für Hydrobiologie, bei der E. SCHWEITZERBARTSCHEN Verlagsbuchhandlung in Stuttgart, die alle Bestrebungen unserer in so rascher Entwicklung befindlichen Wissenschaft stets in großzügiger Weise unterstützt. Eröffnet wurde diese Sammlung mit einer von mir verfaßten Arbeit, „Die Binnengewässer Mitteleuropas“, in der der Versuch gemacht wird, unser gesamtes Wissen über dieses Gebiet, soweit es das limnobiologische Verbreitungsproblem betrifft, kurz, aber doch erschöpfend zusammenzustellen. In allgemeinverständlicher Form abgefaßt ist ein Bändchen in „Jedermanns Bücherei“: „Limnologie. Eine Einführung in die biologischen Probleme der Süßwasserforschung“.

In den Dienst der limnologischen Synthese stellt sich auch die „Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie“, die auf NAUMANNs und meine Anregung hin im Jahre 1922 in Kiel und Plön gegründet wurde und die den größten Teil der Süßwasserforscher der Welt umfaßt (Mitgliederzahl jetzt etwa 600). Tagungen der Vereinigung fanden statt 1922 in Kiel, 1923 in Innsbruck, 1925 in Rußland (Leningrad-Moskau-Saratow-Astrachan); 1927 wird ein Kongreß in Italien abgehalten. Erster Präsident der Vereinigung ist der Leiter der Plöner Anstalt, Geschäftsführer Dr. FR. LENZ; die Verhandlungen der Kongresse liegen in 3 stattlichen Bänden, die von dem Geschäftsführer herausgegeben werden, vor. Ebenso ist die Ausgabe von Übersichten über die limnologische Weltliteratur begonnen worden. Geschäftsstelle ist die Plöner Anstalt. Noch arbeitet unsere Vereinigung fast ausschließlich mit den von den Mitgliedern aufgebrauchten Mitteln. Doch hoffen wir, daß auch die Regierungen der Kulturstaaten ihr ihr Interesse mehr und mehr zuwenden, wie sie auch ja die Internationale Meeresforschung weitgehend unterstützen. Denn in wissenschaftlicher wie wirtschaftlicher Bedeutung steht die Süßwasserforschung hinter jener durchaus nicht zurück. Besonders seit der Gründung dieser Internationalen Vereinigung ist Plön immer mehr zum Zentrum der limnologischen Wissenschaft geworden; hier läuft der größte Teil der in allen Ländern erscheinenden limnologischen Literatur zusammen; in den meisten unsere Wissenschaft betreffenden Fragen wird hier Rat gesucht, und zahlreiche Fachgenossen kommen alljährlich zu kürzerem oder längerem Aufenthalt nach Plön.

Im Vorstehenden habe ich die Tätigkeit, die die Hydrobiologische Anstalt in den letzten 10 Jahren entfaltet hat, in großen Zügen skizziert. Wennschon sie im wesentlichen sich der *Hydrobiologie* der Binnengewässer gewidmet hat, also von biologischen Problemen ausgegangen ist, so strebt sie doch stets dahin, der gesamten *Limnologie*, der alle Zweige der Süßwasserforschung umfassenden Wissenschaft, zu dienen. Möglich wurde ihre Arbeit nur durch die Unterstützung, die sie von vielen Seiten fand. Dankbar denke ich

da in erster Linie unserer wissenschaftlichen Mitarbeiter; nicht nur derer, die dauernd in Plön ihren Forschungen nachgehen können, sondern vor allem auch derer, die neben ihren Hauptberuf einen großen Teil ihrer Zeit und Kraft in den Dienst der Limnologie stellten. Sie nahmen stets freudig die Anregungen, die von Plön ausgingen, auf, und setzten sie auf ihren Spezialgebieten in erfolgreiches wissenschaftliches Schaffen um. So liefern sie die Bausteine, mit denen das Gebäude unserer Wissenschaft, nach einheitlichem Plane, immer höher hinaufgeführt werden kann. Finanzielle wie ideelle Unterstützung wurde uns stets von den Behörden und dazu berufenen Gesellschaften zuteil; hier sei vor allem auch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft gedacht, deren Präsident schon bei der Neuordnung der Plöner Verhältnisse im Jahre 1917 tatkräftig mitwirkte, und die jetzt nicht nur unter anderem durch die Darreichung wertvoller Apparate uns hilft, sondern vor allem auch durch die Gewährung von Forschungsstipendien den wissenschaftlichen Nachwuchs auch auf unseren Gebiete sichert. Aber all unsere Arbeit wäre überhaupt nicht möglich gewesen, hätte nicht die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften vor 10 Jahren die Plöner Station unter die Zahl ihrer Forschungsinstitute aufgenommen, und unsere kleine Anstalt stets, auch in der schwersten Zeiten, mit der gleichen Fürsorge betreut, wie ihre großen wissenschaftlichen Institute. Ihr, vor allem ihrem Herrn Präsidenten und ihrer Generalverwaltung hier den Dank nicht nur unserer Anstalt, sondern auch der internationalen limnologischen Wissenschaft auszusprechen, ist mir ein Herzensbedürfnis! Zu beurteilen, ob das Kapital an ideellen und materiellen Werten, das so in unserer Anstalt investiert ist, in ausreichender Weise wissenschaftlichen Zins getragen hat, ist nicht meine Sache. Doch darf ich die Versicherung abgeben, daß wir alle stets unsere ganze Kraft in den Dienst der Sache gestellt haben. So hoffen wir, daß uns auch weiterhin, wie bisher, die Unterstützung nicht versagt wird, ohne die freudiges Schaffen unmöglich ist.

Aber: was man *erhalten* will, daß muß man auch *ausbauen*!

Als ich kurz vor dem Beginne des Weltkrieges mit dem Plane der Gründung einer Anstalt für die Hydrobiologie der Binnengewässer an die Öffentlichkeit trat (Internat. Rev. d. ges. Hydrobiologie u. Hydrogr., Biol. Supl. 6, 1914; Verhandl. d. dtsh. Zool. Ges. Freiburg 1914), hielt ich für ein solches Institut 5 Abteilungen — jede mit dem entsprechenden Personal — für notwendig: eine Hydrographisch-Geologische, eine Chemische, eine Zoologische, eine Botanisch-Bakteriologische und eine Physiologische. Was ist in Plön von diesem Idealprogramm bisher verwirklicht? Nur ein verschwindend kleiner Teil! Wir haben nach der zoologischen und botanischen Seite hin gearbeitet, und, vor allem Dank der Unterstützung durch freiwillige Mitarbeiter, konnten auch einzelne

Untersuchungen in hydrographischer und geologischer Richtung durchgeführt werden; und seit kurzem werden auch, wenn auch nur auf ein Teilgebiet beschränkte, chemische Studien betrieben.

Ich gebe mich natürlich nicht der Illusion hin, daß mein Vorkriegsprogramm in vollem Umfange unter den heutigen Verhältnissen zur Zeit durchgeführt werden könnte. Doch bin ich der Meinung, daß eine gedeihliche Weiterführung der Arbeiten an der Plöner Anstalt, an der bisher nur 2 Wissenschaftler fest angestellt sind, nur möglich ist, wenn ein Ausbau wenigstens insoweit stattfindet, als er den dringendsten Bedürfnissen unserer Wissenschaft entspricht.

In allererster Linie muß da die dauernde Weiterführung der *chemischen Arbeiten* gesichert werden, ohne die wir unsere Kenntnis von der Produktionsbiologie der Gewässer nicht vertiefen können — und hier handelt es sich um eine nicht nur theoretisch wichtige Frage! — Weiterhin haben die letzten Jahre immer mehr die Bedeutung gezeigt, die einer engen Verbindung der Limnologie mit der Geologie innewohnt. Die Probleme der Sedimentbildung sind in beiden Wissenschaften in den Vordergrund des Interesses gerückt, und so werden auch die beiden großen Referate des diesjährigen Internationalen Limnologenkongresses die Bodenablagerungen des Süßwassers behandeln. Von geologischer Seite verfolgt man diese Fragen teils mit den allerdings stark modifizierten Methoden der historischen Geologie (Pollen- und Mikrofossilienanalyse), teils mit chemischen Methoden, die das „Sediment“ schon *vor* seinen ersten Anfängen noch im Wasser selbst, als gelöste Substanz, zu fassen sich bemühen. Die Limnologen gehen naturgemäß von etwas anderen Gesichtspunkten aus, und schon entwickelt sich hier eine Mikrobiologie der limnischen Bodenablagerungen. Alle aber sind sich darin einig, daß nur ein gemeinsames, konzentrisches Vorgehen auf das gleiche Ziel, die Genese der Ablagerungen der Gewässer und der Sedimentgesteine klären kann. Es muß Stückwerk bleiben, wenn sich der Limnologe allein dieser Fragen annimmt, wie wir es auch in Plön versucht haben (es liegen da 2 Arbeiten von LENZ vor); aber ebenso kann der chemisch arbeitende Hydrogeologe ohne intime Vertrautheit mit den biologischen Vorgängen in den Gewässern nicht in die Tiefe gehen. Ein Ausbau unserer Anstalt in *Hydrogeologischer Beziehung*, oder eine Verknüpfung mit einem zu schaffenden Hydrogeologischen Institut würde den Forderungen, die Geologie und Limnologie jetzt stark betonen, entgegenkommen und beide Wissenschaften fördern! Doch glaube ich, ein anderes ist *noch* wichtiger! Man muß auch in der Wissenschaftspolitik über die Forderungen des Tages hinausblicken! Das, was vor allen Dingen tiefes Bedürfnis der Limnologie ist — und seine Befriedigung würde auch vielen Nachbardisziplinen zugute kommen! — ist ihr *Ausbau in bakteriologischer Beziehung*.

Es mag im ersten Augenblick befremden, wenn

man offen ausspricht, daß es eine eigentliche Wasserbakteriologie ebensowenig gibt, wie eine Bakteriologie des (normalen) Schlammes. Gewiß werden dauernd Untersuchungen über im Wasser lebende Bakterien angestellt, aber so gut wie ausschließlich unter praktisch hygienischen Gesichtspunkten. Man will so die Verunreinigung eines Wassers oder das Vorhandensein pathogener Keime nachweisen, aber die normalen Wasserbakterien interessieren nicht; man kann sie mit den gebräuchlichen Methoden auch nur zum kleinsten Teile erfassen. Der Zustand in diesem Wirtschaftszweig läßt sich zum Teil etwa mit einer Zoologie vergleichen, die nur die Parasiten des Menschen untersuchte, während ihr alle übrigen Tiere gleichgültig wären! Dabei ist aber allgemein anerkannt, daß im Gesamtstoffkreislauf einer jeden Lebensstätte die Bakterien ein überaus wichtiges, ja vielleicht — wenn man in solchem Falle überhaupt ein Werturteil fällen darf — das wichtigste Glied darstellen. Wir mögen die Methoden der Wasserchemie noch so fein ausbauen: auch die intensivste Erforschung der rein chemischen Vorgänge wird uns die Rätsel des stofflichen Umsatzes nicht lösen, so lange wir die Bakterienwirkung notgedrungen vernachlässigen müssen. Und daher ist die Schaffung einer festfundierten bakteriologischen Abteilung an einer hydrobiologischen Anstalt, die die ihr gesetzten Probleme wirklich bis in die Tiefe verfolgen will, wissenschaftliche Notwendigkeit.

Doch muß ich in diesem Zusammenhange noch einen Schritt weitergehen!

Was hier für die Hydrobiologie und Limnologie in bezug auf die Wichtigkeit bakteriologischer Forschung gesagt wurde, gilt für die Biologie im allgemeinen. Wo immer die großen Fragen des Stoffkreislaufs auf der Erde auftauchen, erhebt sich die Notwendigkeit, die Bakterien zu berücksichtigen. Nun ist es eine merkwürdige und fast ungläubliche Tatsache — beschämend für uns, wenn wir auf die Verhältnisse in anderen Ländern, vor allem in Nordamerika, blicken! — daß die allgemeine theoretische Bakteriologie in Deutschland noch keine Arbeitsstätte hat! Wohl gibt es eine Fülle von Instituten, die sich der Pflege der medizinischen oder technischen Bakteriologie widmen. Aber noch besteht keines, das sich die große Aufgabe des Ausbaues der allgemeinen Bakterienkunde gesetzt hat! Für die Entwicklung der Gesamtbilogie scheint mir die Gründung einer Forschungsanstalt für allgemeine Bakteriologie unbedingt erforderlich zu sein; wissenschaftliche Kräfte, die sich hier entfalten könnten, fehlen nicht! Ich bin überzeugt, alle biologischen Disziplinen würden durch die Forschungsarbeit eines solchen Institutes auch in ihrem Spezialbereich Anregung und Förderung erfahren!

Bis aber solche weiterschauenden Pläne verwirklicht werden, müssen wir uns in unserer Arbeit auf solche Probleme beschränken, deren Lösung mit den schon vorhandenen Mitteln möglich

erscheint. Hat sich die Hydrobiologische Anstalt in Plön und ihr alpines Schwesterinstitut, die biologische Station zu Lunz am See, bisher im wesentlichen auf das Studium der Gewässer, die in der näheren oder weiteren Umgebung dieser Anstalten liegen, beschränkt, so scheint Prof. RUTTNER und mir, die Zeit jetzt gekommen, einmal unter ganz anderen geographischen Verhältnissen limnologische Studien zu treiben. Die Limnologie der Gewässer Mitteleuropas ist jetzt soweit bekannt, daß sich für sie eine einigermaßen abgerundete Darstellung geben ließ; vielerlei weiß man auch über die Gewässer des Nordens, an denen vor allem die Skandinavien eine umfassende Forschungsarbeit entfalten. Nichts dagegen ist bekannt von der *Limnologie tropischer Binnengewässer*. Wohl kennt man vielerlei Einzelorganismen aus ihnen; wie sich aber das Gesamtleben in

ihnen entfaltet, wie es abhängig ist von den besonderen Umweltbedingungen der Tropen und seinerseits wieder seine Lebensstätte beeinflußt, weiß man nicht. Wir wollen daher etwa ein Jahr lang auf Java und Sumatra Binnengewässer aller Art, Quellen und Bergbäche, Seen und Teiche, mit den modernen Methoden der Limnologie untersuchen und hoffen, daß die gemeinsame Arbeit eines mehr botanisch und eines mehr zoologisch eingestellten Limnologen in dieser Zeit ein erstes, aber doch in seinen Hauptzügen klares Bild des Lebens tropischer Binnengewässer entstehen läßt. Der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft und der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft danken wir es, daß wir mit den Vorbereitungen für unsere limnologische Tropenexpedition beginnen konnten und hoffen dürfen, im Frühjahr 1928 die Ausreise antreten zu können.

Der submikroskopische Feinbau der Zellmembranen.

Von ALBERT FREY, Zürich.

Dem Andenken an HERMANN AMBRONN gewidmet*.

1. Die Anisotropie der Zellmembranen.

Es gibt physikalische Eigenschaften, zu deren erschöpfender Charakterisierung die Angabe eines Zahlenwertes genügt (z. B. Volumen, spezifisches Gewicht, Dichte, Temperatur usw.); man nennt sie *skalare Eigenschaften*. Ihnen stellen wir Eigenschaften gegenüber, zu deren Präzisierung neben dem Zahlenwerte auch eine *Richtungsangabe* nötig ist. So kann man z. B. nicht sagen, getrocknete Bastfasern einer bestimmten Pflanze quellen in Wasser 20 %; eine solche Angabe wäre sinnlos, denn pflanzliche Fasern dehnen sich bekanntlich beim Anfeuchten in der Längs- und Querrichtung verschieden stark aus. Es gehört daher zu jeder Quellungsbestimmung die Angabe der Richtung, in der gemessen wurde. Solche von der Richtung abhängige Eigenschaften nennt man *vektorielle Eigenschaften*; dazu gehören z. B.:

Elastizität und Kohäsion (Zug- und Reißfestigkeit),

Leitfähigkeit (für Wärme und Elektrizität), Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Wellenbewegungen (Wärme-, Licht-, Röntgenstrahlen), Ausdehnung (thermische und Quellung).

Wenn in der Biologie der Unterscheidung zwischen skalaren und vektoriellen Eigenschaften im allgemeinen keine Beachtung geschenkt wird, so liegt dies daran, daß sie für das Protoplasma, den Träger des Lebens, wenn man von vereinzelt Spezialfällen absieht, keine Rolle spielt. Ein Protoplasmatropfen zeigt sich den vektoriellen Eigenschaften gegenüber gewissermaßen „indifferent“, es verhält sich nach allen Richtungen gleich,

es ist *isotrop* (wie in der unbelebten Welt Flüssigkeiten oder Glas). Mißt man seine thermische Ausdehnung oder die Schrumpfung bei Wasserverlust, das Brechungsvermögen, die elektrische Leitfähigkeit usw., immer wird man für jede dieser Eigenschaften in allen Richtungen gleiche Werte finden (Fig. 1a).

Ganz anders die Zellmembranen; ihr Verhalten gegenüber den vektoriellen Eigenschaften ändert

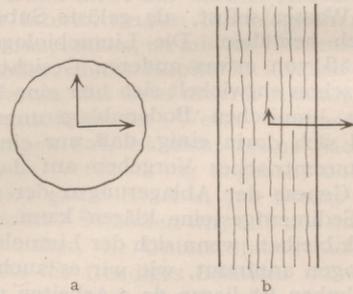


Fig. 1. Darstellung der vektoriellen Eigenschaften durch Pfeile. a) isotroper Protoplasmatropfen; b) Quellungsanisotropie einer Pflanzenfaser.

sich von Richtung zu Richtung, sie sind *anisotrop*. Ihre Elastizität und Festigkeit, das optische Verhalten usw. sind nach Richtungen verschieden. Früher wurde dieser Anisotropie der Membranen, welche die Geister der bedeutendsten Botaniker, wie NAEGELI, HOFMEISTER, WIESNER und SCHWENDENER beschäftigte, mehr Aufmerksamkeit geschenkt als heute, wo sie in den Lehrbüchern gewöhnlich kaum erwähnt oder schweigend übergangen wird. Und doch ist sie gerade eine der bedeutsamsten Eigenschaften der Zellhäute; denn sie verrät einen geordneten inneren Bau der Membranen und stellt uns vor das Rätsel, wie das iso-

* HERMANN AMBRONN ist am 28. März 1927 im 71. Altersjahre in Jena sanft entschlafen. Nur zu balde folgte er O. WIENER nach († 18. Januar 1927 in Leipzig), der die theoretischen Grundlagen für seine geistreichen optischen Untersuchungen geschaffen hatte.

tropes Protoplasma, für das, physikalisch gesprochen, die „ideale Unordnung“ bezeichnend ist (beständige Durchmischung der Bestandteile durch Plasmaströmung und Brownsche Bewegung), die anisotropen Membranen mit ihrer strengen inneren Ordnung ausscheidet! Schon aus dieser Überlegung heraus kann man vermuten, daß ihm dabei *richtende Kräfte*, wie Oberflächen- und Kristallisationskräfte, zu Hilfe kommen.

Zur weiteren Erläuterung des Begriffes der Anisotropie sollen die Richtungsverschiedenheiten der Quellung und des optischen Verhaltens, die praktisch und theoretisch besonders wichtig und daher genauer untersucht sind, etwas näher beschrieben werden:

Quellungsanisotropie. Pflanzliche Fasern quellen in der Querrichtung 18–30%, in der Längsrichtung dagegen nur etwa 2%¹ (Fig. 1b). Dieser auffallende Unterschied, der dazu geeignet scheint, das Wesen der Anisotropie so recht ins Licht zu

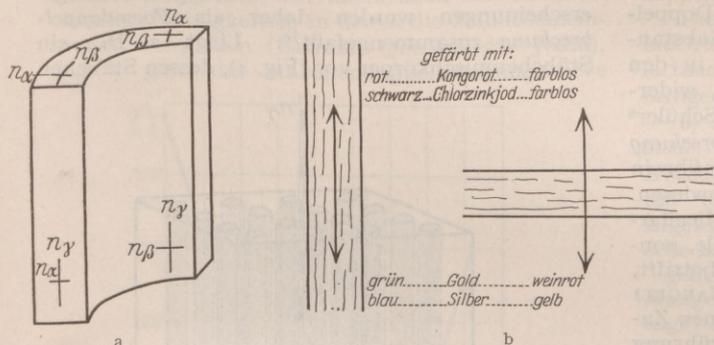


Fig. 2. *Optische Anisotropie der Zellmembranen.* a) Doppelbrechung, Hauptbrechungsindices n_α , n_β und n_γ einer hohlzylindrischen Zelle; b) Dichroismus gefärbter Cellulosefasern². \updownarrow Stellung der Schwingungsebene³ des Polarisators.

setzen, ist so groß, daß eine aus solchen Fasern gedrehte Schnur sich beim Benetzen verkürzt, da die Längenzunahme der einzelnen Fasern von 2% nicht hinreicht, um die durch die Querquellung bedingte Verlängerung der Oberflächenspiralen, denen die gedrehten Fasern folgen, aufzuwiegen.

Optische Anisotropie. Die Zellmembranen besitzen im allgemeinsten Falle 3 verschiedene Hauptbrechungsindices, in radialer, tangentialer und axialer Richtung $n_\alpha < n_\beta < n_\gamma$. Bei vielen Fasern wird $n_\beta \cong n_\alpha$ (Fig. 2a).

Die Differenzen der Brechungsindices $n_\gamma - n_\alpha$, $n_\gamma - n_\beta$ und $n_\beta - n_\alpha$ sind das Maß für die *Doppelbrechung* auf den verschiedenen Schnitten durch die Zelle (Fig. 2a). Bei Fasern mit $n_\alpha \cong n_\beta$ ist sie eindeutig durch $n_\gamma - n_\alpha$ bestimmt (Fig. 8a).

Bei gefärbten Fasern ist auch das Absorptionsvermögen für gewisse Bezirke des Spektrums nach Richtungen verschieden. Diese Erscheinung wird als *Dichroismus* bezeichnet; sie wird über dem Polarisator bei ausgeschaltetem Analysator beobachtet.

¹ SCHWENDENER-HOLTERMANN, Mechanische Probleme der Botanik. Leipzig 1909, S. 128.

Fig. 2b zeigt die verschiedenen Farben, die bei einer Cellulosefaser mit Kongorot-, Chlorzinkjod-, Gold- und Silberfärbung auftreten², je nachdem sie parallel oder senkrecht zur Schwingungsebene³ des Polarisators (\updownarrow) steht.

2. Die Micellartheorie Naegelis.

Zur Erklärung der Anisotropie der „organisierten Substanzen“, worunter quellungsfähige Substanzen, wie Zellmembranen, Stärke, Gelatine, Chitin, Seide usw. (d. h. nach der heutigen Terminologie Kolloide im Gelzustande) verstanden wurden⁴, schuf NAEGELI die Micellartheorie. Sie diente vor allem der Erklärung der Quellungs- und Schrumpfungsvorgänge, die er an Stärkekörnern eingehend studiert hatte⁵. Er nahm an, daß sich das Wasser bei der Quellung zwischen distinkte Teilchen *ein-* und an deren Oberfläche *anlagere*. Diese Teilchen konnten nicht die Moleküle selbst sein: Zu jener Zeit führte man nämlich die Schichtung der Zellmembranen und Stärkekörner auf verschiedenen Wassergehalt zurück (heute neigt man mehr dazu, daß geringe chemische Unterschiede der Schichten vorhanden seien⁶. Da nun alle Moleküle einer Verbindung gleiche Größe, folglich auch gleiche Oberflächen haben, hätte jede Schicht gleichviel Wasser aufnehmen sollen, wenn man die Teilchen mit den Molekülen identifizierte; um das Auftreten der Schichtung zu erklären, mußten daher die wasserbindenden Teilchen der verschiedenen Schichten verschieden groß sein. Er dachte sie sich durch Vereinigung einer wechselnden Anzahl von Molekülen entstanden und nannte sie *Micelle* (das Micell).

Wenn man diesen Micellen eine anisodiametrische längliche Form zuschrieb, damit die Zahl der wasserbindenden Oberflächen nach Richtungen verschieden war, gelang es leicht, die Quellungsanisotropie zu erklären. Für eine Faser würde sich die Sache etwa so gestalten wie Fig. 3 zeigt: man erkennt, daß in der Querrichtung pro Längeneinheit bedeutend mehr Oberflächen vorhanden sind, an denen sich Wasser anlagern kann, als in der Längsrichtung. So die NAEGELISCHE Erklärung für die überraschend große Querquellung und die unscheinbare Längsquellung der Fasern. (Beiläufig soll erwähnt werden, daß derselbe Effekt zustandekommen kann, wenn das Wasser

sodiametrische längliche Form zuschrieb, damit die Zahl der wasserbindenden Oberflächen nach Richtungen verschieden war, gelang es leicht, die Quellungsanisotropie zu erklären. Für eine Faser würde sich die Sache etwa so gestalten wie Fig. 3 zeigt: man erkennt, daß in der Querrichtung pro Längeneinheit bedeutend mehr Oberflächen vorhanden sind, an denen sich Wasser anlagern kann, als in der Längsrichtung. So die NAEGELISCHE Erklärung für die überraschend große Querquellung und die unscheinbare Längsquellung der Fasern. (Beiläufig soll erwähnt werden, daß derselbe Effekt zustandekommen kann, wenn das Wasser

² A. FREY, Zur Frage nach der Ursache des Faserdichroismus. Naturwissenschaften 13, 403. 1925.

³ Unter „Schwingungsebene“ ist die Richtung des elektrischen Vektors der elektromagnetischen Lichttheorie zu verstehen.

⁴ C. NAEGELI und S. SCHWENDENER, Das Mikroskop. 2. Aufl. 1877, S. 422.

⁵ C. NAEGELI, Die Stärkekörner. 1858.

⁶ C. VAN WISSELINGH, Die Zellmembran. Bd. III/2 des Handbuchs der Pflanzenanatomie von LINSBAUER 1924.

nicht an den Oberflächen der Micelle gebunden wird, sondern kolloide Intermicellarsubstanzen zum Quellen bringt.) NÄGELI ging noch einen Schritt weiter, indem er seinen Micellen Doppelbrechung und kristallinen Bau zuschrieb, um die optischen Erscheinungen im Polarisationsmikroskop zu erklären. Die „organisierten Substanzen“ bestehen somit nach NÄGELI aus: *anisodiametrischen, doppelbrechenden, kristallinen Micellen*.

Die Annahme von drei wesentlichen Eigenschaften dieser hypothetischen Micelle, von denen keine direkt nachgewiesen werden konnte, gab natürlich reichlich Anlaß zur Diskussion und Kritik. Am erfolgreichsten wurde die Micellartheorie durch die Wabentheorie von BÜTSCHLI bekämpft, die sich indessen als unrichtig erwies, da die vermeintlichen Schaumstrukturen der Gele BÜTSCHLIS nichts anderes als künstlich erzeugte

Koagulationsgebilde waren. Ebenso wurde die geistreiche Spannungstheorie v. EBNERS, die die Doppelbrechung der organisierten Substanzen auf innere Spannungen in den Zellen zurückführen wollte, widerlegt, als AMBRONN⁷ und seine Schüler⁸ einwandfrei die *Eigendoppelbrechung* von Cellulose, Chitin, Seidenfibroin und anderen Substanzen nachwies.

Ein anderer Punkt der Micellartheorie, der nicht die Micelle, sondern die *Intermicellarräume* betrifft, steht noch zur Diskussion. NÄGELI nahm an, daß sich im trockenen Zustande die Micelle bis zur Berührung nähern und daß bei der Quellung das Wasser in diese capillaren Räume eindringe und die Teilchen auseinanderdränge. Nun ist zu sagen, daß viele oberflächenaktive Stoffe, wie Äther und Chloroform, die ganz besonders

leicht eindringen sollten⁹, keine Quellung hervorrufen. Auch wäre es schwer erklärlich, durch welche Kräfte, z. B. in einem anisotropen Schleime, der 100–1000 % quillt, die Teilchen ihren Zusammenhang bewahren sollten, wenn sie bis auf das 10fache ihrer eigenen Ausmaße voneinander weichen. Es ist daher wahrscheinlich, daß die intermicellaren Räume nicht „*leer*“, sondern von quellbaren Kolloiden — in den Membranen z. B. von Pektinstoffen — erfüllt sind. Weiter kann hier nicht auf das Problem der Intermicellaren eingegangen werden, da neue Untersuchungen darüber im Gange sind und da sich dieses Referat vor allem mit den Micellen befassen will. Es soll gezeigt werden, daß die von

⁷ H. AMBRONN, Das Zusammenwirken der Stäbchen und Eigendoppelbrechung. Kolloid-Zeitschr. 18, 90 u. 273. 1916; 20, 173. 1917.

⁸ A. MOHRING, Über das Wesen der Doppelbrechung der organisierten Substanz. Wissenschaft und Industrie. Hamburg 1922.

⁹ HUGO FISCHER, Eigenschaften organischer Kolloide. Naturwissenschaften 14, 391. 1926.

NÄGELI geforderten Eigenschaften der Micelle unabhängig von seiner Quellungsstheorie tatsächlich zu Recht bestehen.

3. Methoden zur Untersuchung des submikroskopischen Feinbaues der Zellmembranen.

a) Die Imbibitionsmethode von H. AMBRONN (Untersuchung auf Formdoppelbrechung). Durch entsprechende Anordnung *isotroper* (d. h. nichtdoppelbrechender) Mischbestandteile von verschiedenem Brechungsvermögen, deren Durchmesser und Abstände klein sind im Verhältnis zu den Wellenlängen des Lichtes, entstehen doppelbrechende Mischkörper. In seiner Theorie des Mischkörpers hat der Leipziger Physiker O. WIENER auf Grund der elektromagnetischen Lichttheorie gezeigt, warum in einem solchen Körper Doppelbrechung entsteht und vor allem, wie diese von der *räumlichen Form* und Verteilung der Mischbestandteile abhängt. Die verschiedenen Arten dieser Doppelbrechungserscheinungen wurden daher als *Formdoppelbrechung* zusammengefaßt¹⁰. Liegt z. B. ein Stäbchenmischkörper vor (Fig. 4), dessen Stäbchen

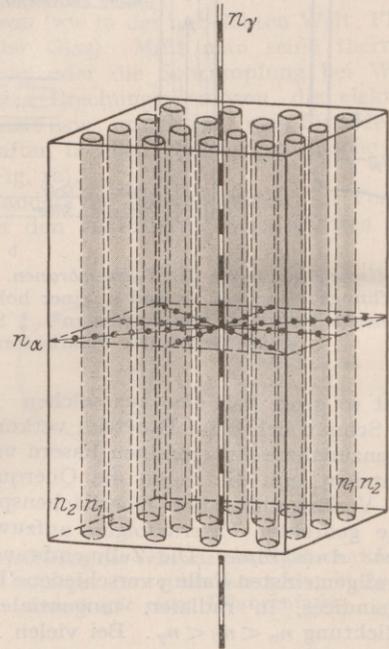


Fig. 4. Der Stäbchenmischkörper¹¹.

mit dem Brechungsindex n_1 in eine Substanz mit dem Index n_2 eingebettet sind, entsteht eine Doppelbrechung, die als Stäbchendoppelbrechung bezeichnet wird. Variiert man nun den Brechungsindex n_2 der Einbettungssubstanz, so verändert

¹⁰ A. FREY, Doppelbrechung der Dispersoide. Kolloidchem. Beih. 20, 228. 1924.

¹¹ Aus AMBRONN-FREY, Das Polarisationsmikroskop. Bd. 5 der Sammlung v. R. ZSIGMONDY. Leipzig 1926.

sich die Stäbchendoppelbrechung nach Maßgabe einer Kurve, die in erster Annäherung einer Parabel gleicht (Fig. 5); wenn $n_2 = n_1$ ist, wird sie gleich Null, während sie für $n_2 \geq n_1$ positive Werte annimmt.

Es ist das Verdienst AMBRONNS, die Arbeiten WIENERS zur Prüfung der Micellartheorie herangezogen zu haben. Tränkt man Membranen sukzessive mit Flüssigkeiten steigender Brechungsindices (Wasser, Alkohol, Glycerin, Anilin), so kann man beobachten, wie die Doppelbrechung nach den Gesetzen einer Stäbchendoppelbrechungskurve variiert⁸. Viel schöner wird die Kurve noch, wenn man stark mineralisierte Membranen vorsichtig verascht, so daß an Stelle der Celluloseteilchen submikroskopische Hohlräume in den inkrustierenden Intermicellarsubstanzen entstehen. Dieses System stellt gleichsam das Negativ des vorigen Versuches vor; es läßt sich aber viel leichter imbibieren, vor allem auch mit hochbrechenden Flüssigkeiten, in denen die Zellulosemembranen verquellen (Kalium - Quecksilber - Jodid). Fig. 5 gibt die Stäbchendoppelbrechungskurve

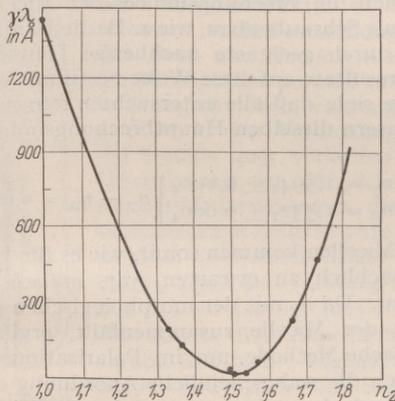


Fig. 5. Stäbchendoppelbrechungskurve veraschter Gerstengrannen¹². Auf der Ordinate sind die der Doppelbrechung $n_y - n_x$ proportionalen Gangunterschiede ($\gamma\lambda$) der beiden senkrecht zueinander polarisierten Lichtwellenzüge aufgetragen [$\gamma\lambda = (n_y - n_x)/d$, wo γ die Phasendifferenz der beiden Wellenzüge, λ die verwendete Lichtwellenlänge und d die Dicke der doppelbrechenden Schicht bedeutet. Vgl. ¹¹]; $\gamma\lambda$ wurde mit dem Kompensator von SENARMONT gemessen. Auf der Abszisse sind die Brechungsindices n_2 der Imbibitionsflüssigkeiten aufgezeichnet.

der verkieselten Härchen von Gerstengrannen wieder¹².

Aus diesen Untersuchungen geht einwandfrei hervor, daß die Zellmembranen einen Mischkörper vorstellen, dessen eine Komponente aus Stäbchen besteht, deren Durchmesser klein sind im Verhältnis zu den Wellenlängen des Lichtes und die wir mit den Micellen identifizieren. Die Imbibitions-

¹² A. FREY, Die submikroskopische Struktur der Zellmembranen. Jahrb. f. wiss. Botanik 65, 195—223. 1926.

methode von AMBRONN hat somit erlaubt, die von NAEGELI geforderte *längliche Form der Micelle* nachzuweisen. Sie leistet aber noch weit mehr:

Wenn die Stäbchen isotrop sind, muß die Doppelbrechung im Minimum der Stäbchendoppelbrechungskurve vollständig verschwinden, da dort die Formdoppelbrechung gleich Null wird. Während dies nun für Kieselskelette von Diatomeenschalen und die veraschten Härchen der Gerstengrannen zutrifft (die Kurve tangiert die x -Achse), bleibt der tiefste Punkt der Kurve bei gedehnten Cellulosegelen und Zellwänden hoch über der x -Achse. Dies kann nur so gedeutet werden, daß die Teilchen selbst eine Doppelbrechung besitzen, da ja die durch ihre Anordnung und Form bedingte Stäbchendoppelbrechung nun durch die Imbibitionsflüssigkeit ausgeschaltet ist. Sie wird als *Eigendoppelbrechung* bezeichnet⁷. AMBRONN konnte so beweisen, daß die *Cellulosemicelle tatsächlich doppelbrechend sind*.

Die Imbibitionsmethode von AMBRONN vermochte also den Nachweis von zwei durch die Micellartheorie geforderten Micelleigenschaften zu erbringen.

b) Die Röntgenmethode. Der Beweis der *Kristallinität* der dritten der geforderten Eigenschaften der Micelle lieferte die Röntgenmethode. Der Mangel an Raum versagt es, hier deren Theorie auseinanderzusetzen; sie ist von STEINBRINCK im biologischen Zentralblatt an biologischen Beispielen mit vollständigen Literaturangaben in leicht verständlicher Weise gegeben worden¹⁴; hier sollen

nur die Ergebnisse beleuchtet werden. Wenn man Cellulosefasern nach der DEBYE-SCHERRER-Methode durchleuchtet, erhält man Interferenzen, die zeigen, daß in den Membranen raumgitterartig struierte, d. h. *kristalline* Elemente vorhanden sind. Wichtig ist vor allem, daß die Abstände der Interferenzmaxima von den verschiedensten nativen Fasern untereinander, sowie von Baumwollhaaren und Holzcellulose identisch sind; es finden sich also in allen Membranen *dieselben kristallinen Cellulosemicelle*.

Die Röntgenmethode gibt auch über ihre Anordnungen Auskunft: sind die Kriställchen völlig regellos angeordnet, entstehen sog. DEBYE-SCHERRER-Kreise (Fig. 7a), sind dagegen alle parallel

¹³ Vgl. W. J. SCHMIDT, Über den Feinbau tierischer Fibrillen. Naturwissenschaften 12, 296—303. 1924.

¹⁴ C. STEINBRINCK, Der heutige Stand der Micellartheorie. Biol. Zentralbl. 45, 1—15 u. 362. 1925.

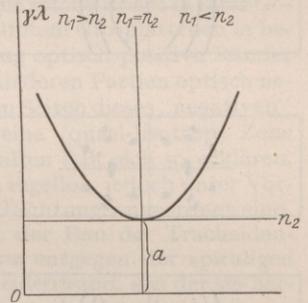


Fig. 6. Stäbchendoppelbrechungskurve eines gedehnten Cellulosegels (schematisch). a = Restdoppelbrechung, die auf die Eigendoppelbrechung der Micelle zurückzuführen ist¹³.

gelagert, liefert die Aufnahme ein 4-Punkt- oder *Faserdiagramm* (Fig. 7b), auf welchem jedem DEBYE-SCHERRER-Kreise 4 (oder 2 auf dem Äquator gelegene) symmetrisch angeordnete Punkte entsprechen. Sind die kristallinen Teilchen schraubenförmig in parallelen Spiralen angeordnet, werden die Punkte wieder zu Kreisen ausgezogen, es entstehen *Sicheldiagramme*, wie z. B. bei der Baumwolle, die eine Mittelstellung zwischen Kreis- und 4-Punktendiagrammen einnehmen (Fig. 7c).

Die Röntgenmethode gibt somit über die Kristallinität, die Identität und die Anordnung der Celluloseeteilchen der Membranen Auskunft. Sie erlaubt aber auch einen Punkt der NÄGELISCHEN Quellungstheorie zu prüfen: Wenn sich bei der Quellung das Wasser nicht *zwischen* die Teilchen einlagerte, sondern diese selbst quellen würden, müßten die Interferenzstreifen ihre Abstände beim Quellen der Membranen ändern. Dies trifft nun nicht zu¹⁵: das Gitter der Cellulosekriställchen bleibt im gequollenen Zustande unverändert. Es folgt

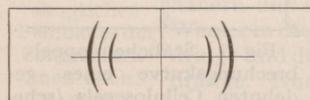
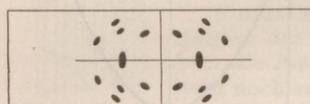
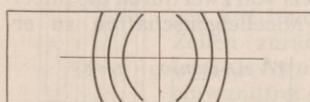


Fig. 7. ¶ Röntgendiagramme nach der DEBYE-SCHERRER-Methode (schematisiert): a) DEBYE-SCHERRER-Kreise; b) 4-Punktendiagramm der Ramiefaser; c) Sicheldiagramm der Baumwolle.

Kriställchen in der Faser ausgeschieden hat. Die Größe dieser Kriställchen kann schätzungsweise angegeben werden, was einen Anhaltspunkt für die Größenordnung der intermicellaren Räume abgibt. Wenn die Silberteilechen weniger als $5 \cdot 10^{-6}$ cm Durchmesser besitzen, fangen die Interferenzstreifen an, sich zu verbreitern; die Erklärung dieser Erscheinung hat SCHERRER gegeben¹⁸.

¹⁵ J. R. KATZ, Quellung I. *Ergebn. d. exakt. Naturwiss.* 3, 365. 1923.

¹⁶ BERKMAN, BÖHM und ZOCHER, Anisotropes Kupfer, Silber und Gold. *Zeitschr. f. physik. Chem.* 124, 83. 1926.

¹⁷ H. AMBRONN, *Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss.* 48, 613. 1896.

¹⁸ P. SCHERRER, in ZSIGMONDYS *Kolloidchemie*, 3. Aufl., S. 408. 1920.

Da nun die Silberinterferenzen eben erste Andeutungen von Verbreiterungen aufweisen, müssen die *intermicellaren Räume* Durchmesser von der Größenordnung 10^{-6} cm besitzen. Andererseits kann die Größe der *Micelle* aus dem Faserdiagramm geschätzt werden. Eine Berechnung ist vorläufig leider unmöglich, da bisher die Theorie der Verbreiterung der Interferenzstreifen erst für kubische isodiametrische Kristallite vorhanden ist, die sich auf die Cellulosestäbchen nicht anwenden läßt; trotzdem wurden Schätzungen vorgenommen, die ca. $100 \text{ \AA} = 10^{-6}$ cm angeben¹⁹, also die gleiche Größenordnung wie für die intermicellaren Räume. Es folgt aus diesen Überlegungen, daß die intermicellaren Räume auch im nichtgequollenen Zustande vorhanden sind, und daß sie von der Größenordnung der Micelle sind (ca. $10-100 \mu\mu$).

c) Die *polarisationsoptische Methode*. Die Röntgenmethode liefert das Resultat, daß die Micelle in vielen Fasern (Ramie-, Lein, usw.) maximal gerichtet sind. Mißt man nun die Hauptbrechungsindices dieser Fasern nach der Immersionsmethode, so müssen diese mit denen der Micelle identisch sein. Auch die Brechungsindices der Micelle von Fasern mit Schraubenbau, wie z. B. die Baumwolle, können durch geeignete nachherige Umrechnung der Meßresultate auf diese Weise bestimmt werden. Es zeigte sich, daß alle untersuchten rein cellulosischen Fasern dieselben Hauptbrechungsindices besitzen²⁰:

$$\left. \begin{aligned} n_\gamma &= 1,5944 \pm 0,0004 \\ n_\alpha \cong n_\beta &= 1,5327 \pm 0,0004 \end{aligned} \right\} n_\gamma - n_\alpha = 0,0617.$$

Den Micellen kommen somit, wie es für Kristallite tatsächlich zu erwarten war, *optische Konstanten* zu. Da n_γ mit der morphologischen Längsrichtung der Micelle zusammenfällt, ergibt sich eine einfache Methode, um im Polarisationsmikroskop rasch die wahrscheinliche Anordnung der Micelle aufzudecken: Immer muß in der Richtung, in der sich n_γ findet, die Längsrichtung der Micelle liegen. n_γ wird am schnellsten mittels eines Gipsplättchens Rot I aufgefunden⁷.

Es ist nicht erstaunlich, daß die Membranen oft drei deutlich verschiedene Hauptbrechungsindices aufweisen (s. Fig. 2a), während den Micellen nur deren zwei zukommen; denn durch verschiedene Anordnungen dieser Celluloseeteilchen können alle möglichen Aggregate entstehen, die sich optisch sehr verschieden verhalten. Sie können sogar optisch isotrop werden, wenn die Stäbchen völlig regellos in der Membran verteilt sind, so daß sich die Effekte der einzelnen Micelle gegenseitig aufgeben.

Fig. 8 und 9 geben das optische Verhalten verschiedener Zellmembranen und deren wahrschein-

¹⁹ H. MARK, Über die röntgenographische Ermittlung der Struktur organisch besonders hochmolekularer Substanzen. *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* 59, 2982—3000. 1926.

²⁰ A. FREY, Das Brechungsvermögen der Cellulosefasern. *Ambronnfestschrift. Kolloidchem. Beih.* 1926, S. 40—50.

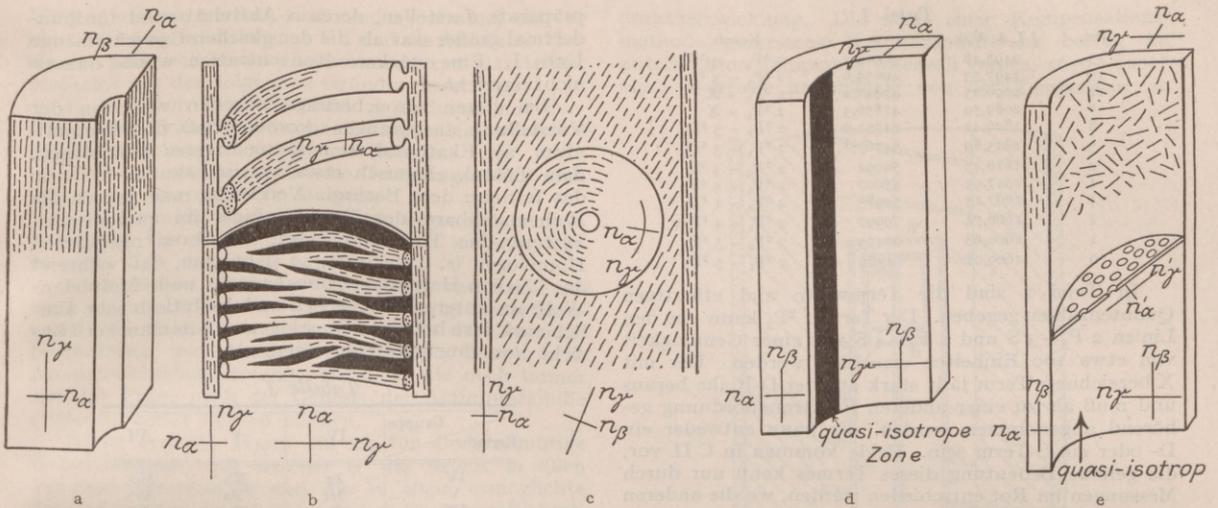


Fig. 8. Optik und wahrscheinliche Micellarstruktur verschiedener Zelltypen¹²: a) Phloemfaser (Ramie) $n_\beta \cong n_\alpha$; b) Spiral- und Netzgefäß; c) Coniferen-Tracheide; d) Milchröhre von Euphorbia; e) Siebröhre von Cucurbita.

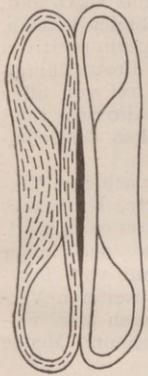


Fig. 9. Optik und wahrscheinliche Anordnung der Micelle in der Gramineen-Spaltöffnung¹².

liche Micellarstruktur wieder. Interessant ist die Feststellung, daß in den *Bast- und Holzfasern* n_β , d. h. die Micellachsen *parallel* zur Längsrichtung streichen, während sie umgekehrt in den Verdickungsleisten der Gefäße quer verlaufen. Diese Orientierung ist für die mechanischen Anforderungen, die an die verschiedenen Zellelemente gestellt werden, in hohem Grade zweckmäßig, ohne daß vorläufig angegeben werden könnte, auf Grund welcher Kräfte diese Anordnungen zustande kommen. Eigenartig verhalten sich Milch- und Siebröhren (Fig. 8d und e): Während auf einem tangentialen Schnitte durch die Wand der Röhren der größere Brechungsindex quer zur Längsachse steht (n_α), ist er auf dem radialen Schnitte parallel dazu (n_β);

dies hat zur Folge, daß eine solche Röhre in ihrer Gesamtheit über eingeschaltetem Gipsplättchen in bezug auf die Längsrichtung optisch positive Ränder aufweist, während die mittleren Partien optisch negativ reagieren; zu beiden Seiten dieses „negativen“ Streifens schaltet sich eine (quasi-)isotrope Zone ein. Das optische Verhalten läßt sich so erklären, daß die Micelle ziemlich regellos, jedoch unter Vorherrschaft tangentialer Richtung angeordnet sind. Am interessantesten ist der Bau der Tracheiden-Hoftüpfel (Fig. 8c); ganz entgegen der spiraligen Anordnung in der Tracheidenwand, aus der sie hervorgegangen sind, erscheinen sie rein zirkulär gebaut.

Die *polarisationsoptische Methode* gibt uns somit ein Mittel in die Hand, um uns in einfacher Weise über den submikroskopischen Feinbau der Membranen zu orientieren. Nachdem durch die Imbibitions- und die Röntgenmethode die drei grundlegenden Postulate der Micellartheorie erwiesen sind, scheint sie dazu geeignet, nun im einzelnen die Micellarstruktur der verschiedenen Gewebeelemente und Gewebearten zu erschließen.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die *Zuschriften* hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Das Bor-Bogenspektrum.

Drei Dubletts in Bogenspektrum von Bor (λ 2497 bis 98, 2089—90, 1825—26) sind schon lange bekannt. BOWEN (Phys. Rev. 29, S. 231. 1927) hat neulich eine vorläufige Ordnung und Termwerte gegeben.

Dem Verfasser ist es gelungen, drei weitere Dubletts von diesem Spektrum zu finden. In einer Helium-Glimmentladung im Innern einer mit Bor-Pulver beschichteten Kohlelektrode kommen die Bor-Bogen-

linien ziemlich stark heraus. Sie wurden mit einem Vakuumspektrographen (Konkavgitter von 1 m Krümmungsradius) photographiert und gegen die bekannten Kohlelinien als Normalen gemessen. Für die früher bekannten Linien sind die Messungen von BOWEN benutzt.

Tafel 1 enthält das Bogenspektrum von Bor. Für jede Linie ist angegeben die Intensität, Wellenlänge in Internationalen Å.E., der r -Wert und die Serien-Zuordnung.

Tafel 1.

Int.	λ I. A. Vak.	ν	Komb.
15	2498,48	46024,3	$2^2P_2 - 3^2S$
10	2497,53	40039,6	$2^2P_1 - 3^2S$
12	2090,25	47841,2	$2^2P_2 - X$
8	2089,59	47856,3	$2^2P_1 - X$
8	1826,42	54751,9	$2^2P_3 - 3^2D_1$
5	1825,89	54767,8	$2^2P_1 - 3^2D_1$
2	1818,43	54992	$2^2P_3 - 4^2S$
1	1817,93	55007	$2^2P_1 - 4^2S$
4	1667,13	59983	$2^2P_3 - 4^2D_1$
2	1666,74	59997	$2^2P_1 - 4^2D_1$
1	1600,68	62473	$2^2P_3 - 5^2D_1$
0	1600,28	62489	$2^2P_1 - 5^2D_1$

In Tafel 2 sind die Termwerte und effektiven Quantenzahlen gegeben. Der Term 2^2P_2 kann aus den Linien $2P_2-3S$ und $2P_2-4S$ mit einer Genauigkeit von etwa 100 Einheiten errechnet werden. Der mit X bezeichnete Term fällt stark aus der D-Reihe heraus und muß als zu einer anderen Elektronanordnung gehörend angenommen werden. Er kann entweder ein D- oder ein S-Term sein. Beide kommen in C II vor, die genaue Bedeutung dieses Termes kann nur durch Messungen im Rot entschieden werden, wo die anderen Kombinationen liegen. Die D-Terme weichen von der einfachen RYDBERGSchen Formel stärker als die entsprechenden C II-Terme ab, aber nicht so stark wie die D-Terme von Al I. Der 2^2P_2 -Wert entspricht einer Ionisierungsspannung von 8,28 Volt.

Tafel 2.

Termwerte	Eff. Quant.-Zahl.
2^2P_1	67082
2^2P_2	67067
3^2S	27043
4^2S	12075
X	19226
3^2D_1	12315
4^2D_1	7084
5^2D_1	4594

Dem Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Herrn Prof. PASCHEN, in dessen Laboratorium ich diese Arbeit ausführen durfte, danke ich für sein ständiges Interesse. Gleichfalls danke ich der John Simon Guggenheim Memorial Foundation, deren Stipendium mir den Aufenthalt in Deutschland ermöglichte.

Berlin - Charlottenburg, Physikalisch - Technische Reichsanstalt, den 4. August 1927.
RALPH A. SAWYER.

Die Konzentrierung und Isolierung des Elements 91 — Protactinium.

(Vorläufige Mitteilung.)

Die 91. Stelle des periodischen Systems der Elemente ist von den drei radioaktiven Isotopen Protactinium (Pa), Uran X₂ und Uran Z besetzt. Von ihnen haben die beiden letztgenannten eine sehr kurze Lebensdauer und lassen sich aus diesem Grunde als chemische Individuen nicht fassen. Dagegen ist das Protactinium, die im Jahre 1918 von O. HAHN und L. MEITNER¹ und gleichzeitig von F. SODDY und J. A. CRANSTON² entdeckte Muttersubstanz des Actiniums, von langer Lebensdauer und ähnlich dem Radium war seine Darstellung in größeren Mengen zu erwarten (vgl. die voranstehende Mitteilung).

Aus den Rückrückständen der Radiumfabrikation konnten O. HAHN und L. MEITNER Protactinium-

¹ Naturwissenschaften 6, 324. 1918; Phys. Zeitschr. 19, 208. 1918.

² Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A. 94, 384. 1918; Nature 100, 498. 1918.

präparate darstellen, deren α -Aktivität rund fünfhundertmal größer war als die der gleichen Gewichtsmenge Uran I. Eine stärkere Konzentration wurde damals nicht erreicht.

Bei diesen Anreicherungsversuchen war von der Vorstellung ausgegangen worden, daß das Protactinium, als Ekatanal, seinem niedrigeren Homologen, dem Tantal, chemisch etwa ebenso ähnlich sei wie das Radium dem Barium. Vergleicht man jedoch die Reihennachbarn des Protactiniums im periodischen System, das Thor und Uran, mit ihren niedrigeren Homologen (s. Tabelle 1), so sieht man, daß während das Zirkon-Hafnium (Niob-Tantal) und Molybdän-Wolfram unter sich chemisch und analytisch sehr ähnlich sind, ihre höheren Homologen sich in mancher Hinsicht von ihnen unterscheiden.

Tabelle 1.

Gruppe	IV	V	VI
IV	Zr	Nb	Mo
V	Hf	Ta	W
VI	Th	Pa	U

Es war nach dem periodischen Gesetz zu erwarten, daß das Protactinium ebenfalls manche charakteristischen Eigenschaften besitzen wird, u. a. daß sein höchstes Oxyd-Pa₂O₅ basischer sein wird, als das Ta₂O₅ und, ähnlich dem ThO₂ und UO₃, Salze bilden können.

Die Entscheidung dieser Frage führte zum positiven Ergebnis und es ist gelungen, ca. 2 mg Protactinium-pentoxyd zu gewinnen, das praktisch frei von allen bekannten Elementen ist und dessen α -Aktivität rund 23000mal größer ist, als die der gleichen Gewichtsmenge Uran I.

Als Ausgangsmaterial dienten 525 g, nach dem Verfahren von HAHN-MEITNER angereicherte, Rückrückstände (mit einem Protactiniumgehalt von ca. 4 mg)¹. Die α -Aktivität dieses Materials rührte, nach einer radiochemischen Reinigung, praktisch nur vom Protactinium her, und es konnte bei der weiteren Verarbeitung durch α -Aktivitätsbestimmungen der verschiedenen Fraktionen die Konzentration und Menge dieses Elementes festgestellt werden.

Der Weg, der zu den reinen Präparaten führte, beruht auf den folgenden Reaktionen des Protactiniums:

1. Es wird aus mineral-saurer, H₂O₂-haltiger Lösung zusammen mit Zr(Hf) durch Phosphorsäure gefällt.

2. Es läßt sich von der Phosphorsäure durch eine Alkalicarbonatschmelze wieder abtrennen.

3. Es läßt sich von Zirkon und Hafnium nach zwei Verfahren trennen:

a) Durch fraktionierte Krystallisation der Oxychloride in konzentrierter Salzsäure, wobei sich das Protactinium rasch in den Mutterlauge anreichert.

b) Durch Zusatz von Thorium zu den hochkonzentrierten Zr(Hf)-Oxyden und Fällung der gemeinsamen Lösung mit Oxalsäure, wobei das Zr(Hf) in Lösung bleibt.

4. Es läßt sich von Thorium durch eine einfache Flußsäurefällung trennen.

Die konzentriertesten Präparate, die auf diesem

¹ Das ursprüngliche Ausgangsmaterial (200 kg Rückrückstände) war Prof. O. HAHN und Prof. L. MEITNER vor einer Reihe von Jahren von der Wiener Akademie der Wissenschaften zur Verfügung gestellt worden; die Verarbeitung und vorläufige Konzentration geschah in dem Laboratorium der Gasglühlicht-Auer-Gesellschaft in Oranienburg bei Berlin (unter Leitung von Herrn Direktor PETERS).

Wege gewonnen wurden, sind rund 230000 mal aktiver als die Gleichgewichtsmenge U I und die Annahme, daß sie ein praktisch reines Protactinioxid darstellen, erscheint aus den folgenden Gründen berechtigt:

1. Aus dem Vergleich ihrer α -Aktivität mit derjenigen von Uranoxyd berechnet sich eine Halbwertszeit des Protactiniums zu rund 20000 Jahren.
2. Durch weitere chemische Trennungen läßt sich ihre Konzentration nicht steigern.
3. In ihrem chemischen Verhalten zeigen sich charakteristische Unterschiede gegenüber den anderen Elementen.

Nachdem der Weg zur Abscheidung und Anreicherung gegeben ist, ist die Reindarstellung größerer Mengen Protactinium nur noch eine Frage der Materialbeschaffung und Materialbewältigung. Durch eine Atomgewichtsbestimmung wird dann die noch immer strittige Frage nach der Genesis der Actiniumfamilie eindeutig gelöst werden können.

Herrn Prof. O. HAHN bin ich für die großmütige Bereitwilligkeit, mit welcher er die Arbeit in allen Punkten unterstützte und die es allein ermöglichte das Ziel jetzt zu erreichen, zu tiefem Dank verpflichtet.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie,
den 10. August 1927.

ARISTID V. GROSSE.

Einige Beobachtungen über Elektronenströme in gaserfüllten Räumen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Gelegentlich einer früheren Arbeit von M. PIRANI und W. v. SIEMENS „Über den Widerstand von Isolatoren bei hohen Temperaturen“¹, die in Gemeinschaft mit A. R. MEYER im Jahre 1909 fortgesetzt, aber damals nicht abgeschlossen wurde, trat als Störung ein Leitfähigkeitseffekt der Luft bei hohen Temperaturen auf. Im letzten Jahre wurden seitens der Verfasser Versuche aufgenommen, diesen Effekt zu klären. Es soll im folgenden kurz darüber berichtet werden.

Stehen sich zwei leitende, gleichtemperierte Elektroden in einem gaserfüllten Raume gegenüber, so werden bei genügend hoher Temperatur Elektronen an der Oberfläche austreten, und sich um jede Elektrode herum eine bestimmte Elektronenkonzentration einstellen, die außer von der Temperatur vom Material und der Oberflächenbeschaffenheit der Elektrode sowie von dem umgebenden Gase abhängt. Bestehen die Elektroden aus verschiedenem Material, so bildet sich infolge der verschiedenen Elektronenkonzentration in der Umgebung der Elektroden ein Spannungsunterschied aus und beim Verbinden der Elektroden fließt ein Strom. Sind die Elektroden aus gleichem Material, so wird durch Anlegen einer kleinen Spannung ein Strom erzeugt. Da die austretende Elektronenmenge sich mit der Temperatur stark ändert, so kann auf diese Beobachtungen eine Methode zur Temperaturmessung in gaserfüllten Räumen aufgebaut werden.

Die Versuche wurden mit zwei konzentrisch angeordneten, oben geschlossenen Zylinderelektroden ausgeführt (Fig. 1), einer äußeren aus Wolfram und einer inneren aus Molybdän. Die Elektroden waren aus Metallpulver gepreßt und gesintert. Der Elektrodenabstand betrug 2 mm und die Oberfläche der inneren Elektrode 15 qcm. Der gasdichte, evakuierbare Wolframzylinder stand frei, d. h. ohne Berührung mit den Wänden, in einem elektrisch beheizten, mit reduzierenden Gasen gespültem elektrischen Ofen mit Wolfram-

drahtheizwicklung. Die nach einer Kompensationsmethode gemessene Spannungsdifferenz betrug im untersuchten Temperaturintervall von ca. 1600—2000° abs., praktisch unabhängig von der Temperatur, in

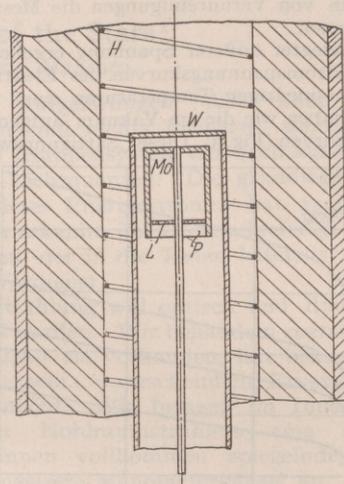


Fig. 1. Versuchsanordnung. W = Wolframelektrode; Mo = Molybdänelektrode; P = untere Abdeckplatte; L = Schauloch für optische Temperaturmessung; H = Heizdrahtwicklung.

Wasserstoff ca. 30 Millivolt, in Stickstoff ca. 50 Millivolt, und zwar ergab sich abweichend von dem, was man erwarten würde, ein Elektronenstrom vom Wolfram zum Molybdän. Wird der Stromkreis durch ein Strommeßinstrument geschlossen, so ergibt sich ein mit steigender Temperatur stark ansteigender Strom, entsprechend der Abnahme des „Widerstandes“ der Gasstrecke infolge Zunahme der verfügbaren Gesamtelektronenmenge. Hierbei besteht, solange der äußere Widerstand des Stromkreises noch unerheblich gegen den inneren Widerstand der Zelle ist, eine lineare Abhängigkeit zwischen dem Logarithmus der gemessenen Stromstärke und dem reziproken Wert der absoluten Temperatur (Fig. 2). Die Stromstärken betragen

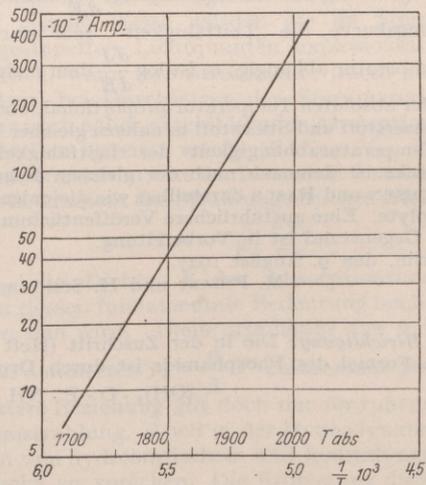


Fig. 2. Temperaturabhängigkeit des Elektronenstromes in Wasserstoff ohne äußere Elektrodenspannung.

¹ Zeitschr. f. Elektrochem. 15, 968. 1909.

in Wasserstoff bei 1700° abs. $8 \cdot 10^{-7}$ und bei 1900° abs. $1,2 \cdot 10^{-6}$ Amp. Sicher reproduzierbare Werte ließen sich bisher nur in Wasserstoff erhalten, wo die saubersten Verhältnisse vorlagen, während in Stickstoff und Argon Reste von Verunreinigungen die Messungen zu stören schienen.

Bei angelegter äußerer Spannung ergeben sich im Stickstoff Stromspannungskurven des Elektronenstromes, die bei niedrigen Temperaturen einen ähnlichen Charakter haben wie die im Vakuum aufgenommenen Sättigungskurven (Fig. 3). Diese „Sättigungswerte“ sind

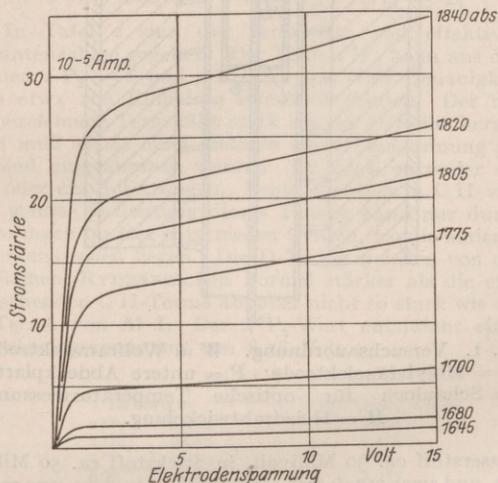


Fig. 3. Stromspannungskurven in Stickstoff bei verschiedenen Temperaturen. Schnittpunkte der Kurven mit der Abszisse bei 0,05 Volt.

etwa zwei Zehnerpotenzen kleiner als die im Hochvakuum gültigen. In Wasserstoff läßt sich dagegen bis zu den höchsten benutzten Elektrodenspannungen von 15 Volt keine Andeutung einer Sättigung erhalten. Höhere Spannungen wurden nicht angewandt, da wir unterhalb der Ionisationsspannung bleiben wollten. Für kleine Spannungen, bei denen noch das OHMSche

Gesetz gilt, ist die Anfangsneigung $\frac{dJ}{dE}$ der Stromspannungskurve, die „Leitfähigkeit“, sehr stark von der Temperatur abhängig; es ist $\log \frac{dJ}{dE}$ dem reziproken

Wert der absoluten Temperatur proportional, und zwar für Wasserstoff und Stickstoff in nahezu gleicher Weise. Die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit der Gasstrecke ist demnach nach der gleichen Regel von HINRICHSSEN und RASCH darstellbar wie diejenige fester Elektrolyte. Eine ausführlichere Veröffentlichung über diesen Gegenstand ist in Vorbereitung.

Berlin, den 9. August 1927.

M. PIRANI und H. SCHÖNBORN.

Über die Löslichkeit nicht rostender Stahle in destilliertem Wasser.

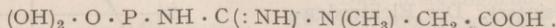
Bei der ständig wachsenden Bedeutung der nicht rostenden Stahlegierungen für wissenschaftliche und technische Zwecke dürfte die Beobachtung vielleicht von Interesse sein, daß solche Stahlsorten, natürlich ohne zu rosten, im Laufe von Stunden an destilliertes Wasser biologisch nachweisbare Spuren ihrer Bestandteile abgeben. Und zwar gelingt dieser Nachweis leicht mit den Fäden der bekannten und überall verbreiteten Süßwasseralge Spirogyra. Von diesen Organismen, namentlich den einbändrigen Arten, ist seit NÄGELIS bekannten oligodynamischen Untersuchungen (Denkschr. schweiz. naturf. Gesellschaft 33, 1. 1893) bekannt, daß sie schon durch außerordentlich geringe Spuren gewisser Metalle, z. B. von Kupfer, geschädigt werden; so liegt die untere Schwelle für Kupfer um und unter $1 : 1000$ Millionen Verdünnung. Daher genügt es nach meinen Beobachtungen, mikroskopische Objektive mit den üblichen Messingfassungen (z. B. sog. Wasserimmersionen) 1–2 Minuten lang etwa 1 cm tief in 10–15 ccm sauberes dest. Wasser eintauchen zu lassen, um nachher in solches Wasser übertragene Fäden dieser Algen im Laufe von 24 Stunden schon nachweisbar zu schädigen. Das Wasser wird natürlich um so giftiger, je länger es mit dem Messing in Berührung war.

Bei derartigen Versuchen gehen nun auch von entsprechend dicken strich- oder hochglanzpolierten Stäben nicht rostender Stahlegierungen, z. B. der Sorten von Krupp V1M, V2A und V3M, im Laufe von Stunden schädliche Stoffe ins Wasser über. Bei Zimmertemperatur machen sich die ersten Spuren solcher Schädigungen bei den genannten Algenfäden bemerkbar, wenn man die zuvor wochenlang in sauberem kaltem und warmem dest. Wasser ausgelaugten Stäbe 4–5 Stunden lang 1 cm tief in 10–15 ccm dest. Wasser eintaucht. Alle die erwähnten Stahlegierungen sind nickelhaltig. Meine Vermutung, dieses Schwermetall könne vielleicht der wirksame Bestandteil sein, wird dadurch hinfällig, daß ein nickelfreier polierter Stab aus nicht rostendem Stahl mit 8 mm Durchmesser, der nur aus Elektrolyteisen und Ferrochrom mit sehr hohem Reinheitsgrade erschmolzen worden war und den ich der Güte des Direktors des Eisenforschungsinstitutes in Düsseldorf Herrn Prof. Dr. KÖRBER verdanke, sich als ganz ebenso „giftig“ erwies; dieser Stab enthält nach den Schätzungen des genannten Kollegen etwa 17–18% Chrom und 0,02% Kohlenstoff. Ob das Eisen oder, wie mir wahrscheinlicher ist, das Chrom oder beide Elemente zusammen die Schädigungen bedingen, habe ich noch nicht weiter untersucht, da diese Fragen für meine Zwecke nicht belangreich waren. Es lag mir nur daran, auf diese Eigenschaften der nicht rostenden Stahlsorten die Aufmerksamkeit zu lenken; könnte es doch sein, daß sie in dieser oder jener Hinsicht Beachtung verdienen.

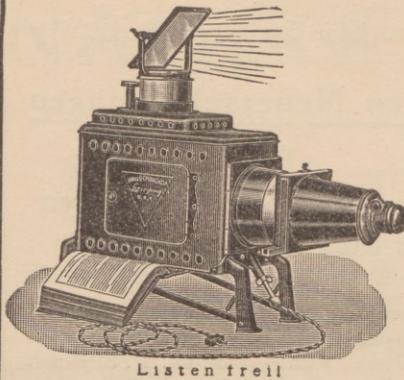
Bonn, im Juli 1927.

H. FITTING.

Berichtigung: Die in der Zuschrift (Heft 32, S. 670) Über den Ursprung der Kontraktionswärme angegebene Formel des Phosphamids ist durch Druckfehler entstellt. Die Formel soll lauten:



O. MEYERHOF und K. LOHMANN.



Janus-Epidiaskop

(D. R. Patent Nr. 366044 und Ausland-Patente)

Der führende Glühlampen-Bildwerfer zur Projektion von
Papier- und Glasbildern

Verwendbar für alle Projektionsarten!

Qualitäts-Optik

höchster Korrektion und Lichtstärke für Entfernungen bis zu 10 Meter! Auch als „Tra-Janus“ mit 2. Lampe bei um 80 % gesteigerter Bildhelligkeit lieferbar!

Ed. Liesegang, Düsseldorf

Postfach 124

Listen frei

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN WIEN I

Soeben erschien:

Thermodynamik

und die freie Energie chemischer Substanzen

Von

Gilbert Newton Lewis und Merle Randell

Übersetzt und mit Zusätzen und Anmerkungen versehen

von

Otto Redlich, Wien

Mit 64 Textabbildungen. 619 Seiten. 1927. RM 45.—, in Ganzleinen gebunden RM 46.80

Inhaltsübersicht:

Das Ziel der Thermodynamik. — Definitionen; der Begriff des Gleichgewichtes. — Bezeichnungsweise und mathematische Methoden. — Lösungen. — Der erste Hauptsatz der Thermodynamik und der Begriff der Energie. — Anwendung des ersten Hauptsatzes auf eine reine homogene Substanz. — Die spezifische Wärme reiner Stoffe. — Wärmekapazität und Wärmehalt von Lösungen. — Die Wärmetönung und ihre Änderung mit der Temperatur. — Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik und der Begriff der Entropie. — Entropie und Wahrscheinlichkeit. — Vermischte Anwendungen des Entropiebegriffes. — Die numerische Berechnung der Entropie. — Kriterien des Gleichgewichtes und der spontan eintretenden Veränderung; die freie Energie. — Die Änderung der freien Energie im Verlaufe einer chemischen Reaktion. — Die Entweichungstendenz; Gleichgewicht zwischen zwei oder mehr reinen Phasen. — Die Flüchtigkeit. — Anwendung des zweiten Hauptsatzes auf Lösungen. — Die vollkommene Lösung. — Die Gesetze der verdünnten Lösung. — Andere unabhängige Veränderliche neben Druck, Temperatur und Zusammensetzung. — Die Aktivität; Anwendung dieser nützlichen Funktion auf Lösungen. — Änderung der Aktivität mit der Temperatur; Berechnung der Aktivität aus Gefrierpunkten. — Der Normalwert der Änderung der freien Energie. — Elektrolytlösungen. — Die Aktivität der starken Elektrolyte. — Die Aktivität von Elektrolyten aus Gefrierpunktsbestimmungen; Tabellen von Aktivitätskoeffizienten. — Aktivitätskoeffizient in Elektrolytgemischen; das Prinzip der Ionenstärke; die Aktivität der einzelnen Ionen. — Die neuere Theorie der Elektrolyte. — Das galvanische Element. — Einzelpotentiale; Normalpotentiale der Elemente. — Der dritte Hauptsatz der Thermodynamik. — Die Entropie der einatomigen Gase; eine Tabelle von Entropien der Elemente. — Neuere Untersuchungen über Entropie bei tiefen Temperaturen. — Einführung in systematische Berechnungen freier Energien; die freie Energie des elementaren Wasserstoffes und von Metallhydriden. — Sauerstoff und seine Verbindungen mit Wasserstoff und mit einigen Metallen. — Chlor und seine Verbindungen. — Brom und seine Verbindungen. — Jod und seine Verbindungen. — Schwefel und seine Verbindungen. — Stickstoffverbindungen. — Kohlenstoff und einige seiner Verbindungen. — Verbindungen von Kohlenstoff und Stickstoff. — Tabelle der freien Energien; erläuternde Beispiele.



Wir bauen
Einanker-Umformer
 zum Laden sowie für anderen Bedarf.
 Sonder-Ausführungen für den
 naturwissenschaftlichen
 Unterricht

Hochfrequenz-Maschinen
 bis zu 8000 Perioden für alle
 Anwendungszwecke

Maschinen für Sender
 der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

**Vorrichtung zur
 Konstanthaltung der Tourenzahl
 und Spannung**
 (Lorenz-Drehzahl-Regler
 nach System Dr. Schmidt)

**Mittelfrequenz-Maschinen
 für Meßzwecke**
 mit konstanter Frequenz und
 sinusförmigem Strom



C. LORENZ
 AKTIENGESELLSCHAFT
 BERLIN-TEMPELHOF

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Aus den Neuerscheinungen

Die wissenschaftlichen Grundlagen des Rundfunkempfangs

Vorträge von

Prof. Dr. K. W. Wagner, Berlin. — Prof. Dr. F. Aigner, Wien. — Direktor W. Hahnemann, Berlin, und Direktor Dr. H. Hecht, Kiel. — Prof. Dr. W. Schottky, Rostock. — Postrat Dr. H. Salinger, Berlin. — Prof. Dr. R. Rüdenberg, Berlin. — Prof. Dr. A. Esau, Jena. — Prof. Dr. H. Rukop, Berlin. — Prof. Dr. H. G. Möller, Bergedorf. — Prof. Dr. H. Barkhausen, Dresden. — Obering. B. Pohlmann, Berlin. — Prof. Dr. G. Leithäuser, Berlin. — Postrat F. Eppen, Berlin. — Abt.-Direktor Dr.-Ing. H. Harbich, Berlin
 Veranstaltet durch das Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin, den Elektrotechnischen Verein und die Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. e. h. Dr. K. W. Wagner
 Mitglied der preußischen Akademie der Wissenschaften,
 Präsident des Telegraphentechnischen Reichsamts

Mit 253 Textabbildungen. VIII, 418 Seiten. 1927
 Gebunden RM 25.—

Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

Bearbeitet von Fachleuten

Herausgegeben von

Dr. F. Banneitz

Mit 1190 Abbildungen und 131 Tabellen
 XVI, 1253 Seiten. 1927. Gebunden RM 64.50

Radiotelegraphisches Praktikum

Von

Dr.-Ing. H. Rein

Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage
 (Berichtigter Neudruck)

Von Dr. K. Wirtz

o. Professor der Elektrotechnik
 an der Technischen Hochschule zu Darmstadt

Mit 432 Textabbildungen und 7 Tafeln
 XVIII, 559 Seiten. Neudruck 1927
 Gebunden RM 24.—

Leithäuser- <Reinartz=> Empfänger

Ein Bastelbuch

von

Walter Sohst

Ingenieur

Mit 172 Textabbildungen und 2 Tafeln
 VIII, 137 Seiten. 1927. RM 5.50

Hierzu eine Beilage vom Verlag Julius Springer in Berlin W 9