

17.11.1928

Postverlagsort Leipzig



DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

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 45/46/47 (SEITE 829—1010)

9. NOVEMBER 1928

16. JAHRGANG

90. VERSAMMLUNG

DER

GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATUR-
FORSCHER UND ÄRZTE ZU HAMBURG

VOM 15. BIS ZUM 22. SEPTEMBER 1928

*

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 9.60. Hierzu tritt bei direkter Zustellung

durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezug durch die Post die postalische Bestellgebühr.

Manuskripte, Bücher usw. an

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

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24

Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53 und 6326—28

sowie Amt Nollendorf 755—57

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Soeben erschienen:

Theoretische Biologie

Von

Prof. Dr. J. Baron von Uexküll

Hamburg

Zweite, gänzlich neu bearbeitete Auflage

Mit 7 Abbildungen. X, 255 Seiten. 1928. RM 15.—; gebunden RM 16.80

Kausalität und Vitalismus vom Standpunkt der Denkökonomie

Von

Prof. Dr. Hans Winterstein

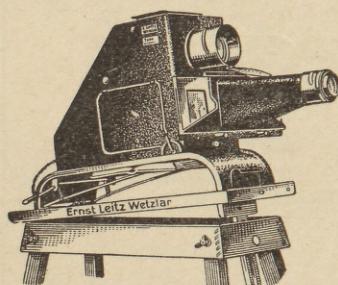
Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Breslau

Zweite, erweiterte Auflage

VI, 51 Seiten. 1928. RM 4.80

Inhaltsübersicht:

Der Kausalitätsbegriff in der Biologie: Kausalismus und Conditionalismus. — Der energetische Kausalismus. — Der denkökonomische Ursachenbegriff. — Anhang: Gibt es verschiedene Arten von Erkenntnis? — Die vitalistischen Theorien vom denkökonomischen Standpunkt: Der Zweckmäßigkeitbegriff. — Cossmanns empirische Teleologie. — Der Kraftbegriff. — Die Lebenskraft. — Drieschs Entelechie. — Reinkes Dominanten. — Pauly's psychophysische Teleologie. Die Lebensstofftheorie. — Irritabilität und Erregbarkeit. — Die Gestalttheorie. — Schluß.



Leitz-Epidiaskope Vc u. Vf

Anerkannt erstklassige Projektionsapparate für Schulen und Vereine

Helle, randscharfe Projektionen von Papier- und Glasbildern

Ergänzbar mit Mikro- und Filmansätzen

Moderne, geschlossene Bauart. Bestkorrigierte Optik

Fordern Sie kostenlos Liste No. 3590

Wir warnen vor minderwertigen Nachahmungen

Ernst Leitz, optische Werke, Wetzlar

Lieferung durch die Fachgeschäfte

Epidiaskop Vc
4—8 m Projektionsdistanz

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang

9. November 1928

Heft 46/47

90. VERSAMMLUNG

DER

GESELLSCHAFT

DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
ZU HAMBURG

VOM 15. BIS ZUM 22. SEPTEMBER 1928

*

VORTRÄGE DER ALLGEMEINEN SITZUNGEN UND
DER SITZUNGEN DER HAUPTGRUPPEN

ANHANG: AUTOREFERATE DER VORTRÄGE IN DEN
NATURWISSENSCHAFTLICHEN ABTEILUNGEN

Inhalt:

Allgemeine Sitzungen.

Weltwirtschaft und Volksernährung. Von F. H. WITTHOEFFT, Hamburg	831
Die Bedeutung der WÖHLERSchen Harnstoffsynthese. Ein Jahrhundert der chemischen Synthese. Von P. WALDEN, Rostock	835
Die Bedeutung der Blutgruppen. Von B. BREITNER, Wien	849
Photochemie der Eisencarbonylverbindungen und das absolute Absorptionsspektrum des Atmungsferments. Von OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem	856
Über die Bekämpfung der Tierseuchen. Von R. v. OSTERTAG, Stuttgart	861
Die Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungsschiff „Meteor“. Von A. DEFANT, Berlin	868
Transozeanische drahtlose Telegraphie mit kurzen Wellen. Von H. RUKOP, Köln	878

Sitzung der Naturwissenschaftlichen Hauptgruppe.

Die physikalischen Grundlagen der NAEGELISCHEN Micellarlehre. Von H. MARK, Ludwigshafen a. Rh.	892
Die Ergebnisse der NAEGELISCHEN Micellarlehre bei der Erforschung des Organismus. Von W. J. SCHMIDT, Gießen	900

Sitzungen der Medizinischen Hauptgruppe.

Kommen und Gehen der Epidemien. Von A. GOTTSSTEIN, Berlin	906
Kommen und Gehen der Epidemien. Von E. GOTTSCHLICH, Heidelberg	913
Fortschritte in der Erkenntnis des vegetativen Nervensystems. Von E. TH. BRÜCKE, Innsbruck	923
Die psychische Beeinflussung des vegetativen Nervensystems im Lichte der Physiologie und der Klinik. Von KARL HANSEN, Heidelberg	931
Neueres über die Chemie der Hormone. Von G. BARGER, Edinburgh	940
Weibliche Sexualhormone. Von BERNHARD ZONDEK, Berlin	946
Über weibliche Sexualhormone. Von FRITZ LAQUER, Elberfeld	952

Vorträge bei den Veranstaltungen in Kiel.

Über den Jodgehalt der Milch und seine Abhängigkeit von dem Jodgehalt der Futterpflanzen und des Erdbodens, sowie die Beziehungen zum Kropf. Von F. KIEFERLE, Weihenstephan	957
Die Entstehung des Echolots. Von A. BEHM, Kiel	962
Referate der Vorträge in den naturwissenschaftlichen Abteilungen ¹	970

¹ Die Referate der Vorträge in den medizinischen Abteilungen erscheinen als Beilage zur *Klinischen Wochenschrift* 1928, Heft 47.

Weltwirtschaft und Volksernährung.

Von F. H. WITTHOEFT, Hamburg.

Es ist das erste Mal in meinem Leben, daß ich zu einem so zahlreichen Auditorium spreche, das zum allergrößten Teil zusammengesetzt ist aus hervorragenden Gelehrten und ausgezeichneten Wissenschaftlern. Ich empfinde das als einen Vorzug und eine besondere Ehre, aber gleichzeitig habe ich auch das Gefühl einer gewissen Beklommenheit ob der von mir übernommenen Aufgabe. Wenn ich es versuche, gewisse Zusammenhänge zwischen Weltwirtschaft und Volksernährung darzulegen, so bitte ich Sie von vornherein, meine Ausführungen nicht vom *rein kritischen* Standpunkt der Wissenschaft aufzufassen. Ich spreche zu Ihnen als Mann der Praxis, der in seiner langen kaufmännischen Tätigkeit manches gehört und viel erfahren hat. Mir kommt es namentlich darauf an, gestützt auf eine knappe historische Darstellung, deren Einzelheiten ich zum Teil einem jungen Freunde aus der Nationalökonomie verdanke, zu zeigen, wo das Arbeitsfeld des praktischen Kaufmannes an das der Naturlehre vom Menschen und der Heilkunde grenzt. Gleichzeitig werde ich dabei Probleme streifen, die für die Forschung auf dem Gebiete der Natur und dem der Wirtschaft von gleichgroßer Bedeutung sind.

Der Mensch ist in erster Linie ein Geschöpf des Bodens, von dem er lebt. Aus den frühesten Zeiten der Menschengeschichte wissen wir aber schon, daß sich alle etwas entwickelten Völker nicht mehr mit den Nahrungsmitteln, Bekleidungsstoffen und sonstigen Waren begnügen, die das eigene Gebiet erzeugte, sondern daß von fern her Güter herangezogen wurden durch Seehandel und Karawänen. Dieser Auslandsbedarf, um einmal ein modernes Wort darauf anzuwenden, bestand jedoch, so lange die Bevölkerung noch der ursprünglichen Acker- oder Weidewirtschaft anhing, niemals in eigentlichen Lebensnotwendigkeiten; sondern der Handel begann mit dem Überflüssigen, dem Luxus der Könige, Herren und Priester. Ein Zuschußbedarf an *Getreide, als der Hauptnahrung*, entstand erst mit der Entwicklung großer Städte, die freilich in äußerster Not wahrscheinlich auch aus dem umliegenden Land mit zu versorgen gewesen wären, aber den Küstenstädten des Mittelmeeres bot der Seeweg billigere und reichlichere Ernährung, zumal, wenn die Zufuhr aus Kolonien erfolgte, denen mit politischer Gewalt eine Art von Lieferungszwang auferlegt werden konnte.

Ohne viel gelehrte Studien können wir uns ein gutes Bild über den Zusammenhang des Außenhandels einer Stadt der frühen Kultur des Mittelmeeres machen, wenn wir auf das Buch der Bücher, „die Bibel“, zurückgreifen. Im siebenundzwanzigsten

Kapitel des Propheten Hesekiel wird der Handel der phönizischen Stadt Tyrus beschrieben, die im Jahre 573 v. Chr. nach dreizehnjähriger Belagerung unter die Herrschaft Babylons fiel. Der Prophet zählt alle die kostlichen Waren auf, die auf den Markt der Stadt kamen: Zypressen für Täfelungen, Cedern vom Libanon für Mastbäume, Segel aus Ägypten, aber die Tharsesschiffe (Tharses ist Spanien) sind die vornehmsten auf diesem Markte gewesen (Vers 25). Sie brachten allerlei Ware, darunter Silber, Eisen, Zinn und Blei; aus Arabien kamen Gewürze, wie Kalmus und Cassia, ferner Edelsteine und Gold. Am interessantesten sind aber Vers 16, 17 und 18, weil sie ganz bildhaft die Ausfuhr von Fertigwaren, Arbeitszeugnissen, der Einfuhr von Getreide gegenüberstellen. Die Syrier und die Männer aus Damaskus holen die Arbeiten der Stadt Tyrus, bringen dafür Rubine, Purpur, Teppiche, Leinwand, Wolle und Wein, Juda aber und das Land Israel bringen Getreide, Honig und Öl.

Im ganzen gesehen ist es das Bild orientalischer Pracht, das bis in das späte Mittelalter mit dem Fernhandel verbunden war. Aber die halbinsulare Lage der Stadt Tyrus mischt doch in dieses bunte Treiben schon den Zug der Notwendigkeit, eben die Getreideeinfuhr. Diese wurde noch lebenswichtiger für die griechische Welt, als der eigentliche Stadtstaat mit scharfer Loslösung von der bäuerlichen Grundlage auf der Höhe seiner Entwicklung stand. Auch hier wurde das Getreide nebst vielen Luxuswaren übers Meer herangeholt, aber für die überragende Bedeutung, die jetzt das Getreide schon hat, sprechen die besonderen Markt- und Verteilungsordnungen Athens, die Handelsverträge mit Getreide erzeugenden Gebieten und die sehr drastischen Zwangsmaßnahmen, um die Versorgung Athens sicherzustellen.

Aus der Zeit des DEMOSTHENES ums Jahr 400 v. Chr. sind zwei Gesetze folgenden Inhalts bekannt:

„Kein Athener oder in Athen lebender Fremder oder Sklave darf Geld auf Schiffe leihen, die etwas anderes als Getreide oder sonstige als notwendig zugelassene Waren vom Ausland mitbringen wollen.“

Jedes in Athen beheimatete Schiff, das aus dem Schwarzen Meer oder dem Mittelmeer Getreide heranbringt, darf dieses in keinem anderen Hafen als dem Piräus löschen.“

Hier finden wir in der Tat die ersten Analogien zu der städtischen Getreidehandelspolitik des west- und nordeuropäischen Gebietes im Mittelalter, denn hier wird der Versorgungsgedanke auf das

Gemeinwesen als Ganzes erstreckt. Dagegen scheint die großartige Getreidewirtschaft des alten Babylon und der ägyptischen Reiche, die sich aus ihren eigenen Gebieten versorgten, nicht eigentlich Fürsorge unter bevölkerungspolitischem Gesichtspunkt gewesen zu sein. Sie entstand vielmehr aus dem Bedürfnis der Könige und Priester, ihre Natural-einkünfte pfleglich zu verwalten. Gewiß wirkten die bei den Tempeln und Palästen errichteten Getreidemagazine als Vorratssammler, aber der Leitgedanke war ein fiskalischer. Hierfür spricht auch, daß in Babylon schon eine Art von Lagerscheinen ausgebildet war, die gehandelt wurden. Ferner gab es Naturaldarlehen in Korn, Datteln usw. In Ägypten war ein regelrechter Korngiroverkehr geschaffen, der es ermöglichte, Gehälter, Ausgleich von Zahlungen, Darlehen durch Anweisungen auf das dem Empfänger nächstgelegene Magazin zu leisten. Außerdem brachte die Bewässerung durch den Nil dem Lande starke gemeinwirtschaftliche Züge, die mit den uns vertrauten Deichverbänden verglichen werden können.

Die Getreidewirtschaft des römischen Reiches in seinen verschiedenen Epochen möchte ich hier nur streifen. Die Leistungsfähigkeit der römischen Landwirtschaft war zum Teil hervorgerufen durch die auf Sklavendienste ruhende Arbeitsverfassung, die im Getreidebau wenig Überschüsse hervorbrachte. Das aus den eroberten Provinzen im Osten des Mittelmeeres herangeholte Getreide diente namentlich dazu, um die Müßiggänger der Großstadt zu ernähren, die dem Bestand der jeweiligen Herrschaft sonst gefährlich zu werden drohten. Nach dem Verfall des römischen Reiches sollten viele Jahrhunderte vergehen, ehe wieder Staatswesen entstanden, die in ihrem Gedeihen entscheidend von auswärtiger Nahrung abhängig wurden. Dennoch ist auch der dazwischenliegende Handelsverkehr der mittelalterlichen Zeiten für uns von bestimmtem Interesse.

Wenden wir uns zunächst dem Levantehandel zu, der vor allem durch die Kreuzzüge neuen Anstoß erhielt und den italienischen Städten unermesslichen Reichtum brachte. Er trägt immer noch die Züge orientalischer Üppigkeit und Prunkhaftigkeit, die $1\frac{1}{2}$ Jahrtausende früher der Prophet HESKEIHL schilderte. Aber dazu treten, wenn auch nicht unmittelbarer Lebensbedarf, so doch Waren, die in der hohen gewerblichen Kultur des Mittelalters für technische Hilfsstoffe benötigt wurden, ferner Kleidung der reicherem Klassen und schließlich Stoffe, die vor allem zu medizinischen Zwecken verwandt wurden. Die Anweisungen hierzu kamen vorzugsweise von den arabischen Ärzten, deren Lehren die Schule von Salerno aufnahm. Die kampffreudigen Zeiten, in denen dem Körper viel zugemutet wurde, zeigten stets Bedarf an hitzenden Gewürzen, schweißtreibenden und purgierenden Stoffen, sowie solchen, die sich zur Herstellung wundheilender Pflaster eigneten. Dabei ging, ganz ähnlich wie in der modernen Chemie, der Gebrauchsweck einer Ware oft von einem

Gebiet leicht in das andere über. Die Grenze zwischen Gewürz und Arznei war schwankend, aber auch zwischen Technik des Gewerbes und der Küche. So war Elfenbein Schmuck, aber gebrannte Elefantenknochen waren Heilmittel. Safran war Medikament, Gewürz und Farbstoff beim Malen, außerdem Riechstoff. Myrobalanen aus Kleinasien und Indien, heute nur noch als Gerbstoff gehandelt, wurden im Mittelalter, wegen ihres säuerlichen Geschmacks, geschätzt, als magenstärkendes leichtes Purgativ genommen, oft sogar an den vornehmen Hofhaltungen eingemacht als Nachtisch gereicht. Ingwer, Campher, Moschus, Muskat, der lange Pfeffer, Zimmt, waren zugleich Gewürz und Medikament. Das uns heute überwiegend als Genuß- und Nahrungsmittel geläufige Zuckerrohr war anfangs nur Medizin, und zwar nach vielleicht heute noch begreiflicher Lehre der Araber, gegen Brustleiden. So trägt der Levantehandel zwar stark den Einschlag des Luxus, aber zugleich bringt er Lebensnotwendigkeiten insofern, als er den Apotheken Italiens und des Nordens jene heilkraftigen Pflanzen und Harze liefert, die im nordischen Klima nicht vorkommen. Wichtig waren ferner in jenen Zeiten, mehr als heute, die kostbaren Stoffe des Orients für Priestergewänder und der Weihrauch arabischen und nordafrikanischen Ursprungs für die Kulthandlungen. Der zwischenstaatliche Handelsverkehr Nordeuropas zeigt aber schon im Mittelalter starkes Vordringen eines Bedarfes, der, über den Luxus hinausgehend, an wirkliche Lebensnotwendigkeiten heranreichte: *Stoffe für Kleidungszwecke*. Gewiß war der schlichte Bauer und Grundhörlige nicht gewohnt, ausländische Gewebe zu tragen; der Städter aber kaufte sie gern, exportierte allerdings auch. Es fand ein sehr lebhafter Austausch statt, vor allem von pflanzlicher Leinwand des Nordens gegen tierische Wolle, schon als eine klimatisch bedingte Arbeitsteilung. Wenn wir das Handlungsbuch des Hamburger Kaufmannes VICKO VAN GELDERSEN ansehen, das um 1360 geführt wurde, so finden wir vor allem Tuche. Ebenso spielt in dem Verkehr der großen Ravensburger Handelsgesellschaft, die von 1380—1530 bestand und zwischen Süddeutschland und Süd- und Westeuropa vermittelte, Bekleidungsware jeglicher Art die Hauptrolle, daneben dann wieder Gewürze und Nahrungsmittel, darunter Reis, Öl, Thunfische, aber kein Getreide. Die Zeit, in der, ähnlich wie in den Stadtstaaten Griechenlands, das Getreide in den Mittelpunkt der staatlichen Handelspolitik tritt, beginnt erst mit der Herausbildung des modernen zentralistischen Staates. Die ängstliche Stapel- und Kornpolitik der kleinen Territorien gehört nicht hierher, solange es sich um Getreide aus der nächsten Umgebung handelt.

Holland und England sind wohl die ersten Staaten, die sich ganz bewußt, nicht aus politischen, sondern aus mercantilen Gründen, dahin entscheiden, ihre Bauerngrundlage nicht mehr innerhalb der eigenen Staatsgrenzen zu suchen,

um die eigenen Kräfte hauptsächlich der Seefahrt, dem Gewerbe und der Weidewirtschaft zuzuwenden England Schafzucht, Holland Rindviehzucht. Die osteuropäischen Gebiete werden die Kornkammern der neuen Industriestaaten, und zugleich verdienten letztere als Frachtführer daran, daß sie auch über den eigenen Bedarf hinaus die Weiterführung des Getreides in andere Länder übernahmen.

Die Entwicklung bis zum heutigen Tage zu verfolgen, würde zu weit führen. Es kam mir nur darauf an, den Punkt in der handelsgeschichtlichen Entwicklung zu zeigen, wo die eigentlich weltwirtschaftliche Arbeitsteilung beginnt: Nicht eine Fortnahme lebensnotwendiger Güter in Form gewalttätigen Beutemachens oder durch politischen Zwang, sondern Entstehung von Austauschbeziehungen auf der Basis gegenseitigen wirtschaftlichen Vorteils.

Dieser Prozeß hängt eng mit dem der Städtebildung zusammen, aber die moderne Verkehrstechnik hat ihn so ungeheuer beschleunigt, daß gewaltige Störungen der alten Agrarverhältnisse erfolgten. Die Kühltechnik macht den europäischen Arbeiter zum Kunden australischen und südamerikanischen Fleisches. Der Schnellverkehr macht Gemüse innerhalb Europas nahezu freiüigig, und schließlich hat das moderne Seeschiff durch Heranbringung tropischer Ölfrüchte für den Fettbedarf neue Quellen erschlossen, deren richtige Ausnutzung Sache der modernen Chemie wurde und noch heute ist. Der Mensch des heutigen Industriestaates betrachtet praktisch die ganze Erde als seine Nahrungsgrundlage, und hierin liegen wie ich glaube möchte, nicht nur weltwirtschaftliche, sondern auch sehr merkwürdige physiologische und soziale Probleme. Ich glaube, daß die rassenmäßige Eigenart des Menschen nicht nur vom Blute her zu erklären ist, sondern stark abhängt von der Landschaft und der ursprünglich durch sie bedingten Ernährungsweise. Wir wissen, daß das Gebirge einen anderen Menschenschlag bildet als die Tiefebene und die fette Marsch einen anderen als die magere Geest. Im Rahmen seines landschaftlichen Ursprungs bewahrt der Mensch seine Art stärker als in der Stadt, die ihn von der Gebundenheit an das Herkommen frei macht, frei von heimatlichen Sondergewohnheiten, die ihn einordnet in eine Lebensweise, welche in allen Städten der Erde täglich ähnlicher wird. Ich glaube, daß die weltwirtschaftliche Freizügigkeit des Menschen allein uns nicht die weitgehende Ausgleichung der Lebensgewohnheiten gebracht hätte, sondern daß die Freizügigkeit im Handel der Hauptnahrungsmittel Getreide und Fleisch hierbei eine wichtige Rolle mitspielt. Aber noch auf einen anderen Zusammenhang möchte ich hinweisen, wo die medizinische und physiologische Forschung der Wirtschaft vielleicht eine bedeutende Hilfe geben kann.

An den großen Chemiker WILHELM OSTWALD haben im Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts die Japaner einmal die Frage gerichtet, was sie

in bezug auf Nahrungsauswahl tun könnten, um einen den modernen Anforderungen besser entsprechenden großen Menschenschlag zu erzielen. Dieser Anfrage lag die richtige Vorstellung zugrunde, daß die Industrialisierung andere Forderungen an Nerven und Muskeln stellt, daß andere Wirtschaftsweise in jeder Hinsicht andere Lebensweise bedeutet, und damit entstehen hier zwei Probleme. Sie wissen, daß ein erheblicher Teil der überseischen Gebiete zur sog. Selbstindustrialisierung schreitet. Hier erwächst nun die Frage, wie weit die klimatischen Bedingungen die Übernahme der in Europa ausgebildeten technischen Prozesse gestatten, und ferner, wie weit der Übergang aus einer Tätigkeit in der tropischen Agrikultur zur Industrie neue Nahrungsbedürfnisse erzeugt. Die Beantwortung hat Bedeutung, einmal dafür, ob das industrialisierende Land künftig weniger Nahrung an das Ausland abgeben wird und ob nicht vielleicht sogar ein Einfuhrbedarf für Fleisch etwa, oder bestimmte Getreidearten, Ölfrüchte usw. entsteht. An einer fachkundigen Beobachtung dieser Probleme hat die europäisch-amerikanische Wirtschaft zweifellos das größte Interesse, weil daraus unter Umständen wichtige Folgerungen für eine Stärkung der Landwirtschaft in den älteren Industriestaaten gezogen werden können. Das zweite große Problem ist, ob die Eigenart des städtisch-industriellen Lebens nicht eine ständige Veredelung der Nahrung notwendig macht, damit der Mensch den Ansprüchen gewachsen bleibt, die eine künstlicher werdende Lebensform an ihn stellt. Die Zunahme der Patentmedizinen zeigt einen Weg, den ich nicht für den richtigen halte, vielmehr scheint mir, daß, soweit nicht eine gewisse Rückbildung der Städte zugunsten gestärkter Landwirtschaft stattfindet, und das halte ich für sehr zweifelhaft, die Nahrung des Städters im allgemeinen gehaltvoller werden muß, indem die Landwirtschaft sowohl als die Industrie den Weg zur Qualitätserzeugung unter richtiger Zusammenwirkung mit dem Handel folgerichtig weitergehen. Auf allen Gebieten werden dafür große Anstrengungen gemacht. Ich darf dafür vielleicht einige besondere Beispiele anführen:

Als ich vor nahezu 50 Jahren meine kaufmännische Laufbahn begann, waren Artikel, wie Kopra, Palmkerne, Erdnüsse, Soyabohnen usw. im Welthandel von relativ geringer Bedeutung. Im primitiven Preßverfahren wurden in den Importländern Öle daraus hergestellt, die fast ausschließlich zu technischen Zwecken verwandt wurden. Butter und Schmalz nur dienten als Streichfette, die Margarine war unbekannt, und noch vor 25 Jahren wurde letztere nur aus tierischen Fetten hergestellt. Heute dagegen bildet die Margarine für die breiten Volksmassen allüberall ein unentbehrliches Nahrungsmittel und wird zum allergrößten Teil aus pflanzlichen Fetten fabriziert, die aus den oben genannten Ölsaaten gewonnen werden. Jetzt werden ungeheure Mengen von derartigen Ölfrüchten im Welthandel bewegt und

ständig noch steigt ihre Produktion. Im vergangenen Jahre sind über 30 Millionen tons der verschiedenen Ölsaaten verschifft worden. Zur Illustration der Produktionssteigerung möchte ich nur auf zwei mir besonders bekannte Ölsaaten hinweisen. In Koppa stieg die Ausfuhrziffer aus den Hauptproduktionsgegenden von 190000 tons im Jahre 1900 auf 690000 tons in 1926. Die Sojabohne war noch im Jahre 1908–1909 auf den europäischen Märkten kaum zu finden, und in 1927 wurden allein in Deutschland 576000 tons eingeführt, eine Zahl, die inzwischen schnell weiter angewachsen ist und in diesem Jahre 800–900000 tons erreichen dürfte. Die Rückstände, die aus den hoch eiweißhaltigen Ölsaaten bei der Ölgewinnung verbleiben, kommen bekanntlich als bestes Futtermittel für Zuchtvieh zur Verwendung. Namentlich in Holland und Dänemark, den großen Ausfuhr ländern für tierische Produkte, tritt dies in Erscheinung. Dort wird nach maßgeblichen Schätzungen und Berechnungen von solchen Kraftfuttermitteln nahezu achtmal so viel verfüttert als bei uns in Deutschland. Würde unsere Landwirtschaft das gleiche tun, so könnte die deutsche Handelsbilanz um hunderte von Millionen verbessert werden. Ich darf bei dieser Gelegenheit hinweisen auf die kürzlich erschienene Schrift unseres früheren Reichskanzlers, Herrn Dr. LUTHER, betitelt „Von Deutschlands eigener Kraft“, der die Fragen einer Steigerung der landwirtschaftlichen Erzeugung im gleichen Sinne behandelt und im besonderen darauf aufmerksam macht, daß wir nach dem Urteil landwirtschaftlicher Sachverständiger $1\frac{1}{2}$ Milliarden Reichsmark an der Lebensmittel einfuhr sparen könnten. Er begründet das mit folgenden Worten:

„Versuche ich nun, den Einfuhrbetrag von 1,5 Milliarden an in Deutschland erzeugbaren Produkten aufzulösen, so ergeben sich folgende Hauptposten, wobei ich immer die Durchschnittsbeträge der drei letzten Jahre nenne. Den größten Posten unserer Lebensmitteleinfuhr bildet der Weizen in Höhe von 600 Millionen; würde der heutige Ernteetrag, was auch ohne Ausdehnung der Anbaufläche im Rahmen des Möglichen liegen dürfte, nur um ein Drittel gesteigert, so würde das bereits eine Verminderung unserer Einfuhr von 200–300 Millionen ausmachen. Auch die Einfuhr von Futtergetreide, besonders von Gerste, könnte durch Intensivierung des Anbaues und Verbesserung der Grünlandskultur herabgemindert werden; der Anbau von Wintergerste bedeutet obendrein eine günstigere Verteilung der Erntezeit. Andere wichtige ersetzbare Posten sind die ausländischen Molkereierzeugnisse, nämlich Butter, Milch und Käse mit 500 Millionen; Fleisch, Speck und Würste mit 250 Millionen; Eier, Fischereierzeugnisse und ausländisches Obst mit je 150 Millionen. Auch Frühgemüse, Frühkartoffeln, Tomaten, könnten sicherlich in weit größerem Maße im Lande selbst erzeugt werden. Welche bedeutenden Möglichkeiten der Einfuhrverminderung vorliegen, läßt

sich auch daraus ersehen, daß die Einfuhr dieser Erzeugnisse der Vorkriegszeit gegenüber teilweise sehr erheblich gestiegen ist. So haben wir z. B. an Molkereiprodukten in der Vorkriegszeit kaum mehr als die Hälfte des heutigen Betrages eingeführt. Ähnlich steht es z. B. mit Frühkartoffeln, von denen wir heute das Vierfache der Vorkriegszeit einführen dürften. — Ich komme nun zu den technischen Möglichkeiten, die Produktion zu steigern. Ohne jeden Anspruch auf Vollständigkeit und ohne Betonung der Reihenfolge zähle ich auf: Nutzbarmachung von Ödland, die indessen hinter den Möglichkeiten der Produktionssteigerung auf bereits landwirtschaftlich genutztem Boden durchaus zurücktritt. Verbesserung unserer Wasserwirtschaft durch Ent- oder Bewässerung. Vermehrte und richtige Anwendung künstlicher Düngemittel, Verwendung und richtige Behandlung guten Saatguts. Tiefpflügen. Reihensaat. Benutzung von Sä-, Hack- und Mähmaschinen. Technisierung und dabei Normung des Maschinenwesens auf dem Lande, so daß die Vorhaltung von Ersatzteilen und die Bedienung vereinfacht wird. Für den Viehstand denke man an rechtzeitige Abschaffung schlechten Viehs und Leistungszucht. Anlage moderner Molkereien. Geflügelzucht in modernen Anlagen. Planmäßige Obstkultur. Frühgemüsebau unter Glas.“

Daß im Laufe der Zeit all dies zu erreichen ist, lehrt die Vergangenheit. Die durchschnittlichen Ernteeinträge in Deutschland haben sich in dem Zeitraum eines Säkulum um das Dreifache steigern lassen, aber gerade in den letzten Jahren erst ist es der Agrarchemie gelungen, mit der Gewinnung künstlicher Düngemittel, vor allem des Stickstoffs, Erfolge zu erzielen, die sich in ihren Resultaten bei weitem noch nicht in der Allgemeinheit und somit auch nicht in der Weltwirtschaft und der Volkernährung richtig ausgewirkt haben. Bodenoberfläche durch Bodensubstanz zu ersetzen, um ein Wort von Professor AEREBOE anzuwenden, das haben unsere Chemiker und Naturforscher fertiggebracht. Sie haben damit die Voraussetzungen geschaffen für eine gewaltige Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion. Vielversprechende Erfolge hat auch die Chemie zu verzeichnen auf dem Gebiete der menschlichen Nahrungsmittel. So wird neuerdings aus der Sojabohne ein einwandfreies Mehl hergestellt, das den außerordentlichen Vorzug des hohen Eiweißgehaltes von etwa 50% besitzt und deshalb für die Herstellung eines nahrhaften Brots von großer Bedeutung ist. Würden nur 5% des gesamten deutschen Bedarfs an Getreidemehl aus Sojamehl gedeckt, so würde dies die Mindereinfuhr von 500000 tons Getreide bedeuten, was volkswirtschaftlich die Handelsbilanz ebenfalls um viele Millionen verbessern würde.

Ein weiteres wichtiges Glied in unserer Volkswirtschaft ist auch die deutsche Pflanzenzucht geworden, der es hoffentlich gelingt, wie einst die Kartoffel, so auch jetzt die Sojabohne zu akklimatisieren. Der Vorsitzende der „Gesellschaft zur

Förderung deutscher Pflanzenzucht", Herr Dr. KÜHLE, hat einmal darauf hingewiesen, daß, wenn nur 30 % der Ertragssteigerung auf die Verwendung hochgezüchteten Saatgutes zurückzuführen sei, bei einem Preise von 18 RM. per Doppelzentner Getreide und 3 RM. per Doppelzentner Kartoffeln, sich ein alljährlicher Zuwachs an deutschem Nationalvermögen von fast $1\frac{1}{2}$ Milliarde Reichsmark ergäbe, welcher auf die Erfolge der Pflanzenzucht zurückgeführt werden müsse. Daß unsere Maschinenindustrie ständig mit technischen Neuerungen und Verbesserungen auf allen wirtschaftlichen Gebieten hervortritt, ist eine gegebene Tatsache.

Volksernährung und Lebensmittelbedarf sind in gewissem Sinne synonyme Begriffe.

Welche Bedeutung der Lebensmittelbedarf überhaupt für die Volkswirtschaft hat, das wird am deutlichsten, wenn man sie mit der Kohlenerzeugung vergleicht. Die gesamte Kohlenerzeugung Deutschlands beläuft sich durchschnittlich auf 2,5 Milliarden Mark. Sie beträgt nur ca. 72 % des Wertes der Milcherzeugung, 84 % des Wertes der Fleischerzeugung oder nur 38 % des Wertes der Milch- und Fleischerzeugung zusammen.

Ich fasse zusammen: Auch als Wirtschaftler glaube ich zu einem Ergebnis kommen zu können, das dem inneren Grundgedanken der Heilkunde eng verwandt ist. Wir müssen die Naturgrund-

lage des Menschen, seinen Körper, kräftigen, einmal, indem wir ihn durch einen vernünftigen Städtebau und angemessene Siedlungsweise der Natur nicht zu sehr entfremden, sodann aber, indem wir ihm eine reine, auf Ausnutzung der natürlichen Kräfte des Bodens beruhende Nahrung zuführen. Die moderne Chemie leistet viel zur Verbesserung der Nährstoffe. Ich glaube aber nicht, daß irgendeine, dem Menschen zuträgliche Nahrung aus den Retorten allein geboren werden kann. Landwirtschaft, Industrie und Handel sind die drei großen Faktoren für die materielle Gestaltung des Lebens, aber wie der königliche Philosoph von Sanssouci einmal sagte:

„Der Ackerbau ist die erste der Künste, ohne ihn gäbe es keine Könige, Philosophen und Kaufleute. Nur das ist wahrer Reichtum, was die Erde hervorbringt.“

so sehe auch ich trotz der großen Leistungen unserer Technik, trotz der Schönheit vieler Städte, den wahrhaft erfreulichen Trost darin, daß unser Leben nie völlig künstlich werden kann, daß immer das Urbild des Schaffenden der den Boden bebauende Mensch sein und bleiben wird. In diesem Bewußtsein aber wurzelt auch das feste Vertrauen in die eigene Kraft und der Glaube an eine neue Blüte unseres Vaterlandes.

Die Bedeutung der Wöhlerschen Harnstoff-Synthese. Ein Jahrhundert der chemischen Synthese.

Von P. WALDEN, Rostock.

Der Auftrag des Vorstandes, an diesem Ort, vor einem so gelehrten Forum, die Bedeutung der WÖHLERSchen Entdeckung der künstlichen Harnstoffbildung kurz darzulegen, ist ehrenvoll und schwierig zugleich. Die WÖHLERSche Synthese ist ja eine Tat, die nicht allein die chemischen Spezialisten interessiert, sie ist ein reizvolles Schulbeispiel für die Biologie von Entdeckungen überhaupt, eine Illustration des Wechselspiels zwischen Theorie, Zufall und Praxis, zwischen bewußt Erstrebten und ungewollt Erreichten. Sie zeigt den eigenartigen mühevollen Lebensweg der *neuartigen* wissenschaftlichen Erkenntnis. In ihren *praktischen* Auswirkungen zeigt diese Synthese die Macht der Summation kleinsten Faktoren, die allendlich und zwangsläufig zu den größten Endergebnissen, zu Neubildungen in der *Weltanschauung*, *Weltkultur* und *Weltwirtschaft* hinführen. Es ist ein Wagnis, bei der Kürze der mir zubemessenen Zeit diese vielgestaltige Bedeutung hier schildern zu wollen, ich bitte daher von vornherein um Nachsicht, wenn manches wesentliche von mir nur andeutungsweise oder gar nicht berührt werden wird.

I. Wie vollzog sich die Entdeckung der künstlichen Darstellung des Harnstoffes durch Friedr. Wöhler?

Man schrieb das Jahr 1827—1828. Die Natur

schien endlich — oder wieder einmal — ihrer Geheimnisse beraubt zu sein, denn die *Naturphilosophie* herrschte über die tote und lebende Natur, über Absoluten und Verborgenes — und mit volltönenden Worten und *Begriffen*, „erklärte“ sie alles. In Gießen hatte kurz vorher (1826) der junge Chemieprofessor JUSTUS LIEBIG (1803—1873) ein bescheidenes chemisches Laboratorium eröffnet, in welchem er das Erklären der Natur durch chemische *Versuche* und *Beobachtungen*, nicht durch philosophische Spekulationen, lehren wollte. Als Chemiestudent hatte er an sich die unheilvolle, verwirrende Wirkung der Naturphilosophie erfahren — er hat sie die „Pestilenz, den schwarzen Tod des Jahrhunderts“ benannt! Nicht minder denkwürdig für die Geschichte der Chemie in Deutschland ist es, daß derselbe LIEBIG die experimentelle Chemie in Paris (bei GAY-LUSSAC) erlernen sollte, sowie daß ein FRIEDR. WÖHLER (1800 bis 1882) seinerseits nach Stockholm zu dem großen schwedischen Chemiker BERZELIUS pilgern mußte (1823), um dort chemische *Arbeiten* und *Denken* kennenzulernen. So stand es im allgemeinen um das Chemiestudium an den hohen Schulen Deutschlands vor einem Jahrhundert! Die nachherigen zwei deutschen Meister waren Lehrlinge in *außerdeutschen* Chemieschulen. — Doch BERZELIUS war nicht allein groß als experimenteller Chemiker,

er war auch bahnbrechend als Begriffsbildner und Verfasser von Lehrbüchern. Den Begriff „organische Chemie“ und „organische Verbindungen“ hatte er geprägt, und es war FRIEDR. WÖHLER, welcher die deutsche Übersetzung der „organischen Chemie“ von BERZELIUS im Jahre 1827 herausgab. Was lehrte nun diese „organische Chemie“ vor hundert Jahren? Hier die Antwort (die charakteristisch ist):

„Die organischen Körper zerfallen in zwei wohl unterschiedene Klassen, in Pflanzen und Tiere . . . „ . . . Das Wesen des lebenden Körpers ist (folglich) nicht in seinen unorganischen Elementen begründet, sondern in etwas anderem. . . . Dieses Etwas, welches wir *Lebenskraft* nennen, liegt gänzlich außerhalb den unorganischen Elementen. . . .“ (l. c., S. 137). „Wenn wir auch in Zukunft mehrere solche (organische) Produkte aus rein unorganischen Materien . . . entdecken sollten, so ist doch diese unvollständige Nachahmung immer zu unbedeutend, als daß wir jemals hoffen könnten es zu wagen, organische Stoffe künstlich hervorzubringen, und . . . die Analyse durch die Synthese zu bestätigen“ (l. c., S. 147).

Doch nicht allein geniale Chemiker, sondern auch geniale Philosophen, die vom Geiste KANTS erfüllt sind, vertreten die Idee von der Lebenskraft. Sagte doch SCHOPENHAUER: „Denn wer die Lebenskraft leugnet, leugnet im Grunde sein eigenes Dasein, kann sich also rühmen, den höchsten Gipfel der Absurdität erreicht zu haben“ . . . „Sofern aber dieser Unsinn von Ärzten und Apothekern ausgegangen ist, enthält er überdies den schnöden Undank“ (Parerga und Paralipomena). „. . . Nur dem Organischen gebührt das Prädikat Leben. Jeder Organismus aber ist durch und durch organisch, ist es in allen Teilen und nirgends sind diese, selbst nicht in ihren kleinsten Partikeln, aus Unorganischem aggregativ zusammengesetzt“ (Welt als Wille und Vorstellung, II. Buch).

Exakte Forschung und strenge Philosophie verkünden also übereinstimmend: Es gibt eine „Lebenskraft“, und nur die Lebenskraft vermag organische Stoffe hervorzubringen — eine künstliche Hervorbringung der organischen Stoffe ist daher unmöglich! Doch hat nicht der Begriff „Unmöglich“ in der modernen Naturforschung einen schlechten Kurswert? Sollte es nicht heißen: „noch nicht möglich, aber vielleicht schon morgen oder übermorgen erreicht und verwirklicht?“ — Man könnte von einer dramatischen Steigerung reden, wenn man den weiteren Verlauf dieses Problems verfolgt. Denn derselbe FRIEDR. WÖHLER, der 1827 die oben angeführten Ansichten von BERZELIUS über die Lebenskraft gewissenhaft wiedergab, wagte bereits einige Monate später „. . . aufzuheben das sterbliche Aug“ . . . und das Tor der Natur der Sterblichen Erster zu sprengen!“ Schon am 22. Februar 1828 konnte er an BERZELIUS in Stockholm folgendes berichten:

„. . . ich muß Ihnen erzählen, daß ich Harnstoff machen kann, ohne dazu Nieren oder überhaupt ein Tier, sei es Mensch oder Hund, nötig zu haben.“

Das *cyansäure Ammoniak* (aus cyansaurem Blei und Ammoniak, oder cyansaurem Silber und Chlorammonium) ist *Harnstoff* . . . Diese künstliche Bildung von Harnstoff, kann man sie als ein Beispiel von Bildung einer organischen Substanz aus unorganischen Stoffen betrachten? Es ist auffallend, daß man zur Hervorbringung von Cyanäsäure (und auch von Ammoniak) immer doch ursprünglich eine *organische Substanz* haben muß, und ein Naturphilosoph würde sagen, daß sowohl aus der tierischen Kohle als aus den daraus bereiteten Cyanverbindungen das *Organische* noch nicht verschwunden und daher immer noch ein *organischer* Körper daraus wieder hervorzubringen sei. — *Darf ich recht bald einige Zeilen von Ihnen über diese Geschichte erwarten?*“ Soweit der Briefschreiber WÖHLER im Jahre 1828.

Tatsächlich eine merkwürdige „Geschichte“! Das wissenschaftliche Hirngespinst von gestern — die künstliche Erzeugung einer typischen animalischen Verbindung — ist, gleichsam über Nacht, eine experimentelle Errungenschaft geworden! Wie heißt es im GOETHESchen Faust von der Natur: „Und was sie sonst *organisieren* ließ, Das lassen wir krystallisieren!“

Wurde nicht diese kuriose „Geschichte“ WÖHLERS der Ausgangspunkt der langen Geschichte der Entwicklung der organischen Chemie überhaupt? Wurde diese eine Synthese nicht das geistige Rückgrat der künstlichen organischen Synthesen in Wissenschaft und Technik und damit die historische Begründerin der *Führerstellung* des deutschen chemischen Genius?

Das dramatische Moment heftet sich noch in anderer Hinsicht an diese WÖHLERSche Entdeckung: nicht die Theorie, nicht das wissenschaftliche Suchen nach dieser Synthese, sondern der neckische Zufall führte das Ergebnis herbei: ein mißlunger Versuch, insofern ja das theoretisch erwartete und von WÖHLER experimentell gewollte Salz (cyansäures Ammonium $\text{CNO} \cdot \text{NH}_4$) nicht erhalten wurde, sondern ein Umlagerungsprodukt desselben, der Harnstoff $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, gebildet worden war!

Der bibelfeste HERM. KOLBE charakterisierte einst (1883) mit weitausschauendem Blick diese historische Entdeckung mit folgenden Worten: „WÖHLER ging aus, ein Eselein zu suchen, und fand ein Königreich!“

Das Dramatische in der Entdeckungsgeschichte des Harnstoffs ist noch nicht erschöpft. Der junge Adept WÖHLER stellte ja an seinen Meister BERZELIUS eine Frage, die zugleich die Lehre von der „Lebenskraft“ einschloß. Wie lautete die Antwort? „Nachdem man seine Unsterblichkeit — so antwortete BERZELIUS — beim Urin angefangen hat, ist wohl aller Grund vorhanden, die Himmelfahrt in demselben Gegenstand zu vollenden — und wahrlich, Herr Doktor hat wirklich die Kunst erfunden, den Richtweg zu einem unsterblichen Namen zu gehen. Aluminium und künstlicher Harnstoff, freilich zwei sehr verschiedene Sachen,

die so dicht aufeinander folgen, werden... als Edelsteine in Ihren Lorbeerkränz eingeflochten werden... Aber nun genug mit Raillerie. ... *Es ist eine recht wichtige und hübsche Entdeckung*, die Hr. Doktor gemacht hat...“ (Briefwechsel zwischen J. BERZELIUS und F. WÖHLER, herausgegeben von O. WALLACH, Leipzig, 1901, I. Band, S. 208). Die Antwort ist scherhaft überlegen und umgeht die Frage WÖHLERS mit einigen anerkennenden Worten über die Entdeckung. Und der Vater dieser „hübschen Entdeckung“, FR. WÖHLER, antwortet umgehend: „Ihr letzter gütiger Brief... hat mir sehr viel Freude und herzliches Lachen erregt, wofür ich bestens danke“ (s. S. 210). Damit ist die *Grundfrage nach der Synthese organischer Stoffe ohne Lebenskraft* scheinbar für beide Teile endgültig und negativ entschieden!

Müssen wir Nachfahren und Erben nicht verwundert fragen: „Warum verzichtete denn WÖHLER so leichten Herzens auf diese „Königswürde“ in dem von ihm gefundenen „Königreich“? (vgl. KOLBES Ausspruch). War diese „Abdankung“ ohne geistigen Kampf nicht zu voreilig? — WÖHLER war ein lachender, chemischer Philosoph und keine streitbare Natur, er war dessen bewußt, daß seine Entdeckung und deren Deutung philosophisch unsinnig und vom chemischen Standpunkt ketzerisch war. Dachte er vielleicht an das *Schicksal* eines anderen Entdeckers in früheren Jahrhunderten, des großen Kämpfers GALILEO GALILEI, dessen Ansichten „für töricht und absurd vom philosophischen Standpunkt und teilweise formell ketzerisch“ erklärt wurden? WÖHLER verzichtete auf den Ruhm bei der *Mitwelt*, und indem er die *Zeit* für sich arbeiten ließ, wurde ihm der Ruhm bei der Nachwelt freiwillig dargeboten.

Wer war denn überhaupt dieser Entdecker, dessen Name mit goldenen Buchstaben in der Geschichte menschlicher Geistesarbeit verewigt ist, dem die Nachwelt Denkmäler errichtet hat, und dessen wir heute als des Stammheros der organischen Synthetiker gedenken? Der Entdecker war ein bescheidener junger (28jähriger) „Doktor der Medizin, Chirurgie und Geburtshunde“ — als 23jähriger war er zu dem Großmeister der Chemie, J. J. BERZELIUS in Stockholm, in die Lehre gegangen und seit 1825 als Lehrer der Chemie und Mineralogie an der städtischen Gewerbeschule in Berlin tätig. Hier hatte er schon 1827 erstmalig reines Aluminium dargestellt, und hier entdeckte er den künstlichen Harnstoff. Seit 1836 wirkte er bis zu seinem Tode (1882) in Göttingen, hochberühmt als Forscher und hochgelehrte als Lehrer und Mensch.

II. Die unmittelbare Wirkung von Wöhlers Entdeckung auf die Zeitgenossen und Zeitfragen in der Chemie.

Es ist oft, namentlich im laufenden Jahr, teils von chemischen Fachleuten, teils in populären Artikeln ausgesprochen worden, daß die WÖHLERSche Synthese einen „vollkommenen Zusammenbruch

der bisherigen philosophischen Naturbetrachtung zur Folge hatte“ (aus einem Zeitungsartikel); oder daß sie „mit einem Schlag das alte Dogma beseitigte“, wonach zur Erzeugung der organischen Substanzen die Mitwirkung der Lebenskraft eine *conditio sine qua non sei*; oder daß man sich einst besonders „freute“, als diese Synthese gelungen war, usw. Kurz gesagt: Diese Beurteilung der *unmittelbaren* Wirkung entspricht *nicht* den Geschehnissen jener Zeit. Die Nachwelt schmückt gern die Geschichte durch „Geschichten“ aus. Wir, die Nutznießer und Erweiterer der Leistungen der Vergangenheit, können nicht ohne weiteres alle mentalen Hemmungen einer vergangenen Epoche rekonstruieren, und in der Rückschau erscheint der Entwicklungsgang zeitlich verkürzt. Auswirkungen, die erst nach Jahrzehnten und infolge neuer Tatsachen sich einstellten, rücken hierbei in die Nähe des Anfangsstadiums, und wir erhalten in der *Projektion* der Entwicklungslinie ein verschobenes Bild. Wir übersehen nur zu leicht, daß es in der Welt der *mental*en Reaktionen ähnlich geht wie in der Welt der *chemischen* Umbildungen: Die *erste* Reaktionsperiode (oder Induktionsperiode) ist nur zu oft unregelmäßig und hemmungsreich — die Einstellung zum normalen Reaktionsverlauf bedarf einer gewissen Zeit nicht nur zwischen verschiedenen Molekülen, sondern auch zwischen verschiedenen Ideen. Wenn wir zurückblickend die Wirkung der WÖHLERSchen Synthese gerne wie eine Initialzündung auf die Ideenwelt jener Zeit darstellen, so übersehen wir, daß auch der Funke nur dann eine Explosion auslösen kann, wenn er ein geeignetes labiles, in Spannung befindliches Stoffsystem vorfindet. Diese geistige „Explosion“ blieb aus, sie mußte ausbleiben, weil die chemische Mentalität nicht entsprechend vorbereitet war, und statt der plötzlichen und heftigen Gleichgewichtsstörung brachte sie nur eine vereinzelte, schnell sich ausgleichende Wellenbewegung in der Gedankenwelt jener Zeit hervor. Diese Welt war schwer beweglich, *trotzdem* experimentelle Ansätze schon in *beachtenswerter Zahl* vorlagen und die Kühnheit des chemischen Gedankens und chemischer Arbeitsweise offenbarten. Lassen Sie uns einen Blick auf diese meist unbeachtete Pionierarbeit werfen.

III. Organische Synthesen vor der Entdeckung der Harnstoffsynthese (3).

Tatsächlich hatte auch WÖHLER seine Vorläufer, die als Wegbereiter für eine experimentelle und gedankliche synthetische Forschung nicht nur für jene Zeit vor hundert Jahren, sondern auch für die *Gegenwart* genannt zu werden verdiensten.

Jede chemische Synthese ist auch ein Kunstwerk; der Entstehungsprozeß ist durch die Idee der künstlerischen Gestaltung der gegebenen Rohstoffe und durch sachgemäße Werkzeuge (Apparate) geleitet; das Endprodukt als Molekulargebilde ist architektonisch in seinem Aufbau (Konstitution) und gesetzmäßig gegliedert. Wie die Kunst ihre

Urformen der Natur entlehnt und gemäß den technischen Bedingtheiten mehr oder weniger vollkommen nachbildet, so lehnt sich auch die chemische Synthese in *ihren Urformen* an die Natur an, und je nach dem Stande der Versuchstechnik sind diese Nachbildungen mehr oder weniger vollständig oder erfolgreich. Der synthetische Chemiker ist ein Wahrheitssucher, und „in der Wahrheit findet man das Schöne“, sagt SCHILLER.

Es war SCHEELE, welcher 1782 die Zusammensetzung der Blausäure (Cyanwasserstoff) erkannt und ihre *Synthese* (bzw. diejenige von KCN) aus Salmiak, Kohle und Potasche durch Glühen be werkstelligt hatte. Es war WÖHLER selbst, der dann (1822) durch Oxydation des Cyankaliums das *cyansäure* Kalium, d. h. das Ausgangsmaterial für seine nachherige Harnstoffsynthese erhalten hatte und (bereits 1824) durch die Umwandlung des Cyans in Oxalsäure (in wässriger Ammoniaklösung) sein eigner „Vorläufer“ in der organischen Synthese wurde! Durch diese Befunde waren schon zwei charakteristische *Pflanzenstoffe*, die Blausäure und Oxalsäure, künstlich dargestellt worden! Es war dann LEOP. GMELIN, welcher 1825 aus Kohlenoxyd und metallischem Kalium das „Kohlenoxydkalium“, sowie durch dessen Zersetzung mit Wasser die Krokon- und Rhodizonsäure erhalten und damit die erste Synthese *aromatischer* Stoffe aus den Elementen ermöglicht hatte. Daß man erst nach vielen Jahrzehnten dieses Hexaoxybenzolkalium (COK)₆ und dessen Pentamethylenderivat (= Krokonsäure) erforscht hat, ändert nichts an der historischen Tatsache dieser Synthese. Ebenso behalten ihre Bedeutung die bereits ins Jahr 1803 fallenden synthetischen Versuche mit Eisencarbiden und Salzsäure (PROUT), oder mit *glühender* Kohle und *Wasser dampf* in eisernen Röhren (DÖBEREINER, 1817) oder mit Gasgemischen aus Kohlensäure, Äthylen und Wasserstoff im glühenden Porzellandrohr (BÉRARD, 1817). Und nicht minder bedeutungsvoll sind die Versuche DÖBEREINERS (1818—1825), aus den Gasen CO₂, bzw. CO und H₂ teils durch *Lichtwirkung*, teils durch Alkalien die Oxalsäure, oder aus CO₂ und CH₄ durch *Druck* bzw. aus CO₂ und Alkohol durch Platin als *Katalysator* den Zucker synthetisch zu gewinnen.

Daß diese Versuche teils mehrdeutig, teils ergebnislos verliefen, ändert nichts an ihrer historischen Bedeutung. Sie veranschaulichen das Prinzip der „Erhaltung der Ideen“. Denn es ist bemerkenswert, daß *damals*, zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts, schon jene *Grundanschauungen* über die Möglichkeit der Synthese organischer Stoffe *ohne* Lebenskraft, und zwar direkt aus *unorganischen* Stoffen, bei einzelnen Chemikern vorgedacht waren. Und belehrend ist es, daß schon damals die *experimentelle* Lösung mit Hilfe von *Reaktionstypen* und *-bedingungen* angestrebt wurde deren *Beherrschung* erst in unseren Tagen der chemischen Großtechnik gelungen ist. Es sind das gewissermaßen *Urformen* der Synthese, die von

beharrlichen geistigen Urbildern ausgehen. Sagte doch schon der große PLATO, daß die *Idee* das ist, was wahr, beharrend, ursachlos ist, was die Realitäten gestattet, das Geschehen richtet.

Kohle, Carbide, Wasserdampf, Gasgemische, erhöhte Temperaturen und Drucke, Katalysatoren usw. — all dies war schon vor hundert Jahren Gegenstand und Mittel synthetischer Versuche. Unwillkürlich denken wir an die Worte, die Meister KEKULÉ (1890, zum Benzolfest) sprach: „Etwas absolut Neues ist noch niemals gedacht worden, sicher nicht in der Chemie. Wir stehen alle auf den Schultern unserer Vorgänger; ist es da auf fallend, daß wir eine weitere Aussicht haben als sie?“ Für die synthetische Chemie unserer Tage gilt hiernach nicht das Wort, welches moderne Philosophen predigen: „Die Überwindung des neunzehnten Jahrhunderts im Denken der Gegenwart“ (K. JOËL).

IV. Weiterentwicklung der chemischen Synthese von 1828—1856; Perkins Entdeckung des ersten Anilinfarbstoffs, Berthelots systematische Synthesen.

WÖHLERS Synthese vom Jahre 1828 läßt sich in zwei Komponenten zerlegen; erstens ist es das gesicherte *Versuchsergebnis*, d. h. die künstliche Entstehung außerhalb des Tierkörpers, zweitens aber die *Idee* oder die vorsichtig geäußerte Folgerung, daß allgemein die organischen Stoffe *ohne* Lebenskraft erzeugt werden können.

Wir sagten vorhin, daß die *unmittelbare* Wirkung der WÖHLERSchen Synthese auf die *Erkenntnistheorie* und chemische *Forschung* ganz unbedeutend war. Den einen erschien es wie ein „Abenteuer der Vernunft“, die „Lebenskraft“ als ein Denkmittel zu verneinen. Die anderen vermißten die zur Prüfung notwendigen Tatsachen.

Es galt vorerst, eine geduldige und ausgedehnte Arbeit zu leisten, um einerseits die vorhandenen mentalen und experimentellen *Scheidewände* zwischen unorganischen und organischen Stoffen *abzubauen* und andererseits die *Freiheitsgrade* für die chemischen Denkmittel und Leistungen zu erweitern. Nur stufenweise konnte vorgegangen werden, indem man experimentell 1. *organische* Stoffe *überhaupt* synthetisierte, 2. diese Stoffe oder (organischen) Naturprodukte aus rein *unorganischem* Material synthetisierte.

Um diese Aufgabe zu lösen, bedurfte es geschickter *Mitarbeiter* und leistungsfähiger *Schüler*. Und es scheint nur, daß das Jahr 1828 nicht allein denkwürdig ist *durch* WÖHLERS Synthese, sondern auch denkwürdig *für* die Synthese in ihrer Weiterentwicklung. Die Naturforscherversammlung tagte damals (September 1828) in Berlin. Anwesend war auch Meister BERZELIUS, der einen Vortrag hielt. Und im Winter dieses Jahres knüpfte sich zwischen WÖHLER und LIEBIG ein Freundschaftsverhältnis, das bis zum Tode LIEBIGS (1873) dauerte und psychologisch wie wissenschaftlich gleich be wundernswert ist. WÖHLER als Repräsentant des klassischen Gelehrtentypus (im Sinne OSTWALDS),

stetig und abwägend in seinem Wesen, exakt in der Arbeit — ihm gegenüber der Romantiker LIEBIG, leidenschaftlich, kampffreudig und rastlos! Und aus diesen Gegensätzen entstand die Synthese eines Idealtypus von chemischen Forschern, indem hochgespannte geistige Potenzen, eine reiche wissenschaftliche Phantasie und experimentelle Erfahrung, eine unermüdliche Schaffenslust und edle Wahrheitsliebe sich zu einer Einheit verbanden! Aus dieser Synthese oder Verbindung der geistigen Antipoden „WÖHLER-LIEBIG“ erwuchsen für die Chemie nicht nur neue grundlegende *Arbeitsprogramme* und klassische Untersuchungen, sondern auch zahlreiche *Bearbeiter*, d. h. Schüler und junge Forscher. Doch noch ein weiteres Moment scheint wichtig zu sein: diese Schüler und Mitarbeiter unterlagen der Macht der *Persönlichkeit* ihrer Lehrer: sie gingen aus der Schule LIEBIGS und WÖHLERS hervor als überzeugte Vorkämpfer der wissenschaftlichen *Überzeugungen* und *Ideen* dieser Meister.

Allbekannt ist die klassische Untersuchung von WÖHLER und LIEBIG „Über das Radikal der Benzösäure“ (1832), sowie die denkwürdige Arbeit „Untersuchungen über die Natur der Harnsäure“ (1838). Eine große Zahl neuer organischer Verbindungen wird hierbei erstmalig aus der Harnsäure erhalten¹, und indem die Verfasser die Ergebnisse verallgemeinern, die anfänglichen Forderungen der organischen Synthese zurückstellen, sagen sie weitausschauend: „Die Philosophie der Chemie wird aus dieser Arbeit den Schluß ziehen, daß die *Erzeugung aller organischen Materien*, insoweit sie nicht mehr dem Organismus angehören, in unseren Laboratorien nicht allein wahrscheinlich, sondern als ganz gewiß betrachtet werden muß. Zucker, Salicin, Morphin werden künstlich hervorgebracht werden.“

Hier haben wir ein gemeinsames Bekenntnis beider Meister, das durch seine Bestimmtheit faszinierend wirken muß: „ganz gewiß“ wird man „alle organischen Materien“ in den chemischen Laboratorien erzeugen können! War es nun nicht natürlich, daß eine so zuversichtliche Ansicht der Meister sich auch auf deren *Schüler* übertrug und den wissenschaftlichen Bestrebungen und Arbeiten der letzteren einen sichtbaren Stempel aufprägte? Es war tatsächlich so.

Aus WÖHLERS chemischer Schule gingen z. B. ein HERM. KOLBE und R. FITTIG hervor, und der Schule LIEBIGS entstammten die hervorragenden *Synthetiker*: AD. STRECKER, A. W. HOFMANN (und sein Londoner Schüler PERKIN), Aug. KEKULÉ (und dessen Schüler LADENBURG, AD. BAEYER, C. GRAEBE usw.), AD. WURTZ, JAK. VOLHARD, ZININ, WILLIAMSON u. a.

¹ In dieser Untersuchung wurde erstmalig von WÖHLER ein nachher so wirksames synthetisches Verfahren zur Anwendung gebracht, nämlich das Erhitzen des organischen Reaktionsproduktes mit dem Solvens bei hoher Temperatur unter Druck, in zugeschmolzenen Gläsröhren (vgl. Ber. dtsch. chem. Ges. 15, 3191).

Stetig trägt LIEBIG diese Überzeugung auch in die *breitesten Volksschichten* hinein, indem er in seinen Chemischen Briefen schreibt (I. Brief, 1844): „Es sind Erfahrungen genug, um die Hoffnung zu begründen, daß es uns gelingen wird, Chinin und Morphin, die Verbindungen, woraus das Eiweiß oder die Muskelfaser besteht, mit allen ihren Eigenschaften hervorzubringen.“ Die „Chemischen Briefe“ LIEBIGS finden inzwischen einen ungewöhnlichen Nachhall in der ganzen Kulturwelt (es erscheinen Übersetzungen in den Sprachen: Dänisch, englisch, französisch, holländisch, italienisch, schwedisch, spanisch, polnisch, russisch). Und in der vierten deutschen Neuausgabe im Jahre 1859 (23. Brief) schreibt wiederum LIEBIG: „Und so wird es ihm (d. h. dem Chemiker) gelingen, Chinin, Coffein, die Farbstoffe der Gewächse und alle Verbindungen zu erzeugen, welche keine vitalen, sondern nur chemische Eigenschaften besitzen . . .“

Wenn wir nochmals die Jugendperiode der organischen Synthese überblicken, können wir zusammenfassend vielleicht folgendes sagen: WÖHLER ist der *Entdecker* der ersten organischen Synthesen (d. h. der Oxalsäure und des Harnstoffs), doch LIEBIG wurde der *Träger der Idee*, die Seele der Entwicklung der organischen Synthese überhaupt. Von LIEBIG ging eine Art geistiger Fernwirkung aus, indem er durch seine Schriften unentwegt die *Idee* von der experimentellen Möglichkeit der organischen Synthese auch der kompliziertesten Naturstoffe verkündete und die Gedankenwelt der Zeitgenossen revolutionierte — und unmittelbar wirkte er als Schöpfer einer chemischen *Schule*, er bereitete eine neue Generation von Forschern vor, welche die *experimentelle Entwicklung* der Synthese hervorragend förderten.

Eine bedeutsame Bestätigung erfuhr diese Ansicht durch eine synthetische Leistung von KOLBE.

Im Jahre 1845 vollführte HERM. KOLBE [Liebigs Ann. 54, 147, 181 (1845)] seine berühmte Synthese der Essigsäure, indem er von *rein anorganischen* Materialien CS_2 , Cl_2 und H_2O ausging.

Bereits 1848 mußte L. GMELIN in seinem klassischen Handbuch der Chemie (IV. Band, S. 37, 1848) schreiben: „Allerdings vermag die Kunst aus anorganischen Materialien größtenteils bloß niedere organische Verbindungen hervorbringen, d. h. solche, die nur wenige Atome Kohlenstoff halten. Aber in den aus dem Gußeisen und bei der Kaliumbereitung erhaltenen moderartigen Stoffen ist eine große Zahl von Kohlenstoffatomen anzunehmen.“ Und 1853 erklärte H. KOLBE in seinem „Lehrbuch der organischen Chemie“, nachdem er die Synthese des Harnstoffs durch WÖHLER besprochen hatte: „Mit dieser wichtigen Entdeckung, welcher bald darauf noch mehrere ähnliche gefolgt sind, war die natürliche Scheidewand, welche bis dahin die organischen Verbindungen von den unorganischen trennte, gefallen . . . und eine Klassifikation der chemischen Verbindungen in organische und unorganische — in früherer Bedeutung — fehlte daher der naturgemäße Grund“ (I. Band, S. 4, 1853).

Damit stehen wir am Ende des ersten Vierteljahrhunderts der Auswirkung von WÖHLERS Entdeckung (1828–1853). Wir sehen, daß die chemische Philosophie inzwischen sich gänzlich zugunsten der Ansicht WÖHLERS gewandelt hat, und wir werden gerechterweise zugeben, daß diese mentale Wandlung weniger durch die Fülle der *Tatsachen* (d. h. der eindeutigen Synthesen *organischer Naturstoffe* aus *unorganischen Materialien*), als vielmehr durch die Neuformulierung des *Begriffes* der „organischen Chemie“ überhaupt hervorgerufen worden ist. Die „organische Chemie“ als „Chemie der zusammengesetzten Radikale“ (LIEBIG) hatte viele und vielerlei Synthesen solcher Verbindungen von zusammengesetzten Radikalen registriert; sie hatte diese Art von „organischen Verbindungen“ formal den *unorganischen* angegliedert und damit *beide* Körperklassen den gleichen Denkprozessen untergeordnet. Und demzufolge äußerte sich 1860 H. KOLBE [Liebigs Ann. 113, 293 (1860)] in seiner Abhandlung „Über den natürlichen Zusammenhang der organischen mit den unorganischen Säuren“ in fast prophetisch klinger Weise: „Die chemischen organischen Körper sind durchweg Abkömmlinge *unorganischer* Verbindungen und aus diesen, zum Teil direkt, durch wunderbar einfache Substitutionsprozesse entstanden“.

Eine machtvolle Stütze erhielten diese Ansichten durch die Experimentalarbeiten M. BERTHELOTS, welcher, systematisch vorgehend, in klassischer Weise teils die *Elemente* selbst durch Elektrizität vereinigte (Acetylen aus C und H₂, 1862), teils aus einfachen *unorganischen* Stoffen (Methan aus CS₂ + SH₂ mittels glühenden Cu, 1856; Methan über CH₃Cl in Methylalkohol, 1857), teils durch die Umkehrung der Zerfallsreaktionen, durch Wiedervereinigung der Zerfallsprodukte (z. B. CO + H₂O in Ameisensäure; C₂H₄ + H₂O in Alkohol, 1855; Fettsäure + Glycerin in Fette, 1854), teils durch Polymerisation bei höherer Temperatur (z. B. 3 C₂H₂ → C₆H₆ Benzolsynthese, 1866) zahlreiche synthetische organische Verbindungen darstellte und neue Prinzipien der Darstellung einbürgerte. Wohldurchdacht und kühn durchgeführt waren diese Synthesen! Stolz schrieb BERTHELOT in seinem Buch „Chimie organique, fondée sur la synthèse“ (1860): „La chimie crée son objet. Cette faculté créatrice, semblable à celui de l'art lui-même, la distingue essentiellement des sciences naturelles et historiques.“ Und weiterhin: „Der Zweck unserer Forschung ist, das Leben aus den Erklärungen, die die organische Chemie betreffen, zu verbannen.“ — Und so geschah es auch, das Leben wurde verbannt, in die organische Synthese zogen aber Arbeitsmethoden ein, die ganz *wesensfremd* waren den Bedingungen, unter denen die Organismen oder Zellen ihre synthetischen Reaktionen bewerkstelligen.

Die „Lebenskraft“, das „Tabu“ in der Synthese organischer Stoffe, hatte die Macht verloren und die Gemeinde der organischen Chemiker ging froh-

gemut und erfolgreich ans Werk, indem sie die physikalischen und chemischen Kräfte sich dienstbar mache!

V. Die organische Synthese seit 1856 bis zur Gegenwart. (Technische und wissenschaftliche Bedeutung.)

„Man muß jung sein, um große Dinge zu tun“, sagt GOETHE. Und eine neue organisch-synthetische Wissenschaft, besonders von *jungen* schöpferischen Geistern kultiviert, entsteht und wächst wie ein Wunderbaum über jene klassischen Leistungen hinaus, indem sie ungeahnte Früchte trägt¹. Ist es doch der jugendliche (18jähr.) Mitarbeiter A. W. HOFMANNS, WILL. H. PERKIN, der im Jahre 1856 ohne vieles Nachdenken und Bedenken an die von Meister LIEBIG prophezeite Synthese des Chinins sich heranwagt und — zum Entdecker des ersten künstlichen *Anilinfarbstoffes* (des Tyrian Purple) wird! Daß diese zweite historische *Zufallsentdeckung* einer organischen Synthese der Ausgangspunkt für die großartige *Teerfarbenindustrie* geworden ist (bis vor dem Kriege waren allein in den Höchster Farbwerken über 11000 Farbstofftypen synthetisiert worden), bedarf keiner weiteren Darlegung, ebenso wenig, daß unter diesen Farbstoffsynthesen sich besonders hervorheben die Synthesen der *natürlichen* Farbstoffe des Krapps (des Alizarins durch GRAEBE und LIEBERMANN, 1868), des Indigos (durch AD. BAEYER, 1880f.); und ebenso klassisch sind die Untersuchungen R. WILLSTÄTTERS über die Konstitution des Blattgrüns oder Chlorophylls und des roten Blutfarbstoffs (WILLSTÄTTER und STOLL, Untersuchungen über Chlorophyll, Berlin 1913) sowie die Synthesen der von dem Häm in derivierenden Porphyrine durch HANS FISCHER [vgl. Ber. dtsch. chem. Ges. 60, 2611 (1927)].

Es sei noch in Erinnerung gebracht, daß neben dem *einen* breiten chemischen Energstrom, der in die Synthesen der *Farbstoffe* einmündete, bald noch ein zweiter sich erschloß: es waren dies die *Arzneistoffe*, für welche wohl die Synthese der Salicylsäure durch H. KOLBE und LAUTERMANN 1860 [Ann. chem. 113, 125; 115, 157 (1860); s. a. J. prakt. Chem. (II) 10, 89 (1874)] und deren technische Durchführung durch v. HEYDEN (seit 1874) bahnbrechend wurden. Was bisher an synthetischen Großtaten in dieser schöpferischen Richtung die Chemie geleistet hat, braucht hier nicht

¹ Einen Beitrag zur Biologie des chemisch eingestellten Genies, oder, umgekehrt, einen Beitrag zu der Wesensart der organischen Chemie überhaupt, stellt die Tatsache dar, daß die meisten der bahnbrechenden organischen Synthesen und chemischen Theorien von Chemikern herstammen, die im jugendlichen Alter zwischen 25 bis etwa 30 Jahren standen; wir nennen nur einige Namen aus der klassischen Periode der organischen Chemie: WÖHLER (24jährig), H. KOLBE und E. FISCHER (26jährig), BERTHELOT, GRAEBE und LIEBERMANN (26- bis 27jährig), AD. STRECKER (28jährig), KEKULÉ (29jährig), ALFR. WERNER (23jährig), J. H. VAN'T HOFF (sogar 22jährig) und WILH. H. PERKIN — 18jährig!

dargelegt zu werden (man vergleiche z. B. nur das jüngste Werk: E. WASER, Synthese der organischen Arzneimittel, Stuttgart 1928). Es genüge der Hinweis, daß bis vor dem Kriege die Zahl der künstlichen Heilstoffe rund 5000 betrug! Beginnend mit dem Äther des VALERIUS CORDUS (1540), dem Chloroform und Chloral LIEBIGS (1831), der Salicylsäure KOLBES (1860), über das Veronal CONRADS (1882), Antipyrin KNORRS (1883) bis zum Salvarsan EHRLICHs (1910), Germanin (1924) und Plasmochin (1927) der Elberfelder Forscher aus unseren Tagen, ist es eine glänzende Beweiskette menschlichen Scharfsinns und edlen Wetteifers in gemeinsamer Arbeit von Chemikern und Medizinern, zum Wohle der leitenden Mitmenschen!

Daß neben diesen zwei großen Stoffgruppen — den künstlichen Farbstoffen und Arzneimitteln — noch viele andere Stofftypen synthetisiert worden sind, ist allbekannt. Soll ich daran erinnern, wie, beginnend mit BUTLEROW (1861), KILIANI u. a. — EMIL FISCHER die Synthesen der Zuckergruppe meisterhaft durchführte (1884 bis zum Tode), wie er alsdann die *Eiweißverbindungen* durch die Synthese der Polypeptide in ein neues Licht stellte (1899—1906), wie er die Synthese der *Gerbstoffe* oder *Depside* kühn in Angriff nahm (1908—1910)? — Oder soll ich an die Synthesen und technischen Leistungen in der Gruppe der *Riechstoffe* erinnern, beginnend mit dem Cumarin (PERKIN 1868), Vanillin (TIEMANN und HAARMANN 1875), bis zu dem Veilchenduft Ionon (TIEMANN 1893), oder an die Synthesen der *Alkaloide* (z. B. des Coniins durch LADENBURG 1886; des Coffeins und Theobromins durch EM. FISCHER 1897; des Cocains durch WILLSTÄTTER 1901ff; des Nicotins durch A. PICTET 1904 usw.), oder an die Terpen- und *Camphersynthesen* (z. B. durch WALLACH, KOMPPA u. a.), oder des *Kautschuks* (durch HARRIES, FR. HOFMANN, COUTELLE usw.)? Sind nicht künstliche *Gerbstoffe*, *Harze* oder die „*künstlichen Seiden*“ allbekannt? Die I. G. Farbenfabriken allein produzieren täglich 11000—12000 kg solche Kunstseiden¹.

Überblicken wir noch einmal das *Erreichte* in diesem *ersten Jahrhundert* chemischer Synthese seit WÖHLERS Entdeckung, so können wir Chemiker — ohne Widerspruch zu befürchten — behaupten, daß wir das Erbe WÖHLERS nicht nur behütet, sondern unermüdlich durch *Experimente* gemehrt und durch *Ideen* ausgebaut haben. In zwei breiten Strombetten hat die Synthese die Kultur der Gegenwart durchflutet. Das *eine* Strombett sammelte und führte die Ergebnisse der rein *wissenschaftlichen*

¹ Noch eine andere Tatsache fällt auf, wenn wir die Entdecker der maßgebenden Synthesen auf ihre *nationale* Zugehörigkeit statistisch auswerten; es ergibt sich unschwer, daß eine hervorragende, vielleicht überwiegende Anzahl dieser Synthetiker deutsche Chemiker waren oder sind. Dieses spezifische „geistige Potential“ legt den Gedanken nahe, das bekannte geflügelte Wort von dem „Volk der Dichter und Denker“ zeitgemäß zu erweitern zu dem Wort vom „Volk der Entdecker und Erfinder“!

Forschung, das *andere* dagegen brachte die *technisch-wirtschaftlichen Anwendungen*.

Daß die *technisch-wirtschaftliche* Auswertung der *wissenschaftlichen* chemischen Synthese eine besondere Rückwirkung auf die *Chemie* selbst geäußert hat, ist zu bekannt, um ausführlich belegt zu werden. Allbekannt ist wohl der Lacherfolg, den LIEBIG in der Schule erzielte, als er auf die Frage, was er werden wolle, antwortete: *Chemiker* wolle er werden — denn daß man Chemie studieren könne, war vor hundert Jahren noch ein „*Hirngespinst*“. Bald wurde es anders — es ist die *organische* Chemie, welche durch ihre hervorstechenden Leistungen diese grundlegende Wandlung anbahnte und in den Hochschulen eine immer zunehmende *Pflege* und Entwicklung erfuhr; das Ansehen, die *öffentliche Einschätzung* der *Chemie* als Wissenschaft und der *Chemiker* als Experimentalforscher steigerten sich mit jeder neuen Synthese. Und der *Stand* der *Chemiker* wurde begründet! Die Verknüpfung der chemischen Synthese mit der *Technik und Wirtschaft* bewirkte auch eine spezifische Entwicklung der *Arbeitsbedingungen*. Neuartige *Forschungsstätten* entstanden in den chemischen Großbetrieben. Das *Erfinden* und *Entdecken* machte Schule, es wurde eine *Berufstätigkeit*, und in diesen Erfinderschulen wurde das *zielbewußte, gerichtete* Erfinden gelernt und getüftelt. *Führer gestalten* entstanden und brachten organisatorische Umwälzungen hervor, deren Auswirkungen heute noch kaum übersehen werden können! —

Lassen Sie uns noch einen kurzen Blick auf den *wissenschaftlichen Umfang* der Synthese werfen. Vor einem Jahrhundert konnte LEOP. GMELIN in seinem „*Handbuch der Chemie*“ (II. Teil, Organische Verbindungen, Frankfurt a. M. 1822) insgesamt etwa 80 näher studierte organische Verbindungen aufführen. Eine gewisse Gemüthlichkeit scheint damals noch unter den wissenschaftlichen Arbeitern geherrscht zu haben. Konnte doch der selbe L. GMELIN 1827 die organischen Chemiker auffordern, ihren organischen Eroberungen Inhalt zu tun, da er sonst sein „*Handbuch*“ nie zu Ende führen könnte. Und wie relativ beschränkt die Menge dieser „*Eroberungen*“ gewesen ist, wird man vielleicht daraus schließen können, was FR. WÖHLER (am 8. März 1829) seinem Meister BERZELIUS über die deutschen Wissenschaftler schrieb: „*In Deutschland scheint kein Mensch zu arbeiten*“...

Vier Jahrzehnte später spottet FRIEDR. MOHR¹ bereits über den *großen Umfang* der organischen Chemie (1868): „... wie man in China einen Mann für einen großen Gelehrten hält, der 800 Worte schreiben kann, so müssen wir den für einen großen Chemiker halten, der 800 Formeln kennt und die meisten Fälle von Zersetzung und ihren Produk-

¹ Es sei daran erinnert, daß FRIEDR. MOHR (1806 bis 1879) bereits vor ROBERT MAYER das „*Prinzip der Erhaltung der Energie*“ erfaßt hat (1837). Die Ausarbeitung und Einbürgerung der *maßanalytischen* Methode ist eine bleibende Leistung MOHRS.

ten im Kopfe hat“ (Mechan. Theorie d. chem. Affinität 1868, 346). Doch schon 1903 war diese Zahl auf etwa 100000 gestiegen und ZD. SKRAUP, der geistvolle Organiker, bekannte resigniert, daß die chemischen Reichen den Milliardären gleichen, die das Interesse an weiteren Millionen zu verlieren beginnen! Doch die letzten 25 Jahre bewiesen ein anderes! Heute werden wir unserem Besitzstand an synthetischen Stoffen mit etwa einer Viertelmillion beziffern. — Doch „Millionen“ haben bei uns einen schlechten Nachgeschmack. Es geht den Chemikern hierbei fast so, wie GOETHE scherhaft von FICHTES Philosophie sagte: „Es geht ihm aber wie dem Schöpfer und Erhalter aller Dinge, der, wie uns die Theologen sagen, auch mit seinen Kreaturen nicht fertig werden kann.“ Die schöpferische Tätigkeit der Chemiker modelte und meiste den plastischen leblosen Stoff; geistvolle *Theorien* verliehen den chemischen Molekülen gleichsam Leben. Man denke an die Radikaltheorie (BERZELIUS u. a.), die Substitutionstheorie, die Typentheorie (DUMAS), die Valenztheorie (FRANKLAND), die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms (KEKULÉ, KOLBE, COUPER, 1858), den Benzolring (KEKULÉ 1865), die Stereonchemie des C- und N-Atoms (VANT HOFF und LE BET. 1874; WISLICENUS, BAAYER, HANTZSCH und WERNER, 1889). Von einer ganz gewaltigen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung erwies sich das von WILH. OSTWALD geschaffene Denkmittel der *Katalyse*, das durch Forscher wie G. BREDIG, W. IPATIEW, SABATIER, MITTASCH u. a. weitergebildet wurde. Zu den klassischen Aluminiumhalogeniden von FRIEDEL-CRAFTS-GUSTAVSON kam das berühmte ätherische Magnesiumbromid GRIGNARDS. Hohe Drucke und Temperaturen traten, dank der modernen *Apparatentechnik*, hinzu und wirkten wiederum reaktionsbeschleunigend usw. Die *künstliche* organische Synthese war in ihrer Gestaltungskraft weniger gebunden als die *lebende* Natur: wenn diese nur unter bestimmten, relativ begrenzten Reaktionsbedingungen arbeiten muß, kann jene ihre schöpferische Potenz in den weitesten Grenzen variieren, indem sie mit künstlerischer Freiheit *naturfremde* Methoden, Reagenzien und Stofftypen verwendet. Und so haben die Chemiker, diese „Herren vom Tiegel und der Retorte“ (SCHOPENHAUER) oder Titanen mit Bunsenbrenner und Reagenzglas, durch Zerstörung des Naturgegebenen eine neue, über die lebende Natur hinausgehende, organische Stoffwelt geschaffen¹!

¹ Diese Welt mit ihren Buchstaben und Zahlen mag vielen als recht trocken und nüchtern erscheinen. Da kommt nun aus jüngsten Tagen über Amerika die Nachricht, daß im Lande eines DANTE und TORQUATO TASSO ein bedeutender Chemiker ein chemisches Textbuch in *Versen* veröffentlicht hat: lyrisch wird der Schwefel mit seinen Eigenschaften besungen, in Rhapsodien werden die Wirkungen der Schwefelsäure geschildert, und wie DANTE „Inferno“ tönt es, wenn die Wirkung weniger Tropfen Flüssäure auf die Haut in Poesie vorgeführt wird. Ausdrücklich hebt der Korrespondent noch hervor, daß das Buch von Chemie-

Dieser gesicherte und gesichtete Reichtum an künstlichen Stoffen füllt heute die Dutzende der Bände des BEILSTEIN-Handbuchs der organischen Chemie sowie des GMELIN-KRAUT-Handbuchs der unorganischen Chemie. Den laufenden Reichtumszuwachs registrieren allwöchentlich die Hefte des „Chemischen Zentralblatts“. Werdende sowie gewordene chemische Forscher und Erfinder nehmen täglich und ständig ihre Zuflucht zu diesen monumentalen Werken, die ein verkörperte nieversagendes „Gedächtnis“ der ganzen chemischen Welt darstellen. Wir Chemiker stehen verständnislos der Mahnung gegenüber, die von modernen *Medizinern* ausgeht: „Schreitet hinweg über die Handbücher, jenen Grabsteinen einer vergangenen Zeit, über die Zentralblätter, jenen Jauchegruben des menschlichen Geistes, hinweg, den neuen Aufgaben entgegen“, so hieß es noch unlängst (SIEGRIST 1927).

VI. Beginnende Umorientierung der modernen chemischen Synthese.

(Totalsynthesen aus den Elementen).

Das bisher Erreichte ist nur eine Vorstufe zu dem noch Erreichbaren und Erstrebenswerten. Soll die chemische Synthese selbstzufrieden ihren wohlerworbenen Reichtum überschauen und nun gleichsam ein „*otium cum dignitati*“ pflegen? Oder soll sie auf dem bisherigen Wege fortschreiten? Oder — sollen neue Wege gesucht und geebnet werden? Es mag scheinen, daß solche Fragen unzeitgemäß sind, wenn wir den stolzen Bau der modernen synthetischen Chemie ansehen und dank den fleißigen Arbeitern immer neue Stockwerke errichten müssen. Und doch möchte ich annehmen, daß die obigen Fragen zwangsläufig an uns schon heute herantreten. Zweifelsohne können und sollen die bewährten synthetischen Forschungsmethoden weiter gepflegt und entwickelt werden, wenn es sich z. B. um die Erforschung neuer oder noch nicht erschöpfend aufgeklärter Naturstoffe, um rein wissenschaftliche Konstitutionsfragen und ähnliches handelt. Doch darüber hinaus gibt es Probleme eines andersgearteten Umfangs und Charakters, die wir als zeitgemäß bezeichnen müssen und die sinngemäß, als Folge des konsequenten Entwicklungsganges unserer Erkenntnisse und der Kultur, in das experimentelle Versuchsfeld der Synthese sich hineinschieben. Die eine Gruppe dieser Probleme hängt mit dem irdischen Stoffvorrat, die andere mit den *Lebenserscheinungen* zusammen.

Wenn man mit aufmerksamen Augen den Pulsenschlag der modernen *technischen* Synthese verfolgt, so bemerkt man unschwer, daß eine teils bewußt, teils unbewußt geübte *Abkehr* von den bisher benutzten *Ausgangs- oder Rohstoffen* Platz

studierenden gerne gekauft und zu Examensvorbereitungen benutzt werde. [Vgl. Industrial Chem. 6, Nr 15, 10. August (1928).] Man male sich das Zukunftsbild aus, wenn vom Katheder oder in den Prüfungen, in den wissenschaftlichen Zeitschriften usw. chemische Poesien ertönen sollten!

greift. Bisher war es die *lebende Natur*, welche eine bevorzugte *Stofflieferantin* für die *organischen Rohstoffe* oder *Halbprodukte* darstellte. Die chemische Synthese vollführte dann die *Veredelungsarbeit*, indem sie die Synthese der lebenden Zelle künstlich und in bestimmter Richtung weiterführte und ein wertvolles Endprodukt erzeugte. Die letzten Jahrzehnte zeigen nun in dieser Hinsicht eine Umorientierung, indem die Zahl derjenigen *organischen Großsynthesen* zusehends wächst, bei denen ausschließlich *unorganische Rohstoffe* Verwendung finden. Denken wir nur an das aus Kalk und Kohle entstehende Calciumcarbid CaC_2 und die aus ihm durch unorganische Stoffe, wie z. B. Wasser, Wasserstoff, Luft usw. (mittels Katalysatoren) synthetisierten typischen organischen Nutzstoffe: Acetaldehyd, Alkohol, Essigsäure, Aceton usw. Oder nehmen wir das Kohlenoxyd CO , das unschwer technisch zu Holzgeist, Ameisensäure, Oxalsäure usw. umgewandelt wird. Oder betrachten wir Kohle und Wasser, die in Form von Wasser-gas durch Wasserstoff zu einer erstaunlichen Fülle von organischen Verbindungen synthetisiert werden. Oder erinnern wir uns an das technische Großproblem unserer Tage, das mit den Namen BERGIUS und FRANZ FISCHER verknüpft ist, die sog. „Verflüssigung der Kohle“¹ oder deren Überführung durch Wasserstoffanlagerung in organische flüssige Kohlenwasserstoffe: Hoffen doch die I. G. Farbenfabriken (Leverkusen) bereits im laufenden Jahr eine Produktion von 100000 t künstliches Benzin hierdurch zu erreichen.

Man überschauet nur kurz, um welche gewaltigen Probleme es hierbei geht, wie diese *neue* Richtung der organischen Synthese rückwirkt auf die Industrie der Nahrungsmittel, die Erhaltung der Waldbestände, die Regulierung des Klimas, die Gewinnung der Kraftstoffe usw. Daß die *unorganische Synthese* (z. B. des Ammoniaks und der Stickstoffdünger) die Namen HABER, BOSCH und MITTASCH bzw. CARO und FRANK, sowie (durch die synthetische Salpetersäure) diejenigen von BIRKELAND, EYDE und SCHÖNHERR sowie WI. OSTWALD mit goldenen Buchstaben in ihre Geschichte verzeichnet hat, sei besonders hervorgehoben.

Es ist dies die eine und grundlegende Umorientierung der modernen Synthese: Die *Abkehr von den Rohstoffen der lebenden Natur und die künstliche Aufbauarbeit organischer Stoffe aus Kohle, Wasser und Luft*, unter Zuhilfenahme von *Katalysatoren*. Luft, Kohlensäure, Wasserdampf als *Rohstoffe* der organischen Synthese. Eigenartig

¹ Die Bezeichnung „Verflüssigung der Kohle“ ist als modernes Schlagwort nicht eindeutig und sinngemäß; wir sagen: Verflüssigung von Paraffin, Eisen usw., wobei ein Flüssigwerden durch Wärmezufuhr verstanden wird, während bei der „Verflüssigung der Kohle“ eine *chemische Umwandlung* (durch Anlagerung von Wasserstoff), bzw. Neubildung von flüssigen Kohlenwasserstoffen, stattfindet. Nichtzutreffend ist auch die Bezeichnung „Vitamine“, da in dieser Körperlasse auch stickstoff- bzw. aminfreie Stoffe vorkommen.

klingt dabei in diese modernsten Bestrebungen ein Wort des alten PARACELSUS hinein: „Also nun mit anderen Elementischen Corporibus mehr zu verstehen ist: Und unter den vier Elementen ist der *Lufft* das fürmembst dann er ist zum ersten gewesen und gibt auch den andern Elementen das Leben und ist in den andern dreyen verborgen.“

Wenden wir uns nunmehr einer anderen Frage zu, die uns vom *Rohstoff* zu den *Zielen und Methoden* der organischen Synthese führt. Entspricht der *Weg*, den die wissenschaftliche Synthese nach WÖHLER genommen hat, dem ursprünglichen, und welche Ziele schwelten WÖHLER vor? Das Ziel der organischen Synthese lautete eindeutig: *künstliche Nachbildung der natürlichen Verbindungen des Tier- und Pflanzenreiches aus unorganischen Stoffen*. Befragen wir darüber einige der Meister. Als FRIEDR. WÖHLER (1828) seine Botschaft an BERZELIUS sandte und seine Synthese veröffentlichte, sagte er da nicht, daß sie „ein Beispiel von der künstlichen Erzeugung eines organischen, und zwar sog. animalischen Stoffes aus unorganischen Stoffen darbietet?“ Oder: als AD. STRECKER (1854) das (in der Galle, den Nieren usw. vorkommende) Taurin $\text{H}_2\text{N} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{SO}_3\text{H}$ synthetisch aus Ammoniak, Aethylen und Schwefelsäure darstellte, leitete er da nicht seine Mitteilung mit den Worten ein: „Die künstliche Bildung der in der Natur sich findenden Stoffe kann man als das Ziel ansehen, nach welchem die organische Chemie strebt?“ Beruhte nicht das Hauptziel und der Hauptwert der Synthesen BERTHELOTS gerade in der künstlichen Darstellung des Alkohols, der Ameisensäure usw. (als typische *Naturprodukte*) aus den einfachsten *unorganischen Stoffen*?

Als GRAEBE und LIEBERMANN (1868) ihre Synthese des Alizarins entdeckt hatten, äußerte der greise Altmeister LIEBIG: „Einen ähnlich tiefen Eindruck hat die Alizarinarbeit von GRAEBE und LIEBERMANN auf mich gemacht. Alle Forschungen, die sich auf Verbindungen erstrecken, welche in der Natur vorkommen, haben für mich ein besonderes Interesse“ (vgl. Ber. dtsch. chem. Ges. 61, 31 [1927]).

Doch neben den zwei Forderungen — *künstliche Bildung von organischen Naturstoffen*, und zwar aus *unorganischen Materialien* — kommt noch eine dritte Bedingung hinzu, nämlich die *Methode oder der Weg* der Synthese, denn ein totales Nacharbeiten der natürlichen Synthesen und ein Ausschalten der hypothetischen „Lebenskraft“ setzt zwangsläufig die Befolgung der analogen Bildungsbedingungen voraus. Es ist FR. MOHR (1868), der besonders eindringlich darauf hinweist, das neben dem „Was“ und „Woraus“ gerade das „Wie“ der Synthese von Bedeutung ist: „Es handelt sich nicht darum, Stärke, Zucker, Chinin aus organischen oder unorganischen Stoffen herzustellen, sondern den Weg zu finden, auf welchem die Natur diese Stoffe aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak bildet. Diesen Weg werden wir aber gewiß nicht finden, wenn wir mit Kalium, Kalihydrat, Schwefel-

säure, glühendem Kupfer, Temperaturen von 250° arbeiten" (Fr. MOHR, Mechan. Theorie d. chem. Affinität 1868, 335f.). Und ähnliches äußerte (1908) EMIL FISCHER, wenn er hervorhob, daß bei den Synthetikern die Neigung hervortrete, „die Verwandlungen der Kohlenstoffverbindungen durch sog. milde Reaktionen und unter Bedingungen herbeizuführen, die den Verhältnissen im Organismus vergleichbar sind“ (Organische Synthese und Biologie, Berlin 1908, 27).

Die gleiche Mahnung zur mentalen und experimentellen Umorientierung in der Synthese sprach jüngst ein gleichgroßer Meister der synthetischen Forschung, RICH. WILLSTÄTTER, aus: „Zu derselben Zeit, wo die technische Chemie ihre Resultate erreicht durch die Anwendung von meist drastischen Methoden, durch enorme Drucke bis zu Hunderten von Atmosphären und durch sehr hohe Temperaturen, muß die organische und physiologische Chemie sich immer mehr den meisten teils verfeinerten und milden Methoden zuwenden. Die komplexen Probleme der Physiologie erfordern für das Hervorbringen chemischer Reaktionen die zartesten Mittel, welche den Bedingungen im lebenden Organismus entsprechen“ (WILLSTÄTTER, Problems and Methods in Enzyme Research, Ithaca, N. Y., 1927, S. 9). Ein eigenartiges Zusammentreffen der Ideengänge ist es, daß der Naturforscher GOETHE seinerzeit auch hinsichtlich der Erklärungsversuche der Erdbildung mahnte und forderte: nur dann zu gewaltsaften Revolutionen zu greifen, „wenn man mit ruhigen Wirkungen, die denn doch der Natur am allergemäesten sind, nicht mehr auskommen kann“.

Ein tiefesinniges Wort: Die ruhigen Wirkungen sind der Natur am allergemäesten. — Die Synthetiker und Chemiker gleichen Bergsteigern, die auf neuen unwegsamen Pfaden einen hohen Berggipfel erreichen wollten, unterwegs aber durch lockende Aussichtspunkte, Nebenpfade, Blumenreichtum usw. zum Rasten und Abirren vom steilen Wege veranlaßt worden sind — nur einige besonders befähigte Meistersteiger setzten den ursprünglichen Pfad fort.

Den Weg der lebenden Natur wandeln, um die organischen Synthesen aus Luft, Kohlensäure und Wasser zu vollführen: Dies ist die zweite und noch gewaltigere Umorientierung der synthetischen Forschung und Arbeit in Wissenschaft und Technik. Den Weg der lebenden Natur bei der Synthese organischer Stoffe wandeln, heißt dann auch, das seit PASTEURS klassischen Untersuchungen über die Asymmetrie der natürlichen (optisch aktiven) Stoffe offene Problem der direkten Synthese dieser Stoffe (d. h. der „absoluten asymmetrischen Synthese“) lösen. Dann heißt es weiterhin, die Lebensvorgänge selbst durch die Synthese enträtselfn! Und wenn solches dereinst gelungen ist, sind sie dann nicht untertan dem weise geleiteten Willen der Menschen? Ist dies nicht das letzte und höchste Ziel der synthetischen Forschung (als einer schöpferisch gerichteten Stoffveränderung) überhaupt?

Doch noch ein anderes drängt sich in unseren Gedankenkreis. Wenn wir das Werden und Wirken in der lebenden Natur versuchsmäßig ergründen und lenken wollen, sollte dann dasjenige, was den einfacher erscheinenden Baustoff darstellt, sollten die Elemente und Atome selbst nicht der Abbau- und Aufbaureaktion eingeordnet werden? Eine Synthese der Elemente selbst aus den (nach der gegenwärtigen Ansicht) letzten Einheiten, den Protonen und Elektronen, sowie eine Umwandlung der Elemente ineinander, folgt zwangsläufig aus den modernen Atomforschungen. „Nannte man das nicht einst „Transmutation der Metalle?“ Lehrte nicht einst die „hermetische Philosophie“ die Darstellung und die Eigenschaften dieses „Steins der Weisen?“ Es war aber nicht allein die künstliche Darstellung des Goldes, die als Forschungsaufgabe vorlag; der „Stein der Weisen“ sollte ja auch die Lebensvorgänge beherrschen, den Ablauf des Lebens und der Entwicklung der Pflanzen beliebig regeln, die Entstehung des Lebendigen aus Abgestorbenem, aus den Aschen ermöglichen, den Menschen vor Krankheiten, ja vor Alterungserscheinungen und sogar vor dem Tode behüten! (Die „Verjüngungskuren“ jener alten Zeit mit Hilfe des „Lebenselixirs“ und „Steins der Weisen“ waren weniger schmerhaft, als manche ähnliche Kuren unserer Zeit, doch in den Erfolgen scheinen sie gleichwertig gewesen zu sein: tausend Jahre eines verjüngten Lebens wurden versprochen, doch „infolge von unvorhergesehenen Komplikationen“ — starben die Patienten im gewöhnlichen menschlichen Alter).

Nachdenklich blicken wir auf diese weit zurückliegenden Jahrhunderte mit ihren Ideen und Idealen, denn wir erkennen, daß die Entwicklungslinien dieser Ideen einen periodischen Gang haben — ein zwangsläufiges Wellengesetz beherrscht diese Lebenslinien großer Probleme.

VII. Nächste Ziele der organischen Synthese.

Unsere Betrachtungen haben uns zu neuen und fast vermessenen erscheinenden Zielen und Aufgaben der Synthese hingeführt. Neue Wege zu neuen Ufern der Erkenntnis sollen wir suchen! Die langeübten physikalisch-chemischen Methoden sollen durch biochemische ersetzt und die Synthese den naturgemäßnen Bedingungen angepaßt werden. Doch noch ein besonderer Umstand ist hierbei zu berücksichtigen.

Die chemische Synthese hat ihren Entwicklungsgang, entsprechend den Zielen, Denk- und Arbeitsmitteln der verflossenen Zeitperiode konsequent durchmessen. Sie ist zu einem Scheideweg gelangt. Ihre Haupttriumphe hat sie im Reiche bestimmter Körperflassen und mit krystallisierbaren oder krystallinischen Stoffen erreicht. Zwangsläufig tritt nun für die chemische Forschung und Synthese ein neuer Stoffzustand und ein anderes Stoffgebiet in den Vordergrund, ein Gebiet, welches weitausschauend schon KEKULÉ vor einem halben Jahrhundert (Wissenschaftl. Ziele und Leistungen

der Chemie. Bonn 1878) unterstrichen hat. Es ist dies das Gebiet der *amorphen, kolloiden Stoffe*, welche die lebende Zelle bei ihren Synthesen besonders bevorzugt und im kolloiden Medium umwandelt¹. KEKULÉ sagte: „Die Hypothese vom chemischen Wert (Valenz) führt weiter noch zu der Annahme, daß auch eine beträchtlich große Anzahl von Einzelmolekülen sich durch mehrwertige Atome zu *netz- und, wenn man so sagen will, schwammartigen Massen* vereinigen könne, um so jene der Diffusion widerstrebenden *Molekularmassen* zu erzeugen, die man, nach GRAHAMS Vorschlag, als *kolloidal* bezeichnet. Dieselbe Hypothese führt in natürlicher Weise zu der von unserem genialen Kollegen PFLÜGER schon ausgesprochenen Ansicht, daß eine solche Molekularanhäufung noch weiter gehen und so die *Formelemente der lebenden Organismen bilden könne. Massenmoleküle*, von welchen man vielleicht die weitere Annahme machen darf, daß sie, durch fortwährende Umlagerung mehrwertiger Atome, einen steten Wechsel der verknüpften Einzelmolekülen zeigen, so daß sich das Ganze — und selbstverständlich unter Elektrizitätserregung — in einer Art von *Leben* befindet . . .“ (l. c., 1878, 22).

Die Zwischenzeit hat viel und vielerlei im Sinne dieser wissenschaftlichen Ahnungen KEKULÉS gearbeitet. Das damals noch brachliegende Feld der Kolloide hat sich inzwischen zu einer eigenen *Kolloidchemie* entwickelt, einer jungen Wissenschaft, die ihre Strahlen in alle Gebiete der Stoffwelt, der unbelebten wie der belebten, entsendet. Man greift immer mehr zurück auf ältere, teils vergessene, teils als widerlegt betrachtete Vorstellungen, so z. B. auf die *Mizellartheorie von NÄGELI* (1858), die den Bau der Zellstrukturen durch die Annahme von Mizellen (oder kolloiden Teilchen von krystalliner Beschaffenheit) erklären will — jene kolloiden Stoffe mit Mizellargitterstruktur werden allmählich zu „*Formelementen des lebenden Organismus*“; allgemein redet man von Plasmakolloiden, Biokolloiden usw.; immer bestimmter wird die lebende Zelle samt ihren Teilen als „ein mehr oder weniger kompliziertes System aus Hydrosolen und Hydrogelen“ dargestellt (N. K. KOLTZOFF 1928); es gilt der Satz: „Die lebende Substanz ist geradezu ein Tummelplatz für Adsorptions- und Kolloidkatalysen“ (Wo. OSTWALD, 1927). Damit sind wir über die Kolloidchemie zur Biologie und Biochemie gelangt und stehen vor einer bevorzugten Gruppe von *Kolloiden*, die zugleich als ausgezeichnete *Katalysatoren* (= Beschleuniger chemischer Vor-

gänge) in den *lebenden Zellen* wirken. Es ist dies die Gruppe der in der lebenden Natur so weitverbreiteten *Enzyme* oder Fermente. „Enzyme nennen wir solche Beschleuniger chemischer Reaktionen, welche von *lebenden Wesen* erzeugt werden. In den *Lebensprozessen* wirken sie zusammen in genau regulierter Weise, so daß wir das *Leben* als ein System von derart zusammenwirkenden enzymatischen Reaktionen auffassen können. Infolge dieser Definition sind die Enzyme ganz allgemein in die Klasse der Katalysatoren eingereiht“ (R. WILLSTÄTTER, Problems and Methods in Enzyme Research, Ithaca N. Y. 1927, 9). Zu diesen Worten aus jüngster Zeit wollen wir noch hinzufügen, was schon J. H. VAN'T HOFF auf der 72. Versammlung der Naturforscher und Ärzte zu Aachen (1900) sagte: Der Chemiker werde mit seinen Synthesen „bis an die *Zelle* gehen, die als organisierte Substanz den Biologen zufällt“. Und seinerseits sprach der Biologe EHRENBURG den Satz aus: „Die Erforschung des *Lebens* ist die Erforschung der Enzyme — dieser Satz drückt wohl die Anschauung der meisten chemisch gerichteten Biologen aus“ (Theoret. Biologie 1923, 45).

Ist es bloß der immanente menschliche Erkenntnistrieb, der uns zu diesen Problemen hinlenkt? Oder ist es auch ein potentielles Übermenschentum, das uns zum Beherrschewollen der Welt hindriegt? Sagte doch unlängst F. HABER: „Die größte Aufgabe der Chemie aber erkennen wir nun darin, die stofflichen Formen und die Gesetze ihrer Wechselwirkung aufzuhellen, die die Grundlage der *Lebensvorgänge* ausmachen . . . Den begrenzten Reichtum der Natur aber auf dem Felde der Enzyme durch neue Formen zu erweitern, heißt unverdauliches Erzeugnis des Bodens in Nährstoffe verwandeln und die *Lebensvorgänge* unter unsre Herrschaft bringen“ (Fünf Vorträge, Berlin 1924, S. 50 und 55).

Kurz gesagt und allgemeiner gefaßt: Es gilt als nächstes Ziel, die chemische Individualität und Konstitution der *Enzyme* zu ermitteln, die Enzyme eventuell auf wenige Urformen zurückzuführen, Derivate derselben herzustellen sowie neben den bekannten auch neue Formen der Enzyme (oder künstliche Enzymoide) synthetisch zu schaffen. Dann erst wird die *organische Chemie* ihren Namen mit Recht tragen und ihrem großen Ziel sich nähern, nämlich: die in der *lebenden Natur* vorkommenden chemischen Stoffe der Entstehung und natürlichen Umwandlung nach auf dem einfachsten und der Natur gemäßen Wege nachzubilden. In anderer Weise definierte LIEBIG bereits 1840 dieses Ziel: „Die organische Chemie hat zur Aufgabe die Erforschung der chemischen Bedingungen des Lebens und der vollendeten Entwicklung aller Organismen“ (J. LIEBIG, Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie 1840, 3).

Ein eigenartiger Entwicklungsweg stände dann noch der chemischen Synthese bevor, und doch ein denk- und naturnotwendiger. Sagte schon Altmäister GOETHE: „Wissenschaften entfernen sich

¹ THOMAS GRAHAM, der Begriffsbildner der Kolloidchemie, sagte im Jahre 1861 von den Kolloiden: „Another and eminently characteristic quality of colloids is their mutability. Their existence is a continued metastasis . . . The colloidal is, in fact, a *dynamic* state of matter; the crystalloidal being the statical condition . . . It may be looked upon as the *probable primary source of the force appearing in the phenomena of vitality*.“

im ganzen vom Leben und kehren nur durch einen Umweg dahin zurück!“

Vor hundert Jahren macht die *organische* (synthetische) *Chemie* ihre ersten wissenschaftlichen „Gehversuche“; sie bedient sich dabei naturgemäß der vorhandenen „Krücken“ oder Hilfsmittel, d. h. der in der *unorganischen* Chemie üblichen und bewährten *drastischen Arbeitsmethoden* und *theoretischen* Vorstellungen. Sie wird dabei mit hineingezogen in den geistigen Kampf um die Atomtheorie, die Äquivalent- und Molekularformeln; sie übernimmt von der unorganischen Chemie die Methoden der Isolierung und Identifizierung; kurz, sie verwächst nach und nach mit den Experimentiermethoden und Denkmitteln der *unorganischen Chemie*, die mit *stabilen* und einfach gebauten Stoffindividuen zu tun hat, sie verläßt nach und nach ihr ursprüngliches Arbeitsfeld, die *organische* Natur! Zwangsläufig kehrt sie nunmehr zum Ausgangspunkt zurück. Sie steht vor der experimentellen Aufgabe, diese *amorphen, kolloiden, unbeständigen* organischen Stoffe der Erforschung und Synthese zugänglich zu machen, um die chemischen Vorgänge in der *lebenden* Zelle zu enträtseln! Und wie vor hundert Jahren bei der *Entstehung* der klassischen organischen Chemie treten wiederum die alten Grundfragen entgegen: Was ist und wie erkennt man ein „*chemisches Individuum*“? In welchem Maße sind hier überhaupt die altbewährten Gesetze der chemischen Valenz, der bestimmten Proportionen, der Molekulartheorie usw. anwendbar? Sind vielleicht in der kolloiden Zellenflüssigkeit Stoffsysteme in einem lichtempfindlichen, leicht verschiebbaren Gleichgewicht vorhanden, etwa als freie Radikale oder mit veränderlichen Valenzen und Proportionen, und erfahren sie nicht eine Entartung und Umwandlung bei der Operation der Isolierung, durch Lösungsmittel, Temperatur usw.?

Und so stellt die organische Chemie neue wichtige Fragen an die klassische *physikalische Chemie* und beeinflußt deren Weiterentwicklung. Umgekehrt wirken die neuerschlossenen Denk- und Forschungsmittel der Spektrochemie, der Elektronik, der Atomphysik und Röntgenologie auf die organische Chemie ein — nicht allein die *Natur* der Einzelatome, sondern auch deren *Dimensionen* und *Elektronensphären* dringen immer tiefer in das Gebiet der chemischen Konstitutionsforschung ein.

In sichtbarer Weise verschiebt sich gleichzeitig die Problemstellung — nicht sind es die physiologischen, sondern die *mechanischen bzw. physikalischen* Eigenschaften, die als praktisch nutzbar in den Vordergrund der Forschung treten: Elastizität, Härte, Elektrizitäts- und Wärmeleitung usw. —

Noch andere Parallelen lassen sich zwischen dem Einst und dem Jetzt ziehen. Vor hundert Jahren verteidigte der große Experimentator und chemische Begriffsbildner BERZELIUS die „*Lebenskraft*“, weil keine typische organische Substanz durch die organische Synthese *in vitro* hergestellt werden konnte. Diese mentale Einstellung stand auf dem

festen Boden der Tatsachen, bis der Zufall einem FRIEDR. WÖHLER die Entdeckung der künstlichen Darstellung eines typischen organischen Stoffes (des Harnstoffs) in die Hände spielte. Neue und andersartige Erscheinungen traten hinzu und veranlaßten BERZELIUS (ohne den Verzicht auf die Lebenskraft), eine neue, gleichsam übergeordnete Kraft — die *katalytische Kraft* — einzuführen, insofern, als diese ganz allgemein, d. h. sowohl in der unbelebten als auch belebten Natur wirksam ist (1835); „Diese Kraft wird allgemeiner, aber geheimnisvoller, in den Prozessen der *organischen* Chemie, besonders innerhalb der *lebenden Körper* ausgeübt“, erklärte BERZELIUS (1842), und als Substrat für diese Kraft galt ihm „das organische Gewebe, woraus die Organe des *lebenden Körpers* bestehen“ (1835). Die moderne Denkweise bevorzugt unter dem „*organischen Gewebe*“ eine besondere chemische *Stoffart*, die kolloiden *Enzyme*, und stattet diese mit der katalytischen Potenz aus. Grundsätzlich ist jeder chemische Körper auch durch chemische und physikalische Mittel isolierbar, und jeder isolierte Stoff muß künstlich dargestellt werden können. Ist es — vom mentalen wie auch experimentellen Standpunkt aus — in der Gegenwart nicht ähnlich wie vor hundert Jahren? Einst hieß es: die künstliche Darstellung einer „*organischen*“ Substanz ist unmöglich — heute wird man sagen: Die Synthese eines Enzyms ist unmöglich! Einst sollte die „*Lebenskraft*“ die Unmöglichkeit der Synthese bedingen, heute schreckt uns der Begriff „*Leben*“ vor der Synthese eines Enzyms. Einst wies der Zufall — in Gestalt eines unerwarteten Reaktionsverlaufs — ungesucht den einfachsten Weg der Synthese des Harnstoffs durch intramolekulare Umlagerung — wird vielleicht ein zufälliger unkomplizierter Weg uns die erste Synthese eines natürlichen Enzyms oder eines künstlichen „*Enzymoids*“ bescheren? Sagte doch schon 1907 der Meister der Synthese, EMIL FISCHER, daß er es für kein zu gewagtes Unternehmen betrachte, die „*künstliche Bereitung* (der Fermente) aus den natürlichen oder synthetischen Proteinen zu versuchen!“ (Sitzungsber. d. kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. 1907 IV, 51). — Wie dem auch sein möge, das große Problem dieser Synthese, die uns an die Tore des „*Lebens*“ führen soll, ist gegeben und wird fortbestehen. Die Biochemie und die chemische Forschung werden immer zuversichtlicher das optimistische Wort PLATOS wiederholen: „Und doch sind die Dinge erkennbar!“ Nicht geht es um die Frage, ob die Lösung dieses Problems gelingen wird, sondern die Frage ist: *Wann* und auf *welchen Wegen* wird sie gelingen? Das pessimistische „*Ignorabimus*“ führt uns nimmer den Höhenweg aufwärts zur Erkenntnis und Beherrschung der Natur. Und wenn einst gesagt wurde, daß FRIEDR. WÖHLER durch seine Synthese ein *Königreich* fand, so wird man die künftige Synthese eines Enzyms als die Entdeckung eines gewaltigen neuen *Kontinents der Wissenschaft* rühmen.

VIII. Künftige Wandlungen der Kultur und technischen Synthese.

„Darumb sollen die ding nicht für ewig gehalten werden“ — so sprach ermutigend schon PARACELSUS. „Denn sie wandeln sich umb / und kehren sich umb . . . darbey (muß man) gedencken / daß wir all / je lenger je scherpffer werden / und daß uns Gott je lenger je höher lehrnt / und je neher dem jüngsten Tag / je mehr Gelehrte / Scherpffe / Weissheit / Vernunft / erstehen wird.“

Die alten *Philosophen*, die keine Naturforscher waren, erschaute mit rückwärtsgewandtem Blick das „goldene Zeitalter“, indem sie die Fabel von einem Volke ersannen, das in grauer *Vergangenheit* besser und glücklicher war und den Göttern näher stand als die nachgeborene Menschheit. In moderner Zeit sind es die *Naturforscher*, die Propheten sein sollen, welche die glücklichere Menschheit jenseits des Schleiers der *künftigen Zeiten* und Jahrhunderte seherisch verlegen, wenn das Licht der Wissenschaften „die Menschheit moralischen und materiellen Zuständen zuführen werde, die besser sind, als sie je waren und heute noch sind“ (WERNER SIEMENS 1886).

Etwas vier Jahrzehnte trennen uns von der Berliner Naturforscherversammlung (1886). Da war es FERD. COHN, der (in seinem Vortrag „Lebensfragen“) prophezeite, daß es der organischen Chemie einst gelingen werde, aus Luft und Wasser Stärke, Zucker und Eiweiß darzustellen und damit ein goldenes Zeitalter, ohne Nahrungssorgen und ohne den Kampf ums Dasein, zu eröffnen. Und auf derselben Versammlung sprach auch WERNER SIEMENS (in seinem Vortrag „Das naturwissenschaftliche Zeitalter“) die gleiche Gedankenreihe aus, indem er der *Chemie* im Bunde mit der *Elektrotechnik* die schöpferische Synthese der Nahrungsmittel voraussagte. Drei Jahre später griff auch VICTOR MEYER (auf der Heidelberger Naturforscherversammlung 1889) zu demselben Problem zurück, jedoch mit einer weisen Beschränkung, indem er die Lösung der Nahrungsmittelfrage in der chemischen Umwandlung der Holzfaser oder Cellulose in Stärkemehl erblickte. Seinerseits erschaute der große Synthetiker BERTHELOT (vor etwa einem Vierteljahrhundert) den Anbruch des neuen Zeitalters für das Jahr 2000. Was die anderen vorher ersehnt und prophezeit, wird dann der chemischen Synthese gelungen sein: die technische Darstellung künstlicher Nahrungsstoffe ist eine vollzogene Tatsache geworden, es wird — so prophezeit BERTHELOT — weder eine Landwirtschaft, noch Hirten, noch Ackerbauern geben und ein Weltreich der chemischen Kraft und menschlichen Glückseligkeit wird herrschen! — Bescheiden möchte man fragen, ob denn der menschliche Magen mit diesen auf Calorien berechneten „Ernährungspillen“ so ganz einverstanden sein, d. h. nur als eine einfache BERTHELOTSche „calorimetrische Bombe“ wirken wird? In unsere Tage ragt hinein das von BERGIUS erfolgreich angestrebte Problem, nämlich die Überführung von Cellulose

in verdauliche und lösliche Kohlehydrate durch Hydrolyse bzw. die *Holzverzuckerung*.

Der menschliche Intellekt will Beherrcher von Raum und Zeit sein, er will nicht allein an dem „Geist vergangener Zeiten“ sich ergötzen, sondern auch in die Zustände *kommender Zeiten* sich versetzen. Mit zunehmendem Wissen wächst die Reichweite und Zuverlässigkeit seines Blicks in die Zukunft. Kurz gesagt: der Wissende wird ein Seher, ein *Prophet*, der mit naturgesetzlicher *Voraussicht* begabt ist und den künftigen Verlauf der Phänomene zweckdienlich *lenken* kann. Sagte doch einst der große Denker und Naturforscher HELMHOLTZ:

„Wer aber das Gesetz der Phänomene kennt, gewinnt damit nicht nur Kenntnis, er gewinnt auch die Macht, bei geeigneter Gelegenheit in den Lauf der Natur einzugreifen und sie nach seinem Willen und zu seinem Nutzen weiter arbeiten zu lassen. Er gewinnt die Einsicht in den zukünftigen Verlauf dieser selben Phänomene. Er gewinnt in Wahrheit Fähigkeiten, wie sie abergläubische Zeiten einst bei Propheten und Magiern suchten“ (HELMHOLTZ).

Wie wird sich die Auswirkung der *chemischen Synthese* zum Zeitpunkt der *Zweihundertjahrfeier* von WÖHLERS Entdeckung darstellen? Wagen wir den Versuch, eine Antwort zu formulieren! Als feststehende Tatsachen, die das kommende Jahrhundert mit sich bringen wird, nehmen wir die folgenden an:

1. Einen enormen *Bevölkerungszuwachs* der Erde, die alsdann etwa 5 Milliarden Bewohner zählen wird.
2. Eine gesteigerte Sorge um *Nahrung, Wohnung* und *Arbeit* für diese menschlichen Milliarden.
3. Eine zunehmende *Erschöpfung* der bisherigen *mineralischen* (schwermetallischen) Bodenschätze.
4. Eine Weiterentwicklung der *chemischen Synthese* mittels *Enzymen* und Katalysatoren, sowie *Energiesteigerungen*.
5. Einen Ausgleich der *metallisch-mineralischen Rohstoffe* durch *organische* und *luftförmige*.

Zwangsläufig sind diese Tatsachen eingetreten. Der *Selbsterhaltungstrieb* der Kulturmenschheit hat sie imperatorisch zu einer Einheit geführt. Die nachlassende Ergiebigkeit der Bodenschätze der Erdoberfläche hat die Völker nicht getrennt, sondern zu einer Verständigung unter richtiger Verwertung der nationalen Fähigkeiten und Bedürfnisse geführt. Internationale *Schutzmaßnahmen für die Bodenschätze*, internationale und kontinentale *Organisationen* für die *Produktion* sind geschaffen worden. Ein *Parlament* der internationalen Wissenschaftler regelt die großen *Probleme* der *Forschung*. — Die *größtmögliche Ökonomie der Energie des menschlichen Geistes sowie der Energie- und Stoffvorräte der Natur* ist oberstes Prinzip im geordneten Ablauf der Kulturwelt geworden. Der „energetische Imperativ“ WI. OSTWALDS lautet bekanntlich: „Vergeude keine Energie, verwerte sie!“

Die *technische* Synthese ist inzwischen vor neue Arbeitsbedingungen und -aufgaben gestellt worden. Die „Maschine“ hat immer mehr die Arbeit der Menschen übernommen, und die *mechanischen* Energien sind zu einer ungewöhnlichen Steigerung ihrer Leistungen gebracht worden. Die *menschliche* Energie hat sich mehr und mehr verteuert und neue Betätigungsarten gesucht, da sie für die früheren Formen der technischen Produktion überflüssig geworden ist. Neben der großartigen Zentralisation der Produktion durch Konzerne usw. ist eine Dezentralisation bis zu den kleinsten Produktionszellen infolge der neuen vervollkommenen Verkehrsmittel, Energiefernleitungen usw. möglich geworden. Neben den mechanisch bewirkten Synthesen sind auch biochemische, dem lebenden Organismus nachgebildete Synthesen allgemein im Betrieb. Mit Hilfe von natürlichen und künstlichen Enzymen und Photokatalysatoren werden — bei niedrigen Temperaturen, mit ausgewählten Lichtenergien — Synthesen von organischen Nutzstoffen durchgeführt. Der einstige Fabrikarbeiter und -techniker, sowie der Stadtbewohner ist bodenständig geworden und vollführt inmitten der freien Natur, als naturkundiger Pflanzenzüchter, eine Kulturarbeit. Denn die *Landwirtschaft* ist nicht überflüssig, sondern immer wichtiger, allgemeiner und vollkommener geworden. Es ist der Wissenschaft möglich geworden, durch künstliche Nahrung, durch katalytische Verbesserung der mineralischen Bodendüngung die Wachstumsphänomene der Pflanzen wesentlich abzuändern, *lenkbar* zu machen: Die Pflanzen werden gezwungen, die speziell gewünschten *Nutzstoffe* in *größeren Mengen* und in *kürzerer Wachstumszeit* zu produzieren.

Der *lebenden* Natur ist ein neues Tempo und eine neue Produktionsweise vorgeschrieben worden. Aus der *unbelebten* Natur sind die uralten Denk-elemente „Wasser, Luft, Erde und Feuer“ zu Grundelementen der menschlichen Wirtschaft erhoben worden. Wenn einst der große PLATO das Weltganze aus Wasser, Luft, Erde und Feuer durch die *Götter* erschaffen ließ, so werden dereinst die *Chemiker-Techniker* aus Luft, Kohlensäure, Wasserdampf und Erde ihre Synthesen der *organischen Stoffwelt* vollführen!

Während langer Zeitperioden war die Chemie in ihrer Arbeit *erdgebunden*: Die Hauptquellen ihrer *Stoffe* und ihrer *Kraft* (des Feuers) lagen im Schoß der Erde. Diese *irdischen* und *unterirdischen* Reservoirs nähern sich der Erschöpfung, und der Bedarf der kommenden Zeiten lenkt die Blicke immer mehr auf *meteorische* und *kosmische* Quellen für *Stoff* und *Kraft*: zu dem Luftmeer, zu den Winden, der atmosphärischen Elektrizität, der Sonnenstrahlung! Die *Erde* selbst bleibt aber der begrenzte Kampfplatz ums Dasein für die Menschenmilliarden. Möge die große Symphonie des Weltgeschehens eine erhöhte Konsonanz gewinnen, indem die chemische Synthese ihrerseits ein *wirksames Instrument des Friedens und Wohlergehens* der Menschheit wird!

IX. Schlußwort.

Wir haben die erhabenen Leitgedanken der chemischen Synthese in der Vergangenheit des letzten Jahrhunderts und in der Ferne der kommenden Zeiten nachzudenken versucht. Einst sagte ARTHUR SCHOPENHAUER, daß er für den einen Gedanken seines Hauptwerks (die Welt als Wille und Vorstellung), trotz aller Mühe, keinen kürzeren Weg als ein ganzes Buch dazu geeignet gefunden habe. Ähnliches könnten wir von dem Grundgedanken der Synthese WÖHLERS sagen, indem zur Schilderung der Bedeutung und Auswirkung derselben viele Bände der organischen Chemie wie auch der modernen Kulturgeschichte erforderlich sind. Die chemische Synthese wurde eine neue Provinz der Geistesgeschichte. Die „Philosophie der Chemie“ oder die theoretischen Grundlagen der modernen Chemie sind ursächlich mit der Entwicklung der chemischen Synthese verknüpft. Der Begriff der chemischen Synthese von Naturstoffen ist ein altes Problem der Philosophie überhaupt. Als ein Axiom beherrschte er die Versuche der alten Alchimisten, als sie die Edelmetalle künstlich darzustellen sich bemühten. A priori gingen die Jatrochemiker von der Möglichkeit der Synthese sogar *belebter* Naturstoffe aus unbelebtem Material aus, indem sie der Paligenesie und der generatio aequivoca s. spontanea nachstrebten. Erst als man statt der Synthese von chemischen *Elementen* diejenige von *zusammengesetzten* Körpern in Angriff nahm und als man statt der *belebten* Stoffe die *organischen Körper* unter *Ausschaltung* der Lebenskraft zu synthetisieren begann, erst dann wurde der wissenschaftlichen Erkenntnis als eine neue Komponente der *Erfahrungssatz* eingefügt: *Die chemischen Stoffe der unorganischen sowie der organischen Natur sind künstlich herstellbar!*

Eine erstaunliche Konsequenz durchzieht den Entwicklungsgang der Idee und Erfahrung in der chemischen Synthese. Reich an romantischen Momenten, an Zufallsentdeckungen, ist diese Entwicklungsgeschichte, doch auch reich an ernsten Lehren und Mahnungen. Wie oft ist die Frage gestellt worden: Wozu ist denn diese und jene Entdeckung oder Erfundung nützlich? Ist die eine oder die andere überhaupt der geistigen und materiellen Aufwendungen wert? Wer hätte wohl vor hundert Jahren den Nutzen und Wert der WÖHLERSchen Entdeckung des Harnstoffs oder des Aluminiums bemessen können? Welchen *praktischen* Wert besaßen die kleinen Krystallmengen des ersten künstlichen Harnstoffs oder die kleine Pulvermenge des metallischen Aluminiums? —

In aller Kürze haben wir die großen Arbeitsgebiete insbesondere der modernen *technischen Synthese* geschildert. Gibt man nun zu, daß eine *Steigerung der materiellen Kultur* parallel geht einer immer weiter ausgedehnten chemischen Veredelung oder Anpassung (bzw. „Humanisierung“) der ganzen Körperwelt zwecks deren Einverleibung

in den Kreislauf der menschlichen Daseinsbestätigung, indem dadurch der *ökonomische Koeffizient jedes Einzeldaseins* wesentlich erhöht wird, dann bedeuten die ungezählten chemischen Synthesen ebensoviel, oft unbeachtete Kulturleistungen, die in ihrer Gesamtheit die *moderne Kultur mitgebaut* und fernerhin zu *mehren* haben. Dann war die WÖHLERSche Synthese vor einem Jahrhundert eine historische Sendung an die Kulturmenschheit, und die moderne Synthese ist dagegen eine ernste Mahnung an *unsere* Zeit. Denn diese Zeit ist krank, der Zeitgeist hat das Vertrauen in die exakte, die experimentelle Naturforschung teilweise verloren. Es gilt, diese „Vertrauenskrise“ zu überwinden, den Glauben an die moderne Kultur und deren Fortschreiten zurückzuerobern!

Überschauen wir die Ziele und Leistungen der wissenschaftlichen und technischen Synthese, wirken sie nicht erhebend auf unseren Geist und geben sie nicht Zeugnis von der großen Potenz der Menschen über den Stoff? Tritt aus den technischen Leistungen der Synthese nicht ein hohes Ethos entgegen? Indem die technische Synthese neuartige Güter schafft, steigert sie das Lebenspotential der Menschheit, sie wirkt ausgleichend auf die *sozialen Unterschiede*, indem sie die schönsten Farb- und Duftstoffe, die wirksamsten Heilstoffe, die mannigfältigsten Textil- und Nutzstoffe *allen* Bevölkerungsschichten zugänglich macht —, sie führt also dem menschlichen *Glücksgefühl* neue Bestände und Wertmesser zu und wirkt bildend auf den *Schönheitssinn* und die *Farbfreudigkeit* der Menschen. Und indem sie die Welt wohnlicher machte, wurden die Menschen leistungsfähiger und langlebiger, dank dem harmonischen Zusammenwirken der Kunst des Chemikers und derjenigen des Arztes. Die chemische Synthese amalgamierte die Wissenschaft mit dem praktischen Leben. Es ist das Ziel aller Experimentalforschung, den Umfang des „Geheimnisvollen“ in der Natur immer mehr zu verringern und die Menschen immer wissender und weiser zu machen. Jeder große Entdecker ist ein Wohltäter und ein Weiser, und jeder Weise unserer Zeit ist mächtiger als alle sieben Weisen einst. Als vor hundert Jahren WÖHLER mit seiner Synthese die Lösung ausgab: „Los von der Lebenskraft!“, da wies er als ein Weiser den Weg zur Sprengung einer Kette, die den Geist in Unfreiheit hielt und dem chemischen Versuch gewaltsam

eine Grenze setzte. Und indem die chemische Synthese (organische Chemie) immer mutiger den von ihrem Befreier gewiesenen Weg fortsetzte, wurde sie immer wissender und erkannte, daß die tiefere Bedeutung von WÖHLERS großer Tat und Idee darin liegt, daß sie — fortzeugend noch Größeres gebären muß. Denn das bisher Erkannte und Erworbene ist viel genug, um zu wissen, daß wir noch viel mehr wissen sollen und können! Das höchste und reizvollste *Objekt* der experimentellen Forschung ist nun die *lebende Natur* selbst. Ihren *Chemismus* zu erforschen, aus dem Reich der *Lebensvorgänge neue Provinzen* auch für die chemische Synthese abzuringen, dies ist eines der Ziele der chemisch-synthetischen Forschung im *zweiten Jahrhundert* ihres Bestehens. „Zurück zur lebenden Natur!“ Dies soll die neue Lösung sein. Daß Gewaltiges zu leisten und zu überwinden ist, gewiß, — doch sagte nicht schon der antike Dichter: „Vieles Gewaltige lebt, und nichts ist gewaltiger als der Mensch“ (SOPHOKLES). Die Leistung wird wachsen, wenn eine *noch innigere Arbeitsgemeinschaft* der Naturwissenschaften und der Medizin bzw. der Chemiker aller Richtungen mit den Physiologen, Biologen, Physikern die Forschung der Zukunft kennzeichnen wird! — Ist nicht die beginnende Tagung mit ihrem wissenschaftlichen Programm ein imposantes Symbol solcher Gemeinschaftsarbeit, ein „Credo“ an die veredelnde Macht der Forschung und ein Beweis, daß die „Währung“, der Standard der exakten Wissenschaft, insbesondere der deutschen, hoch steht?

Hoffnungsvoll blicken wir daher hinaus auf die großen Aufgaben der kommenden Zeiten und der neuen Geschlechter! Doch rückblickend gedenken wir zugleich mit Dankbarkeit und Bewunderung des *einen* Mannes, FRIEDRICH WÖHLER, der durch seine Tat den vergangenen Geschlechtern die Freiheit des chemischen Denkens schenkte und rühmen die *vielen* großen Meister und Führer, welche die chemische Synthese zu einer Kultur- und Weltmacht entwickelten. Und so klinge unsere Betrachtung und Zuversicht in das Dichterwort aus: „Geschlechter kommen und vergehen, doch bleiben Die großen Namen und die großen Werke, Die wirkungsvoll zu neuer Größe treiben: Der Völker bester Ruhm und höchste Stärke.“ (Rückert.)

Die Bedeutung der Blutgruppen.

Von B. BREITNER, Wien.

Ein Referat über die Bedeutung der Blutgruppen (B.G.) kann schwer von einem Einzelnen erbracht werden. Denn die Bedeutung dieser wahrhaft großen Entdeckung erstreckt sich auf so viele Gebiete, daß ihr wirklicher Wert in dem besonderen Gebiet nur von einem Fachmann darin richtig eingeschätzt werden kann.

Aber gerade dieser Umstand gibt dem Einzelnen freiere Hand. Wir stehen am Anfang der Aus-

wertung einer vollkommen neuen biologischen Erkenntnis. Was wir bis heute davon wissen oder zu wissen glauben, wird noch manche Korrektur erfahren. Wer das Schrifttum über die Lehre von den B.G. mit Aufmerksamkeit verfolgt, sieht manchen Zweifel sich verdichten, manche Erfahrung anders beleuchtet, manchen Enthusiasmus schwanken.

Es gibt daher nur zwei Wege, dem Referat

gerecht zu werden: entweder den heutigen Stand in seiner ersten Fassung mit allen Wiegenhoffnungen einer neuen Lehre festzuhalten oder in jedem Punkt die Zweifel und kritischen Bedenken zu betonen, die sich im Laufe weiterer Arbeit ergeben haben.

Ich bitte Sie, lassen Sie mich den ersten Weg versuchen. Ich glaube, daß Kritik und Korrektur die Aufgabe der einzelnen Disziplinen ist. Dem Wesen einer gemeinsamen Sitzung scheint es näher zu kommen, wenn wir uns des Reichtums besinnen, der uns geschenkt wurde und der vielen Wege gedachten, die nun offen stehen. Die Bewunderung einer wissenschaftlichen Leistung gehört nicht minder zum Sinne einer großen abschließenden Versammlung dieses Stiles wie harte und ernste Kritik, sie vermag nicht minder befruchtend zu wirken als jene, ohne daß sie dabei wissenschaftlichen Geistes entbehren müßte.

Ich habe also nur Bekanntes vorzubringen. Aber dieses Bekannte scheint bedeutend genug, daß es einmal geschlossen zur Sprache gebracht werden darf. Daß es zum großen Teil deutsche Arbeit ist, dessen wollen wir uns mit stolzer Freude bewußt sein.

Im Jahre 1900 entdeckte KARL LANDSTEINER, damals Assistent am pathologisch-anatomischen Institut der Universität Wien, daß das Serum bestimmter Menschen in einigen Fällen die Blutkörperchen anderer Menschen regelmäßig zu agglutinieren vermag. Fortgesetzte Untersuchungen führten LANDSTEINER zur Aufstellung von 3 Gruppen, die er mit A, B, C bezeichnete. v. DECASTELLO und STURLI in Wien konnten in die aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten eine 4. Gruppe einreihen. Alle späteren Untersucher (v. DUNGERN, HIRZSFELD, JANSKY, Moss) übernahmen die Vierzahl, wählten aber verschiedene Formen der Einteilung. Das Wesen, das mit diesen Gruppenbezeichnungen dargestellt werden sollte, beruht in folgendem: Die neu entdeckten Eigenschaften des Blutes sind zum Teil an die Blutkörperchen, zum Teil an das Serum gebunden. Dabei ist die Differenzierung des Serums in Gruppen-spezifischer Hinsicht von den Blutkörperchen abhängig. Für diese besteht nach den Untersuchungen von v. DUNGERN und HIRZSFELD die Gruppeneigenart schon im embryonalen Leben. Für das Serum treten die Differenzierungsvorgänge erst im kindlichen Leben auf. Die spezifischen Eigenschaften des Serums sind dabei als die Auswirkung von Antikörpern zu den als Antigen wirkenden heterologen Blutkörperchen aufzufassen. Sie sind im eigenen Blute unwirksam.

In der praktischen Auswertung erscheint dieses Phänomen in der Form der Verträglichkeit oder Unverträglichkeit der verschiedenen Blutarten untereinander. Die Einteilung in B.G. besagt daher, daß es hinsichtlich des Gehaltes an Antigenen und Antikörpern unter den bisher untersuchten Menschen vier Möglichkeiten gibt und daß das Blut jedes Menschen unter eine dieser vier Möglichkeiten fällt. Diese individuelle Eigenschaft des einzelnen

Blutes bedingt bei der Vermischung mit einem anderen Blute das Ausbleiben oder Eintreten von Agglutination (Hämolyse) und dieses gegenseitige Verhalten bildet die Grundlage der Gruppeneinteilung.

Es war naheliegend, daß die Frage eingehend geprüft wurde, ob die *Vierzahl der Gruppen* als feststehend anzusehen sei. Es gehört nicht in den Rahmen meiner Aufgabe, das Für und Wider der Anschauungen darüber vorzubringen. Aber einige kurze Bemerkungen seien mir gestattet. MINO und LATTEs haben schon vor Jahren den theoretischen Beweis erbracht, daß die Vierzahl zu Recht besteht. LATTEs und CAVAZZUTI ergänzten ihn experimentell. Seit der Verwendung wertbeständiger hochwertiger Testsera, wie sie durch MORITSCH und NEUMÜLLER in der Form des „Hämotest“ an der Klinik EISELSBERG eingeführt wurden, ergab sich kaum jemals mehr ein Zweifel an der Vierzahl der Gruppen. Schließlich können die Tausend von Transfusionen, die auf dieser Voraussetzung fußend schadlos ausgeführt wurden, als Bestätigung dienen. Ich will nur kurz bemerken, daß LANDSTEINER jüngst die von SCHIFF, BECK u. a. wieder aufgerollte Frage nach dem Wesen der sog. 4. B.G. eingehend überprüft hat.

Die zweite für die Bedeutung der B.G. wichtige Feststellung lag in deren Unveränderlichkeit. Ich kann mich auch da mit der Behauptung begnügen, daß die *Unveränderlichkeit der Gruppenzugehörigkeit* des einzelnen Individuums während der ganzen Dauer des Lebens erwiesen ist. Die von mehreren Autoren angenommene Gruppenverschiebung auf Grund von Krankheiten, Narkose, medikamentösen Beeinflussungen, Röntgenbestrahlungen usw., konnte nicht bestätigt werden. Wohl aber wurden durch mehrere Untersucher (HOCH und MORITSCH, SCHNEIDER u. a.) wichtige Schwankungen der Höhe des Agglutinationstiters festgestellt. Darauf werde ich noch zurückkommen.

Die Feststellung der Blutformel eines Menschen als Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe mußte die Frage auslösen, ob sich die Menschen gleichmäßig auf die 4 Gruppen verteilen oder ob bestimmte Gruppen überwiegen und schließlich, ob dieselben Zahlenverhältnisse unter den verschiedenen Völkern und Rassen nachweisbar sind.

Die Untersuchungen, die hier Einblick bringen sollten, wurden von zahlreichen Forschern der verschiedensten Nationen durchgeführt. Das Besondere der Ergebnisse war folgendes: die Häufigkeit der einzelnen Gruppen unter einer bestimmten Bevölkerung ist keineswegs gleich. Es findet sich vielmehr eine Stufung in der Gruppenzugehörigkeit, die eine beträchtliche ziffernmäßige Spannung erkennen läßt. Bei den Europäern und den Völkern europäischen Ursprungs überwiegt die Gruppe A auffallend die Gruppe B, während die Häufigkeit der Gruppe A in den Bevölkerungen von West nach Ost berechnet zahlenmäßig immer mehr abnimmt. Die gegenteilige Bewegung zeigt die Gruppe B. Daß hier nicht klimatische oder geo-

logische Verhältnisse maßgebend sein können, war klar. Hier mußten andere Zusammenhänge angenommen werden. Wenn man nach dem Vorschlag von HIRZSFELD innerhalb einer bestimmten Bevölkerung das Verhältnis aller Individuen der Gruppe A zu allen Individuen der Gruppe B als „biochemischen Rassenindex“ bezeichnet, so läßt sich dieser graphisch als eine Linie festhalten, die in steter Senkung von Nordwesten Europas (England, Schottland) nach Indien verläuft. Ohne hier die kühnen und völlig neuen Theorien zu berühren, die durch diese Feststellungen ausgelöst wurden, muß die Tatsache selbst als außerordentlich bemerkenswert festgehalten werden.

Wieder ergab sich aus ihr zwangsläufig eine neue Fragestellung. Die aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der B.G. unter den Bewohnern der Erde war nur denkbar, wenn die Zugehörigkeit zu einer B.G. nicht das Ergebnis des Zufalles, sondern wiederum das Ergebnis einer biologischen Gesetzmäßigkeit ist. 1910 erbrachten v. DUNGERN und HIRZSFELD den Nachweis, daß der Erbgang der B.G. nach dem MENDELSCHEN Gesetz erfolgt. Es erübrigte sich wohl, das Wesen dieses Erbganges auseinanderzusetzen. Die Schwierigkeit, ihn für die B.G. als gültig zu behaupten, ist einleuchtend. Trotzdem müssen wir ihn derzeit als zu Recht bestehend annehmen.

Damit war das theoretische Gebäude der Lehre von den B.G. zu großer Höhe geführt. Es kann nicht wundernehmen, daß die praktische Auswertung dieses neuen Wissens von allen Disziplinen aufgenommen wurde.

Die große praktische Bedeutung und Erkenntnis der B.G. für die *Bluttransfusion* (B.T.) bedarf keiner weiteren Ausführung. Sie ist in erster Linie der Schlüssel zu einem therapeutischen Vorgehen, dessen Wert immer eindringlicher in Erscheinung tritt. Daß im gegebenen Falle die Transfusion von Blut allen anderen Transfusionsverfahren überlegen ist, wurde seit der Darstellung durch HERMANN KÜTTNER zum Axiom. Ein Verfahren, um dessen Nutzbarmachung man sich 250 Jahre lang bemühte, wurde durch die Kenntnis der B.G. seines biologischen Geheimnisses beraubt. Das Gefahrenmoment von dieser Seite her entfiel. Die Technik leistete das ihre, um die mechanischen Störungen auszuschalten. Man kann die sinnvoll erdachte und wichtige „biologische Probe“ OEHLECKERS nicht gegen die Bedeutung der B.G. für die Transfusion ins Treffen führen. Nicht Gegenseitliches, sondern allein Ergänzendes kann darin gesehen werden. Auf Grund der Verwertung der B.G. wurden in den letzten Jahren viele Tausende von B.T. störungsfrei zum Wohle der Kranken ausgeführt. Freilich muß größte Genauigkeit in der Bestimmung der B.G. gefordert werden. Die von CLAIRMONT aufgezeigten Fehlerquellen erklären uns die wenigen Mißerfolge, die heute noch ab und zu zur Beobachtung kommen, fast in jedem Falle. Der heftig verteidigte Glaube, daß die leibliche Verwandtschaft für die Verwertbarkeit des Blutes

zur Transfusion entscheidend sei, wurde als Irrtum entlarvt. Damit wurden weitere Schäden ausgeschaltet. Aber nicht nur für die unmittelbare B.T. selbst wurde die Kenntnis der B.G. so bedeutungsvoll. Sie ermöglichte es uns außerdem, stets bestimmte Individuen als geeignete Spender bereitzuhalten. Die an sich gewiß nicht ideale Lösung der Spenderfrage in der Form der Amerikanisierung auf dem Wege der Berufsspender hat uns in zahlreichen Notfällen größte Dienste geleistet. Diese Organisation wäre ohne die Kenntnis der B.G. unmöglich gewesen.

Aber gerade in der praktisch wichtigsten Auswertung der B.G. wurden auch neue theoretische Einblicke gewonnen. Die zahlreichen B.T. bedingen tausende von Gruppenbestimmungen. Die Berechtigung der Behauptung der Gesetzmäßigkeit wurde unterstrichen, die Vierzahl der Gruppen außer Zweifel gestellt. Die Bedeutung des Agglutinationstiters wurde überhaupt erst durch die B.T. augenscheinlich. Die tieferen biologischen Überlegungen, die bei der Behandlung der Sepsis, der Urämie u. a. besonders auftauchten; die Fragen der Lebensdauer der transfundierten Erythrocyten und der seltsame Vorgang ihrer „periodischen Elimination“ aus dem Körper des Empfängers — all das ist ein theoretischer Gewinn, der nur auf dem Boden der praktischen Verwertung der Lehre von den B.G. gewonnen werden konnte. Die Indikationsstellung zur therapeutischen B.T. hat schon in der kurzen Zeit einige Änderungen erfahren. Es wäre ein großer Irrtum, ihren Wert dadurch verringert zu sehen. Es ist im Gegenteil in keiner Weise zweifelhaft, daß neben dem Heilkraut der B.T. die theoretischen Fragen, die sie aufrollen und das riesige Tatsachenmaterial, das sie zur Verfügung stellen, eine ungeahnte Bereicherung unseres biologischen Wissens gebracht haben.

Die Intensität der Forschung, die dem neuen Gebiet geweiht wurde, nicht minder die große Zahl der Forscher aller Disziplinen, die sich in den Dienst der Sache stellten, hat in wenigen Jahren eine Fülle feststehender Erkenntnisse ermöglicht. Die Tatsache der Isoagglutinine, die „serologische Reifung“, die Vierzahl, ihre Beständigkeit während der Dauer des Lebens, die Gesetze ihrer Vererbung, die schwankende Titerhöhe, die Bedeutung für die Wahl des Spenders zum Zwecke der B.T. müssen als naturwissenschaftliche und medizinische Errungenschaften großen Stiles anerkannt werden.

Damit sind allerdings die Grenzfähle strenger Wissenschaftlichkeit erreicht.

Aber es ist eine nicht seltene Erfahrung auf dem Felde geistiger Arbeit, daß Einblicke, die der Zufall gab, Erkenntnisse, die auf einem abgestecktem Weg gewonnen wurden, zu weiten, ungeahnten Horizonten führen. Für die Grenzfähle darin ist auch in unserem Falle gesorgt. Und das zum Glück. Denn nur strengste Kritik und systematische Arbeit vermag Bleibendes und Wesentliches zu schaffen. Aber das Ziel ist immer die Ferne. Ein Flugzeug,

das für den Hangar gebaut wurde, erfüllt seinen Zweck nicht.

Darum lassen Sie mich noch mit wenigen Worten dem Schwung der Linie folgen, die sich aus den grundlegenden Arbeiten ergab.

Hier haben die *Anthropologen* das erste Wort. OTTO RECHE in Wien hat die große Bedeutung der Kenntnis von den B.G. für die Anthropologie mit folgenden Worten gekennzeichnet: „Ich habe das Gefühl, als ob wir hier an der Schwelle allerwichtigster Entdeckungen stehen. Es muß nur einmal kräftig zugefaßt werden und die Pforten werden sich öffnen!“ Seine Gründung der „Deutschen Gesellschaft für B.G.-Forschung“ war der erste Schritt. Erinnern wir uns an den „biochemischen Rassenindex“. HIRZSFELD schloß aus der Bewegung des Überwiegens von A bzw. B auf zwei getrennte Ursprungsgebiete für die Gruppe A bzw. B, also auf zwei Zentren der Urbevölkerung, von denen das eine im Westen, das andere im Osten liegen müsse. Aus der Vermischung dieser beiden ursprünglich getrennten Rassen wäre die heutige Verteilung der B.G. zustandegekommen. RECHE hat an der Hand genauer Karten höchst bemerkenswerte Vermutungen aufgestellt, die manche bisher ungelöste Fragen — z. B. der japanischen Steinzeit — zu erhellen scheinen und unter anderem das Problem der alpinen Rasse in neuem Lichte zeigen.

BERNSTEIN in Göttingen fand die Hypothese von HIRZSFELD nicht haltbar. Es müsse vielmehr angenommen werden, daß es drei Erbfaktoren gibt. WELLISCH untersuchte den ganzen Fragenkreis in eingehender und fesselnder Weise und stellte die Rassenindices der 5 in Europa vorherrschenden Rassen fest. Er läßt die Frage offen, ob der Rassenindex auch als „ein Mittel zur Bestimmung des Rassenwertes herangezogen werden kann und ob er die Annahme zu stützen imstande ist, daß auch für die nachgewiesene Übereinstimmung im Denken und Empfinden bestimmter Rassengruppen die Gemeinsamkeit des Blutes die Grundlage bildet“. Und er sieht als letzten Ausblick vielleicht die Ermöglichung der „herrsten Aufgabe der Menschheit, das Menschengeschlecht auf züchterischem Wege zu veredeln.“ Es kann nach alldem nicht geleugnet werden, daß die Lehre von den B.G. zu den größten Problemen hinführt. Aber auf diesem Wege harrt eine Reihe anderer Fragen ihrer Lösung.

Das ist zunächst die Frage der „heterospezifischen Schwangerschaft“. HIRZSFELD und ZBROWSKI knüpften ihre Überlegungen an den Fall, daß das Kind die der Mutter ungleiche Gruppe des Vaters trägt, daß also nach den Gesetzen der B.G. das Serum des mütterlichen Blutes die Blutkörperchen der Frucht agglutinieren müßte. Wie wehrt sich die Frucht gegen das Eindringen mütterlicher Antikörper? Und die beiden Autoren fragen weiter: Welcher Mechanismus schützt die Mutter gegen die Invasion kindlicher gruppenspezifischer, fremder Isoantigene?

Aus dem, was ich früher über die „serologische Reifung“ erwähnte, geht hervor, daß das Nabelschnurblut keine vom Kinde produzierten Antikörper enthält. Für die mögliche Schädigung der Frucht ist der sog. „Mechanismus der Zirkulationsfremdheit“ (Undurchlässigkeit des Gefäßendothels für Antikörper) von entscheidender Bedeutung.

Die genannten Autoren lesen aus ihren Untersuchungen ab, daß der Übergang der Antikörper von der Mutter auf die Frucht bei verschiedenen Gruppen quantitativ verschieden ist. Daraus ginge hervor, daß diese Durchlässigkeit eine konstitutionelle Eigenschaft ist, die mit der B.G. in engster Beziehung steht. So besitzt z. B. die Gruppe A eine für Isoantikörper fast undurchlässige Placenta. Die Fragen der Anthropologen erscheinen dadurch in einem neuen Licht. Aber auch pathologische Erscheinungen eigener Art werden von manchen Autoren (z. B. MCQUARRIE) mit einer Störung dieser Verhältnisse in Beziehung gebracht. Die Unfruchtbarkeit einer Frau einem bestimmten Manne gegenüber; der spontane Abortus; ja letzten Endes die Eklampsie sind Gegenstand der Untersuchung im Wesen der heterospezifischen Schwangerschaften. Sollten uns hierin wirkliche Einblicke gegönnt sein, kann deren praktische Auswirkung heute noch nicht abgesehen werden.

Es muß ja überhaupt besonders betont werden, daß die Bedeutung der B.G. für viele *Frage der Pathologie* noch der Feststellung bedarf. An Arbeit in dieser Richtung hat es nicht gefehlt. Auch nicht an Irrwegen. Um so verdienstvoller wird es sein, mit neuer Arbeit den richtigen Weg zu finden.

Die ersten Annahmen über einen erweisbaren Zusammenhang der Gesamtkonstitution, der Körpergröße, Haarfarbe usw. haben sich gleichermaßen als irrig erwiesen wie jene, die bestimmte Krankheiten (z. B. perniciöse Anämie maligne Tumoren u. a.) an bestimmte B.G. gebunden glaubten. Aber eine neue Fragestellung zeigte auch diese Pfade gangbar. Nicht an die B.G. als solche ist ein pathologisches Geschehen geknüpft, sondern innerhalb eines Erbganges tritt dieselbe Erkrankung bei gruppengleichen Individuen auf, während sie Gruppenungleiche freiläßt.

So konnte KUBANYI an der berühmten Bluterfamilie Mampel in Heidelberg feststellen, daß die lebenden schweren Hämophiliker alle zur Gruppe O (IV nach MOSS) gehören und daß sich umgekehrt in der ganzen Familie kein zur Gruppe O gehörender Mann findet, der nicht hämophil wäre.

Eine Erweiterung dieser bemerkenswerten Erhebung bedeuten die Untersuchungen von FÜRST über die Erblichkeit des Kropfes. Diese sehr wertvollen Untersuchungen müssen auch noch aus dem Grunde erwähnt werden, weil sie — wie ich glaube — zeigen, wie schwierig heute noch die Verwertung von Tatsachen auf diesem Gebiete ist.

FÜRST machte an der Bevölkerung von Garmisch-Partenkirchen folgende Beobachtung:

War in einer Familie nur ein Elter ein Kropf-

träger, während der andere Elter kropffrei war, dann waren von den Kindern nur jene von Kropf befallen, die der gleichen Blutgruppe wie der kropfige Elter angehörten. Die von FÜRST dafür geprägte Formel lautet: „Bei Blutgruppendiskordanz der Eltern und einseitiger Kropfbelastung von nur einem Elter her, erben in weitaus überragender Weise die kropfbefallenen Kinder die Blutgruppe desjenigen Elters, von dessen Seite her auch die Kropfbelastung stammt, während die Blutgruppe des aus kropffreier Familie stammenden Elters auf die kropffreien Kinder übergeht.“

Eine Erklärung sucht FÜRST in der Annahme, daß das Schilddrüsenhormon schon frühzeitig „einen formativen Einfluß auf die noch undifferenzierten gewissermaßen in einem neutralen Zustand befindlichen Blutkörperchen des Fetus ausübt, und daß die Struktur der Blutkörperchen unter dem Einfluß eines auf Grund einer ererbten Anlage nach der krankhaften oder normalen Seite hin ausgebildeten Schilddrüsenhormons sich zu *jener* Blutgruppe ausbildet, nach der das Blut desjenigen Elters gebildet ist, von dem die normale bzw. krankhafte Schilddrüsenanlage stammt.“

In dieser Darstellung ist der Glaube an eine zeitliche und eine wesentliche Priorität ausgesprochen, der nicht voll begründet ist. Die Blutgruppenzugehörigkeit ist ein unmittelbarer Erbfaktor, sie ist in der Keimanlage enthalten. Nur unter dieser Voraussetzung ist es möglich, die Gültigkeit einer Erbregel anzunehmen, die heute durch tausende von Beobachtungen erwiesen ist. Nun ist es aber auch nach den Tabellen von SIEMENS und nach den Untersuchungen von FÜRST sehr wahrscheinlich, daß eine heute schon als gesetzmäßig erkennbare Erbfolge beim Kropf besteht. Auch hier muß es sich mithin um eine Erbanlage handeln. Wenn es sich nun herausstellt, daß nur gruppengleiche Individuen der Deszendenz an Kropf erkranken, dann ist die einfache Annahme die, daß sie diese beiden Anlagen (Blutgruppe und Struma) neben anderen, derzeit noch nicht erweisbaren, ererbt haben. Die Erklärung der Gruppengleichheit als Ausdruck eines formativen Reizes spräche der Schilddrüse eine übergeordnete Rolle zu, die nicht verständlich ist. Und welche Schilddrüse ist gemeint? Die väterliche kann nicht in Frage kommen, wenigstens nicht im Sinne einer hormonalen Wirkung. Die mütterliche aber kann im Falle einer heterospezifischen Schwan-gerschaft erst recht nicht angeschuldigt werden.

In der ganzen Frage ist vielmehr das Problem wieder in den Vordergrund gerückt, ob nicht die bestimmte Blutstruktur die Disposition zu gewissen Krankheiten in sich schließt. In unserem Fall: ob der Deszendent nicht deshalb an Kropf erkrankt, weil er einer bestimmten Blutgruppe angehört?

In dieser Richtung bewegen sich die außerdentlich interessanten Forschungen von L. HIRSZFELD und seiner Schule. Ich will nur einen Fragenkreis daraus berühren: bei der Unter-

suchung des Zusammenhangs von Diphtherieempfindlichkeit und B.G. stellte sich heraus, daß die Vertreter aller Blutgruppen sowohl positive wie negative Schicksche Reaktion aufweisen. Waren aber beide Eltern Schick-positiv, dann waren es auch die Kinder. Hingegen waren die meisten Kinder Schick-negativ, wenn beide Eltern Schick-negativ waren. In Familien nun, in denen die Eltern verschiedenen B.G. angehörten, waren Kinder mit der B.G. des positiven Elters immer positiv, jene mit der B.G. des negativen Elters meist negativ, selten positiv. Daraus schloß HIRSZFELD, daß die Diphtherieantitoxine ebenso wie die Isoantikörper konstitutionell bedingt und vererbar sind. Und eine weitere Beobachtungsreihe ließ vermuten, daß der Mangel der normalen Antikörper im Elternblut eine vererbare Minderwertigkeit anzeigt, die in der ungenügenden Antitoxinbildung auch auf den spezifischen Reiz der Krankheit hin zum Ausdruck kommt. Als letzter Ausblick ergibt sich hier vielleicht die Möglichkeit, aus der „Bestimmung der spezifischen Reaktionsfähigkeit der Eltern Rückschlüsse auf den Krankheitsverlauf beim Kinde zu ziehen, also den Ausgang des Kampfes mit der Krankheit vorauszusagen.“

Aber die Biologen dehnen ihre Überlegungen noch weiter aus. So wirft HIRSZFELD die Frage auf, ob die verschiedenen normalen Antikörper nur der Ausdruck einer genetisch einheitlich zu denkenden Reaktionsfähigkeit (bzw. -Unfähigkeit) des Organismus sind, oder ob sie bestimmte, von einzelnen Genen ausgehende, also relativ unabhängige und vererbare Serumstrukturen bzw. Zellfunktionen darstellen. Wenn manche Krankheitsanlagen gemeinsam mit den isoagglutinablen Substanzen vererbt werden, so scheint sich daraus der „Selektionswert der Gruppenzugehörigkeit“ ablesen zu lassen. Damit ist ein neuer Einblick in die Fragen der spezifischen Empfindlichkeit mancher Rassen oder einzelner Bevölkerungen gegeben. Mit ersten Schritten scheint der Weg betreten zur Erfassung des Zusammenhangs der Disposition mit anthropologischen Merkmalen und zur Beantwortung der Frage einer Rassengewöhnung an Krankheitserreger.

Im engeren Rahmen scheint hier schon einiges festgestellt zu sein. So wurde die Beobachtung von PILCZ, daß unter den metaluetisch Erkrankten die Gruppe A und O häufiger angetroffen wird, aus der Klinik *Arzt* dahin ergänzt, daß das Krankenmaterial an liquor-positiven Luetikern ebenfalls die Hauptbeteiligung dieser 2 Gruppen aufweist (HECHT-ELEDA). Von STRASZYNSKI, PAUL, GUNDEL, wurden übereinstimmend Luetiker der Gruppe AB salvarsanresistent gefunden. Auch sprechen zahlreiche Untersuchungen dafür, daß bei Malariaimpfung die durchschnittliche Inkubationsdauer bei Gruppenstimmigen verkürzt ist (PILCZ, WENDELBERGER, HECHT-ELEDA).

Auch in anderer Hinsicht scheint die Beachtung der B.G.n Bedeutung zu erlangen.

Die Bluttransfusion wird vielfach als Typus einer homoiplastischen Gewebstransplantation bezeichnet. Die Untersuchungen über die Lebensdauer transfundierter Blutkörperchen geben uns das Recht, von einer Funktionsübernahme der Spenderblutkörperchen im Empfängerorganismus, mithin von einer Art Einheilung zu sprechen.

Prüft man die Erfolge anderer homoiplastischer *Transplantationen*, z. B. die mit THIERSCH-Läppchen, so stehen ausgezeichnete Erfolge völligen Versagern gegenüber. Es lag nahe, anzunehmen, ob nicht auch hier die Gruppenzugehörigkeit von Spender und Empfänger ausschlaggebend sein könnte.

Es ist sehr bemerkenswert, daß durch eine Reihe von Forschern der Beweis erbracht scheint, daß die Beachtung der Blutgruppen für den Erfolg der Homoiplastik entscheidend ist. Die erste derartige Mitteilung stammt von INGEBRIGTSEN RAGNVALD (1922), weitere von ELSCHNIG und ASCHER. SCHOWAN prüfte systematisch die Verwertbarkeit verschiedener Transplantate und konnte nachweisen, daß hierbei genau wie bei der Übertragung von Blut Gruppe IV ein Universalspender, Gruppe I ein Universalempfänger ist. Patienten der Gruppe II und III ließen Transplantate von Spendern der Gruppe IV oder ihrer eigenen Gruppe zur Anheilung kommen.

Mit allen Proben und Gegenproben führte DYKE solche Versuche durch, um zur selben Überzeugung zu kommen, die sich auch DEUCHER und OCHSNER an der Hand eigener Beobachtungen zu eigen machen. Die beiden Autoren konnten außerdem bei einem ihrer Fälle feststellen, daß das Homoiotransplantat von einem jungen, blutsverwandten, typengleichen Spender gelang, während das offenbar in seiner Vitalität durch Zirkulationsstörungen herabgesetzte Autotransplantat (50jähr. Mann) zugrundeging.

Es soll nicht verschwiegen werden, daß EDEN, der Gruppenverschiebungen zu finden glaubte, auch unter Beachtung der Blutgruppen bei Transplantationen Mißerfolge mitteilt. Ein Urteil kann wohl erst gefällt werden, wenn überall dieselbe Methodik der Gruppenbestimmung eingehalten wird.

Eine letzte schon in einem Umfang verlässliche Verwertung der Blutgruppen ergibt sich auf dem Gebiete der Kriminalistik.

Unter der Annahme der Richtigkeit, daß sich die Blutgruppen nach dem MENDELSCHEN Gesetz vererben, besteht folgende Überlegung zu Recht: Wenn beide Eltern der Gruppe O angehören, gehören auch alle Kinder dieser Gruppe an. Gehört einer der Eltern zu A oder zu B (s. Tabelle von v. DUNGERN), so kann man beide Gruppen bei den Kindern finden, sie können jedoch auch fehlen. Findet sich bei den Eltern die Gruppe A und B, so kann sie in ihrer Summe weitervererbt sein, sie kann aufgespalten sein in Kinder mit A und Kinder mit B oder sie kann gänzlich fehlen. Diese Ergebnisse wurden von HIRZSFELD und v. DUNGERN eindeutig erhoben. Dabei konnten nun niemals

Kinder, deren Eltern keine Blutstruktur (O) enthalten, eine solche Gruppe aufweisen. In Vaterschaftsfragen können diese Feststellungen von Bedeutung sein, indem wenigstens der Ausschluß der Vaterschaft bewiesen werden kann. Folgendes Beispiel: Die Mutter entspräche der Blutgruppe O, ihre Blutkörperchen enthielten keine gruppenspezifische Struktur. Das Kind entspräche der Gruppe A. Hier müßte der fragliche Vater ausgeschlossen werden, falls er der Gruppe O (ohne Struktur) oder der Gruppe B angehört.

Manchmal lautet die Fragestellung anders, wie ein erwähnenswerter Fall von MORITSCH zeigt:

Es handelte sich um eine Kindesmutter, welche angab, sie habe mit 2 Männern zur kritischen Zeit Verkehr gehabt und möchte nun den richtigen Vater des Kindes heiraten. Es lag folgende Gruppenkonstellation vor:

Kindesmutter	B.G.B
Der Mann Y	" B
Der Mann Z	" A
Das Kind	" A

Y mußte also mit voller Sicherheit ausgeschlossen werden. Für Z konnte nur ausgesprochen werden, daß jeder Mann derselben Gruppe der Vater sein konnte.

Auch sonst bedient sich die Kriminalistik der B.G.n. Verbrecher, die durch ihr genaues Sigalement (Photographie, Daktyloskopie usw.) bei den Polizeibehörden registriert sind, können durch die Bestimmung der B.G. noch einen Punkt mehr in ihrer Beschreibung erhalten.

Berühmt wurde der Fall von LATTES: Blutflecke an der Kleidung eines Mannes, welcher des Mordes verdächtig war, sollten angeblich vom Nasenbluten herrühren. Der Betreffende war unschuldig, wie sich später herausstellte. Seine Angaben über das Nasenbluten erfuhren dadurch eine Stütze, daß sein Blut und die Blutflecke zur gleichen, das Blut des Ermordeten zu einer anderen Gruppe gehörten.

Aber die Beschäftigung mit dem Wesen der B.G.n löst schließlich noch andere, freundlichere Probleme aus. Bei den Studien über die Zahl der B.G.n konnten MINO und LATTES darin, daß die vermeintlichen Absonderheiten mancher Beobachtungen einfach auf quantitativer Grundlage aufgeklärt werden können. Denn die Unterschiede in der Agglutinabilität der Erythrocyten lassen es begreiflich erscheinen, daß ein Serum, mit kleinen Mengen von schwer agglutinablen Blutkörperchen vorbehandelt, für diese unwirksam wird, während es andere gruppengleiche, aber leicht agglutinable Blutkörperchen noch agglutiniert. Im selben Sinne wird ein an sich sehr agglutininarmes Serum nur für besonders empfindliche Blutkörperchen wirksam sein. Der Bestimmung des Agglutinationstitors für die Beurteilung einer Reaktion wird hiermit eine große Bedeutung zugesprochen. HOCHE und MORITSCH haben darüber an der Klinik EISELSBERG viele Untersuchungen angestellt, Seit der Schaffung der Hämoteströhrenchen

mußten wiederholt größere Serum Mengen zur Herstellung der Testsera gewonnen werden. Es lag nahe, diese Sera von jenen Personen zu beziehen, bei denen eine Blutabnahme therapeutisch angezeigt war. Das waren in erster Linie Hypertoniker. Aber gerade bei diesen, die zum Großteil dem höheren Lebensalter angehörten, war niemals ein hochwertiges Serum zu erhalten.

Bei den Titerbestimmungen, die in der Folge an gesunden Personen vorgenommen wurden, ergab sich zunächst, analog anderen Untersuchungen, der Durchschnittstiter 1:4. Höchstwertige Sera wurden bei Personen zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr gefunden. Nach dem 50. Lebensjahr wiesen die Untersuchten, im Gegensatz zu den Befunden CLAIRMONTS, im allgemeinen eine niedere Titerhöhe auf. Eine Erhöhung des Titers nach Ablauf fiebiger Prozesse konnte nicht festgestellt werden. Jedoch wurde die Erfahrung von LATTE bestätigt, daß die Agglutinine im Serum eine Entwicklung durchmachen, deren Höchstpunkt ungefähr in das 30. Lebensjahr fällt.

Die Bedeutung des Agglutinationstiters erhellt aber noch aus anderen Überlegungen.

Es ist bekannt, daß bei der praktischen Verwendung der Bluttransfusion der Einfluß des Spenderserums auf die Empfänger-Blutkörperchen vernachlässigt wird.

Es sei festgehalten, daß diese allgemein übliche Vernachlässigung der Wirkung des Empfängerserums auf die Spendererythrocyten bei einer Titerhöhe von 1:4 bis 1:8 vollkommen gerechtfertigt erscheint. HOCHE-MORITSCH suchen dies durch die folgende Berechnung zu erklären: Die durchschnittliche Serummenge von 100 ccm Blut beträgt 30 ccm. Angenommen, man transfundiert einem 75 kg schweren Patienten, der eine durchschnittliche Blutmengen von 51 ($1/13$ seines Körpergewichtes) besitzt, 500 ccm Blut, so erhält er ungefähr 150 ccm Serum. Diese 150 ccm werden 33,3 mal verdünnt. Im allgemeinen wird bei dieser Verdünnung des Spenderserums der Titer desselben völlig gleichgültig sein. Ist er jedoch ein sehr hoher, so daß er durch die Verdünnung nicht auf ein völlig indifferentes Niveau herabgedrückt wird, so liegt eine Schädigung des Empfängers im Bereich der Möglichkeit. Daraus erhellt, daß es vorzuziehen ist, bei Patienten mit einer primären Schädigung der roten Blutkörperchen gruppengleiche Spender zu verwenden (MABEC, KUBANYI, SCHMEIDA). Bei Patienten mit vulnerablen Blutkörperchen (z. B. bei perniziöser Anämie) wird man bei der Möglichkeit entsprechender Auswahl gruppengleiche Spender bevorzugen (SCHNEIDER, HOCHE-MORITSCH), während man in Fällen von akuten Blutverlusten gestützt auf eine tausendfältige Erfahrung, unbedenklich jeden gruppentypigen Spender verwenden wird.

Die große Kurve der Titerhöhe wurde von HOCHE-MORITSCH gezeichnet. Es liegt nahe anzunehmen, daß diese Welle sich aus vielen kleinen Wellen zusammensetzt, die einem Schwanken des

Titers entsprechen. Das Zugrundegehen und die Neubildung von Erythrocyten ist eine Tatsache. Vielleicht ist dieser Vorgang von einem Wechsel der Titerhöhe begleitet. Darin könnte zahlenmäßig eine Periodizität erwiesen werden, die bereits bekannte Perioden mit der Virtualität der Blutkörperchen im Einklang steht.

Es scheint nicht ausgeschlossen, daß auch das Phänomen der Periodizität des Lebens, dem SWOBODA so überzeugenden Ausdruck gab, in meßbare Kongruenz mit dem System der Blutgruppen (Titerhöhe u. a.) gebracht werden kann. Das Schicksalhafte von Vererbung und Individualität könnte dadurch in weiten Umrissen biologisch erkennbar werden.

So landen unsere Überlegungen wieder bei den tiefsten biologischen Fragestellungen. Die Kleinheit dessen, was bis heute davon beantwortet werden kann, darf kein Halt! bedeuten, sondern nur ein um so entschlosseneres Vorwärts! Darin sollen wir einig sein, denn nur so wird jede neue Arbeit fruchtbringend sein können.

Gerade die letzten Monate haben wertvolle Studien zur Lehre von den B.G. gebracht. In erster Linie die Studie über die Vererbung der B.G. von Prof. BAUER in Göttingen, der an der Hand eines sehr großen Materials zu den bisherigen Theorien über den Erbgang Stellung nimmt. In der Anwendung der „Faktorenkoppelung und Faktorenaustauschtheorie“ sieht BAUER eine Lösung für eine große Zahl von Einzelfragen und eine „tragfähige biologische Grundlage“ für das ganze B.G.-Problem. Die reiche Literatur, die aus dem gerichtlich-medizinischen Institut der Universität Kanazawa in Japan unter Prof. FURUHATAS Leitung mitgeteilt wurde, und die ebenso wie die BERNSTEINSche Theorie den großen Fragenkreis des Erbganges behandelt, zeigt in der Kritik BAUERS die Fülle des Problematischen. B. ASCHNER, die Schülerin J. BAUERS in Wien, hat in diesen Tagen K. H. BAUERS sehr bestechende Theorie bemängelt. Dazu kommen die wertvollen Verhandlungen der „ständigen Kommission für Blutgruppenforschung“ in Charkow und vor allem die neuen Arbeiten LANDSTEINERS, des Schöpfers der Lehre von den B.G.n, die er zum Teil zusammen mit LEVINE, FÜHRIT und WITT veröffentlichte. Dies alles sei nur ein letzter Hinweis auf die Größe getaner und noch zu leistender Arbeit.

Es gibt wissenschaftliche Leistungen, denen ein hoher theoretischer Wert zukommt, ohne daß sie für die Praxis von Bedeutung wären. Und es gibt Leistungen — namentlich auf dem Gebiete der Medizin — die von großer praktischer Bedeutung sind, ohne daß dadurch die theoretische Erkenntnis wesentlich bereichert wird.

Die Entdeckung der B.G. gehört zu jenen wissenschaftlichen Großtaten, deren theoretischer Bedeutung eine fast gleich große praktische zur Seite geht. Die Geschichte der B.T., die TRENDENBURG so fesselnd niedergelegt hat, zeigt diese untrennbar Wege eindeutig. Es ist nicht das

Wesentliche, daß ein Jahrtausende alter Mythus auf einem Deckglas mit zwei Serumtropfen endete. Das tiefste Wesen dessen, was wir heute als biologische Gesetzmäßigkeit erkennen, ist Rätsel genug. Aber es geschah ein Einblick in das Geäst des Lebens, der nur befreend und befruchtend empfunden werden kann. Die praktische Medizin hat sich ihr Teil genommen, soweit die B.T. in Frage kommen. Und selbst da müssen wir zugeben, daß wir noch vor kaum geahnten Möglichkeiten stehen. Andere Disziplinen haben noch viele Wege offen. Geistiger Arbeit nach jeder Richtung wurde ein neues Feld gewonnen. Dessen wollen wir uns freudig bewußt sein und denen danken, die uns dieses Feld erschlossen haben.

Diese große Versammlung führt Naturforscher und Ärzte zusammen. Es ist nicht nur Wage und Gewicht und der Meßzirkel und die Dezimalzahl,

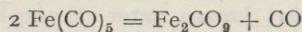
die uns geistige Befreiung bringen. Es kann auch die Hingabe an eine neue erregende Idee sein, die uns befruchtet, wenn wir auch heute noch wenig Festes in Händen haben.

Die Legende von der kleinen Ottegebe und dem armen Heinrich — eine Blutlegende im schönsten Sinne — ist eine deutsche Legende. Es ist deutsche Art geblieben, für einen Gedanken Mühe und Arbeit, Kühnheit und Wagnis einzusetzen. Auch der Flug neuer Pläne zu neuen Enttäuschungen kann ein Opfer sein. Niemand wird daran zweifeln, daß deutsche Arbeitskraft, Gewissenhaftigkeit und und nüchterne Gründlichkeit die Phantasterei zur segnenden Phantasie umbrechen wird. Das Ziel ist alles. Und das kann auch hier nur eines sein: Einem großen und herrlichen Volk in Treue zu dienen. Und damit Diener zu sein an der Menschheit.

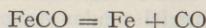
Photochemie der Eisencarbonylverbindungen und das absolute Absorptionsspektrum des Atmungsferments¹.

Von OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem.

Die einfachste Eisencarbonylverbindung, die wir kennen, ist das von MOND und QUINCKE im Jahre 1891 entdeckte² Eisenpentacarbonyl, $\text{Fe}(\text{CO})_5$. In demselben Jahre fanden MOND und LANGER, daß Eisenpentacarbonyl bei Belichtung dissoziiert. DEWAR und JONES untersuchten die photochemische Dissoziation des Eisenpentacarbonyls näher und stellten fest, daß im Licht zwei Moleküle Eisenpentacarbonyl unter Abspaltung von *einem* Molekül Kohlenoxyd nach der Gleichung reagieren



Wenige Jahre nach MOND und LANGER, 1897, fanden HALDANE und SMITH einen zweiten Fall von photochemischer Dissoziation der Eisencarbonylgruppe. HALDANE und SMITH versuchten, Kohlenoxydhämoglobin colorimetrisch zu bestimmen und beobachteten dabei, daß die Färbung der Lösungen von der Lichtintensität abhing, bei der sie colorimetrierten. Eine Verfolgung dieser Beobachtung ergab, daß Kohlenoxyd-Hämoglobin bei Belichtung in Kohlenoxyd und Hämoglobin dissoziiert, die Eisencarbonylgruppe des Kohlenoxyd-Hämoglobins also im Licht nach der Gleichung



zerfällt.

Dies sind die Tatsachen über die Photochemie der Eisencarbonylverbindungen, die wir vorfanden. Sie wurden wenig beachtet und galten mehr als Curiosa.

¹ Über die Bestimmung des *relativen* Absorptionspektrums des Atmungsferments ist in dieser Wochenschrift 1928, S. 345, berichtet worden.

² Eisenpentacarbonyl wird heute nach einem Verfahren von A. MIRTASCH in Ludwigshafen in großem Maßstab dargestellt. Vgl. darüber A. MIRTASCH Z. angew. Chem. 30, 1928, wo man auch Näheres über die Eigenschaften dieser interessanten Substanz findet.

Spaltung und Rückreaktion.

Bestrahlt man eine Eisencarbonylverbindung, so setzt mit der photochemischen Spaltung die Rückreaktion der Spaltungsprodukte ein, und die Spaltungsprodukte häufen sich nur solange an, bis Spaltung und Rückreaktion einander gleich geworden sind. Mißt man die Lichtabsorption und Rückreaktion im stationären Zustand, so kann man berechnen, wieviel Kohlenoxyd durch die Einheit der absorbierten Strahlung abgespalten wird.

Der experimentelle Effekt der Bestrahlung ist also hier die Bilanz zwischen photochemischer Spaltung und Rückreaktion. Während die Spaltung nur von der Lichtabsorption abhängt, hängt die Rückreaktion von dem Kohlenoxyddruck, der Temperatur und einer individuellen Konstante ab, die man als die Geschwindigkeitskonstante der Rückreaktion bezeichnen kann. Bei hohem Kohlenoxyddruck ist die Geschwindigkeit der Rückreaktion groß, der experimentelle Effekt klein. Da ferner die Geschwindigkeitskonstanten der Rückreaktion von Substanz zu Substanz erheblich variieren, so ist der experimentelle Effekt unter gleichen äußeren Bedingungen und bei gleicher Lichtabsorption von Substanz zu Substanz verschieden.

Kohlenoxyd-Hämoglobin ist, weil die Geschwindigkeitskonstante der Rückreaktion groß ist, sehr unempfindlich gegen Bestrahlung und eignet sich nicht für quantitative photochemische Versuche. Um Kohlenoxyd-Hämoglobin merklich photochemisch zu dissoziieren, sind Lichtintensitäten von der Größenordnung der Sonnenlichtintensität notwendig.

Lichtempfindlicher sind gewisse Verwandte des Kohlenoxyd-Hämoglobins, die wie das Hämoglobin den Häminkern enthalten, an Stelle des Globins aber einfache Basen. Solche Basen sind nach Versuchen von Dr. KREBS Pyridin und

Nicotin. Bei niedriger Temperatur und niedrigem Kohlenoxyddruck dissoziiert Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin¹ schon bei Lichtintensitäten von $1/10000$ Sonnenlichtintensität und ist deshalb für quantitative photochemische Versuche geeignet.

Eine zweite Eisencarbonylverbindung, mit der wir gearbeitet haben, ist das kürzlich von W. CREAMER in Dahlem entdeckte Kohlenoxyd-Ferrocystein Cystein bildet mit Eisen komplexe Salze. Das komplexe Ferrosalz des Cysteins reagiert mit Kohlenoxyd und die entstehende Eisencarbonylverbindung dissoziiert bei Belichtung in die Komponenten. Auch diese Eisencarbonylverbindung ist wegen ihrer großen Lichtempfindlichkeit für quantitative photochemische Versuche geeignet.

Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin und Kohlenoxyd-Ferrocystein sind ihrer chemischen Konstitution nach ganz verschieden. In dem Pyridin-Hämin ist das Eisen an den Stickstoff des Tetrapyrrolkerns gebunden, die Eisencarbonylgruppe hat die Zusammensetzung FeCO . In dem Ferrocystein ist das Eisen an das Schwefelatom einer Aminosäure gebunden, die Eisencarbonylgruppe hat die Zusammensetzung $\text{Fe}(\text{CO})_2$.

Eisencarbonylverbindung des Atmungsferments.

Die dritte Eisencarbonylverbindung, die wir untersucht haben, ist die Carbonylverbindung des Atmungsferments, in der, wie in dem Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin, ein Eisenatom mit einem Molekül Kohlenoxyd verbunden ist. Bildung und Zerfall dieser Eisencarbonylverbindung können wir nicht direkt untersuchen, sondern nur auf einem Umwege. Denn die Konzentration des Atmungsferments in der lebendigen Substanz ist unendlich klein, und so wenig wie *irgendein* Ferment kann man das Atmungsferment von der inaktiven Zellsubstanz trennen. Die Mengen an Fermenteisenen, die wir bei unseren Versuchen in den Reaktionsgefäßen haben, sind kleiner als 10^{-10} g. So versagen hier, ähnlich wie auf dem Gebiet der unbeständigen radioaktiven Elemente, die älteren chemischen Methoden, die wir aus Gewohnheit die direkten nennen.

Die indirekte Methode ist in unserem Fall die Messung der Atmung lebender Zellen. Die Atmung ist immer proportional der Menge an Fermenteisen. Binden wir einen Teil des Eisens an Kohlenoxyd, so scheidet dieser Teil als Fermenteisen aus, die Atmung sinkt und aus dem Sinken der Atmung kann man den an Kohlenoxyd gebundenen Teil des Eisens berechnen. Das Prinzip ist also, daß man die Reaktionen eines Katalysators durch die Geschwindigkeitsänderungen der Katalyse nachweist und mißt. Wegen der großen Reaktionsfähigkeit des Katalysators erhält man hierbei, trotz unendlich kleiner Fermentkonzentration, gut meßbare Ausschläge.

¹ Da das Eisen in dieser Verbindung 2-wertig ist, so bezeichnet man sie korrekter als „Kohlenoxyd-Hämopyridin“, oder als „Kohlenoxyd-Pyridin-Hämochromogen“.

Bei solchen Messungen zeigt sich, daß sich die Carbonylverbindung des Atmungsferments in der lebenden Zelle in allen wesentlichen Punkten verhält wie die Eisencarbonylverbindungen im Reagensglas. Die Menge an Carbonylverbindung, die sich in der Zelle bildet, hängt von dem Partialdruck des Kohlenoxyds ab. Bestrahlst man kohlenoxydhaltige Zellen, so dissoziiert die Carbonylverbindung des Atmungsferments, was durch die Zunahme der Atmung im Licht erkannt wird. Auch hier haben wir die Rückreaktion der Spaltungsprodukte, auch hier führt die Bestrahlung zu stationären Zuständen, in denen Spaltung und Rückreaktion sich die Wage halten. Auch hier hängt die Rückreaktion von der Temperatur und dem Kohlenoxyddruck ab und nimmt die Lichtempfindlichkeit mit sinkender Temperatur und sinkendem Kohlenoxyddruck zu.

Bei niedriger Temperatur und niedrigem Kohlenoxyddruck ist die Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments etwa ebenso lichtempfindlich wie Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin, d. h., Intensitäten von $1/10000$ Sonnenlichtintensität bewirken schon erhebliche Dissoziation. Deshalb war es möglich, die photochemische Dissoziation der Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments bei monochromatischer Bestrahlung zu untersuchen.

Es ergab sich dabei, daß die Lichtwirkung sehr beträchtlich mit der Wellenlänge des Lichts variiert. Bestrahlst man kohlenoxydhaltige Zellen mit verschiedenen Wellenlängen gleicher Intensität, so steigt die Atmung in verschiedenem Maße. Beispielsweise wirkt die blaue Quecksilberlinie $436 \mu\mu$ 23 mal so stark wie die blaugrüne Quecksilberlinie $492 \mu\mu$.

Die Wirkung der Strahlen des sichtbaren Lichts beweist, daß die Carbonylverbindung des Atmungsferments eine gefärbte Substanz ist. Die um das 23fache verschiedene Wirkung nahe benachbarter Wellenlängen macht es wahrscheinlich, daß die verschiedenen Wellenlängen verschieden stark absorbiert werden. Offenbar könnte man aus Atmungsmessungen in verschiedenfarbigem Licht das Absorptionsspektrum der Carbonylverbindung des Atmungsferments berechnen, wenn die spezifische Wirkung des absorbierten Lichts für die verschiedenen Wellenlängen bekannt wäre. Denn die Lichtwirkung hängt ab von der Absorption des Lichts und der spezifischen Wirkung des absorbierten Lichts.

Das Einsteinsche Äquivalentgesetz.

Was wir hier brauchen, ist die Größe, die EMIL WARBURG in seinen photochemischen Arbeiten als die spezifische photochemische Wirkung φ bezeichnet hat, das ist

Lichtwirkung/absorbierte Strahlungsenergie.

Ich habe mit ERWIN NEGELEIN für wässrige Lösungen des Kohlenoxyd-Pyridin-Hämins und des Kohlenoxyd-Ferrocysteins die Größe φ bestimmt, die Menge Carbonyleisenen, die bei mono-

chromatischer Bestrahlung durch eine Calorie absorbierten Lichts gespalten wird. Die Wellenlängen waren 6 Linien der Quecksilberdampflampe, nämlich

366 $\mu\mu$ (ultraviolet)	492 $\mu\mu$ (blaugrün)
405 „ (violet)	546 „ (grün)
436 „ (blau)	578 „ (gelb)

Jede dieser 6 Wellenlängen wird von den beiden Carbonylverbindungen absorbiert, jede spaltet. Die Messung von φ ergab, daß in dem ganzen untersuchten Spektralgebiet das EINSTEINSche Äquivalentgesetz gilt.

Das EINSTEINSche Gesetz besagt, daß die Lichtwirkung äquivalent oder proportional ist der Zahl der absorbierten Lichtquanten. Da die Zahl der Lichtquanten, die in einer Calorie Strahlung enthalten sind, nach PLANCK und EINSTEIN proportional der Wellenlänge λ des Lichts ist, so gilt

$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, eine Beziehung, die zuerst von EMIL WARBURG bei der Photolyse der Halogenwasserstoffäuren gefunden worden ist.

Wir finden für die Spaltung des Kohlenoxyd-Pyridin-Hämins:

$$\frac{\varphi 546}{\varphi 436} = 1,32, \text{ während } \frac{546}{436} \text{ gleich } 1,25 \text{ ist,}$$

$$\frac{\varphi 436}{\varphi 366} = 1,17, \text{ während } \frac{436}{366} \text{ gleich } 1,19 \text{ ist,}$$

$$\frac{\varphi 546}{\varphi 366} = 1,54, \text{ während } \frac{546}{366} \text{ gleich } 1,49 \text{ ist.}$$

Wir finden für die Spaltung des Kohlenoxyd-Ferrocysteins

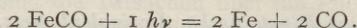
$$\frac{\varphi 492}{\varphi 366} = 1,40, \text{ während } \frac{492}{366} \text{ gleich } 1,34 \text{ ist,}$$

$$\frac{\varphi 436}{\varphi 366} = 1,20, \text{ während } \frac{436}{366} \text{ gleich } 1,19 \text{ ist,}$$

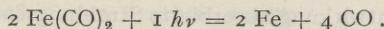
$$\frac{\varphi 405}{\varphi 366} = 1,06, \text{ während } \frac{405}{366} \text{ gleich } 1,10 \text{ ist,}$$

also in beiden Fällen eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit der Theorie. In beiden Fällen ist die Lichtwirkung bestimmt durch die Zahl der absorbierten Lichtquanten.

Was die absoluten Werte von φ anbetrifft, so finden wir für Kohlenoxyd-Pyridin-Hämin, daß ein absorbiertes Lichtquantum nahezu zwei Moleküle Kohlenoxyd abspaltet und schreiben deshalb die photochemische Bilanzgleichung



Für Kohlenoxyd-Ferrocystein finden wir, daß ein absorbiertes Lichtquantum vier Moleküle Kohlenoxyd abspaltet und schreiben deshalb die photochemische Bilanzgleichung



In der Häminverbindung ist ein Atom Eisen mit einem Molekül Kohlenoxyd verbunden, in der Cysteinverbindung ist ein Atom Eisen mit zwei Molekülen Kohlenoxyd verbunden. Es werden

also in beiden Fällen zwei Atome Carbonyleisen durch ein Lichtquantum gespalten, in beiden Fällen ist die EINSTEINSche Äquivalenzbeziehung

$1 h\nu$ äquivalent 2 Atomen Carbonyleisen.

Warum hier die Zahl 2 auftritt und nicht, wie man wohl erwartet hätte, die Zahl 1, ist eine Frage, die man ohne Theorie über den Mechanismus der photochemischen Reaktion nicht beantworten kann. Glücklicherweise ist diese Frage für uns gleichgültig.

Das relative Absorptionsspektrum des Atmungsferments.

Von unseren beiden Ergebnissen

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

und

$1 h\nu$ äquivalent 2 Atomen Carbonyleisen,

wenden wir das erste an, um das relative Absorptionsspektrum zu bestimmen, das zweite zur Bestimmung des absoluten Absorptionsspektrums.

Aus $\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ ergibt sich eine einfache Beziehung zwischen den Lichtabsorptionskoeffizienten β und den eingestrahlten Lichtintensitäten i . Ist die bestrahlte Schicht sehr dünn und stimmt man die Intensitäten der verschiedenen Wellenlängen so ab, daß gleiche Wirkungen entstehen, so verhalten sich die Lichtabsorptionskoeffizienten umgekehrt wie die eingestrahlten Quantenintensitäten:

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{i_2}{i_1} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (1)$$

wo i_1 und i_2 Intensitäten gleicher Wirkung bedeuten.

Man erhält nach dieser Gleichung das relative Absorptionsspektrum derjenigen Substanz, deren photochemische Spaltung man mißt, gleichgültig, ob sie in reinem Zustand vorliegt, oder vermischt mit beliebig vielen andern lichtabsorbierenden Substanzen (wenn nur die Gesamtabsorption des Lichts immer klein bleibt). Dank dieser Eigenschaft können wir die Gleichung ohne Einschränkung auf die lebendige Substanz anwenden. Ist die photochemische Wirkung, in bezug auf die wir die Intensitäten i ausgleichen, die Zersetzung der Carbonylverbindung des Atmungsferments, so ist das Spektrum, das die Gleichung liefert, das Spektrum dieser Carbonylverbindung. Jede direkte Aufnahme des Absorptionsspektrums lebender Zellen dagegen liefert nicht das Spektrum des Ferments, sondern das Spektrum anderer gefärbter Zellbestandteile, die im Gegensatz zu dem Ferment in endlicher Konzentration in den Zellen vorkommen.

Wir haben die Intensitäten gleicher Wirkung für die photochemische Dissoziation der Kohlenoxydverbindung des Ferments in 8 verschiedenen Spektralbezirken gemessen, und daraus nach Gleichung (1) das relative Spektrum berechnet. Es

ergab sich, daß das Spektrum der Kohlenoxydverbindungen des Atmungsferments das Spektrum eines Kohlenoxyd-Hämins ist, um $20 \mu\mu$ nach rot verschoben.

Das absolute Absorptionsspektrum des Atmungsferments.

Wenn bisher von der photochemischen Dissociation der Eisencarbonylverbindungen die Rede war, so waren immer nur die stationären Zustände gemeint, die sich bei der Bestrahlung, sei es in

einfachen Lösungen, sei es in der lebenden Zelle, einstellen. Betrachten wir nunmehr die Geschwindigkeiten, mit denen diese stationären Zustände erreicht werden, so hat man bei Bestrahlung vorher verdunkelter Zellen einen allmählichen Anstieg der Lichtwirkung — bis durch Anhäufung der Spaltungsprodukte die Rückreaktion gleich der Spaltung geworden ist — und man hat bei Verdunkelung vorher bestrahlter Zellen eine Nachwirkung des Lichts — bis die photochemischen Spaltungsprodukte durch die Rückreaktion verschwunden sind. Diese Ge-

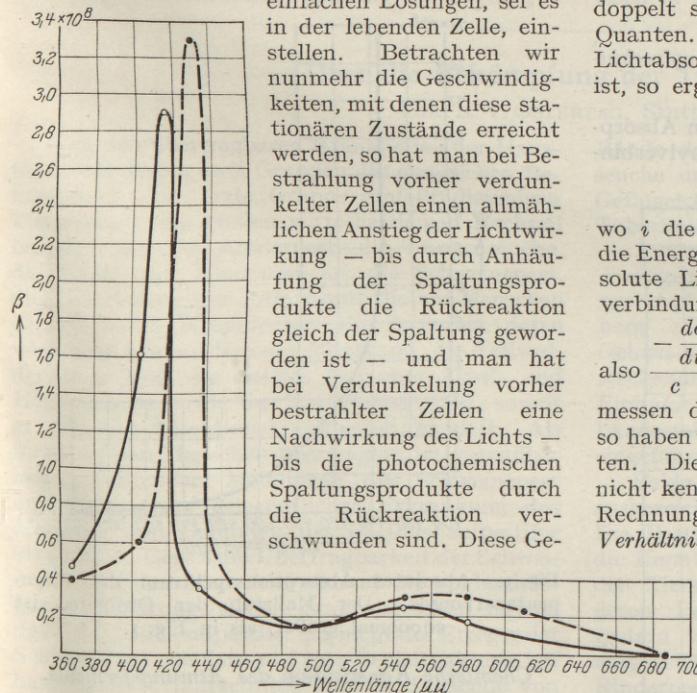


Fig. 1. Absolute Absorptionsspektren der Kohlenoxydverbindungen des Atmungsferments und des Hämins. Gestrichelte Linie Atmungsferment, ausgezogene Linie Hämoglobin.

schwindigkeiten des Anstiegs und Abklingens der Lichtwirkung sind es, die wir zur Berechnung der absoluten Absorptionskoeffizienten brauchen.

Aus methodischen Gründen, weil die Geschwindigkeiten groß sind, kann man sie nicht durch einen einzelnen Lichtwechsel bestimmen, sondern muß viele Lichtwechsel in kurzen Abständen aufeinander folgen lassen, d. h. intermittierend bestrahlen. Bestrahlt man kohlenoxydhaltige Zellen intermittierend, mit gleichlangen Hell- und Dunkelperioden, so ist bei hinreichend großer Wechselzahl die Lichtwirkung größer, als bei kontinuierlicher Bestrahlung mit der halben Intensität. Aus diesem Effekt des Lichtwechsels und der Wechselzahl erhält man die Geschwindigkeiten des Anstiegs und des Abklingens der Lichtwirkung und daraus die photochemische Zerfallskonstante der

$$\text{Eisencarbonylgruppe } -\frac{dc}{dt} = \text{Zahl der in der Zeit } c$$

und Volumeneinheit zerfallenden Moleküle/Zahl der in der Volumeneinheit vorhandenen Moleküle.

Die Zahl der zerfallenden Moleküle ist aber nach dem EINSTEINSchen Gesetz verknüpft mit der Zahl der absorbierenden Moleküle oder mit der Zahl der absorbierten Lichtquanten. In unserm Fall, wo

$$1 \text{ } h\nu \text{ äquivalent 2 Atomen Carbonyleisen}$$

ist die Zahl der zerfallenden Eisencarbonylgruppen doppelt so groß, wie die Zahl der absorbierten Quanten. Führen wir wieder die Bedingung kleiner Lichtabsorption ein, die immer leicht zu erfüllen ist, so ergibt eine einfache Rechnung

$$-\frac{dc}{dt} = 2 \cdot \frac{i \cdot \beta}{N_0 h\nu} \quad (2)$$

wo i die eingestrahlte Lichtintensität ist, $N_0 h\nu$ die Energie von einem Mol Quanten und β der absolute Lichtabsorptionskoeffizient der Carbonylverbindung des Atmungsferments. Bestimmen wir $\frac{dc}{dt}$ also $\frac{dc}{c}$ durch den Effekt des Lichtwechsels und messen dabei die eingestrahlte Lichtintensität i , so haben wir den absoluten Absorptionskoeffizienten. Die Konzentration des Ferments, die wir nicht kennen, fällt bei diesen Betrachtungen und Rechnungen heraus, da es immer nur auf das Verhältnis der zerfallenden Moleküle zu den im gleichen Volumen vorhandenen Molekülen ankommt.

Ich habe mit ERWIN NEGELEIN die absoluten Absorptionskoeffizienten des Atmungsferments durch Atmungsmessungen in intermittierendem Licht bestimmt, wobei wir die Lichtwechselzahl von einem bis 6000 Wechseln pro Minute variierten. Wir fanden den Absorptionskoeffizienten im sichtbaren Spektrum Größenordnung $10^8 \text{ qcm}/\text{Grammatome Eisen}$.

In Fig. 1 sind die absoluten Absorptionskoeffizienten der Carbonylverbindung des Atmungsferments als Funktion der Wellenlänge λ eingetragen und durch die gestrichelte Linie verbunden. Die ausgezogene Linie in der gleichen Figur ist das absolute Absorptionsspektrum des Kohlenoxyd-Hämins. Wie man sieht, stimmen beide Spektren hinsichtlich der Form und der Größe der Absorptionskoeffizienten weitgehend überein. Eine Verschiebung des Kohlenoxyd-Hämink-Spektrums um $20 \mu\mu$ nach rot würde beide Spektren nahezu zur Deckung bringen.

Einige Zahlen mögen zeigen, wie weit die Übereinstimmung geht. Gleiche Absorption ist wegen der Verschiebung nur an solchen Stellen des Spektrums zu erwarten, wo sich die Absorption mit der Wellenlänge nur wenig ändert. Eine solche Stelle ist die Gegend der blaugrünen Quecksilber-

linie $492 \mu\mu$. Hier finden wir den Absorptionskoeffizienten der Carbonylverbindung des Atmungsferments $= 0,13 \cdot 10^8$, den Absorptionskoeffizienten der Carbonylverbindung des Hämins $= 0,14 \cdot 10^8$.

Vergleichen wir noch die Maxima, die bei $436 \mu\mu$ (Ferment) und bei $414 \mu\mu$ (Hämin) liegen, so finden wir β_{\max} der Carbonylverbindung des Atmungsferments $3,3 \cdot 10^8$ und β_{\max} der Carbonylverbindung des Hämins $2,9 \cdot 10^8$, also Übereinstimmung auf etwa 10%.

Absorptionsspektrum anderer Eisencarbonylverbindungen.

In den Fig. 2 und 3 sind die absoluten Absorptionsspektren von 2 andern Eisencarbonylverbin-

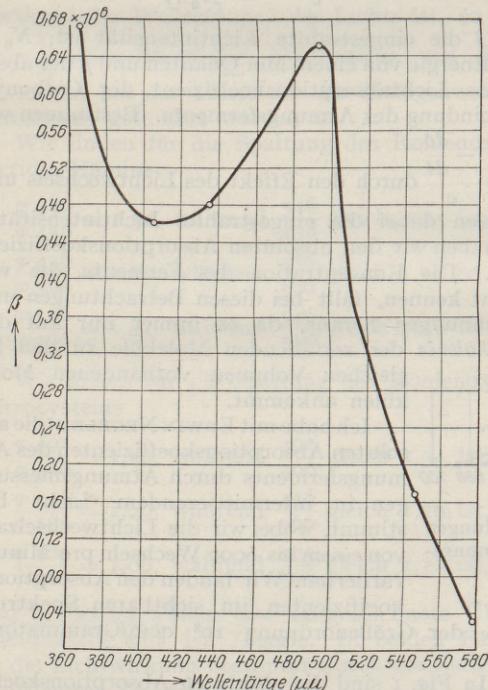


Fig. 2. Absolutes Absorptionsspektrum des Kohlenoxyd-Ferrocysteins. Der Maßstab der Ordinaten ist 500mal größer, als in Fig. 1.

dungen dargestellt, das Spektrum des Kohlenoxyd-Ferrocysteins und das Spektrum des Eisenpentacarbonyls, letzteres nach Messungen von J. DRECHSLER aus dem Institut von Plotnikow. In Fig. 2 ist der Maßstab der Ordinaten 500mal so groß, wie in Fig. 1, in Fig. 3 ist der Maßstab der Ordinaten 20000mal so groß, wie in Fig. 1. Beide Carbonylverbindungen unterscheiden sich also von dem Carbonylhämin durch die Größenordnung der Absorption, die für Kohlenoxyd-Ferrocystein rund 2 Zehnerpotenzen, für Eisencarbonyl rund 4 Zehnerpotenzen kleiner ist, als für Kohlenoxyd-Hämin.

Daß auch die Form der Spektren von dem Spektrum des Kohlenoxyd-Hämins ganz verschieden ist, lehrt ein Blick auf die Figuren.

Das Spektrum der Kohlenoxydverbindung des Atmungsferments ist also nicht etwa das Spektrum der Eisencarbonylgruppe schlechthin, sondern das Spektrum einer Eisencarbonylgruppe die an ein bestimmtes organisches Trägermolekül gebunden ist, dasselbe, das in dem Kohlenoxyd-Hämin vorliegt.

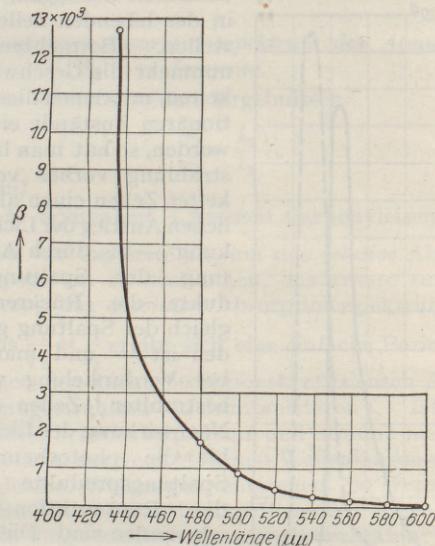


Fig. 3. Absolutes Absorptionsspektrum des Eisenpentacarbonyls. Der Maßstab der Ordinaten ist 20000mal größer, als in Fig. 1.

Chemische Konstitution des Atmungsferments.

Das organische Molekül, das in dem Kohlenoxyd-Hämin die Eisencarbonylgruppe trägt, ist der Tetrapyrrolkern, dessen Stickstoff mit Schwermetallen komplexe Salze, mit Eisen die Hämine bildet. Eine derartige komplexe Eisenverbindung ist, wie aus seinem Spektrum hervorgeht, auch das Atmungsferment. Die chemische Konstitution des Atmungsferments ist damit im wesentlichen erkannt. Einzelheiten, wie die Verschiebung des Spektrums nach rot, bleiben noch aufzuklären. Es gibt, wie HANS FISCHER gezeigt hat, viele ähnlich gebaute Hämine und es gibt für die Hämine viele Bindungsmöglichkeiten in der Zelle.

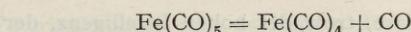
Nachtrag.

Ich habe inzwischen mit E. NEGELEIN die photochemische Spaltung des Eisenpentacarbonyls quantitativ untersucht. Eisenpentacarbonyl der Badischen Anilinfabrik wurde im Vakuum destilliert und in Argon-Atmosphäre bei 18° belichtet. Die Schichtdicken ($0,2 \text{ cm}$) waren so groß, daß das eingestrahlte Licht vollständig absorbiert wurde. Der Fall ist insofern einfach, als eine Rückreaktion der photochemischen Spaltungsprodukte unter un-

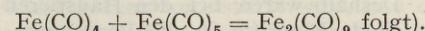
sern Versuchsbedingungen nicht nachweisbar war.
Wir fanden:

Wellenlänge $\mu\mu$	emm CO/cal. abs. Lichtenergie	Mole CO/Mole Quanten
254	440	2.19
300	505	2.13
366	562	1.94
436	616	1.78

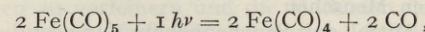
Nach DEWAR und JONES ist der Primärvorgang bei der photochemischen Spaltung des $\text{Fe}(\text{CO})_5$



(auf den dann die Sekundärreaktion



Legt man die DEWARsche Gleichung zugrunde, so ist im Ultraviolet nach unsern Messungen



das heißt, es treten wieder bei der Absorption von *einem* Lichtquantum *zwei* Atome Carbonyleisen in Reaktion.

Über die Bekämpfung der Tierseuchen.

Von R. v. OSTERTAG, Stuttgart.

Von den übertragbaren Krankheiten der Haustiere unterliegen zwei Gruppen der staatlichen Bekämpfung. Die erste Gruppe umfaßt diejenigen Tierseuchen, die großen wirtschaftlichen Nachteil bringen, wie die Rinderpest, die Lungenseuche, die Maul- und Kluanenseuche, die Schweinepest, die Tuberkulose usw., die zweite die auf Menschen übertragbaren Krankheiten, die Zoonosen, deren wichtigste bekanntlich der Milzbrand, die Tollwut, der Rottz und die bereits genannte Maul- und Kluanenseuche sowie die Tuberkulose sind, soweit es sich um Infektionskrankheiten handelt. Als nicht auf den Menschen übertragbar ist gegenüber anders lautenden Meinungen die Schweinepest anzusehen, trotz gelegentlicher Erkrankung des Menschen mit Befunden des *Bacillus suipestifer* als Erreger. Gegen die Übertragbarkeit der Schweinepest auf den Menschen streitet die epidemiologische Erfahrung. Denn ganz abgesehen davon, daß der *Bacillus suipestifer* gar nicht der Erreger der Schweinepest, sondern nur eine Begleitbakterie ist, hantieren seit Jahrzehnten jährlich Tausende von Menschen mit den Tierkörpern und den kranken Organen pestkranker Schweine, ohne daß auch nur einmal eine Erkrankung einer der Personen beobachtet worden wäre; die an *Suipestifer*-infektionen erkrankten Personen hatten auch der Regel nach mit Schweinen nichts zu tun. Man kann also nur sagen, daß beim Menschen Erkrankungen durch einen *Bacillus* vorkommen, der sich mit den heutigen Hilfsmitteln vom *Bacillus suipestifer* nicht unterscheiden läßt.

Die Tierseuchenbekämpfung ist gesetzlich geregelt durch das *Rinderpestgesetz* vom 7. April 1869, das zuerst für das Gebiet des Norddeutschen Bundes erlassen wurde und seit dem 1. Januar 1872 im ganzen Reichsgebiet gilt, ferner durch das *allgemeine Viehseuchengesetz* vom 26. Juni 1909, das eine neue Fassung des Gesetzes, betreffend die Abwehr und Unterdrückung von Viehseuchen, vom 23. Juni 1880 ist und sich mit der Bekämpfung folgender Seuchen befaßt: Milzbrand, Rauschbrand, Wild- und Rinderseuche, Tollwut, Rottz, Maul- und Kluanenseuche, Lungenseuche der Rinder, Pockenseuche der Schafe, Beschälseuche der Pferde, Bläschenausschlag der Pferde und der Rinder,

Räude der Einhufer und der Schafe, Schweinepest und Schweinepest, Rotlauf der Schweine, Geflügelcholera und Hühnerpest sowie die offene Tuberkulose der Rinder.

Außerdem ist der Reichskanzler befugt, die Anzeigepflicht auch für andere Seuchen einzuführen. Auf Grund dieser Bestimmung ist in Württemberg z. B. die Bekämpfung der ansteckenden Gehirn-Rückenmarksentzündung sowie der ansteckenden Blutarmut der Pferde und der sonstigen Einhufer, in Preußen und in Oldenburg für einzelne Landesteile die Anzeigepflicht für die Rinderräude eingeführt worden.

Beide Tierseuchengesetze haben sich dank ihrer ausgezeichneten Konstruktion sehr gut bewährt. Die Bestimmungen der Gesetze stützen sich auf die Kenntnis der Epidemiologie der zu bekämpfenden Tierseuchen und der Biologie ihrer Erreger, deren Bedeutung für die Seuchenbekämpfung gestern von Herrn Prof. GOTTSCHLICH in seinem ausgezeichneten Vortrag betont worden ist. Dem Rinderpestgesetz ist zu danken, daß seit dem Jahr 1881 das Reich von dieser verheerenden Seuche verschont geblieben ist, dem allgemeinen Viehseuchengesetz, daß die Schafpocken, die Lungenseuche, die Beschälseuche, die Geflügelcholera und Hühnerpest und nach dem Tierseuchenausweis vom 15. August 1928 auch der Rottz aus dem Reichsgebiet verschwunden sind und daß die übrigen Seuchen zum größten Teil eine ganz erhebliche Eindämmung erfahren haben. Der Erfolg der Tierseuchengesetze im Deutschen Reich trat schon frühzeitig in Erscheinung. So erklärt es sich, daß der Altmeister der Pathologie, RUDOLF VIRCHOW, der dauernd das größte Interesse für vergleichende Pathologie und auch für die Tierseuchengesetzgebung hat so ausgezeichnet gewirkt, daß ich es bedaure, daß wir nicht über ein ähnliches Menschenseuchengesetz verfügen. Gesetze zur Bekämpfung der Tierseuchen mit den schweren Eingriffen in die Bewegungs- und Verfügungs-freiheit waren leichter zu schaffen als ein Menschenseuchengesetz. Denn das Tier ist eine volkswirt-

schaftliche Ware, trotz der hohen Intelligenz, der wir beim Pferde, Hunde und anderen Tieren begegnen. Deshalb waren bei den Haustieren tief einschneidende Eingriffe in die Bewegungs- und Verfügungs freiheit viel leichter durchzuführen als beim seuchenpolizeilich viel, viel schwerer zu erfassenden Menschen.

Die Mittel der Seuchenbekämpfung sind *Einfuhrverbote* und -*beschränkungen* für lebende und tote Tiere, tierische Teile und Erzeugnisse sowie sog. giftfangende Gegenstände, d. h. Gegenstände, die mit kranken oder verdächtigen Tieren in Berührung gekommen sind, aus dem Ausland. Die Grundlage der Unterdrückung von Seuchen im Inland bildet die Anzeigepflicht, deren Erfüllung durch Gewährung von *Entschädigungen* für Tiere, die auf polizeiliche Anordnung getötet werden oder die an bestimmten Seuchen fallen, nachdrücklichst gefördert wird. Denn die Entschädigung entfällt, wenn die Anzeige fahrlässig oder wissentlich unterlassen oder länger als 24 Stunden verzögert wird. Hinzu kommt eine Reihe wichtiger Maßnahmen zur Ermittlung von Tierseuchen, die *amtstierärztliche Überwachung der tierseuchenpolizeilichen Gefahrenpunkte*, nämlich der Viehmärkte, der Viehhöfe und Schlachthöfe, der Tierschauen, der Gastställe, der Ställe und Betriebe von Viehhändlern, also aller derjenigen Einrichtungen und Betriebe, in denen Tiere aus verschiedenen Beständen zusammenkommen, wodurch die Gefahr der Ansteckung in besonders hohem Maße gegeben ist, ähnlich wie in Massenquartieren beim Menschen und in den Schulen. Weitere der Ermittlung der Tierseuchen und gleichzeitig der Vorbeuge dienende Maßnahmen sind die *amtstierärztliche oder tierärztliche Überwachung von Vieh vor dem Verladen und vor oder nach dem Entladen im Eisenbahn- und Schiffsverkehr, Quarantänen für Vieh aus verdächtigen Gegenden, Ursprungzeugnisse und Gesundheitszeugnisse für Händlervieh, Führung von Viehkontrollbüchern durch die Händler, amtstierärztliche Überwachung des Betriebs der Sammelmolkereien, Beschränkung des Hausierhandels mit Vieh, Einführung von Deckregistern für Pferde und Rindvieh, die sich für die Tilgung der ansteckenden Geschlechtskrankheiten der Haustiere als unentbehrlich erwiesen haben, Reinigung und Desinfektion der zur Beförderung von Tieren, tierischen Erzeugnissen und Rohstoffen dienenden Fahrzeuge mit Einschluß der hierbei benützten Behältnisse und Geräte, ferner Regelung der Einrichtung und des Betriebs von Molkereien, Viehausstellungen, Viehmärkten, Viehhöfen, Schlachthöfen und gewerblichen Schlachtstätten, von Gastställen und Ställen von Viehhändlern, von Abdeckereien, Regelung der Beseitigung oder der Reinigung von Abwässern und Abfällen aus Gerbereien, Fell- und Häutehandlungen, Regelung des Verkehrs mit Viehseuchenerregern und der Herstellung und Verwendung von Impfstoffen, die zum Schutz gegen Tierseuchen oder zu deren Heilung bestimmt sind.*

Von allen diesen Maßnahmen wird zum *Schutz gegen die ständige Gefährdung der Viehbestände durch Viehseuchen* dauernd Gebrauch gemacht, um Seuchenverschleppungen zu verhüten und im übrigen Seuchenfälle so schnell wie möglich erkennen und ihren Ursprung mit Sicherheit nachgehen zu können.

Zum *Schutz gegen eine besondere Seuchengefahr*, also nach Ausbruch einer Seuche an einem bestimmten Orte, sind umfassende Unterdrückungsmaßnahmen vorgesehen, und zwar:

Absonderung sowie Bewachung oder polizeiliche Beobachtung der erkrankten und verdächtigen und seuchenempfänglichen Tiere.

Beschränkung des Personenverkehrs innerhalb der Räumlichkeiten, in denen sich derartige Tiere befinden.

Beschränkung der Benutzung und Verwertung oder des Transports kranker oder verdächtiger Tiere, ihrer Kadaver, der von ihnen stammenden Erzeugnisse und dersog. giftfangenden Gegenstände.

Beschränkung des Transports und der Benutzung auch der für die Seuche empfänglichen und selbst solcher Tiere, die geeignet sind, die Seuche zu verschleppen, was z. B. für Pferde zutrifft, die für Maul- und Klauenseuche nicht empfänglich sind, den Ansteckungsstoff aber mit ihren Hufen verschleppen können.

Verbot des gemeinsamen Weidegangs von Tieren aus Viehbeständen verschiedener Besitzer, der gemeinschaftlichen Benutzung von Brunnen, Tränken und Schwemmen.

Verbot des freien Umherlaufens der Haustiere, mit Ausnahme der Katzen und des Geflügels, bei denen das Verbot schwer durchführbar ist.

Sperren der Standorte, Gehöfte, Weideflächen, Feldmarken und ganzer Gemeinden; weiter

Impfung der für die Seuche empfänglichen Tiere sowie tierärztliche Behandlung der erkrankten und verdächtigen Tiere, andererseits Beschränkung in der Befugnis zur Vornahme von Heilversuchen durch Ausschluß nichtapprobiertener Personen.

Tötung der an der Seuche erkrankten oder verdächtigen Tiere, die sich als ein gewaltiges Mittel für die Tierseuchenbekämpfung erwiesen hat.

Unschädliche Beseitigung der Kadaver, der Streu, des Düngers oder anderer Abfälle von kranken oder verdächtigen Tieren.

Reinigung und Desinfektion der Standorte, Marktplätze und Wege, die von kranken oder verdächtigen Tieren benutzt worden sind, des Düngers, der Streu- und Futtervorräte, der Gerätschaften, der Kleidungsstücke und sonstigen giftfangenden Gegenstände, erforderlichenfalls auch Reinigung und Desinfektion von Tieren, die Träger des Ansteckungsstoffes sein können, und von Personen, die mit kranken oder verdächtigen Tieren in Berührung gekommen sind; ferner

Einstellung oder Beschränkung der Viehmärkte, Körungen, Viehversteigerungen und öffentliche Tierschauen.

Sodann noch amtstierärztliche oder tierärztliche Untersuchung der im Seuchenort oder dessen Umgebung vorhandenen für die Seuche empfänglichen Tiere, um Seuchenverheimlichungen festzustellen.

Endlich öffentliche Bekanntmachung des Ausbruchs und des Erlöschens von Seuchen.

Mit diesen Mitteln ist die *Rinderpest*, der in Europa 90 % der erkrankten Tiere zum Opfer fallen, mit dem Erfolg bekämpft worden, daß diese gefährlichste aller Rinderseuchen im Deutschen Reich, wie schon erwähnt, seit dem Jahre 1881 nicht mehr aufgetreten ist. Ganz besonders bemerkenswert ist es, daß die Rinderpest entgegen allen Befürchtungen auch während des Weltkrieges nicht nach Deutschland eingeschleppt worden ist, während noch während des neunzehnten Jahrhunderts die Rinderpest die Begleiterin aller europäischen Kriege gewesen ist. Der große Fleischbedarf der Heere wirkte ansaugend auf den Viehbestand der Viehüberschüßländer, in denen die Rinderpest damals noch herrschte. Sie ist auch noch während des Deutsch-französischen Krieges in stärkerer Verbreitung aufgetreten. Im Laufe des 18. Jahrhunderts sind der Rinderpest schätzungsweise 30 Millionen Rinder, während des Deutsch-französischen Kriegs noch über 21000 Rinder zum Opfer gefallen. Es heißt aber heute immer noch gegenüber der Rinderpest auf der Wacht zu sein, da der Einbruch der Rinderpest aus Sowjetrußland nach Polen vor wenigen Jahren zeigt, daß die Rinderpestgefahr aus dem Osten noch immer nicht beseitigt ist. Im übrigen hat die Einschleppung der Rinderpest durch indische Zebus nach Antwerpen nach dem Kriege und sogar nach Brasilien während des Krieges gelehrt, daß auch mit der Gefahr der überseeischen Einfuhr der Seuche zu rechnen, und daß die frühere Annahme, die lange Seefahrt wirke als Quarantäne, irrig ist. Der Krieg hat uns außerdem eine weitere veterinarpolizeilich wichtige Erkenntnis der Verschleppbarkeit der Seuche gebracht. Nach Kriegsende ist bekannt geworden, daß durch brasilianisches Gefrierfleisch die Rinderpest auf den oberitalienischen Kriegsschauplatz eingeschleppt worden ist. Das Virus der Rinderpest geht zwar im Fleische der geschlachteten Tiere bald zugrunde. Es scheint aber, als daß es sich, ähnlich wie das Virus der Maul- und Klauenseuche, im Knochenmarke recht lange ansteckungsfähig zu erhalten vermag. Die schweren Schädigungen der Einschleppung der Rinderpest in ein vorher nicht verseuchtes Land, hat in jüngster Zeit Australien kennengelernt, in das die Seuche zum ersten Male, wahrscheinlich durch Rinder, Schafe oder Schweine aus Singapore, die als Schiffsvorrat in den australischen Hafen Fremantle gekommen waren, im Jahre 1923 eingeschleppt worden ist.

Die Bekämpfung der im allgemeinen Viehseuchengesetz vom 23. Juni 1880 und 26. Juni 1909 aufgeführten Seuchen hat insbesondere dadurch bedeutende Fortschritte zu verzeichnen, daß die

Veterinärpolizei seit 25 Jahren durch die großartige hygienische Maßnahme der Schlachtvieh- und Fleischbeschau unterstützt wird, und daß es der tierärztlichen Forschung in der Zwischenzeit gelungen ist, die Hilfsmittel zur Erkennung der chronisch, ohne klinische Merkmale, verlaufenden Seuchen zu verfeinern und die Methoden der Behandlung und Vorbeuge der übrigen Seuchen zu verbessern. Das Beispiel, in dem sich diese Fortschritte besonders deutlich offenbaren, ist der Rotz der Pferde und übrigen Einhufer. Die Tierseuchebekämpfung hatte sich in der ersten Zeit nach dem Erlaß des allgemeinen Viehseuchengesetzes im Jahre 1880 auf die klinische Untersuchung der lebenden und die pathologisch-anatomische und die bakteriologische Prüfung am toten, kranken oder verdächtigen Tiere zu stützen. Die beamteten Tierärzte sind zwar schon Mitte der achtziger Jahre mit Bakterienmikroskopen ausgerüstet und nach Unterweisung in diagnostisch-bakteriologischen Kursen verpflichtet worden, Milzbrand nur auf Grund des positiven Bacillennachweises festzustellen. Immerhin war aber die Anwendung der bakteriologischen Diagnostik im wesentlichen auf den Milzbrand, Rauschbrand, den Rotz und den Rotlauf der Schweine beschränkt.

Dadurch, daß bei der Schlachtvieh- und Fleischbeschau gemäß dem Reichsfleischbeschau Gesetze vom 3. Juni 1900, das im Jahre 1903 für alle gewerblichen und einen Teil der Hausschlachtungen in Kraft getreten ist, viele Hunderttausende von Tieren jährlich nicht nur während des Lebens, sondern auch nach der Schlachtung obduktionsfähig untersucht werden, sind viele Seuchenherde aufgedeckt worden, die sonst der Entdeckung mindestens zum Teil entgangen wären. Dies wirkte sich auch für die Unterdrückung des Rotzes aus. Die wichtigste Verbesserung der Bekämpfung des Rotzes bedeutet aber die Verfeinerung der Diagnostik am lebenden Tiere durch Anwendung der Blutuntersuchung auf Agglutination und Komplementbindung. Während des Kriegs wurde eine starke Ausbreitung des Rotzes unter den Pferdebeständen der kämpfenden Truppen befürchtet. An der Westfront wurden deshalb im Dezember 1914, auf meine Anregung, drei unter meine Leitung gestellte Blutuntersuchungsstellen eingerichtet, in denen zunächst verdächtige Formationen, später aber sämtliche Pferde des Westheeres regelmäßig in bestimmten Zeitzwischenräumen der Blutuntersuchung unterworfen wurden. Dies hatte die glänzende Wirkung, daß der Rotz der Pferde, der zu Beginn des Krieges nach dem Ergebnis der ersten Blutuntersuchungen etwa bei 0,3 % des gesamten Pferdebestandes herrschte, im Laufe des Kriegs nicht nur keine Zunahme, sondern sogar eine Verringerung auf etwa den zehnten Teil erfuhr und dies, obwohl von Zeit zu Zeit von anderen Kriegsschauplätzen Truppenteile kamen, deren Pferdebestände stark durch Rotz durchseucht waren. Die Blutuntersuchung auf Agglutination und Komplementbindung hat sich als ein so sicheres

Mittel zur Erkennung der ohne offensichtliche Symptome verlaufenden latenten Rotzkrankheit erwiesen, daß nach ihrem vorschriftsmäßigen Abschluß (nach wiederholter Durchführung) die Bestände freigegeben werden konnten, ohne daß Neuerkrankungen oder Verschleppungen vorkamen. Der Rotz hat bei Erlaß des ersten Viehseuchengesetzes zu den wichtigsten Tierseuchen gehört. In den Jahren 1886—1891 mußten mehr als 1000 Pferde jährlich (1119—1598) auf polizeiliche Anordnung getötet werden. Im Jahre 1892 hat es sich noch um die Zahl von 1026, 1893 um die Zahl von 743 Pferde gehandelt, um dann allmählich bis Ende der Jahre 1910—1912 auf 272/325 herabzufallen. Nach dem Tierseuchenausweis vom 15. August 1928 ist der Rotz im ganzen Deutschen Reich erloschen, fürwahr ein glänzender Erfolg der planmäßigen Tierseuchenbekämpfung. Einen ganz ähnlichen Erfolg hat die Rotztilgung nach SCHNÜRER und DAVID in Österreich zu verzeichnen.

Weniger auffällig, aber immerhin auch bedeutungsvoll ist die Verfeinerung der Diagnostik bei der Beschälseuche der Pferde und bei der Lungenseuche des Rindes. Durch die Blutuntersuchung auf die Komplementbindung und Agglutination wurde es bei der *Beschälseuche* möglich, unter den ansteckungsverdächtigen Pferden die erkrankten zu ermitteln und durch deren Entfernung aus den Beständen und Verwendung in unschädlicher Weise, z. B. als Grubenpferde in Bergwerken oder als Droschkenpferde in Großstädten unter strengem Ausschluß der Zulassung zur Begattung, zu tilgen.

Diese Erfolge bei der Bekämpfung der Pferdeseuchen hängen nicht etwa mit einem Rückgang des Pferdebestandes zusammen. Denn der Pferdebestand im Deutschen Reich hat trotz der Motorisierung des Transports nicht abgenommen.

Auch zur Ausrottung der *Lungenseuche* hat neben dem gleich zu besprechenden Verbot der wilden, d. h. ohne polizeiliche Genehmigung erfolgenden Impfung die Verfeinerung der Diagnostik durch Blutuntersuchung auf Komplementbindung beigetragen. Zum Verständnis der Bemerkung, daß zur Tilgung der Lungenseuche im Deutschen Reich das Verbot der wilden Impfung wesentlich war, sei folgendes bemerkt. Die Lungenseuche hat in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in den Zuckerrübengegenden der Provinz Sachsen, insbesondere im Regierungsbezirk Magdeburg, regelmäßig geherrscht, und es war trotz der zahlreichen, mit außerordentlich hohen Kosten verknüpften Abschlachtungen der gesamten verseuchten Bestände nicht möglich gewesen, der Seuche Herr zu werden. In der Provinz Sachsen war es üblich gewesen, auf den Zuckerrübengütern regelmäßig alle Rinder gegen Lungenseuche zu impfen, insbesondere die Zugochsen, um während der Rübenkampagne nicht durch einen Ausbruch der Lungenseuche überrascht zu werden, was die Einbringung der Rübenernte in Frage gestellt hätte. Ich rechne es mir zum Verdienst an, nachgewiesen

zu haben, daß das dauernde Herrschen der Lungenseuche in der Provinz Sachsen mit dem dortigen Brauch der regelmäßigen Impfung der Rinder gegen die Lungenseuche zusammenhang, obwohl das von dem holländischen Arzt WILLEMS im Jahre 1850 entdeckte Verfahren der Lungenseucheschutzimpfung in ganz hervorragender Weise gegen die Erkrankung schützt. Sie ist ein ausgezeichnetes Mittel zur Verhütung der Erkrankung, aber kein Mittel zur Bekämpfung der Seuche. Der Regel nach erkranken nur etwa 2 % der geimpften Tiere trotz der Impfung an Lungenseuche. Die Lungenseuchimpfung schafft aber die von mir so benannte „vagabundierende“ Lungenseuche, weil ein Teil der Tiere, die geimpft wurden und trotzdem an Lungenseuche erkranken, Lungenseuchesequester in der Lunge erwerben, durch welche das Allgemeinbefinden der Tiere nicht gestört wird. Die Tiere erscheinen gesund. Die Sequester machen aber, sofern sie mit dem Lumen des Bronchialbaumes in Verbindung stehen, die damit behafteten Tiere zu dauernden Ansteckungsstoffträgern. Als auf meinen Vorschlag nach einer denkwürdigen Sitzung der ehemaligen preußischen technischen Deputation für das Veterinärwesen im Jahre 1898, an der auch ROBERT KOCH teilgenommen hatte, die Lungenseuchimpfung in der Provinz Sachsen an die behördliche Genehmigung gebunden und nur noch in Fällen genehmigt wurde, in denen die Seuche ausgebrochen war und die Abschlachtung nicht sofort stattfinden konnte, ist die Lungenseuche in der Provinz Sachsen im Frühjahr 1903 erloschen und das Deutsche Reich dadurch von Lungenseuche frei geworden. Wenn die Lungenseuche später wieder im Deutschen Reich auftrat, so hing dies mit Einschleppungen aus dem Ausland zusammen, deren Folgen seit geraumer Zeit wieder getilgt sind.

Beim Rinde unterliegt auch die äußerlich erkennbare *Tuberkulose*, sofern sie sich in der Lunge in vorgeschrittenem Zustand befindet, oder Euter, Gebärmutter oder Darm ergriffen hat, der veterinärpolizeilichen Bekämpfung. Es sind dies die *offenen Formen* der Tuberkulose, die offene Lungentuberkulose, offene Gebärmutter- und Darmtuberkulose sowie die Eutertuberkulose, die so gut wie immer offen ist. Bei der Neuredaktion des Viehseuchengesetzes im Jahre 1909 konnte man diese Tuberkuloseformen der Anzeigepflicht und der veterinärpolizeilichen Bekämpfung unterstellen, da sich damals bereits das von mir angegebene Verfahren zur Erkennung der offenen Tuberkuloseformen des Rinden, das sich auf die klinische Untersuchung nach bestimmter Methodik und die obligatorische bakteriologische Prüfung von Absonderrungsprodukten aus den kranken Organen durch mikroskopische Untersuchung und erforderlichfalls Verimpfung stützt, in der Praxis bei tausendfältiger Anwendung bewährt hat. Das Rind hat keinen Lungenauswurf im Sinne der menschlichen Pathologie, kein leicht zu erlangendes Sputum. Dieses gelangt nur in die Rachenhöhle und wird

abgeschluckt. Wir mußten und müssen deshalb besondere Hilfsmittel anwenden, um Sputum zu erlangen, den Rachenschleimfänger, der nach einem Hustenstoß in die Rachenöhle eingeführt wird, und den Luftröhrenpinsel, ein an einem langen Stahldrahte befestigtes Seidenfadenbäuschchen, mit dem nach Einführung durch eine enge Trachealkanüle die Schleimhaut der Luftröhre und der großen Bronchien abgewischt wird. Die Scheidung der Tiere mit offener Tuberkulose von denjenigen mit geschlossener Tuberkulose, die zuerst von mir vorgenommen und dann auch von der Humanmedizin übernommen worden ist, hat erst ein praktisches Vorgehen gegen die Tuberkulose des Rindes, von der man früher angenommen hatte, daß sie mit veterinärpolizeilichen Mitteln nicht bekämpfbar sei, praktisch möglich gemacht. Daß mit Hilfe des Tuberkulins die Tuberkulosebekämpfung bei uns nicht möglich ist, ist bekannt, da bei uns in den großen Beständen, in denen ein häufiger Viehwechsel stattfindet, 70, 80 und mehr Prozent der Tiere reagieren, und es ein Ding der Unmöglichkeit ist, eine solche Zahl von Tieren aus den Beständen von der Verwendung auszuschließen, zumal da der größte Teil der reagierenden Tiere nur ganz geringfügige Veränderungen aufweist, die für die weitere Nutzung der Tiere belanglos sind. Nur in Ländern, in denen das Vieh den größten Teil des Jahres oder das ganze Jahr hindurch im Freien gehalten wird, wie in einem großen Teil von Amerika, in Australien und Afrika, und infolgedessen die Tuberkuloseverbreitung von Tier zu Tier sehr gering ist, ist es möglich, ausschließlich mit Hilfe des Tuberkulins die Tuberkulose zu bekämpfen und zu tilgen. Die Vereinigten Staaten von Nordamerika führen nach einem großzügigen Plane die Tuberkulosebekämpfung mit Hilfe des Tuberkulins durch. Wir in Europa haben einen längeren und schwierigeren Weg zu gehen, hoffen aber, im Laufe der Zeit auch zu einem bestimmten Ziele zu kommen. Wir unterscheiden das öffentliche, staatliche Vorgehen gegen die Tuberkulose, das sich in den meisten deutschen Ländern auf die Ausrottung der Eutertuberkulose beschränkt, und das gegen alle offenen Tuberkuloseformen gerichtete staatlich anerkannte freiwillige Tuberkulosebekämpfungsverfahren. In Durchführung dieses Verfahrens sind in Preußen im Jahre 1926 27 000 Rinder, die mit offener Tuberkulose behaftet waren, ausgemerzt und damit ebensoviele Tiere aus zahlreichen Beständen beseitigt worden, die dauernd große Mengen von Tuberkelbazillen ausscheiden und dadurch ihre Nachbarschaft gefährden. Solche Tiere waren früher beliebte Handelsartikel, wanderten von Stall zu Stall und trugen dadurch zur Verschleppung der Tuberkulose wesentlich bei. Von den in Preußen 1926 festgestellten offenen Tuberkulosefällen entfielen nach WIEMANN auf offene Lungentuberkulose 95,88 %, auf Eutertuberkulose 3,2 %, auf Gebärmuttertuberkulose 0,73 %, auf Darmtuberkulose 0,09 %, so daß mit Recht behauptet werden kann, daß das Geheimnis

der Tuberkulosebekämpfung beim Rinde in der frühzeitigen Erkennung der offenen Lungentuberkulose liegt, weil mit der Beseitigung der mit dieser Tuberkuloseform behafteten Tiere auch die an den übrigen offenen Tuberkuloseformen sekundär erkrankten Tiere verschwinden. Dem freiwilligen Tuberkulosebekämpfungsverfahren waren in Preußen, wo die freiwillige Tuberkulosebekämpfung des Rindes in größtem Umfang organisiert ist, 1926 63 864 Bestände mit 1125000 Tieren = 11 % des preußischen Rinderbestandes angeschlossen. In allen diesen Beständen werden die Tiere über 1 Jahr — bei jüngeren Tieren spielt die offene Tuberkulose keine Rolle — von Zeit zu Zeit auf offene Tuberkulose tierärztlich durchuntersucht. Neben der Ausmerzung der offenen tuberkulösen Tiere auf Grund der regelmäßigen Durchuntersuchungen der Bestände hat bei der freiwilligen Tuberkulosebekämpfung einherzugehen die tuberkulosefreie Aufzucht der Kälber nach den Vorschriften des ausgezeichneten dänischen Tuberkuloseforschers BERHARD BANG durch Trennung der Kälber von ihren Müttern vom zweiten Lebensstage an und Ernährung von diesem Zeitpunkt ab mit ausreichend erhitzter Milch beliebiger Herkunft oder mit roher Milch ausgewählter Ammenkühe, d. h. Kühen mit durchaus weichem, knotenfreiem Euter, die auch sonstige Erscheinungen der Tuberkulose nicht erkennen lassen. Die sorgsamen Untersuchungen auf den Schlachthöfen zeigen, daß angeborene Tuberkulose sehr selten ist, nur etwa bei 1 % der neugeborenen Kälber vorkommt, und daß 99 % der Kälber tuberkulosefrei geboren werden, selbst wenn die Eltern tuberkulös sind. Es ist deshalb der dankbarste Teil der Tuberkulosebekämpfung, die 99 % der gesunden Kälber vor der Ansteckung zu bewahren und zur Grundlage eines tuberkulosefreien Bestandes zu machen. Weiter ist die Bekämpfung der Tuberkulose durch hygienische Maßnahmen zu fördern, insbesondere durch Besserung der Stallverhältnisse und Förderung des Weideganges. Tiere, die dauernd auf der Weide sind, sind tuberkulosefrei. Die Tuberkulose des Rindes ist eine Stallkrankheit, wie die Tuberkulose des Menschen eine Wohnungskrankheit ist. Beispiel: Die weißen Steppenrinder in Ungarn sind tuberkulosefrei, solange sie auf der Weide gehalten werden, sie erkranken aber an Tuberkulose in derselben Häufigkeit, wie die Kulturrassen, wenn sie beispielsweise zur Mästung in die Mastställe der Zuckerfabriken eingestellt werden.

Was die Verfahren der Schutzimpfung, oder besser gesagt, der Impfung zur Erhöhung der Resistenz gegen Tuberkulose anbelangt, so haben bekanntlich alle früheren Versuche, die von KOCH, BEHRING u. a. angestellt worden sind, versagt. Bei den neuen von SELTER und KNAUER sowie von CALMETTE und GUÉRIN empfohlenen Arten des Verfahrens steht das Ergebnis der wissenschaftlichen Erprobung, die vom Reichsgesundheitsamt in die Wege geleitet ist, noch aus. Der Kanadier WATSON lehnt die CALMETTE-GUÉRINSche Schutz-

impfung bei Rindern nach den Ergebnissen seiner mehrjährigen Versuche ab.

Nach den heutigen Feststellungen über die Immunitäts- oder Resistenzverhältnisse bei Tuberkulose muß angenommen werden, daß Tiere gegen die Krankheit geschützt sind, wenn sie einen unschuldigen, durch Bindegewebe von der Nachbarschaft abgegrenzten tuberkulösen Herd im Körper haben, ähnlich, wie dies bei der Mehrzahl der Tiere der Fall ist, die nur auf Tuberkulin reagieren. In 35—40 % der Rinderbestände, die an das freiwillige Tuberkulosebekämpfungsverfahren angeschlossen sind, hat es sich gezeigt, daß nach 3—4jähriger Durchführung des Verfahrens kein Tier mit offener Tuberkulose mehr in Erscheinung tritt. Dies scheint darauf hinzudeuten, daß in diesen Beständen durch die Ausscheidung geringer Mengen von Tuberkelbacillen durch Tiere, die als offen tuberkulös noch nicht erkannt worden sind, eine Immunisierung der übrigen Tiere eintritt, so daß man, wenn diese Erfahrung sich bestätigt, von einer künstlichen Immunisierung der Nachzucht in den dem freiwilligen Tuberkulosebekämpfungsverfahren angeschlossenen Beständen Abstand nehmen könnte. Es scheint hier ein ähnliches Verhältnis vorzuliegen wie bei den Erstinfektionen des Menschen im Schulalter, die nach v. PFAUNDLER dem Betroffenen mehr Vorteil als Nachteil bringen. Im übrigen ist darauf hinzuweisen, daß, wenn die künstliche Immunisierung das hielte, was von ihr versprochen wird, das freiwillige Tuberkulosebekämpfungsverfahren doch durchgeführt werden müßte, weil die Immunität oder Resistenz durch massive Infektionen gebrochen wird, wie sie in den Beständen vorkommen, in denen eine planmäßige Tuberkulosebekämpfung nicht geübt wird. Wie verheerend die Verbringung eines offentuberkulösen Tieres in einem völlig auch von Reaktionstuberkulose freiem Bestande wirkt, zeigt eine Beobachtung von PRÖSCHOLD, wonach in einem Bestande von 30 Rindern in kurzer Zeit zwölf an offener Tuberkulose erkrankten und eines wegen offener Tuberkulose notgeschlachtet werden mußte, nachdem ein mit offener Tuberkulose behaftetes Ankaufstier unvorsichtigerweise ohne vorherige Untersuchung in den Bestand verbracht worden war. Dieses Vorkommnis erklärt uns auch, warum früher die exotischen Vögel und die Affen, die in zoologische Gärten kamen, fast ausnahmslos an Tuberkulose starben, ehe entsprechende Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

Außer der Verfeinerung der Diagnostik sind Erfolge der neuen Bekämpfung der Tierseuchen der Anwendung von zweckdienlichen Vorbeugungs- und Heilmitteln zu danken.

Bei *Milzbrand* wird mit Erfolg von der vorbeugenden Impfung nach PASTEUR mit Vaccin I und II Gebrauch gemacht, in verseuchten Beständen dagegen von der Impfung nach SOBERNHEIM mit der Maßgabe, daß zunächst nur mit Serum und hierauf erst mit Serum und Kultur geimpft wird. Diese Impfungen sind aber nur Palliativmittel

gegen die Bekämpfung des Milzbrandes. Wichtiger ist die Durchführung des preußischen, von MÜSSEMEIER, Berlin, und seinen Mitarbeitern angegebenen Verfahrens, die aus dem Ausland eingeführten Häute von milzbrandkranken Tieren mit Hilfe des Präzipitationsverfahrens nach ASCOLI auszusondern und erst nach erfolgter Desinfektion den Gerbereien zuzuführen. Denn es steht fest, daß sich die meisten Milzbrandfälle im Deutschen Reich dadurch ereignen, daß in das Abwasser von Wildhautgerbereien, d. h. von Gerbereien, in denen überseeische, mit Milzbrandkeimen behaftete Häute verarbeitet werden, Milzbrandsporen kommen, die durch Überschwemmung der Wasserläufe, denen die Abwasser zugeleitet werden, auf Wiesen und Weiden gelangen und dadurch zu Infektionen von Rindern und anderen Weidetieren führen. Die Bedeutung der Einfuhr der Wildhäute für das Auftreten des Milzbrandes in Deutschland erhellt klar aus dem nahezu völligen Verschwinden des Milzbrandes im Laufe der Kriegsjahre, als die letzten aus dem Auslande stammenden Häute verarbeitet worden waren. Neben Auslandshäuten kommen als Träger der Milzbrandsporen, die zu Infektionen der heimischen Viehbestände führen können, noch ausländische Knochen und daraus hergestelltes unsterilisiertes Knochenmehl in Betracht, das namentlich an Schweine als wachstumförderndes Zusatzfuttermittel verabreicht wird. Auf die Verfütterung unsterilisierten ausländischen Knochenmehl war die außerordentlich starke Verbreitung des Schweiñemilzbrandes vor dem Kriege zurückzuführen. Durch rechtsgerichtliche Vorschriften, die in Vorbereitung sind, wird der Einfuhr von unsterilisierten Knochen und unsterilisiertem Knochenmehl ein Riegel vorgeschoben. Die Ausrottung des Milzbrands im Inland wird im übrigen durch die neuzeitlichen, mit Überdruckdämpfern arbeitenden Kadaververwertungsanlagen sehr gefördert.

Beim *Rauschbrand* hat das nach dem Vorgang der Wiener Hygieniker GRASSBERGER und SCHATTENFROH von den schweizerischen Tierärzten GRÄUB und ZSCHOKKE ausgearbeitete Verfahren der Schutzimpfung mit Kulturfiltraten eine neue Periode der Bekämpfung in die Wege geleitet. Das GRÄUB-ZSCHOKKESche Verfahren schafft sicheren Impfschutz ohne Impftodesfälle und ist deshalb ein wahrhaft ideales Schutzimpfungsverfahren.

Bei der *Tollwut* der Hunde haben nach Angaben aus Japan und Amerika Schutzimpfungen mit carbolisiertem Gehirnmaterial sehr gute Erfolge hinsichtlich der Eindämmung der Seuche gehabt. Die Schutzimpfung wird auch von SCHNÜRER, dem ausgezeichneten Veterinäraktenologen der Tierärztlichen Hochschule zu Wien, als ein Mittel zur Bekämpfung der Tollwut empfohlen. Wie ich bereits in einer Abhandlung über die Tollwut begründet habe, kann aber die Schutzimpfung gegen Tollwut bei Hunden, selbst wenn sie absolut zuverlässig wäre, an Stelle der bisherigen veterinärpolizeilichen Bekämpfung bei uns nicht in Frage

kommen. Es steht fest, daß es durch richtige Anwendung der geltenden veterinärpolizeilichen Maßnahmen zur Bekämpfung der Tollwut und bestimmte Ergänzungsmaßnahmen möglich ist, die Tollwut in verhältnismäßig kurzer Zeit zu unterdrücken. Wichtig sind die strenge Durchführung der Festlegung aller Hunde im Sperrbezirk und des Maulkorb- oder Leinenzwangs im Beobachtungsgebiet, die Tötung aller erkrankten und ansteckungsverdächtigen sowie der verbotswidrig betroffenen Hunde in den gefährdeten Bezirken und die Einsperrung aller Kettenhunde bei Nacht im verschlossenen Hof- oder Hausinnern, weil diese durch umherstreifende wutkranke Hunde besonders gefährdet sind. Die außerhalb des Hauses angeketteten Hunde sind, wie Veterinärrat SCHUBERT mit Recht angegeben hat, der reine Köder für tollwutkranke Hunde.

Bei der *Maul- und Klauenseuche* haben sich die von LÖFFLER begonnenen Versuche der Gewinnung eines Immunserums, die von dem jetzigen Leiter der preußischen Forschungsanstalten auf der Insel Riems, WALDMANN, mit großem Erfolge fortgesetzt worden sind, als besonders erfolgreich erwiesen. Durch die Anwendung dieses hochwertigen Serums ist es möglich geworden, die großen Tierausstellungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft auch beim Herrschen der Maul- und Klauenseuche in der Nähe der Ausstellungsorte ungefährlich zu machen. Außerdem lehren die Erfahrungen in Preußen, in Württemberg und anderen Ländern, wo bei der Bekämpfung der Maul- und Klauenseuche das Riemser Serum planmäßig angewendet wird, daß man mit Hilfe dieses Serums die Maul- und Klauenseuche fest in die Hand bekommen kann, ein früher nicht für möglich gehaltener Erfolg! Zu beachten ist nur die Pluralität des Virus der Maul- und Klauenseuche, die zur Anwendung eines multivalenten Serums zwingt.

Bei der Bekämpfung der infektiösen *Gehirnrückenmarksentzündung der Pferde* hat sich die intravenöse Injektion von Hexamethylentetramin in großen Dosen (täglich zweimal je 60 g) in vielen Fällen als lebensrettend erwiesen. Ob die nach den Angaben von ERNST, München, in die Wege geleitete Schutzimpfung mit Gehirnmaterial erkrankter Tiere von Erfolg ist, ist abzuwarten. Sehr merkwürdig sind die ihrem Wesen nach noch nicht geklärten Beziehungen der Seuche zu bestimmten Bodenverhältnissen und Jahreszeiten. Sie tritt in einem Hauptseuchengebiet, in Oberschwaben nur auf dem Altmoränengebiet auf, nicht auf der Neumoräne. Sie beginnt Anfang des Jahres, zeigt Mitte Juli ihre Spitze und verschwindet im letzten Vierteljahr des Jahres. Unseren Bemühungen zur Klärung dieser Zusammenhänge ist bis jetzt der Erfolg versagt geblieben.

Der *Räude der Einhufer*, die während des Kriegs eine außerordentliche Ausdehnung erlangt hatte und die Schlagfertigkeit der Armee zu beeinträchtigen

drohte, ist durch das von dem Veterinärparasitologen NÖLLER, Berlin, angegebene Be-gasungsverfahren mit schwefliger Säure der Schrecken entzogen worden. Das Verfahren hat sich glänzend bewährt. Desgleichen das von NÖLLER auf Grund der Biologie der Räudemilben empfohlene Leerstehenlassen der Ställe für die Dauer von 4 Wochen, um die Reinfektion der Tiere in den Ställen zu verhüten.

Nicht so liegt die Sache bei der *Räude des Schafes*. Diese hat der wirksamen Unterdrückung bis jetzt getrotzt. Der Grund ist hauptsächlich in der Wiederansteckung der Schafe in den Ställen und an den Hürden zu suchen. Denn es ist außerordentlich schwer, die Räudemilben, die von den kranken Schafen auf das Holzwerk der Hürden und Ställe gelangt sind, hier durch Desinfektionsmittel zu töten, weil sie sich sofort in die Riten und Spalten des Holzwerks verkriechen. Vielleicht gibt die Badung in Schwefelkalklösung, die in Amerika und Afrika in steigendem Maße angewendet wird, und in der Provinz Schleswig-Holstein bereits erprobt wurde, die Möglichkeit einer erfolgreichen Bekämpfung. Denn nach den Feststellungen des Afrikaners DU TORT ist bei den Schafen, die mit Schwefelkalklösung gebadet worden sind, die Gefahr der Reininfektion in den Hürden und Ställen erheblich herabgesetzt, weil das Mittel lange auf dem Körper der Tiere nachwirkt, und Milben, die von dem Material der Hürden und Ställe auf die Haut der gebadeten Tiere gelangen, getötet werden.

Die *Schweinepest*, die in den neunziger Jahren unter den Schweinen verheerend aufgetreten ist, ist immer seltener und milder geworden, so daß ihre wirtschaftlichen Schäden nunmehr unbedeutend sind. Es ist eine Milderung des Charakters der Seuche eingetreten, ähnlich wie wohl bei der Influenza des Menschen. Anders ist es mit der *Schweinepest*, die noch in ziemlich weitem Umfang, namentlich im Norden des Deutschen Reiches, auftritt und die Schweinehaltung sehr stark schädigt. HUTYRA, Budapest, hat in Bestätigung des Ergebnisses der Untersuchungen und Versuche der amerikanischen Forscher gezeigt, daß es möglich ist, bei der akuten Schweinepest durch Anwendung von hochwertigem Schweinepestserum, das nun auch in Deutschland von UHLENHUTH und MIESSNER hergestellt wird, die durch die Seuche verursachten Verluste erheblich herabzumindern. Die Bekämpfung der Schweinepest ist wirtschaftlich sehr wichtig, weil in den Ländern, in denen diese Geisel der Schweinehaltung nicht herrscht, der Schweinebestand bei ausreichendem Futter bis zu 150 % umgeschlagen werden kann, d. h., der Schweinebestand, der am 1. Januar eines Jahres gezählt wurde, kann im Laufe des Jahres in der eineinhalb fachen Menge zur Schlachtung gelangen, ohne daß die Zahl der Schweine am Ende des Jahres verringert ist. Wo Schweinepest herrscht, ist der Umschlagkoeffizient nur 90 bis 100, günstigstenfalls 110 %.

Daß der *Rotlauf der Schweine*, eine Seuche, bei der die v. PETTEMKOFERSche Lehre von der Mitwirkung eines örtlichen, zeitlichen und individuellen Faktors beim Zustandekommen zutrifft, dank der bedeutenden Entdeckung des hessischen Landestierarztes Prof. Dr. LORENZ, der mit bescheidenen Laboratoriumseinrichtungen ein wirksames Schutzserum gegen den Schweinerotlauf erzeugt und dessen Wert in Verbindung mit der Anwendung von Rotlaufkulturen für die Bekämpfung des Rotlaufs in der Praxis gezeigt hat, eine bedeutsame Krankheit geworden ist, ist bekannt. Die Rotlaufschutzimpfung war die erste Simultanimpfung unter Verwendung von Serum und einer virulenten Kultur zur Bekämpfung einer Seuche.

In neuerer Zeit ist über Fälle von Übertragung des Erregers des ansteckenden Verkalbens, des *Bacillus abortus Bang* im In- und Ausland berichtet worden. Im Inland sind namentlich Erkrankungen von Tierärzten, die geburtshilfliche Maßnahmen bei Rindern durchzuführen hatten, bekanntgeworden. Ich nehme mit dem italienischen Arzte BASTAI an, daß die angeblichen Abortusinfektionen bei Menschen in Wirklichkeit *Melitensisinfektionen* sind, deren Vorkommen beim Rinde feststeht, und gegen die etwas Durchgreifendes geschehen muß, um zu verhüten, daß das Malta- oder Mittelmeerfeier in Deutschland eine ähnliche vererbliche Verbreitung erlangt, wie in den Mittelmeirländern und selbst im Norden von Frankreich. Dafür, daß es sich in den fraglichen Fällen um Melitensis- und nicht um Banginfektion handelt, spricht die Tatsache, daß in den zahlreichen Laboratorien, in denen mit dem Abortusbacillus gearbeitet wird, noch keine Menscheninfektion vorgekommen ist, während in den Laboratorien, in denen mit den *Bacillus melitensis* gearbeitet wird, die wissenschaftlichen und Hilfsarbeiter so gefährdet sind, daß deren Schutzimpfung vor Aufnahme der Arbeiten geboten ist.

Aus dem, was ich Ihnen vorzutragen die Ehre hatte, erhellt, daß die Maßnahmen zur Bekämpfung der Tierseuchen sich sehr gut bewährt und zur Ausrottung früher verheerend aufgetretener Seuchen, wie der Rinderpest, der Lungenseuche der Rinder, der Pockenseuche der Schafe, der Beschäl-

seuche und des Rotzes, sowie der Geflügelcholera und Hühnerpest geführt haben. Andere Seuchen sind durch die neuen Methoden der Bekämpfung bedeutungslos geworden, wie der Rotlauf der Schweine, der Rauschbrand der Rinder und die Räude der Pferde, und wieder andere haben wir fest in die Hand bekommen, wie die Maul- und Klauenseuche.

Die Bekämpfung der Tierseuchen kommt auch der Gesundheit des Menschen zugute bei allen Seuchen, die auf den Menschen übertragbar sind. Hinzu kommt der günstige Einfluß der tierärztlichen Untersuchung des Fleisches der geschlachteten Tiere, der Fleischbeschau, auf das Seltenerwerden bestimmter Schmarotzerkrankheiten beim Menschen, der *Taenia saginata*, der *Taenia solium*, der Trichine und des Echinokokkus beim Menschen. Der Echinokokkus kann bei uns in kurzer Zeit ausgerottet werden, wenn in allen deutschen Ländern, sei es auch nur für befristete Zeit, die Fleischbeschau auf alle Hausschlachtungen, insbesondere auch diejenigen von Schafen, als die häufigsten Träger von fruchtbaren, fertilen Echinokokken, ausgedehnt wird. Im holländischen Westfriesland hat diese Maßnahme schon nach zweijähriger Dauer ein Seltenerwerden der Echinokokkenkrankheit des Menschen zur Folge gehabt. Hier trägt die Tiermedizin einen Teil der Dankeschuld der Humanmedizin gegenüber ab.

Auf dem Gebiete der vom Tier auf den Menschen übertragbaren Krankheiten ist gemeinschaftliche Arbeit der Humanmedizin und Veterinärmedizin von großer Bedeutung zur Erreichung des Ziels der gänzlichen Ausrottung, und deshalb war es vielleicht nicht ohne Nutzen, daß der vorbereitende Ausschuß der diesjährigen Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte die Bekämpfung der Tierseuchen zum Vortragsgegenstand einer Hauptsitzung gemacht hat. Ich schließe mit den Worten von RUDOLF VIRCHOW, der über das Verhältnis der Menschen- zur Tiermedizin sagte: „daß zwischen Tier- und Menschenärzneikunde wissenschaftlich keine Scheidegrenze ist oder sein sollte. Das Objekt ist verschieden, aber die Erfahrungen, die aus dem Objekte zu schöpfen sind, sind Lehrsätze, welche die Grundlage der Medizin bilden“.

Die Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungsschiff „Meteor“.

Von A. DEFANT, Berlin.

Auf der 88. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Innsbruck 1924 wurde vom Präsidenten der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Exzellenz SCHMIDT-OTT, zum erstenmal in einer Sitzung des wissenschaftlichen Ausschusses der Gesellschaft von der Absicht der Durchführung einer deutschen ozeanographischen Expedition in den Südatlantischen Ozean Mitteilung gemacht. Prof. ALFRED MERZ legte als designierter Leiter dieser Expedition in

einem ausführlichen Vortrag den Zweck und die Hauptprobleme der Expedition dar. Mit Begeisterung und Dank wurden damals vom Hauptausschuß unserer Gesellschaft diese Mitteilungen über die geplante Expedition zur Kenntnis genommen und mit Freude begrüßt, daß deutsche Wissenschaft trotz der Ungunst der Verhältnisse wieder zum erstenmal nach dem Kriege hinausziehen kann, um zu zeigen, was deutscher Wille und Tatkraft zu leisten vermag. Zwei Jahre später, auf der

89. Versammlung zu Düsseldorf, nachdem schon am 16. April 1925 das Forschungsschiff „Meteor“ von Wilhelmshaven aus die Expedition in den Südatlantischen Ozean angetreten hatte, berichtete wieder Exzellenz SCHMIDT-OTT in einer Sitzung des wissenschaftlichen Ausschusses über die Arbeiten dieser Expedition und über ihren Fortgang. Freudiger Gruß und Dank mit herzlichen Wünschen für abschließendes Gelingen der Fahrt wurden damals vom Ausschuß der Gesellschaft telegraphisch dem Leiter der Expedition, Kapitän z. S. SPIESS, und den Mitgliedern derselben übermittelt. Inzwischen ist nun die Expedition am 2. Juni 1927 nach einer Dauer von $2\frac{1}{4}$ Jahren und nach Vollendung des umfangreichen Programms nach Hause zurückgekehrt. Die Arbeiten im Felde waren beendet. Es begann die nicht minder wichtige Arbeit der wissenschaftlichen Aufarbeitung des gesammelten Materials, die Herausschaltung der wissenschaftlichen Ergebnisse aus der enormen Menge der auf See gewonnenen Beobachtungen. Diese Arbeiten sind natürlich noch lange nicht beendet und abgeschlossen; trotzdem halten sich die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft sowie die Mitglieder der Expedition für verpflichtet, bei der ersten sich bietenden Gelegenheit, d. i. in der diesjährigen Versammlung unserer Gesellschaft, über die Arbeiten und besonders über die Ergebnisse der Expedition öffentlich zu berichten. Als Herausgeber des wissenschaftlichen Expeditionswerkes habe ich es übernommen, Ihnen einen Umriß über die wesentlichen, bisher gewonnenen Ergebnisse zu geben. Ich muß mich hierbei, der mir zur Verfügung stehenden Zeit wegen, sehr kurz fassen. Die Geschichte und Planlegung der Expedition ist seit der Rückkehr derselben schon so oft der Gegenstand öffentlicher Vorträge gewesen, daß ich wohl annehmen kann, daß ich den meisten von Ihnen nichts wesentlich Neues darüber mitteilen könnte. Nur einige Worte sollen hier gesagt sein.

Nach dem genau ausgearbeiteten Expeditionsplane von ALFRED MERZ war die Expedition als eine rein ozeanographische gedacht, d. h. sie sollte vor allem dazu dienen, zum erstenmal in ganz systematischer Weise den gesamten Aufbau eines Meeres, das sind die physikalisch-chemischen Eigenchaften seiner Wassermassen und die Bewegungen, die Strömungen derselben, zahlenmäßig in allen Teilen festzustellen. Daß neben den rein ozeanographischen Beobachtungsmethoden zur richtigen Erfassung und Lösung dieser Aufgabe auch die anderen Wissenschaften, soweit sie dazu beitragen können, herangezogen wurden, ist selbstverständlich. Die Feststellung der Umgrenzung des zu untersuchenden Meeres, seiner allgemeinen morphologischen Konfiguration, der Beschaffenheit

seines Bodens ist hierzu ebenso notwendig, wie die Kenntnis der unmittelbar über der Meeresoberfläche vor sich gehenden Veränderungen in der Lufthülle der Erde. Auch die Verteilung der kleinen, im Meerwasser lebenden Organismen, die Verteilung des Plankton gehört, wenn wir den Begriff etwas weiter fassen wollen, zum Aufbau eines Meeres; sie kann uns, ganz abgesehen des wissenschaftlichen Interesses an sich, auch Hinweise geben, in welcher Richtung die Wasserversetzungen in ihm sich abspielen und wie diese auf die Verteilung der Lebewesen zurückwirken. So sollte ein inniges Zusammenwirken und Zusammenarbeiten der verschiedenen Disziplinen am Bord des „Meteor“ die Frage nach dem inneren Aufbau des Südatlantischen Ozeans beantworten.

Die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft übernahm die Kosten des gesamten wissenschaftlichen Betriebes an Bord des Forschungsschiffes und für die wissenschaftlichen Teilnehmer der Expedition, die Marineleitung stellte für die

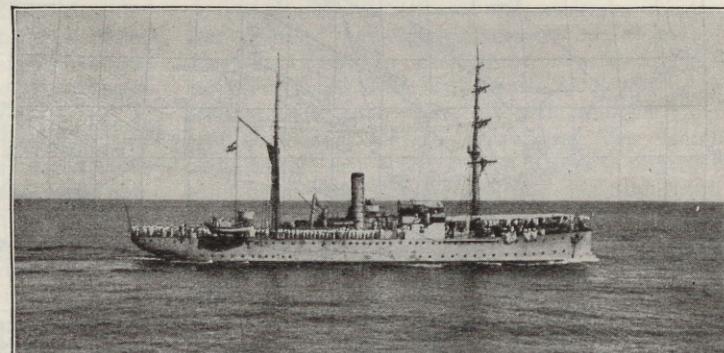


Fig. 1. Das Forschungsschiff „Meteor“.

Dauer derselben das Forschungsschiff „Meteor“ (Fig. 1)¹, sowie eine für wissenschaftliche Arbeiten besonders ausgebildete Besatzung zur Verfügung. Professor A. MERZ war der wissenschaftliche Leiter, Kapitän z. S. SPIESS der nautische Leiter der Expedition. Ein tragisches Geschick wollte es, daß Professor MERZ gleich zu Beginn der ersten Durchquerung des Südatlantischen Ozeans erkrankte und nach längerem Krankenlager in Buenos Aires starb. Er, dem die Atlantische Expedition den wissenschaftlichen Plan und die ausgezeichneten Vorbereitungen zu ihrer Durchführung verdankt, konnte die Früchte seines Lebenswerkes nicht ernten; aber er starb — das hatte er schon bei den Arbeiten auf den ersten ozeanographischen Stationen erkannt — im Bewußtsein, in seinen Mitarbeitern jene tatkräftigen Männer gefunden zu haben, die sein Werk in seinem Sinne und in seinem Geiste zu Ende führen werden. Kapitän SPIESS

¹ Im Vortrag wurden außer den beigegebenen Figuren noch zahlreiche andere Figuren als Lichtbild gezeigt, die aus technischen Gründen hier fortbleiben mußten.

übernahm dann die Gesamtleitung der Expedition und unter seiner Führung und in strenger Einhaltung des MERZSchen Planes wurde die Expedition in $2\frac{1}{4}$ Jahren glücklich und programmäßig zu Ende geführt.

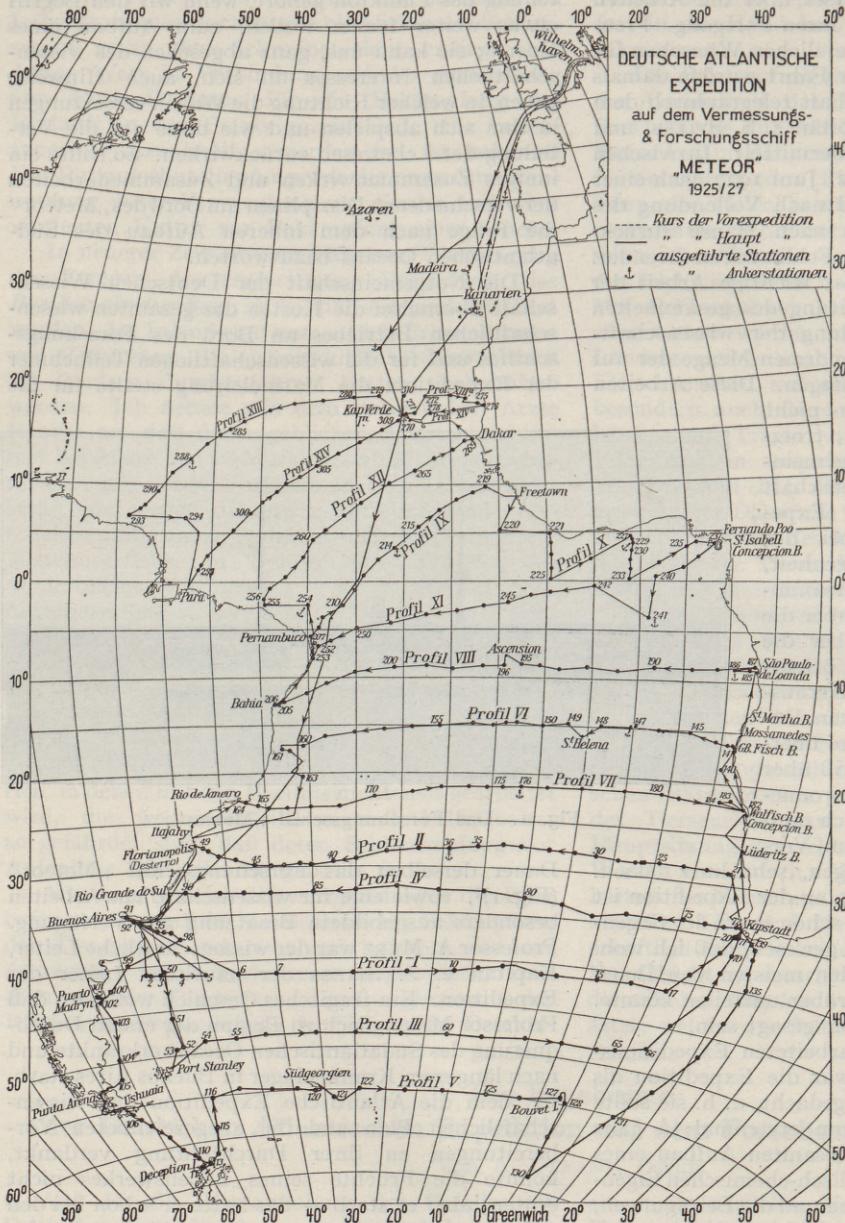


Fig. 2. Reiseweg der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungsschiff „Meteor“ vom 16. April 1925 bis zum 2. Juni 1927.

Das Arbeitsgebiet der „Meteor“-Expedition war der Atlantische Ozean von 20° N-Breite bis zur Eisgrenze der Antarktis im Süden; in 14 Querprofilen, die im Laufe der $2\frac{1}{4}$ Jahren abgefahren sind, wurde das für die Untersuchungen not-

wendige Beobachtungsmaterial gesammelt (Fig. 2). Außer den laufenden Beobachtungen vom fahrenden Schiff aus sind namentlich an 310 ozeanographischen Stationen von der Oberfläche bis zum Meeresgrund *alle* Faktoren zahlenmäßig ermittelt

worden, die für eine systematische Erforschung des gesamten Wasserkörpers des Südatlantischen Ozeans notwendig sind. Zunächst galt es hier die Meerestiefe durch eine Drahtlotung festzustellen und durch eine Stoßröhre eine Probe aus dem Meeresboden heraufzubekommen. Diese Bodenproben geben Einblick in die Beschaffenheit der obersten Bodenschicht und in die Sedimentation, die unausgesetzt hier vonstatten geht. An einer großen ozeanographischen Serienmaschine wurden serienweise Thermometer und Wasserschöpfer in die verschiedenen Tiefen des Meeres hinabgeführt; sie liefern, wieder heraufgeholt, für engabständige Tiefenstufen bis zum Meeresboden hinab die Temperatur der Wassermassen und je-
ne Wasserproben, aus denen man im Laboratorium des Expeditionsschiffes den Gehalt des Seewassers an Salz, an verschiedenen Gasen, wie Sauerstoff und Stickstoff, sowie an kleinsten Lebewesen ermitteln kann. Eigene Netzfänge vervollständigten die biologischen Untersuchungen. *Systematisch* wurde so durch diese ozeanographischen Stationen der ganze Ozeanraum erfaßt. Dieses enorme Beobachtungsmaterial bildet die Grundlage der wissenschaftlichen Untersuchungen der Deutschen Atlantischen Expedition. Es unterscheidet sich

von jenem früherer Expeditionen, die meistens nur längs weniger Schnitte durch einen Ozean arbeiteten, durch seine Vollständigkeit und Einheitlichkeit, so daß mit Recht gesagt werden kann, daß die „Meteor“-Expedition die erste ozeano-

graphische Expedition war, die auf eine systematische Erforschung des Weltmeeres ausging. Indem sie hiermit einen erfolgreichen Anfang gemacht hat, wird sie beispielgebend für alle zukünftigen ozeanographischen Expeditionen bleiben.

Die wissenschaftliche Verarbeitung des Beobachtungsmaterials der „Meteor“-Expedition geht in der Hauptsache nach drei Richtungen. Zunächst muß die Form des Behälters der enormen Wassermassen des untersuchten Meeres, also seine morphologische Konfiguration möglichst genau festgelegt werden. Denn die Form des Gefäßes wirkt sicher zurück auf die Bewegungen der Flüssigkeit, die es umschließt. In Verbindung damit steht die Untersuchung der Ablagerungen am Meeresboden nach ihrer Art, nach ihrem inneren Aufbau und nach evtl. vorhandenen Schichtungen innerhalb der Bodenproben. Das Studium der Bodensedimente kann aber nie allein für sich betrieben werden. Ihre Entwicklung und die örtlichen Verschiedenheiten ihrer Verteilung können wir nicht verstehen ohne Kenntnis des physikalisch-chemischen und des biologischen Zustandes der Wassermassen, aus denen sie sich absetzen. Hier greifen schon die Arbeiten des Ozeanographen und Chemikers mit denen des Geologen und Mineralogen zusammen.

Die zweite Aufgabe ist die Festlegung des Massenaufbaues des Meeres; er ist in erster Linie gegeben durch die Verteilung der Temperatur und des Salzgehaltes in allen seinen Teilen. Denn diese zwei Faktoren bestimmen die Dichte der Wassermassen, und ihre Verteilung bestimmt dann die inneren Kräfte, welche sie in Bewegung setzen können. Massenaufbau und Bewegung der Massen hängen so innig zusammen, und ihre Verbindung zur wissenschaftlichen Erklärung der Erscheinungen liefert die Dynamik der Meeresströmungen. In chemischer Hinsicht ist mit der Bestimmung des Salzgehaltes nicht alles geleistet. Besonders für die dritte Arbeitsrichtung, die biologische, ist noch die Kenntnis der Verteilung von Sauerstoff und Stickstoff, von Kohlensäure und Phosphorsäure außerordentlich wertvoll. Diese Faktoren werden neben Licht und Wärme die Verteilung der kleinen und kleinsten Lebewesen im Meer beeinflussen und wieder werden wir letztere nicht verstehen, wenn wir erstere nicht kennen. Hier greift wieder die Arbeit des Biologen auf physikalisch-chemische Untersuchungen über und macht seine Ergebnisse von den Erfolgen anderer abhängig.

Gerade so, wie während der Expedition draußen Mann für Mann einträchtig zusammenstehen mußten, um die gewaltige Arbeit im Felde zu leisten, müssen auch jetzt bei der Verarbeitung die Mitglieder zur gegenseitigen Förderung ihrer Untersuchungen zusammenhalten und zusammenarbeiten. Nur für eine kurze Zeit zu Anfang der Verarbeitung kann es lauten „getrennt marschieren“, je weiter die Untersuchung gefördert ist, kann es nur lauten „getrennt marschieren und gemeinsam schlagen“. Nur eine systematische

Sammlung des Beobachtungsmaterials im Felde und eine gründliche und volle Auswertung zu Hause kann die wissenschaftlichen Ergebnisse der Expedition grundlegend werden lassen. Ich kann Ihnen jetzt nur kleine Einblicke in die Arbeiten und Ergebnisse geben, hoffe damit aber doch den Eindruck zu erzielen, daß die Bearbeitung rüstig fortschreitet und in absehbarer Zeit auch zum Abschluß gelangt.

Der „Meteor“ besaß als erstes Expeditionsschiff eine Echolotanlage. Das Prinzip des Echolotes ist ganz einfach: eine an der Bordwand des Schiffes erzeugte Schallwelle pflanzt sich im Meeresswasser bis zum Meeresboden fort, wird dort reflektiert und kommt nun zur Bordwand zurück, wo sie als Echo wahrgenommen werden kann. Die Zeit, die zwischen Aussendung und Echo verstreicht, gibt mit der bekannten Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schallwelle im Wasser die Strecke, die der Schall zurückgelegt hat, d. i. die doppelte Meerestiefe. Die Bestimmung der Meerestiefe durch das Echo erfordert ein Minimum an Zeit und kann überdies vom fahrenden Schiff aus vorgenommen werden. Der „Meteor“ hat während seiner Fahrt 67400 solcher Echolotungen gesammelt, und es ist einleuchtend, daß diese ungeheure Zahl von neuen Meerestiefen, auch wenn sie auf wenigen Querprofilen liegen, unsere Kenntnisse der Tiefenverhältnisse des Atlantischen Ozeans ungemein bereichern. Die Bodengestaltung des Südatlantischen Ozeans — das wußte man schon aus den früheren wenigen Drahtlotungen — ist ganz eigenartig. In der Mitte des Ozeans zwischen Europa-Afrika auf der einen Seite und Amerika auf der anderen zieht sich von Norden nach Süden dem Küstenverlauf folgend eine unterseeische Bodenschwelle hin: die Atlantische Schwelle. Man weiß jetzt, daß ihre größten Erhebungen im Durchschnitt bis über 3000 m emporreichen, während die großen ausgedehnten Tiefseebecken auf beiden Seiten durchschnittlich bis 5500 m Tiefe hinabreichen. Namentlich der Aufbau dieser Atlantischen Schwelle, die bei jedem Profil nahezu senkrecht zu ihrer Streichrichtung gekreuzt wurde, dann auch der rasche Übergang von der Tiefseetafel zum Schelf des Kontinentalsockels konnten durch die Echolotungen gründlich untersucht werden. Wie ein solches Echolotprofil aussieht, zeigt folgendes Bild (Fig. 3). Es ist die Tiefenverteilung auf Profil 7 zwischen Rio de Janeiro und der Walfischbucht in etwa 22° S in einer Überhöhung von 1 : 185. Ein Blick auf diese Darstellung zeigt nichts von der Schlichtheit und Einfachheit des ozeanischen Bodens, wie man sie früher angenommen hat. Ein unruhiges Auf und Ab ist charakteristisch für den Aufbau der Atlantischen Schwelle; es ist ein gewaltiges unterseeisches Gebirge, viel gewaltiger als z. B. unsere Alpen, nicht nur wegen seiner ungeheuren Längsausdehnung durch den ganzen Ozean, sondern auch im Querschnitt ist es viel mächtiger, wie als Vergleich der in einem $7\frac{1}{2}$ mal so großem Maßstab, aber

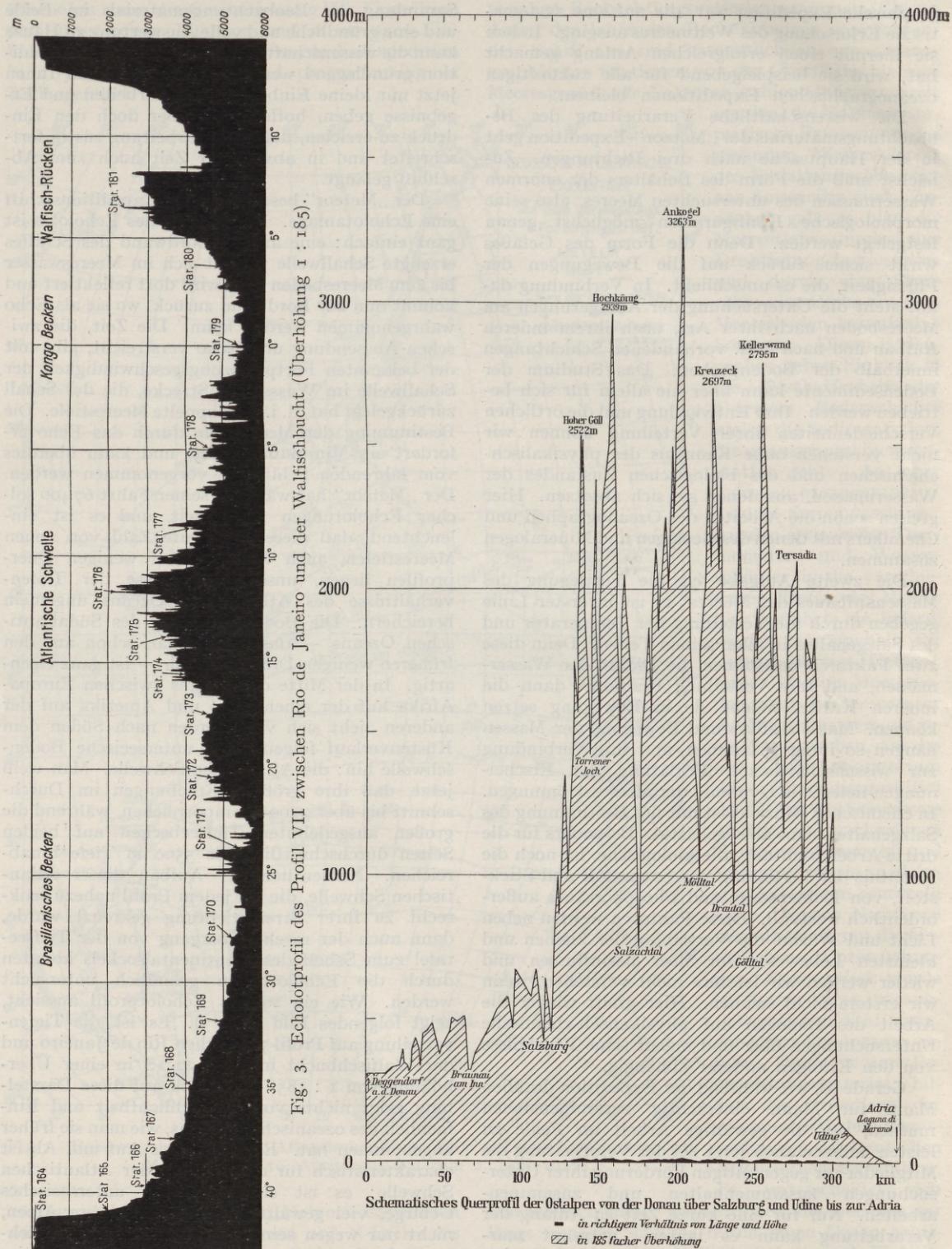


Fig. 4. Schnitt durch die Ostalpen von Salzburg bis zur Adria (Maßstab etwa $7\frac{1}{2}$ mal größer als in Fig. 3; Überhöhung wie dort 1 : 185).

mit gleicher Überhöhung gezeichnete Querschnitt durch die Ostalpen von Salzburg bis zur Adria sofort zeigt (Fig. 4). Aber im Wesen haben wir es mit derselben Erscheinung zu tun. Überall ist im Atlantischen Ozean die Schwelle in dieser Art vorhanden; sie trennt so die westatlantische von der ostatlantischen Mulde und verleiht der Bodenkonfiguration des Atlantischen Ozeans eine Eigentümlichkeit, die den anderen Ozeanen fehlt. In der Tiefenkarte des Südatlantischen Ozeans, die neu konstruiert wurde, sieht man deutlich diese Schwelle; man erkennt aber auch sogleich den ungleichen Aufbau der beiden Mulden im Westen und Osten derselben. Im Westen eine bis in große Tiefen bestehende durchgehende Verbindung von der Antarktis bis über den Äquator zum Nordamerikanischen Becken, im Osten hingegen die Ausbildung einzelner, durch Querriegel voneinander getrennter Becken. Drei Querriegel: Kaprücke, Walfischrücken und Guinearücken besorgen diese Gliederung; der Wasseraustausch der großen Tiefen muß durch diese Gliederung im Osten gestört sein; manche Eigentümlichkeiten im Aufbau der Wasserschichtung dieser Meeresteile findet dadurch seine Erklärung.

In Verbindung mit den morphologischen Ergebnissen stehen die mineralogisch-geologischen Ergebnisse der Expedition. Es ist dies das Arbeitsgebiet von Professor CORRENS, Rostock, und Dr. PRATJE, Königsberg. Diese Untersuchungen stützen sich vor allem auf die auf den Stationen gewonnenen Bodenproben. Die Frage der Bildung des Sediments spielt hier die Hauptrolle. Ihre Beantwortung läßt wieder Schlüsse auf die geologische Geschichte des Gebietes zu. Die Bodenproben werden nach optischen und mechanischen Methoden untersucht, mittels Schlammverfahren die Komponenten nach Größe, Dichte und Gestalt getrennt. Eine Parallelität zwischen Korngröße und Tiefe einerseits, zwischen Kalkgehalt und Tiefe andererseits scheint zu bestehen. Außerordentlich interessant ist eine Karte der Bodenablagerungen, die Professor CORRENS bzw. Dr. PRATJE auf Grund der Bodenproben des „Meteor“ und weiterer älterer Beobachtungen entworfen hat. Diese Karten zeigen einen auffallenden Kalkreichtum der Kongo- und Kapmulde im Osten, ein Überwiegen der feinen Tonablagerungen im brasiliischen Becken im Westen. In dieser Verteilung von Ton und Kalk spiegeln sich wohl in erster Linie ozeanographische Verschiedenheiten in den darüber lagernden Wassermassen wider, die wieder durch morphologische Unterschiede der Gebiete bedingt sind. Aber diese ozeanographischen Verschiedenheiten geben noch keine genügende Erklärung; hinzu kommt noch jenes Element, das die Sedimente liefert: die Biologie. Erst die Zusammenfassung der Ergebnisse des Ozeanographen, des Chemikers und des Biologen wird die Frage nach der Sedimentbildung befriedigend beantworten.

Das Hauptarbeitsgebiet der Expedition war die Ozeanographie, welche den physikalisch-chemischen

Aufbau des Meeres und seine Zirkulation zu erfassen sucht. Das meiste gewonnene Material bezieht sich auch darauf. Einmal sind es die vielen auf den ozeanographischen Stationen gesammelten Beobachtungen der Temperatur und des Salzgehaltes, die über den Zustand der Wassermassen in allen Tiefenhorizonten informieren, dann sind es die zahlreichen Bestimmungen der Stromrichtung und der Stromgeschwindigkeit, die von dem auf großen Tiefen verankerten Schiff ausgeführt worden sind. Auch aus dem Aufbau des Meeres läßt sich auf rechnerischem Wege auf die Zirkulation der ozeanischen Wassermassen schließen; ja diese Methode wird bevorzugt, da die direkten Messungen der Stromkomponenten zu den schwierigsten Messungen der Ozeanographie gehören.

Will man sich ein Bild der Strömungen des Meeres in allen Tiefen machen, so ist es angezeigt, zuerst seinen Aufbau etwas näher kennenzulernen. Dieses Bild (Fig. 5) stellt die Änderungen der Temperatur mit der Tiefe in verschiedenen Zonen des Atlantischen Ozeans dar. Alle diese Kurven haben, bis auf jene, die sich auf hohe Breiten bezieht, folgendes gemeinsam: Von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 1000—1200 m reicht eine Schichte, in der die Temperatur außerordentlich rasch mit der Tiefe abnimmt. Fast unvermittelt folgt dann eine bis zum Meeresboden sich erstreckende Schichte, in der die Temperatur nahezu konstant ist; die vorkommenden Änderungen sind sehr klein. So sehen wir in der oberen Schichte, der ich den Namen einer ozeanischen Troposphäre gegeben habe, einen Temperaturfall von ungefähr 20° C, während in der unteren Schichte, in der Stratosphäre, auf mehrere tausend Meter die Temperatur sich kaum um 2—3° ändert. Diese auffallende Zweiteilung des Meeres in seinem Aufbau wirkt sich natürlich auch in seiner Zirkulation aus. Die Troposphäre mit ihren warmen, salzreichen, aber trotzdem leichten Wassermassen hat ihre eigenen Strömungen, die nicht oder nur indirekt mit den Strömungen der tieferen Schichten der Stratosphäre zusammenhängen. Die troposphärischen Wassermassen bleiben in der Hauptsache in der Oberschichte und werden in erster Linie durch äußere Kräfte, durch die Luftströmungen an der Oberfläche des Meeres in Bewegung gesetzt und in Bewegung erhalten. Das ist die troposphärische Zirkulation. Die Karte der Oberflächenströmungen des Atlantischen Ozeans von H. H. MEYER¹ enthält das, was wir von der troposphärischen Zirkulation an der Oberfläche des Meeres sehen und feststellen können. In jeder Hemisphäre: einen äquatorialen Strom als Folge des Passats, in mittleren Breiten die Westwindtrift als Folge der Westwinde der gemäßigten Breiten und in hohen Breiten der Polarstrom, der kaltes Polarwasser niedrigeren Breiten zuführt. Diese Ströme reichen nicht tief und beschränken sich

¹ Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde zu Berlin, Neue Folge A, H. 11 (1923).

auch mit ihren Kompensationsströmen auf die Oberschicht, auf die Troposphäre.

Die Zirkulation der stratosphärischen Tiefenschicht ist ganz anderer Art. Sie wird unterhalten durch anhaltende physikalisch-chemische Zustandsänderungen, welche die Wassermassen in den hohen Breiten beider Hemisphären erleiden. Eine kalte, salzarme Wasserversetzung erfolgt in der obersten Schichte der Stratosphäre knapp unter der Troposphäre äquatorwärts und darunter strömt dann zum Ersatz salzreicheres Wasser polwärts. Diese stratosphärischen Ströme sind nur geringer Stärke, sie umfassen aber fast die ganzen großen Tiefen des Ozeans; nur die tiefsten, bodennahen Schichten sind wieder erfüllt von sehr kaltem, salzreichem Polarwasser; es ist das schwerste Wasser, das an der Oberfläche des Meeres erzeugt wird und das bis in die großen Tiefen hinabsinkt.

ganz rudimentär entwickelt. Wir erkennen hierin eine Folge der Morphologie des Atlantischen Ozeans, die im Norden durch Küsten- und Bodenkonfiguration das Aufkommen eines arktischen Zwischenstromes unterbindet. Als Ersatz für die äquatorwärts verfrachteten Wassermassen des antarktischen Zwischenstromes strömt vom Konvergenzgebiet in 30° bis 40° N-Breite unter dem antarktischen Zwischenstrom salzreicheres Wasser polwärts gegen Süden. Dies ist der nordatlantische Tiefenstrom. Er reicht bis etwa 40° S-Breite, von wo die Wassermassen allmählich aufsteigen und sich vermischen. Hier schließt sich die Zirkulation, die als antarktischer Zwischenstrom von diesen Breiten ausging. Von den antarktischen Meeren geht noch eine Wasserversetzung aus: Der antarktische Bodenstrom. Infolge des großen spezifischen Gewichtes der sich hier bildenden Wasserart

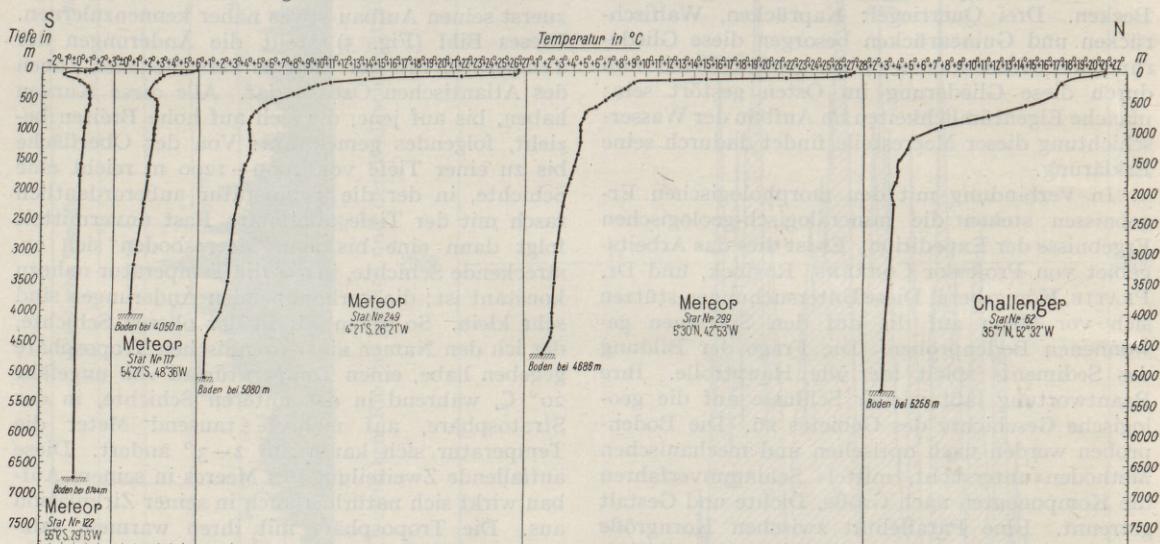


Fig. 5. Vertikale Änderung der Temperatur in verschiedenen Zonen des Atlantischen Ozeans.

Im Südatlantischen Ozean ist diese Tiefenzirkulation entsprechend der großen Ausdehnung des antarktischen Meeres im Süden in großartiger Entwicklung vorhanden. Dr. Wüst hat in zwei Längsschnitten durch den Atlantischen Ozean — in einem West- und in einem Ostsnitt längs der beiden Mulden auf beiden Seiten der Atlantischen Schwelle — den Aufbau des Meeres nach den Beobachtungen der „Meteor“-Expedition und der früheren Expeditionen eingehend diskutiert. Hier (Fig. 6 und 7) die Salzgehaltsverteilung in beiden Schnitten. Von 45° bis 55° S-Breite schiebt sich unter die Troposphäre in etwa 800 m Tiefe der salzarme antarktische Zwischenstrom gegen Norden vor. Deutlich sieht man im Westen wie im Osten diese Zunge salzarmen Wassers bis 10° , ja bis 20° N-Breite sich vorschlieben. Das Gegenstück, das man im Norden vom arktischen Meer ausgehend erwartet, fehlt oder es ist mindestens nur

sinken seine Wassermassen in die Tiefe und breiten sich der Bodenform folgend und sich dieser anpassend äquatorwärts aus. In der Westmulde sieht man deutlich diese Ausbreitung bis über den Äquator hinaus, in der Ostmulde treten diesen Wassermassen die Querrücken entgegen und verhindern das weitere Vordringen. Wie eine Barre stellt sich quer zum antarktischen Bodenstrom der Walfischrücken entgegen und hält ihn hier völlig auf.

Schon durch die Farbengebung¹ dieser Schnitte erkennt man sofort den völlig unsymmetrischen Aufbau des Atlantischen Ozeans: der Südatlantische Ozean ist salzarm und kalt, der Nordatlantische hingegen salzreich und warm. Die Ursache dieses

Im Vortrage wurden die Figuren 6 und 7 und entsprechende der Temperaturverteilung in Diapositiven, in denen die Salzgehalts- bzw. Temperaturverteilung farbig abgestuft dargestellt war, wiedergegeben.

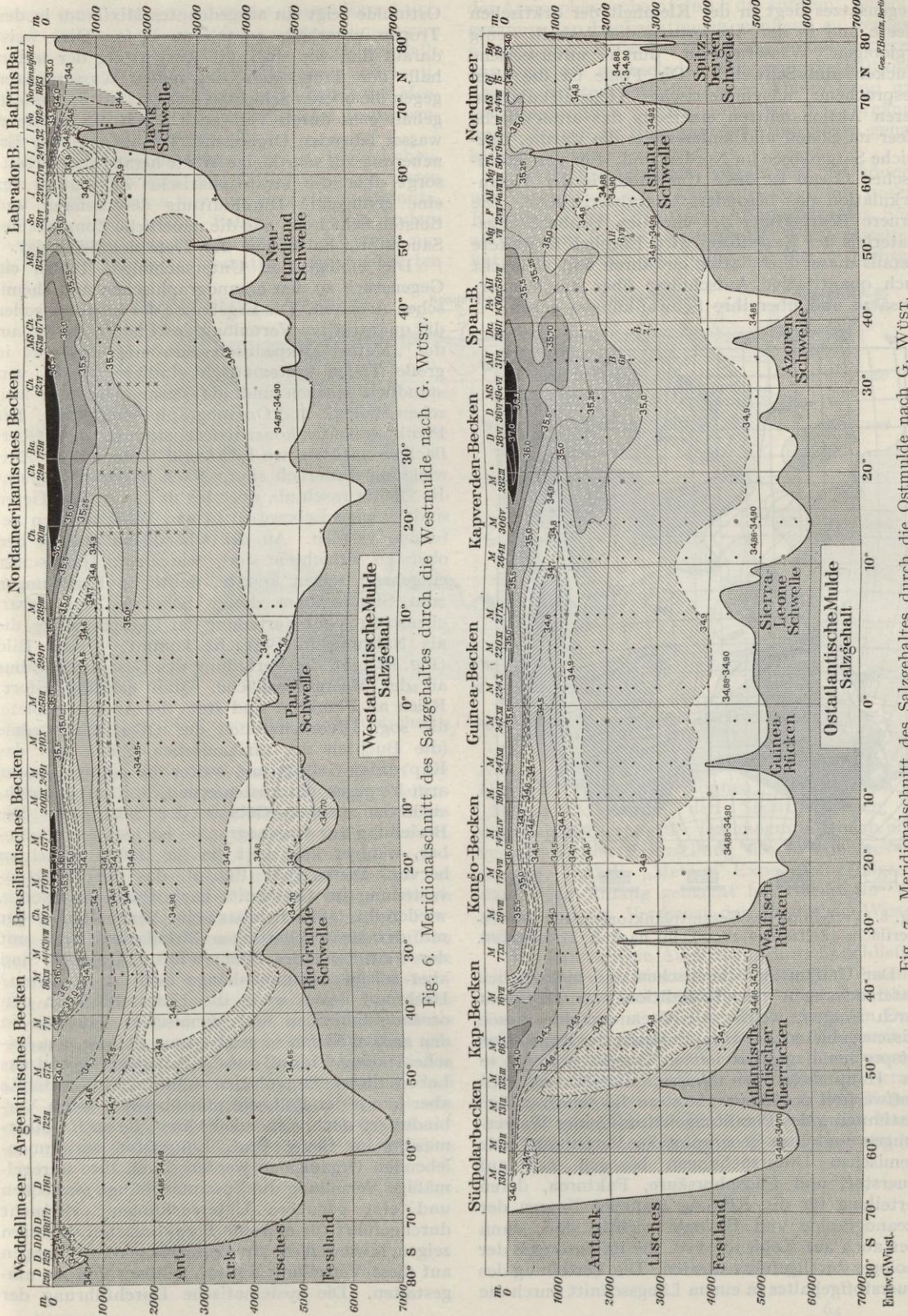


Fig. 7. Meridionalschnitt des Salzgehaltes durch die Ostmulde nach G. WÜST.

Gegensatzes liegt in der Kleinheit der arktischen Meere und in der Absperrung der deshalb wenig ergiebigen Wassermassen durch unterseeische Rücken und Schwellen. Die Folge ist die eben besprochene unsymmetrische Tiefenzirkulation, deren Aktionszentren einerseits das antarktische Meer im Süden und andererseits die warme, salzreiche Sargassosee im Norden sind. Für den Atlantischen Ozean ist diese Unsymmetrie der Tiefenzirkulation das besonders Charakteristische. Die fernere Bearbeitung des enormen Beobachtungsmaterials der Expedition wird Einblick in weitere Details dieser Zirkulation gewähren und vielleicht auch quantitative Aufschlüsse über die Wassersumsätze und über ihre Schwankungen geben.

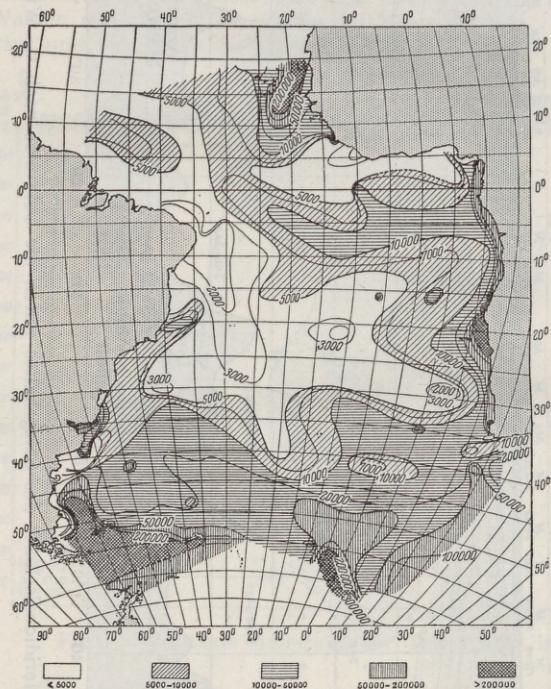


Fig. 8. Verteilung des Gesamtplanktons an der Meeresoberfläche (Zellzahlen 1000 ccm) nach E. HENTSCHEL.

Der Umfang der chemischen und biologischen Untersuchungen der Expedition war bestimmt durch Fragen, welche die Ozeanographie diesen Wissensgebieten, der Hauptaufgabe der Expedition entsprechend, gestellt hatte. Erstere betrafen in der Hauptsache den Wasserhaushalt und den Stoffwechsel des Meeres, letztere die zahlenmäßige Bestimmung des Planktongehaltes kleiner Wassermengen und ihre geographische Verteilung. Die chemischen Untersuchungen bezogen sich auf Sauerstoff und Phosphorsäure, Faktoren, deren Verteilung für die Klärung mancher Fragen der Ozeanographie und Biologie wichtig sind, dann aber auch auf Kohlendioxid, die im Interesse der Geologie durchgeführt wurden. Die Verteilung des Sauerstoffgehaltes in einem Längsschnitt durch die

Ostmulde zeigt ein ausgedehntes Minimum in den Tropen unterhalb 2–300 m Tiefe. Dies weist darauf hin, wie stark die Absperrung der unterhalb der Troposphäre lagernden Wassermassen gegen die oberen Schichten hier ist. Ihr Sauerstoffgehalt geht durch Verbrauch durch die im Meerwasser lebenden Organismen bei nur geringer Erneuerung auf sehr kleine Werte herab; andererseits sorgt aber die stratosphärische Zirkulation für eine genügende Durchlüftung der tieferen und tiefsten Schichten, wie die neuerliche Zunahme des Sauerstoffgehaltes mit der Tiefe deutlich zeigt.

Die biologischen Untersuchungen bilden ein Gegenstück zu den ozeanographischen und chemischen Arbeiten. Die Ergebnisse der letzteren sollen die quantitative Verteilung des Planktons, die auf der „Meteor“-Expedition zum erstenmal bis in große Tiefen systematisch studiert wurde, verständlich machen und die Zusammenhänge zwischen Biologie und Ozeanographie aufdecken. Die Planktondichte konzentriert sich in den Oberflächenschichten, wo Licht und Wärme ihrer Entwicklung förderlich sind. Nach unten hin nimmt die Dichte rasch ab, aber bis in die großen Tiefen sind kleinste Lebewesen in den Wasserproben gefunden worden. An der Oberfläche und in den obersten Schichten sind, wie Prof. HENTSCHEL eingehend zeigen konnte, deutliche Beziehungen zum Stromsystem dieser Schichten erkennbar, ebenso auch zur Verteilung der Phosphorsäure, die als Nahrung in Betracht kommt. Dieses Bild (Fig. 8) gibt die Verteilung des Gesamtplanktons an der Meeresoberfläche. Man erkennt sofort: Reich an Plankton sind stets die Auftriebgebiete, die sog. Divergenzonen der Oberflächenströme (die Buchten der afrikanischen Küste und das Kapverden-Gebiet) und weiter die polaren Meere, arm hingegen die küstenfernen, horizontal durchströmten warmen Gebiete der Subtropen. Die Beziehung zur Ozeanographie ist hier unverkennbar, weniger klar tritt sie für tiefere Schichten hervor. Dieses Bild (Fig. 9), das die Planktonverteilung im Ostsnitt nach Prof. HENTSCHEL wiedergibt, läßt scheinbar keine Verbindung weder mit der stratosphärischen Zirkulation, noch mit der Verteilung des Sauerstoffes erkennen. Sind aber solche Zusammenhänge auch zu erwarten? Doch nur dann, wenn die Unterschiede in den ozeanographischen und chemischen Faktoren in den großen Tiefen so groß wären, daß sie von entscheidendem Einfluß auf die Entwicklung und das Leben dieser Organismen wären. Dieses dürfte aber kaum der Fall sein und überdies, wenn Verbindungen auch vorhanden wären, die nach Völkermassen im Sinne Prof. LOHMANNS zusammenlebenden Organismen werden durch ihre unregelmäßige Verteilung die Zusammenhänge verdecken und erst genauere Untersuchungen, vielleicht durchgeführt für einzelne Planktonarten, könnten zeigen, inwieweit die stratosphärischen Strömungen auf diese Verteilung Einfluß nehmen und sie umgestalten. Die systematische Durchführung der

Planktonzählungen während der ganzen Expedition durch Professor HENTSCHEL — eine ungeheure Leistung an Ausdauer und Fleiß — hat jedenfalls gezeigt, wie die Biologie durch Übergang zu quantitativen Methoden zur Physik und Chemie des Meeres als gleichwertige meereskundliche Teilwissenschaft neu hinzutreten ist.

Neben diesen ozeanographischen, biologischen, geologisch-mineralogischen Untersuchungen, deren Hauptergebnisse ich hier nur kurz streifen konnte, sind auf der „Meteor“-Fahrt noch viele andere Beobachtungen gesammelt worden; ich kann nur auf die wichtigen, systematisch durchgeföhrten

der Atmosphäre scheint durch die auf dem „Meteor“ gesammelten Beobachtungen wankend zu werden; es muß ersetzt werden durch ein komplizierteres, das auch die wechselnden Witterungsverhältnisse unserer Breiten umfaßt. Deren Ablauf kann uns erst verständlich werden, wenn wir die Vorgänge in den Tropen, im Heizraum der Atmosphäre, genau kennen.

Überblicken wir zum Schluß alles, so können wir sagen, daß die „Meteor“-Expedition unsere Kenntnisse von Ozean und Atmosphäre des Südatlantischen in ganz wesentlicher Weise erweitert hat. Erst wenn man einmal alle Meere in ihrem

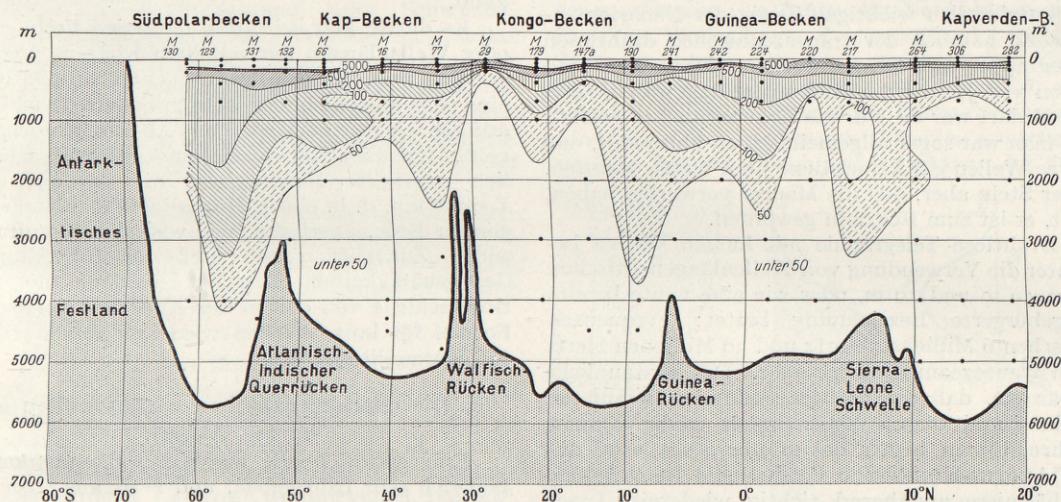


Fig. 9. Planktonverteilung im Ostschnitt (Zellzahlen 1000 ccm) nach E. HENTSCHEL.

Beobachtungen über Verdunstung und auf die zahlreichen, stereophotogrammetrischen Wellenaufnahmen, die sowohl praktisch wie auch theoretisch interessante Ergebnisse geliefert haben, hinweisen. Und ein großes Arbeitsfeld der „Meteor“-Expedition habe ich noch gar nicht erwähnt; es sind die meteorologischen Untersuchungen, durch die mittels Pilotballonaufstiege und mittels Drachenaufstiege vom fahrenden Schiff aus der Aufbau der Atmosphäre über dem Atlantischen Ozean systematisch erfaßt wurde. Prof. REGER, LINDBERG und Dr. KUHLBRODT von der Deutschen Seewarte haben diese Arbeiten ausgeführt und die Bearbeitung des einzig dastehenden Materials gibt Aufschluß über die wenigstens einigermaßen konstante Zirkulation der subtropischen und tropischen Teile der Atmosphäre über diesem Ozean. Das einfache Bild eines in sich geschlossenen Luftkreislaufes in diesen äquatornahen Teilen

Aufbau und in ihrer Zirkulation so deutlich und klar wird überschauen können, wie jetzt nach der „Meteor“-Expedition den Südatlantischen, ist die Hauptforderung der Ozeanographie nach einer systematischen Erforschung des Weltmeeres befriedigt. Daß die „Meteor“-Expedition erfolgreich damit den Anfang gemacht hat, bleibt ihr Verdienst und ein Verdienst der Deutschen Wissenschaft.

Ich kann meine Ausführungen nicht schließen, ohne der zwei Institutionen zu gedenken, denen in erster Linie diese bedeutsame wissenschaftliche Tat zu danken ist. Wir schulden ergebenen Dank der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, insbesondere ihrem Präsidenten, Exzellenz SCHMIDT-ORT, der stets wie ein Vater die Expedition betreut hat, und der Marineleitung, die durch diese Expedition die glänzende Tradition der Deutschen Marine in würdiger und erfolgreicher Weise fortgesetzt hat.

Transozeanische drahtlose Telegraphie mit kurzen Wellen.

Von H. RUKOP, Köln.

I. Entstehungsgeschichte der Kurzwellentechnik.

In der Technik geschieht es oft genug, daß eine Erscheinung oder Erfindung Jahrzehntelang unbunzt vegetiert, und daß sie dann schließlich durch Aufkommen neuer Hilfsmittel oder durch einen plötzlich eintretenden Bedarf zu großer Wichtigkeit gelangt. Oft ist es auch das allgemeingültige Trägheitsgesetz, das eine an sich längst „fällige“ Technik in der Einführung behindert. Wieder anders liegt es bei dem heute jüngsten, aber außerordentlich wichtigen Zweig der Nachrichtentechnik, nämlich der transozeanischen drahtlosen Telegraphie mit kurzen Wellen. Denn hier sind schon vor Jahren die Hilfsmittel dagewesen, auch der Bedarf war da, nur die Erkenntnis hat gefehlt. Ja, man war sogar allgemein davon überzeugt, daß kurze Wellen gar keine Aussichten bieten könnten. „Der Stein aber, den die Maurer verworfen haben, seht, er ist zum Eckstein geworden.“

Drahtlose Telegraphie mit kurzen Wellen bedeutet die Verwendung von Wellenlängen zwischen etwa 50 m und 10 m, oder wie eine heute bereits eingebürgerte Bezeichnung lautet: Frequenzen zwischen 6 Millionen Hertz und 30 Millionen Hertz zum transozeanischen Verkehr. Das Erstaunliche daran ist, daß die größten Reichweiten auf der Erde nur mit diesen Wellen erzielt werden können, während man bisher davon überzeugt war, daß die AUSTIN-KOHENSche Formel¹ die Reichweitenverhältnisse annähernd richtig wiedergibt, nach welcher zum Verkehr auf die größten auf der Erde möglichen Entferungen Wellen zwischen etwa 10000 m und 30000 m Länge, d. h. zwischen 30000 und 10000 Hertz nötig wären. Aus der genannten Formel ergäbe sich, daß auf Entferungen von beispielsweise 10000 km und darüber Wellen zwischen 50 m und 10 m Länge auch nicht eine Spur von feststellbarer Empfangsenergie geben könnten. In Wahrheit ist aber bei gewissen kurzen Wellen die Feldintensität auf die größten Entferungen etwa 10¹⁰⁰ mal so groß, als es die AUSTIN-KOHENSche Formel angibt, wie man es auch bis vor wenigen Jahren als wahr annahm. Dann aber entstand durch die Zufälligkeit, daß in den Vereinigten Staaten den Amateuren auf ihr Verlangen nach Sendewellen nur diese allerkürzesten, so eigentlich der Ausschuß und Abfall in der drahtlosen Telegraphie, zugewiesen werden konnten, die heute so ungeheuer wichtige Entdeckung. Denn es zeigte sich, daß man mit wenigen Watt Sendeleistung Reichweiten von Amerika bis Europa erzielen konnte, d. h. von 5000—6000 km, ein Ergebnis, das früher mit keiner anderen Welle auch nur anähernd zu erreichen war. Da zu damaliger Zeit

die größten Sendestationen der Welt die notwendigen Distanzen von über 10000 km nicht mit Sicherheit bezwingen konnten, sondern nur gelegentlich an guten Tagen ein paar Stunden Verkehr erzielten, stürzte sich die Hochfrequenztechnik mit der ungeheuren Intensität, die sie sich in den letzten Jahrzehnten angewöhnt hatte, auf das neue Kurzwellenphänomen. Eine Folge dieser Entstehungsgeschichte ist, daß man einen eigentlichen Entdecker des Phänomens nicht angeben kann.

Es dürfte klar sein, daß derartige Frequenzen oder Wellenlängen nur mit dem Röhrensender zu erzielen sind, und in der Tat entstand hierdurch eine neue Epoche in der Röhrensenderentwicklung, auf die ich in einem späteren Abschnitt noch eingehen. Der Bau von Spezialsendern ergab schließlich unerhörte Reichweiten, die bis auf etwa 100000 km, d. h. eine mehrmalige Umkreisung der ganzen Erde, anstiegen, wie weiter unten gezeigt wird. Zunächst sollen hier die interessanten Gesetzmäßigkeiten dargelegt werden, die zum Unterschiede von den in der AUSTIN-KOHENSchen Formel für lange Wellen wiedergegebenen Daten für Kurzwellen gelten.

II. Die charakteristischen Eigenschaften der kurzen Wellen.

Eine erste Theorie des Kurzwellenphänomens ließ sich sehr bald geben, und zwar aus einer Erscheinung, die nur die kurzen Wellen zeigen, nämlich die der „toten Zone“. Diese Bezeichnung röhrt daher, daß bei Wellen unter ca. 40 m die Feldintensität, die mit zunehmender Entfernung von der Sendeantenne zunächst erheblich sinkt, in größerer Entfernung plötzlich wieder ansteigt und über eine weite Strecke hin relativ konstant bleibt. In der Zwischenzone schwindet meistens der Empfang so vollständig, daß man von einer „toten Zone“ sprechen kann. Für das Wiederauftreten größerer Empfangsintensität in größerer Entfernung gibt es eigentlich nur eine plausible Erklärung, nämlich die Rückkehr der Strahlungsenergie aus den oberen atmosphärischen Schichten. Diese Theorie konnte sich deswegen schnell bilden und Fuß fassen, weil in Fachkreisen von jeher die Hypothese von O. HEAVISIDE² bekannt war, nach welcher sich in der oberen Atmosphäre eine Schicht merklicher Leitfähigkeit infolge Ionisation befinden und eine Reflexion der aufsteigenden Wellenstrahlen zurück nach der Erdoberfläche bewirktställigen soll. In der Tat hatte man an die Heavisideschicht immer geglaubt, weil auf der Erde im allgemeinen die Empfangsintensität auch für lange Wellen bedeutend größer ist, als sie sich aus der Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen längs der gekrümmten Erdoberfläche ohne

¹ Siehe Lehrbücher der drahtlosen Telegraphie, z. B. J. ZENNECK und H. RUKOP. Stuttgart: Verlag Ferd. Enke; auch A. SACKLOWSKI, Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen. Berlin: Verlag Weidmann.

² O. HEAVISIDE, s. bei: G. J. ELIAS, ENT. 2, 351 (1925).

Berücksichtigung der Atmosphäre errechnen lässt. Insbesondere hatte auch in den letzten Jahren die Reichweite der Rundfunksender bei Wellen von einigen hundert Metern Länge Einzelheiten gezeigt, die die Existenz der Heavisideschicht wahrscheinlich machten.

Eine andere auffallende Eigenschaft der kurzen Wellen fand sich bald, nämlich die Notwendigkeit verschiedener Wellenlängen für den Tages- und den Nachtverkehr, die man im Langwellenbetrieb nicht kannte. Die günstigsten Tageswellen ergaben sich als erheblich kürzer als die Nachtwellen, und zwar etwa im Verhältnis 1 : 2.

Eine dritte Erscheinung, „der Schwund“, englisch „Fading“, d. h. die außerordentlich starke, mehr oder weniger regelmäßige Schwankung der Empfangsintensität innerhalb kurzer Zeiten, Minuten und sogar Sekunden, ist zwar auffallend, aber weniger kennzeichnend, da sie auch bei längeren Wellen, insbesondere Rundfunkwellen, häufig vorkommt.

Auf diesen Erscheinungen ließ sich, wie gesagt, zwar leicht eine grobe Theorie aufbauen, aber es bedurfte eingehender mathematischer Behandlung, um die Vorgänge annähernd quantitativ klarzustellen.

III. Theorie des Kurzwellenphänomens.

Über die ersten Theorien und Ergebnisse habe ich bereits im Jahre 1925 berichtet³. Es sind hier zu erwähnen die älteren Arbeiten von W. H. ECCLES und von J. SALPETER⁴. Eine speziellere Behandlung geschah durch J. LARMOR⁵, weitere von H. LASSEN⁶, ferner von W. G. BAKER und C. W. RICE⁷. Eine wirklich geschlossene und eingehende Theorie des Kurzwellenphänomens, die außerordentlich befriedigende und mit allen bisher experimentell gefundenen Erscheinungen harmonierende Erklärungen gab, ist die von H. LASSEN⁶ und K. FÖRSTERLING⁸. An diese anschließend will ich das Kurzwellenphänomen jetzt darlegen.

A. Die elektromagnetische Ausbreitung in einem leitenden Medium.

Die Anwendung der elektromagnetischen Ausbreitungsgleichungen auf die atmosphärische Hülle der Erde unter Berücksichtigung der Zusammensetzung, des Druckes, der Temperatur und der Ionisation (vom Einfluß des Magnetfeldes der Erde wird später gesprochen), muß für die verschiedenen Wellenlängen den exakten Strahlengang liefern. Die Richtigkeit der Resultate hängt ab von der Richtigkeit der Annahmen, die man über die

Daten der oberen Atmosphäre machen kann. Die hier interessierende Größe ist insbesondere die Leitfähigkeit.

Für eine solche gibt es zwei mögliche Ursachen, nämlich einmal die Ionisation durch die Absorption des kurzweligen Sonnenlichtes und zweitens die aus den Sonnenflecken einwandernden Elektronen. Während die zweite Ursache einen absolut unsicheren Beitrag liefert, läßt sich die erste mit einiger Sicherheit abschätzen, zumal hier Meßresultate zu Hilfe kommen. Die Absorption des ultravioletten Lichtes in Gasen ist von P. LENARD und C. RAMSAUER⁹ untersucht worden. Auch ohne genaue Angabe von Zahlen für die Absorption der einzelnen Wellenlängen der ionisierend wirksamen Sonnenstrahlung in den verschiedenen Gasen ergibt sich notwendigerweise, daß innerhalb einer Schicht von vielen Kilometern Dicke die genannte Absorption der wirksamen Strahlen stattfinden muß, so daß die Strahlungsintensität in der Senk-

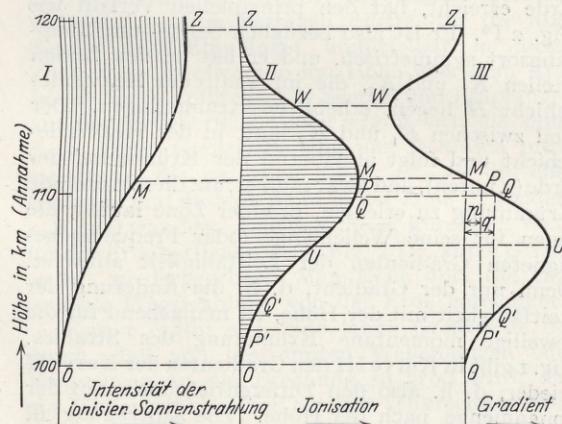


Fig. 1. Daten der Heavisideschicht (Annahmen).

rechten zur Erdoberfläche betrachtet etwa den Verlauf wie Fig. 1 Kurve I haben dürfte*. Daher hat die Heavisideschicht, ebenso betrachtet (s. Fig. 1 Kurve II) eine von Null an (Punkt O) stetig ansteigende, dann durch ein Maximum M gehende und oben bei Z wieder auf Null fallende Leitfähigkeit, wenngleich wir die Höhe, Dicke und Konzentration der Schicht nicht ohne weiteres zahlenmäßig angeben können. Die Ausbreitungs-vorgänge lassen sich dann folgendermaßen erklären.

Durch die Leitfähigkeit ergibt sich einerseits eine geänderte Fortpflanzungsgeschwindigkeit, andererseits eine Absorption. In der Theorie der elektromagnetischen Ausbreitung wird dies durch den komplexen Brechungsindex wiedergegeben.

³ H. RUKOP, Telefunken-Ztg. 24, 50 (1926).

⁴ W. H. ECCLES, J. SALPETER, Zit. in Abh. ³.

⁵ J. LARMOR, Phil. Mag. **48**, 1025 (1924); Jahrb. d. drahl. Telegr. **25**, 141 (1925).

⁶ H. LASSEN, Jahrb. d. drahtl. Telegr. 28, 109 (1926); ENT. 4, 175 (1927); 5, 324 (1927).

7 W. G. BAKER und C. W. RICE, Journ. Amer. Inst. Elektr. Eng. 45, 535 (1926).

⁸ K. FÖRSTERLING, ENT. 5 (1928).

K. FORSTERLING, ENT. 3 (1928).

⁹ P. LENARD und C. RAMSAUER, Ber. d. Heidelberger Akad. 1900—1911.

* Die in Fig. 1 angegebenen Kilometerzahlen für die Höhe sind Annahmen und brauchen zunächst nicht als begründet angesehen zu werden. Eine Diskussion dieser Zahlen siehe in Kapitel III, F und G.

Für die Fortpflanzung und Brechung, d. h. den reellen Teil des Index, ist hauptsächlich das Folgen der Ionen im elektrischen Wechselfeld maßgebend, für die Absorption, d. h. den imaginären Teil, die Zusammenstöße der Ionen mit den neutralen Molekülen. Es existieren also sozusagen eine verlustfreie und eine verlustreiche Leitfähigkeit nebeneinander. Eine erhöhte Leitfähigkeit verursacht einen verkleinerten Brechungsindex und dadurch eine vergrößerte Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Hieraus folgt, daß bei schiefem Eintritt in die Heavisideschicht eine stetige Brechung des Strahles und dadurch eine Krümmung seines Weges entsteht, und zwar ist dieser Einfluß am kleinsten bei den kürzesten Wellen und nimmt mit der Wellenlänge zu.

B. Die Wege der Strahlen großer Reichweite.

Im einzelnen ergibt sich folgender Strahlengang. Ein Wellenstrahl, der eine große Reichweite auf der Erde erreicht, hat den prinzipiellen Verlauf wie Fig. 2 I*. Er ist also bezüglich Sende- und Empfangsort symmetrisch, und er hat an den beiden Stellen K_1 und K_2 , die innerhalb der Heavisideschicht H liegen, erhebliche Krümmungen. Der Teil zwischen K_1 und K_2 läuft in der Heavisideschicht und folgt annähernd der Krümmung der Erde (s. unten), und zwar muß er, um diese dauernde Krümmung zu erleiden, in einer Zone laufen, die einen für seine Wellenlänge (oder Frequenz) geeigneten Gradienten der Leitfähigkeit aufweist. Denn nur der Gradient, d. h. die Änderung der Leitfähigkeit mit der Höhe, ist maßgebend für die jeweilige momentane Krümmung des Strahles. Fig. 1 gibt in Kurve III den Gradienten der Kurve II wieder, d. h. also den Differentialquotienten der Ionenmenge nach der Höhe. Die Auftragung in Kurve III nach rechts von der Mittellinie (O bis M) soll einen Anstieg der Ionendichte (OM in II) darstellen, die Auftragung nach links (MZ) in Kurve III den Abfall MZ in Kurve II. Bei M verläuft die Ionendichte mit der Höhe konstant, daher geht der Gradient dort (M in III) durch Null hindurch. Maxima des Gradienten treten in U und W auf, in U ein solches der Zunahme, in W ein solches der Abnahme. Da nun der Wellenstrahl immer nach abwärts gekrümmt werden muß, um große Reichweiten auf der Erde zu ergeben (s. Fig. 2 I), darf er sich nur in den Zonen mit ansteigendem Gradienten, d. h. zwischen O und M , bewegen, er darf aber die Höhe M nicht ganz erreichen, da er von hier ab nach aufwärts gekrümmt würde und aus der Erdsphäre entwiche. Innerhalb O bis M müßte er sich nun in einer Zone bewegen, die den für ihn geeigneten Gradienten hat. Ist hierzu z. B. der Gradient p erforderlich, so sieht man, daß der Strahl sowohl in der Zone P sowie auch in der Zone P' laufen könnte. Allerdings ist leicht zu beweisen, daß dies

nur in der Zone P möglich ist. Damit nämlich der Strahl in einer Zone der Erdkrümmung entlang laufen kann, muß er vorher, weil er ja von der Erdoberfläche kommt, eine größere Krümmung (K_1 in Fig. 2 I) durchgemacht haben, d. h. durch eine Zone von größerem Gradienten gegangen sein. Dies ist aber nur für P erfüllt, wo der Strahl vorher die Zone U durchdringt, nicht aber für P' . Daher liegen die Zonen, in denen die großen Entfernung zurückgelegt werden, sämtlich zwischen U und M . Hier muß aber betont werden, daß ein solcher Wellenstrahl großer Reichweite auf seinem Wege innerhalb der Heavisideschicht niemals deren Niveauplatten genau parallel, d. h. nicht streng in einer Zone von gleichem Gradienten laufen kann, weil er dann nämlich nie die Krümmungen K_1 und K_2 , Fig. 2 I, erleiden würde. Vielmehr muß der Strahl in der Mitte seines Weges ein Höhenmaximum erreichen (R in Fig. 2 I), in dem nach R. GANS¹⁰ Totalreflexion eintritt. In der ganzen ersten

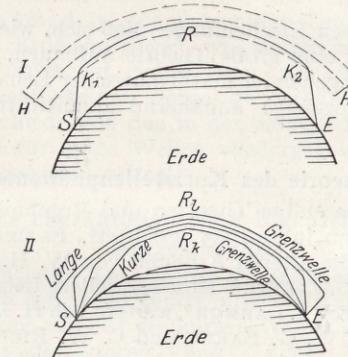


Fig. 2. Prinzipieller Strahlengang.

Hälfte des Weges in der Heavisideschicht ($K_1 R$) verläuft der Strahl ansteigend, wenn auch sehr schwach, in der zweiten Hälfte ($R K_2$) ebenso abfallend. In diesem Sinne ist also die Darstellung des vorigen Abschnittes zu verstehen, und es ergibt sich daraus, daß der Strahl nicht genau in der Zone läuft, die ihn parallel zur Erdoberfläche krümmen könnte, sondern ein wenig niedriger, so daß er ein wenig stärker gekrümmt wird.

Um die Reichweitenverhältnisse richtig zu verstehen, muß man auch diejenigen Strahlen mit betrachten, die, von demselben Punkte auf der Erde ausgehend, an verschiedenen Punkten großer Reichweite auf die Erde zurückkommen. Von jeder Wellenlänge ist nämlich nicht nur ein mathematischer Strahl, sondern ein physikalischer Wellenstrahl gewisser kleiner Winkelbreite fähig, längere Wege in der Heavisideschicht zurückzulegen, d. h. große Reichweiten zu ergeben. Die in verschiedenen Entfernung auf die Erdoberfläche herunterkommenden Wellen, beispielsweise in 5000 km, 10000 km, 15000 km, 20000 km usw. Entfernung, müssen sogar etwas verschieden vom Sender ab-

* Die Fig. 2, 3, 4, 5 geben die Strahlenwege nur qualitativ richtig wieder, da sowohl die Höhe wie besonders die Dicke der Heavisideschicht im Verhältnis zum Erdradius übertrieben gezeichnet sind.

¹⁰ R. GANS, Ann. Physik 47, 709 (1915).

gestrahlten werden, und zwar etwa wie es Fig. 3 zeigt. Die dort gezeichneten, von S ausgehenden Strahlen 1–5 steigen jeweils bis zu den Mitten ihrer Wege M_1, M_2 usw. an, von da an gehen sie wieder abwärts. Der Strahl größerer Reichweite steigt über den geringerer empor (s. M_3, M_4, M_5). Wie schon gesagt, sind die Winkel und Höhen in Fig. 3 stark übertrieben; in Wahrheit spielt sich alles dies in einer sehr schmalen Zone ab.

Betrachtet man die Strahlenwege großer Reichweiten für verschiedene Wellenlängen, so ist zu bedenken, daß derselbe Gradient den Weg einer kürzeren Welle, also höheren Frequenz, weniger krümmt als den einer längeren, so daß eine kürzere Welle eine Zone von größerem Gradienten verlangt als eine längere Welle. Demnach würde eine kürzere Welle, die beispielsweise den Gradienten q braucht, in Q laufen müssen (nicht in Q' , s. oben). Die Wege der längeren Wellen liegen also über denen der kürzeren, wie es Fig. 2 II zeigt.

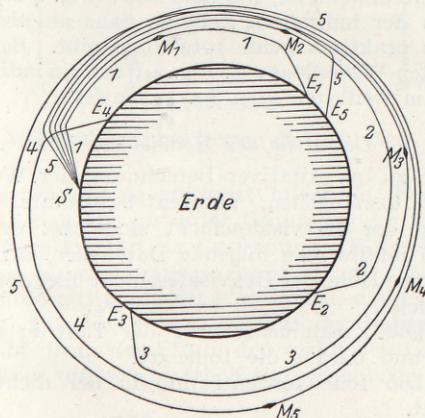


Fig. 3. Gang der Strahlen verschiedener großer Reichweiten derselben Wellenlänge.

C. Die Grenzwellen.

Hier kommen wir zu einem neuen Problem, nämlich den „Grenzwellen“. Es gibt nur einen schmalen Bereich wirksamer Wellen. Deren Strahlenwege, sämtlich zwischen den beiden gleichen Punkten auf der Erdoberfläche S und E gedacht, liegen, wie es Fig. 2 II zeigt. Die Frage der Grenzwellen ist eng verbunden mit der des Einfallswinkels in die Heavisideschicht und demnach dem Winkel der Abstrahlung von der Erde. Daraus nämlich, daß jeder Strahl in einer vorgegebenen Zone etwa streifend verlaufen muß, beispielsweise in Q in Fig. 1 III, und daß er infolgedessen die darunterliegenden Zonen O bis Q durchquert haben muß, ergibt sich eindeutig ein notwendiger Einfallsinkel in die Heavisideschicht, der infolge der mit der Wellenlänge ansteigenden Krümmung bei den längsten Wellen einen fast senkrechten Einfall in die Heavisideschicht, bei den kürzesten einen möglichst streifenden erfordert. Aus diesen Bedingungen ergeben sich je eine kurze und eine lange Grenzwelle. Die kurze Grenzwelle ist dadurch ge-

geben, daß bei höheren Frequenzen selbst bei flachster Ab- und Einstrahlung keine genügende Krümmung mehr erzielt wird, um die Zone mit dem erforderlichen Gradienten streifend zu erreichen. Man kann nun die Wellen von der Erdoberfläche horizontal abstrahlen lassen. Es ist aber nicht möglich, von der Erdoberfläche aus tangential in die Heavisideschicht einzustrahlen, da sie ja etwa 100 km über der Erdoberfläche liegt. Die größtmögliche Annäherung an den streifenden Eintritt ist ein Winkel von etwa 10° (d. h. Einfallsinkel gegen das Lot etwa 80°).

Wollte man mit geringeren Krümmungen als 10° , also größerem Einfallsinkel als 80° in die Heavisideschicht eindringen, so müßte man den Sender in immer größere Höhen bringen und ebenso natürlich den Empfänger, da ja der Strahlenweg symmetrisch ist. Dann käme man zu der idealen kurzen Grenzwelle, die sich in der Zone U noch fortpflanzen könnte, die nach Überschlag der uns bekannten Daten über die Heavisideschicht vielleicht 3–4 m betragen dürfte, für die aber Sender und Empfänger unmittelbar in dieser Zone, d. h. in etwa 100 km Höhe über dem Erdboden liegen müßten. Für Senden und Empfangen auf der Erdoberfläche aber ergibt sich die *praktische* kurze Grenzwelle, die uns technisch interessierende, die natürlich länger ist, als die eben genannte und deshalb nicht in der Zone U , sondern z. B. in Q wandert. Der Weg dieser kürzesten Welle für die Erdoberfläche ist in Fig. 2 II „kurze Grenzwelle“ wiedergegeben. Man sieht dort die tangentiale Wegstrahlung von der Erde gezeichnet.

Ferner ergibt sich eine lange Grenzwelle dadurch, daß von bestimmten Wellenlängen oder Frequenzen an die Brechung so groß wird, daß ein Wellenstrahl selbst bei fast senkrechtem Eintritt in die Heavisideschicht zu stark gebrochen wird, um seine Zone, beispielsweise P , zu erreichen. Er wird vielmehr vorzeitig zur Erde zurückgekrümmt. Der Strahl der Welle, die bei fast senkrecht Einfall ihre Zone eben noch erreichen kann, ist in Fig. 2 II mit „lange Grenzwelle“ bezeichnet. Die zwischen den beiden Grenzwellen liegenden Sendewellen erfordern, wie Fig. 2 II zeigt, mittlere, also schiefe Ausstrahlwinkel von der Erdoberfläche.

D. Gesamter Strahlengang.

Von jeder Wellenlänge gehen normalerweise am Sender Strahlen in jeder Richtung aus, und es ist besonders lehrreich, nicht nur das schmale zur großen Reichweite geeignete Bündel zu betrachten, sondern auch die Wege der übrigen Strahlen zwischen den Ausstrahlungswinkeln 0° und 90° . Hier können wir die drei obengenannten Fälle unterscheiden, nämlich erstens die kurze Grenzwelle, zweitens die lange Grenzwelle, drittens die mittleren Wellen. Bei der kürzesten Welle, also der höchsten Frequenz, ist die Konfiguration der Strahlen die der Fig. 4 I, d. h. der wagerecht ausgestrahlte (1) kann gerade noch in der Heaviside-

schicht einen langen Weg zurücklegen, die steiler ausgestrahlten (2, 3, 4, 5 usw.) erhalten aber keine genügende Krümmung, durchdringen daher die Heavisideschicht und sind für die Erde verloren.

Für den Wellenstrahl an der äußersten langwelligen Grenze ergibt sich, wie oben gesagt, die Bedingung eines fast senkrechten Einfalles in die Heavisideschicht (s. 10 in Fig. 4 II). Die Wellenstrahlen, die weniger senkrecht einfallen (1—9), werden dann vorzeitig zur Erde zurückgeworfen und können keine langen Wege machen. Interessant ist das Bild für eine mittlere Wellenlänge. Es ergibt sich da nämlich auch ein mittlerer Winkel für die Ausstrahlung des wirksamen Bündels als notwendig (s. 7 in Fig. 4 III). Die steiler ausgesandten Strahlen (8—10) gehen dann, wie bei

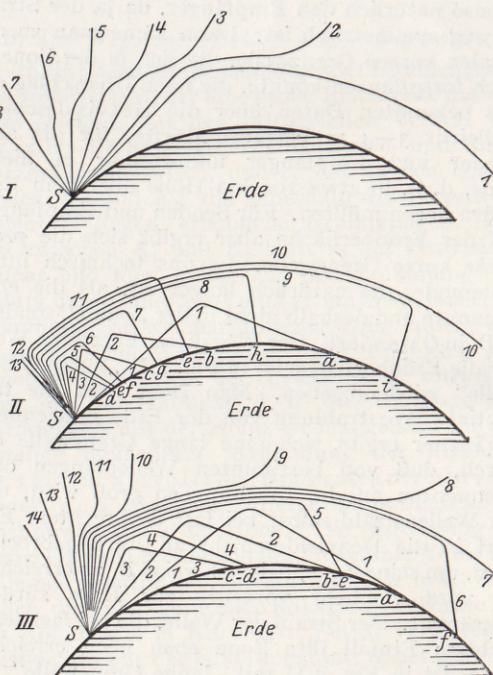


Fig. 4. Strahlengang der Grenzwellen und einer mittleren Welle.

den kürzesten Wellen, durch Durchdringung der Heavisideschicht verloren, während die schräger ausgestrahlten Bündel (1—6) vorzeitig zur Erde zurückkehren.

E. Die indirekte Zone und die „tote Zone“.

Eine interessante Erscheinung ist die Lage der Auftreffpunkte der eben genannten Strahlen. Es gibt für jede Wellenlänge eine bestimmte Entfernung vom Sender, unterhalb deren Wellenstrahlen von der Heavisideschicht nicht auftreffen. Verfolgt man die Fußpunkte der rückkehrenden Strahlen, so sieht man, daß der am schrägsten, also parallel zur Erdoberfläche ausgestrahlte, in erheblicher Entfernung (a in Fig. 4 III) zurückkehrt. Die nächststeileren Strahlen treffen dann auf der

Strecke *a*, *b*, *c* auf, d. h. näher an den Sender heran. Bei *c* tritt eine Umkehr ein, und die Auftreffpunkte der nächststeileren Strahlen entfernen sich wieder vom Sender, sie liegen auf der Strecke *c*, *d*, *e*, *f* und gehen nun in das Bündel der großen Reichweiten über. Die Strecke *Sc* dagegen ist von zurückkehrenden Wellen frei. Diese Tatsache, die zuerst experimentell aufgefunden ist, hat zu der Bezeichnung „die tote Zone“ für *Sc* geführt. Korrekter würde man hier sagen: *c* ist der Beginn der indirekten Zone, denn genau betrachtet hat man innerhalb der Zone *Sc* auch eine gewisse, wenn auch schwache Strahlungsenergie¹¹, die einerseits von der direkten Strahlung der Antenne längs der Erdoberfläche herrührt, andererseits von der allerdings schwachen Reflexion zweiten Grades¹², welche die steilen, die Heavisideschicht durchdringenden Strahlen erleiden. Jedoch ist in der indirekten Zone *c*, *d*, *e*, *f*, *g* usw. die Empfangsfeldstärke ganz bedeutend größer als zwischen *S* und *c*. Für die lange Grenzwelle ist, wie man sieht (Fig. 4 II), der Beginn der indirekten Zone so nahe am Sender, daß es praktisch keine tote Zone gibt. Bei der kürzesten Wellenlänge (s. Fig. 4 I) ist die indirekte Zone am weitesten vom Sender entfernt.

F. Die Höhe der Heavisideschicht.

Um zu quantitativer Berechnung der Wellenlängen überzugehen, müßten bestimmte Konstanten der Heavisideschicht eingesetzt werden. Hierzu müßte man folgende Daten kennen:

1. Die Höhe der Heavisideschicht über der Erdoberfläche.
2. Die Zusammensetzung der Luft in dieser Höhe und daraus die Ionenart.
3. Die Ionenkonzentration in der dichtesten Schicht.
4. Die Anlagerungs- und Wiedervereinigungs- konstanten, d. h. den Wechsel der Ionendichte zwischen größter Konzentration (Tageslicht) und niedrigster (Nacht).

Die ungefähre Höhe der Heavisideschicht läßt sich aus zahlreichen Einzelheiten angeben. Hier- nach kommt man zu einer Lage der Heavisideschicht in etwa 100 km Höhe und darüber. Diese Annahme wird gestützt durch mancherlei experimentelle Untersuchungen. Ein guter Anhalts- punkt für die Höhe der Heavisideschicht ist der in der Praxis beobachtbare größte Wert des Beginns der indirekten Zone, der einen Gang mit der Wellenlänge zeigt, wie er insbesondere von A. H. TAYLOR und E. O. HULBURT¹³ gefunden worden ist (s. Fig. 5). Der Beginn der indirekten Zone ist von kleinsten Werten an (indirekte Strahlung von oben wurde von G. BREIT und M. A. TUVE¹⁴ schon bei 20 km

¹¹ S. hierzu: H. FASSBENDER, K. KRÜGER, H. PLENDL, Naturwiss. 15, 357 (1927); H. PLENDL, Z. Tech. Phys. 8, 456 (1927).

¹² S. hierzu: H. SELIGER, Physik. Z. 5, 237 (1904).

¹³ A. H. TAYLOR und E. O. HULBURT, Physic. Rev. 27, 189 (1926).

¹⁴ G. BREIT und M. A. TUVE, Physic. Rev. 28, 554 (1926).

Entfernung festgestellt) beim Übergang zu kürzeren Wellen bis kurz über 2000 km verfolgbar, sagen wir rund bis 2500 km. Von da an springt er ziemlich unvermittelt ins Unendliche, d. h. noch kürzere Wellen geben überhaupt keinen Empfang mehr. Nun läßt sich nach Fig. 4 erwarten, daß der Beginn der indirekten Zone nach kürzesten Wellen hin eine einfache Gesetzmäßigkeit zeigt, bis der ausgesendete und der reflektierte Strahl schließlich parallel zur Erdoberfläche gehen und daher zwei sich in der Heavisideschicht schneidende Tangenten

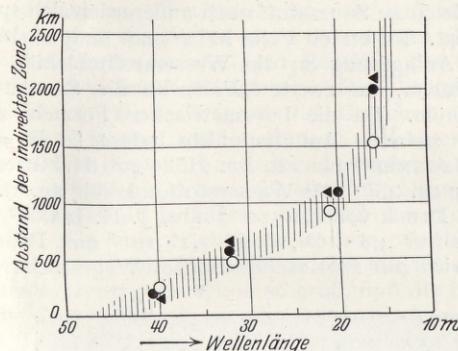


Fig. 5. Meßresultate über Beginn der indirekten Zone.

an dem Erdkugelquerschnitt bilden (s. Fig. 6). Rechnet man hieraus unter Benutzung der Werte 2000–2500 km für die Entfernung SE die Höhe der Heavisideschicht aus, so ergibt sich etwa 100 km. Man würde nicht unbedingt erwarten, daß es eine so deutliche Grenze des Beginns der indirekten Zone gibt, denn der Strahl der wirklichen Grenzwellenlänge müßte eigentlich eine erhebliche Ent-

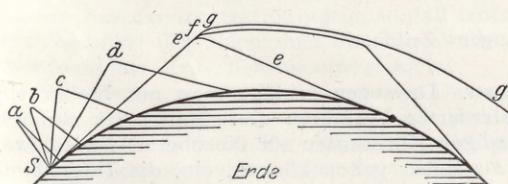


Fig. 6. Indirekte Zone bei verschiedenen Wellenlängen.

fernung in der Heavisideschicht zurücklegen, ehe er auf die Erde kommt. Offenbar entzieht sich aber dies der Beobachtung, weil der Wellenlängenunterschied zwischen einem Strahl, der bei wägerichtiger Ausstrahlung vom Sender gerade eben noch unmittelbar reflektiert wird, und einem solchen, der bei wagerechter Ausstrahlung schon die Heavisideschicht durchstößt, so gering ist, daß die Wahrscheinlichkeit, eine Wellenlänge zu treffen, bei der keine unmittelbare Reflexion mehr, dagegen noch ein weiter Weg in der Heavisideschicht und dann Rückkehr zur Erde erfolgt, sehr gering ist.

Es sind aber auch näherliegende Aussagen für die Höhe der Heavisideschicht aus speziell zu diesen Zwecken veranstalteten Messungen gefunden worden, und zwar von E. V. APPLETON und

M. A. F. BARNETT¹⁵, ferner von G. BREIT und M. A. TUVE¹⁴, R. BOWN, D. L. K. MARTIN und R. K. POTTER, E. V. APPLETON und I. A. RATCLIFFE, R. L. SMITH-ROSE und R. H. BARFIELD, O. DAHL und L. A. GEBHARD¹⁶. Die erstgenannten¹⁵ benutzten eine Interferenzstreifenmethode bei geänderter Wellenlänge. Die Versuchsanordnung aller übrigen¹⁶ war ungefähr die gleiche. Von einem Sender wurden schmale kurze Impulse von Wellenlängen zwischen 50 und einigen hundert Metern ausgesandt, und in kurzer Entfernung wurde das Eintreffen der Impulssignale mit dem Oszillographen aufgenommen. Hierbei ergaben sich an Stelle eines Impulses (s. Fig. 7 I) meist zwei kurz aufeinander folgende auf dem Oszillographenstreifen (Fig. 7 II), und zwar röhrt der zuerst eintreffende von der Oberflächenwelle her, der zweite von der aus der oberen Schicht zurückkehrenden. Aus dem Zeitunterschied des Auftreffens der beiden Impulse läßt sich die Höhe der Reflexionsschicht anscheinend leicht ableiten. Bei diesen Messungen werden schwankende Höhen gefunden, und zwar im allgemeinen etwa 100 km mit Schwankungen zwischen etwa

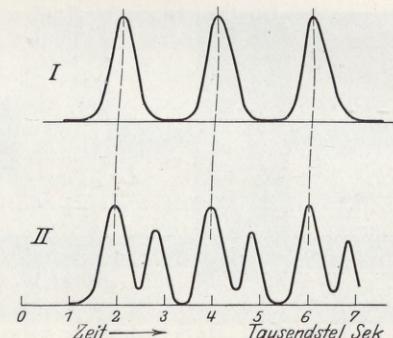


Fig. 7. Direkt und indirekt empfangene Zeiten.

80 km und 200 km. Bei einigen Messungen glaubte man sogar kurz vor Sonnenaufgang ein Hochgehen der Heavisideschicht bis auf 600 km feststellen zu können. Hier sind jedoch Ungenauigkeiten möglich, und zwar wegen der verkleinerten Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Reflexionsschicht, die zu groÙe Werte für die Höhe der Heavisideschicht finden läßt.

Auch aus einer anderen sehr interessanten Erscheinung lassen sich Schlüsse über die Lage der Heavisideschicht ziehen. Fig. 8 zeigt eine Signalaufnahme der Transradio-Gesellschaft¹⁷ in Nauen-Geltow von einer aus Rio de Janeiro mit 15 m

¹⁵ E. V. APPLETON und M. A. F. BARNETT, Nature 115, 333 (1925).

¹⁶ R. BOWN, D. L. K. MARTIN und R. K. POTTER, Proc. Inst. Rad. Eng. 14, 57 (1926); Bell. Syst. Tech. Journ. 5, 143 (1926); E. V. APPLETON und J. A. RATCLIFFE, Proc. Roy. Soc. Lond. 115, 304 (1927); R. L. SMITH-ROSE und R. H. BARFIELD, Proc. Roy. Soc. Lond. 116, 692 (1927); O. DAHL und L. A. GEBHARD, Proc. Inst. Rad. Eng. 16, 290 (1928).

¹⁷ Siehe A. QUÄCK, Jahrb. d. drahtl. Telegr. 28, 177 (1926); ENT. 4, 74 (1927).

Wellenlänge gesendeten Zeichengruppe, die dreifach empfangen wurde, und zwar sieht man dort unter anderem:

1 und I) normale indirekte Zeichen (etwa 10000 km Entfernung);

2 und II) dieselben Zeichen nach einer einmaligen Umkreisung der Erde (etwa 50000 km);

3 und III) dieselben Zeichen nach einer doppelten Umkreisung der Erde (etwa 90000 km).

Aus der Zeit, die zu einer vollkommenen Umkreisung gebraucht wird (in Fig. 8 ist $t = 0,1375$), ließe sich die Höhe der Heavisideschicht berechnen. Hier darf man aber nicht die normale Fortpflanzungsgeschwindigkeit in verdünnter Luft, noch die sich aus dem komplexen Brechungsindex ergebende Phasengeschwindigkeit einsetzen, sondern die sog. „Signalgeschwindigkeit“ (P. DRUDE, A. SOMMERFELD¹⁸), die unter den vorliegenden Ionisationsdaten etwa $0,98 \cdot 3 \cdot 10^{10}$ cm für die Tageswelle in der Tageszone betragen dürfte. Leider wäre zu quantitativen Bestimmungen der Höhe eine sehr hohe Genauigkeit in den Konstanten

tronen aber keine lange Lebensdauer im freien Zustande, sondern lagern sich bald an neutrale Moleküle an. Ob die Elektronen dies nun wirklich tun und von welcher Art die Moleküle sind, darüber besteht große Unsicherheit. Die Anlagerungsaffinität ist bekanntlich sehr groß bei Sauerstoffmolekülen, gering bei Stickstoffmolekülen, mittelmäßig bei Wasserstoff. Es ist nun unbestimmt, ob man es in dieser Höhe, wie meist angegeben, mit weit überwiegendem Wasserstoff zu tun hat oder, wie E. O. HULBURT¹⁹ angibt, der Wasserstoff im Vergleich zu Sauerstoff noch außerordentlich spärlich ist. Im ersten Falle hätte man hauptsächlich eine Anlagerung an die Wasserstoffmoleküle anzunehmen, im zweiten Falle an die Sauerstoffmoleküle. Da die barometrischen Formeln also keine sicheren Anhaltspunkte liefern (z. B. gibt A. WEGENER²⁰ für 120 km Höhe pro Kubikzentimeter ca. $4,8 \cdot 10^{14}$ Wasserstoffmoleküle an, d. h. einen Druck von $1,1 \cdot 10^{-2}$ mm, J. H. JEANS²⁰ dagegen nur $4,8 \cdot 10^{12}$, d. h. $1,1 \cdot 10^{-4}$ mm Druck), läßt sich auf rein rechnerischem Wege nichts er-

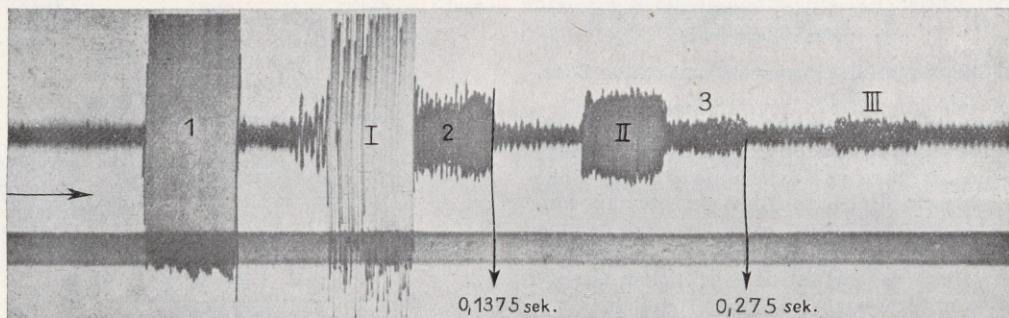


Fig. 8. Mehrfach empfangene Zeiten.

der Ionisation der verschiedenen Tages- und Nachtzonen, die der Strahl ja durchlaufen muß, nötig, die nicht beizubringen ist. Man kann aus den vorliegenden Oszillogrammen etwa auf eine Höhe von 60–120 km schließen. In einer neueren theoretischen Arbeit leitet E. O. HULBURT¹⁹ aus zahlreichen, der Meteorologie entnommenen Konstanten ab, daß die Heavisideschicht starken Höhenschwankungen zwischen 100 und 200 km unter dem Einfluß von Tag und Nacht, Jahreszeit, geographischer Lage u. a. unterliegt.

G. Die physikalischen Konstanten der Heavisideschicht.

Viel größer ist jedoch die Unsicherheit bezüglich der Zusammensetzung der Luft in dieser Schicht, ihren Ionisationskonstanten und der daraus resultierenden Ionenart. Die Ionisation der Moleküle geschieht in Form einer lichtelektrischen Elektronenemission. Wahrscheinlich haben die Elek-

¹⁸ P. DRUDE, Lehrbuch der Optik; A. SOMMERFELD, Ann. Physik 44, 177 (1914).

¹⁹ E. O. HULBURT, Physic. Rev. 31, 1018 (1928).

reichen. Deswegen schlägt man am besten ein kombiniertes Verfahren ein. Man setzt nämlich diejenigen Konstanten für die obere Atmosphäre, die als sicher gelten können, ein, die Unsicherheiten dagegen gewinnt man unter Zuhilfenahme der in der drahtlosen Telegraphie sich ergebenden kurzen Grenzwellen und Absorptionskoeffizienten, die experimentell mit sehr großer Annäherung gefunden werden konnten. Es ergab sich nämlich dort, daß die kurze Nachtgrenzwelle etwa doppelt so lang ist wie die kurze Tagesgrenzwelle, und zwar glaubt man heute nach eingehenden Untersuchungen etwa 18 m für die Nacht und 9–10 m für den Tag annehmen zu können. Hieraus ergibt sich, daß die Ionenkonzentration bei gleichbleibender Ionenart sich von Tag zu Nacht etwa wie 1 zu $1/4$ ändern muß. Aus der kurzen Grenzwellenlänge von 18 m für die Nacht ergibt sich rechnerisch eine lange Grenzwelle von etwa 100 m und aus 10 m für den Tag eine lange Grenzwelle für den Tag von

²⁰ A. WEGENER, Thermodynamik der Atmosphäre 1924; J. H. JEANS, S. E. MARX, Handbuch der Radiologie VI, 558.

etwa 50 m. Diese Daten entsprechen recht gut der Erfahrung. Eine so genaue Feststellung wie bei den kurzen Grenzwellen ist leider nicht möglich, weil die Wellen nahe der langen Grenze sehr stark absorbiert werden und deshalb schlecht beobachtbar sind.

Die Absorption der verschiedenen Wellen ist eine besonders wichtige Frage. Die Absorptionskoeffizienten sind der Theorie nach jeweils proportional dem Quadrat der Wellenlänge, d. h. die Schwächung nimmt mit größerwerdender Wellenlänge stark zu. Hieraus ergibt sich, daß für den Betrieb stets die Wellen nahe der unteren Grenze die vorteilhaftesten sind, ein Resultat, das durch die Praxis vollauf bestätigt wird. Die Absorptionsverhältnisse sind übrigens die Ursachen dafür, daß man Mehrfachzeichen (Fig. 8) vorwiegend bei Tageswellen findet. Anscheinend verhält sich dies folgendermaßen: bei einer solchen Umkreisung muß der Wellenstrahl ja Tages- und Nachtzonen durchlaufen. Für eine Nachtwelle ist nun offenbar die Absorption in der Tageszone infolge der vierfachen Ionenkonzentration schon so groß, daß die Nachtwelle dort praktisch verzehrt wird. Dagegen wird die Tageswelle in der Nachtzone keineswegs absorbiert. Verwunderlich auf den ersten Blick ist nur die Tatsache, daß für die kurzen Tageswellen die Ionisation in der Nachtzone noch groß genug ist, um eine Strahlenkrümmung längs der Erdoberfläche zu bewirken, da diese Tageswelle jenseits der kürzesten Nachtwelle liegt. Dies ist aber kein Widerspruch. Die Ionisation in der Nachtzone ist durchaus noch ausreichend, um auch der kürzesten Tageswelle den Weg annähernd parallel zur Erdoberfläche zu gestatten, lediglich zu einem Herabkrümmen zur Erde wäre eine höhere Ionenkonzentration nötig, so daß trotz des Durchlaufens der Nachtzone die Tageswelle dort nicht auf die Erde herabkommen kann.

Wir können nun leicht quantitative Daten über die Absorption angeben, und zwar aus dem Verhältnis der Amplituden der elektrischen Feldstärke in verschiedenen Entfernungen vom Sender. Völlig Messungen hierüber haben wir in den Photogrammen der Mehrfachzeichen (Fig. 8). Hieraus ergibt sich rund $A_2 : A_1 = 1 : 3$ für eigentlich 40000 km Entfernung. Es genügt aber, etwa 20000 km anzusetzen, da die Absorption in der Nachtzone wesentlich geringer ist als in der Tageszone.

Aus der Gleichung für die räumliche Dämpfung:

$$A_2 = A_1 e^{-\frac{K}{2}x}$$

ergäbe sich bei obigen Werten $K \leq 10^{-9}$ für die Wellenlänge 15 m in der Tageszone. Nachdem wir so eine Anzahl Ergebnisse aus der Praxis kennen, wollen wir rückwärts schließend unsere Kenntnis der Heavisideschicht aus diesen Erfahrungen zu vervollständigen suchen. Aus den theoretischen Ableitungen von H. LASSEN und K. FÖRSTERLING, die rein auf den elektromagnetischen Ausbreitungsge setzen und auf der kinetischen Gastheorie be-

ruhen, läßt sich, wenn man die Höhe der Heavisideschicht nach den experimentellen Untersuchungen usw. zu ca. 120 km ansetzt, folgendes aussagen.

Es sollen hier bedeuten:

γ den größten von der Erdoberfläche aus erreichbaren Einfallsinkel in die Heavisideschicht,

N_0 die Anzahl der Ionen am Tage in der Zone stärkster Konzentration in der Heavisideschicht,

N die Ionenkonzentration in der Nacht,

e das Elementarquantum der elektrischen Ladung,

m die Masse eines Ions,

ω die Kreisfrequenz ($2\pi \cdot$ Periodenzahl),

ω_0 die Kreisfrequenz der kurzen Grenzwelle,

S die Stoßzahl der Ionen,

p den Druck in mm Hg,

a den Wiedervereinigungskoeffizienten,

A_1, A_2 Amplituden der elektrischen Feldstärke, K den Koeffizienten der räumlichen Energie-

Dämpfung,

t die Zeit in Sekunden,

x die Entfernung in Zentimetern.

e die Basis der natürlichen Logarithmen.

Für den Zusammenhang von Ionisation, Entionisation und Grenzwellenlängen gibt es prinzipiell eine Anzahl von Möglichkeiten. Durch unsere Kenntnis über einige Gesetzmäßigkeiten — möglicherweise ist dies aber nur eine vermeintliche Kenntnis — reduzieren sich die vielen Möglichkeiten auf einige wenige. Diese Gesetzmäßigkeiten sind: Wasserstoff wird lichtelektrisch nicht ionisiert, sondern nur Stickstoff oder Sauerstoff. Anlagerung der Elektronen findet nur an Wasserstoff oder Sauerstoff statt, nicht aber an Stickstoff. Der Stickstoffgehalt in den fraglichen Höhen ist etwa 50mal so groß wie der Sauerstoffgehalt. Der Wasserstoffgehalt ist dem gegenüber ziemlich unbekannt.

Für die daraus übrigbleibenden Möglichkeiten wollen wir zunächst eine Grundeinteilung machen, und zwar nach den Arten der jeweilig für die Strahlenbrechung wirksamen Ionen. Diese Einteilung gilt auch für die weiter unten folgende Tabelle.

I. Tags Elektronen, nachts Elektronen,

a) Anlagerung an Wasserstoff,

b) an Sauerstoff;

II. Tags Elektronen, nachts Ionen,

a) Wasserstoffionen,

b) Sauerstoffionen;

III. Tags Ionen, nachts Ionen,

a) Wasserstoffionen,

b) Sauerstoffionen.

Bei allen Möglichkeiten muß angenommen werden, daß die Primärionisation an Stickstoff- oder Sauerstoffmolekülen erfolgt, und daß sich dadurch pro ionisiertem Molekül ein freies Elektron und ein positiver Molekülrest ergibt. Die positiven Reste können für die Brechung vernachlässigt

werden, wenn leichtere Ionen, die ja für die Brechung wirksamer sind, in unserem Falle also Elektronen oder Wasserstoffmoleküle, in genügender Anzahl vorhanden sind. Die auf alle Fälle entstehenden Elektronen werden eine gewisse Zeit freie Elektronen bleiben. Darauf werden sie größtenteils an neutrale Moleküle anlagern, kleinenteils werden sie sich direkt mit den positiven Teilchen wieder vereinigen. Die durch Anlagerung entstandenen Ionen werden sich später durch Wiedervereinigung wieder neutralisieren. Die direkte Wiedervereinigung der Elektronen ist wahrscheinlich so klein, daß wir sie gegenüber der Anlagerung vernachlässigen können.

Die, wie oben gesagt, übriggebliebenen sechs Möglichkeiten können nur mit Hilfe quantitativer Betrachtung diskutiert werden. Im folgenden soll versucht werden, diesem Problem durch Rechnung näherzukommen. Es muß jedoch gleich gesagt werden, daß sich eine einwandfreie Entscheidung nicht treffen läßt.

Aus der Brechungsbedingung für die kurze Tageswelle

$$\frac{N_0 e'^2}{\omega_0^2 m} = \frac{1 - \sin \gamma}{2 \pi}$$

ergibt sich bei Anwendung der experimentell gefundenen Daten von 120 km Höhe der Heaviside-schicht und 10 m Länge der kurzen Grenzwelle:

$$\gamma = 79^\circ \text{ und } \omega_0 = 2 \pi \cdot 30 \cdot 10^6$$

und durch Einsetzen des bekannten Wertes:

$$e' = 4,8 \cdot 10^{-10}$$

die Beziehung

$$\frac{N_0}{m} = 4,7 \cdot 10^{32}.$$

Diese Berechnung enthält eine kleine Ungenauigkeit. Wie nämlich Fig. 1 II zeigt, wandert die kurze Grenzwelle nicht in der Zone U , sondern etwa in Q . Daher gilt obiger Wert eigentlich für die Ionendichte in Q , nicht für N_0 . Der Unterschied ist aber unbedeutend, da wir hier doch nur mit

mäßiger Genauigkeit rechnen können. Aus dem Wert für $\frac{N_0}{m}$ lassen sich zunächst N_0 und m natürlich nicht getrennt angeben, jedoch gibt es nur die oben genannten Möglichkeiten. Es könnte sich im Prinzip um freie Elektronen, Heliumionen, Wasserstoffionen, Stickstoffionen oder Sauerstoffionen handeln. Da das Helium sowohl zur direkten Ionisation als auch zur Anlagerung wenig fähig, außerdem im Vergleich zu Wasserstoff nur in unbedeutender Menge vorhanden ist, kann es von vornherein aus der Betrachtung ausgeschieden werden. Stickstoffionen scheiden ferner aus, weil sie durch Anlagerung nicht gebildet werden können. Die übrigen Ionen dürfen jeweils zweiatomig sein. Aus den bekannten Daten von m für die verschiedenen Fälle ergeben sich dann zwangsläufig Werte für N_0 . Die Größen von m sind in der folgenden Tabelle in Zeile 1, die dazugehörigen Werte für N_0 und N in der Zeile 2 enthalten.

Um über die Berechtigung dieser Werte für N_0 und N urteilen zu können, müssen wir andere Daten zu Hilfe nehmen. Hier ergibt sich zunächst als Anhaltspunkt der Wiedervereinigungskoeffizient der Ionen und der Anlagerungskoeffizient von Elektronen. Der Wiedervereinigungskoeffizient hat nach J. J. THOMSON folgenden Wert:

$$\alpha = \frac{1,7 \cdot p}{10^6 \cdot 760},$$

der sowohl für Elektronen und positive Gas-
ionen, als auch für negativ und positiv geladene
gleichartige Gasmoleküle in beliebigen neutralen
Molekülen gelten soll.

Der Ionengehalt nach Aufhören der Bestrahlung wird durch folgende Gleichung angegeben:

$$N = \frac{N_0}{1 + N_0 \alpha t}$$

Aus dem Verhältnis der experimentell bekannten Grenzwellen für Tag und Nacht wissen wir, daß

Tabelle.

Zeile	Konstante	I. Tags und nachts Elektronen			II. Tags Elektronen, nachts Ionen			III. Tags und nachts Ionen	
		Elektronen	Anlagerung an		Elektronen	a	b	a	b
			H ₂	O ₂		H ₂	O ₂		
I	m	$8,7 \cdot 10^{-28}$	$3,2 \cdot 10^{-24}$	$4,5 \cdot 10^{-23}$	$8,7 \cdot 10^{-28}$	wie Ia	wie Ib	wie Ia	wie Ib
2*	N_0	$4,1 \cdot 10^5$	10^8 bis	10^8 bis	$4,1 \cdot 10^5$	$< 10^9$	$< 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{10}$
	N	$1 \cdot 10^5$	10^7	10^7	$< 10^4$	$0,4 \cdot 10^9$	$0,6 \cdot 10^{10}$	$0,4 \cdot 10^9$	$0,6 \cdot 10^{10}$
	H ₂		10^{-5}			$3 \cdot 10^{-5}$		$3 \cdot 10^{-5}$	
3	p_a	O ₂			$2 \cdot 10^{-7}$			$1 \cdot 10^{-6}$	
	N ₂				10^{-5}			$5 \cdot 10^{-5}$	
4*	p_{S400}				$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$		$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
						$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
						$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$		

* Anm. zu Zeilen 2 u. 4: Die oberen Werte sind aus Tagesdaten, die unteren aus Nachtdaten abgeleitet.

während der Dunkelheit die Ionendichte etwa auf den vierten Teil sinkt. Wir können daher

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{4} \text{ für } t = 30000$$

(etwa 8 Stunden) ansetzen. Dies ergibt in die letzte Gleichung eingesetzt, einen Druck von

$$p = \frac{45000}{N_0}.$$

Hieraus lassen sich nach der oben angegebenen Gültigkeit des Wiedervereinigungskoeffizienten die Drucke für die Fälle IIa, IIb, IIIa und IIIb angeben. Die Resultate finden sich in Zeile 3 der Tabelle. In den übrigbleibenden Fällen Ia, Ib, kann ebenfalls, wenigstens annähernd, der mögliche Druck abgeleitet werden. Vom Standpunkte der Wiedervereinigung brauchte er nicht, wie die Tabelle sagt, etwa in beiden Fällen 10^{-5} mm zu betragen, sondern er könnte gewiß auch bei 10^{-6} mm liegen. Allerdings dürfte das mit Rücksicht auf die barometrischen Formeln und die Absorption des Sonnenlichtes ausgeschlossen sein. Alle mit b bezeichneten Fälle zeigen eine Besonderheit, insfern, als sich neben dem wirksamen Sauerstoff nach unseren barometrischen Formeln stets noch die etwa 50fache Menge von unwirksamem Stickstoff befinden muß. Der Anlagerungskoeffizient der Elektronen an Wasserstoff oder Sauerstoff könnte uns ein gutes Mittel zur vollständigeren Berechnung des Druckes liefern, wenn wir ihn nämlich wüßten. Es wird sich aber bald zeigen, daß der einzige in der Physik gebrauchte Wert (von J. J. THOMSON berechnet) den Vorgängen, wenigstens in der oberen Atmosphäre, nicht zu entsprechen scheint. Bevor wir dies diskutieren, sollen noch andere Daten zu Hilfe genommen werden.

Die in Zeile 3 angegebenen Drucke ermöglichen nämlich die Anzahl der Zusammenstöße der Ionen mit den Molekülen abzuleiten. Aus den uns bekannten Zahlen und den Drucken in Zeile 3 ergäben sich durch Extrapolation die Stoßzahlen. Die Frage ist, welche Stoßzahlen im Bereich der Möglichkeit liegen. Eine wichtige Aussage hierüber läßt sich aus den Absorptionskoeffizienten K machen. Aus Fig. 8 fanden wir (s. oben) für die Welle 15 m in der Tageszone $K = 10^{-9}$. Dies ergibt: $K = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9}$ für die kurze Grenzwelle

von 10 m. Hierzu muß bemerkt werden, daß dieser Absorptionskoeffizient nur eine obere Grenze darstellt, daß er in Wahrheit noch viel kleiner sein kann. Denn die Amplitude der Wellen nimmt nicht nur durch die Absorption, sondern auch durch den normalen Ausbreitungsvorgang ab. Infolgedessen wollen wir zwar mit dem oben genannten Absorptionskoeffizienten und der sich aus ihm ergebenden Stoßzahl rechnen, dabei jedoch auch eine kleinere Stoßzahl absolut für möglich halten. Aus der Beziehung zwischen Stoßzahl und Absorption

$$K = \frac{4\pi N_0 e^2 S}{\omega_0^2 c m}$$

ergibt sich die Stoßzahl für die Zone der maximalen Ionisation am Tage: $S = 400$, unabhängig von der Art der Ionen. Schließen wir aus den uns bekannten Stoßzahlen der kinetischen Gastheorie auf den für die Stoßzahl $S = 400$ notwendigen Druck in den oben genannten Fällen, so erhalten wir die Drucke in Zeile 4 der Tabelle, die p_{S400} genannt sind.

Es ist nun zu untersuchen, ob die aus zwei verschiedenen Vorgängen abgeleiteten Drucke, nämlich p_a aus der Wiedervereinigung und p_{S400} aus der Absorption, miteinander vereinbar sind. Weiterhin ist der Anlagerungskoeffizient, der sich jeweils aus den Ionisationsdaten ergibt, mit den aus der allgemeinen Physik bekannten Daten zu vergleichen. Die Betrachtung der Tabelle zeigt nun, daß in den Fällen IIIa und IIIb tags und nachts, sowie IIa und IIb nachts eigentlich kein wesentlicher Widerspruch zwischen den Größen für die Ionisation, Wiedervereinigung, Druck, Stoßzahl auftritt. Auffallend ist allerdings, daß man dabei zu einem noch geringeren Wasserstoffdruck käme, als dem niedrigsten heute in der Literatur angegebenen (10^{-4}). Dagegen erfordern die Fälle Ia und Ib tags und nachts sowie IIa und IIb nachts vom Standpunkte der Stoßzahl einen ca. 1 : 10 tieferen Druck, als wir ihn vom barometrischen Standpunkte, bei IIa und IIb auch von dem der Wiedervereinigung, für möglich halten sollten. In allen Fällen würde sich außerdem ergeben, daß die Zone maximaler Absorption des Sonnenlichtes tiefer liegt, als die Zone maximaler Ionenkonzentration. Durch den größeren Druck in der Zone maximaler Ionenbildung, d. h. Absorption, sind dort die Ionen viel kürzere Zeit vorhanden.

Vom Standpunkte der Anlagerung der Elektronen an neutrale Moleküle sind obige Daten noch widerspruchsvoller. Es läßt sich leicht ausrechnen, daß die Wiedervereinigung der Elektronen ganz unbedeutend gegenüber der Anlagerung sein muß. Daher sind wir in sämtlichen sechs betrachteten Fällen zur Berücksichtigung des Anlagerungskoeffizienten genötigt. Besonders die Fälle II und III, in denen eine recht schnelle Anlagerung nötig wäre, ergäben da Werte des Anlagerungskoeffizienten, die etwa tausendmal so groß wie der von J. J. THOMSON angegebene Wert wären. Die Fälle I könnten bei Betrachtung der Ionisationsdaten mit dem Werte von THOMSON harmonieren. Allerdings brauchten wir dann aber einen Druck von der Größenordnung 10^{-4} , der uns eine Stoßzahl von 40000, und nicht, wie Fig. 8 aussagt, von < 400 liefern würde. Bei entsprechend niedrigem Drucke, wie ihn die Tabelle angibt, müßte auch wieder der Anlagerungskoeffizient höher sein, und zwar etwa hundertmal so groß, wie der von J. J. THOMSON.

Um aus diesem Dilemma herauszukommen, muß man annehmen, daß unsere Kenntnis der Konstanten eben nicht ausreichend ist. Beispielsweise könnte die berechnete Stoßzahl 40000 beim Druck

10^{-4} nicht zutreffend sein, indem bei den kleinen gaskinetischen Geschwindigkeiten der Elektronen der von C. RAMSAUER²¹ gefundene Effekt der scheinbaren Querschnittsverminderung im Wasserstoff oder Stickstoff auftritt, der die wirksame Stoßzahl von 40000 bis in die Gegend von 400 herabsetzt. Dann könnte man den Fall I, d. h. Elektronen als die wirksamen Partikel in der Heavisideschicht, für möglich halten, auch wenn sich dabei am Tage kein eigentlicher Sättigungswert der Elektronendichte, d. h. scheinbar keine konstante Grenzwelle, ergeben sollte. Letzteres ist nämlich keine unbedingte Notwendigkeit; vielmehr kann ein an nähernd konstanter Zustand durch das Nachlassen der Sonnenstrahlungsintensität nach Mittag veranlaßt werden.

Eine andere Möglichkeit ist aber die, daß der Anlagerungskoeffizient tatsächlich viel größer wäre, als der ja auf nicht sehr stichhaltiger Grundlage von J. J. THOMSON errechnete. Dann könnte auch der Fall, daß tags und nachts nur Ionen wirksam sind, in den Vordergrund treten. Es würden sich dann gerade bei Wasserstoffionen im ganzen sehr harmonische Daten verglichen mit unserer Kenntnis über die obere Atmosphäre, ergeben.

H. Der elektrische Vektor der Strahlung.

Aus der Theorie hat sich bisher kein Anhaltpunkt dafür ergeben, ob ein wagerecht liegender elektrischer Vektor bei Sendeantennen und Empfangsantennen gegenüber einem senkrecht liegenden irgendeinen Unterschied in der Übertragung ausmacht. Hier haben jedoch die Versuche der Telefunken-Gesellschaft gezeigt, daß der wagerecht liegende elektrische Vektor ein Mehrfaches an Empfangsintensität ergibt, als der senkrecht liegende, und zwar Versuche auf eine Entfernung von 13000 km, zwischen Nauen und Buenos-Aires.

I. Der Einfluß des Magnetfeldes der Erde.

Ferner ist noch von Interesse der Einfluß des erdmagnetischen Feldes auf die Kurzwellenübertragung, der von manchen Autoren für erheblich gehalten wurde. Aus der Rechnung von H. LASSEN⁷ ergibt sich jedoch ein geringer Einfluß des normalen Magnetfeldes, der hauptsächlich darin zu suchen ist, daß der Beginn der indirekten Zone nicht kreisförmig, sondern elliptisch um den Sender herumliegt, und daß man außerdem von einer Zerlegung in zwei Wellenzüge sprechen kann, die in etwas verschiedener Entfernung zur Erde zurückkehren. Dies sind jedoch Einflüsse, die für die Beobachtung nicht sehr auffällig sind und daher bis heute kaum experimentell bestätigt sein dürften. Interessant ist jedoch die praktisch gefundene Tatsache, daß zu Zeiten magnetischer Stürme die Kurzwellenübertragung Unregelmäßigkeiten und Störungen aufweist. Hieraus darf man aber nicht schließen, daß dies ein unmittelbarer Einfluß des Magnetfeldes ist, sondern man wird richtiger an-

²¹ C. RAMSAUER, Physik. Z. 29 (1928). Bericht über die Vorträge auf dem Physikertage in Hamburg (im Druck bef.)

nehmen, daß beide eine gemeinsame Ursache haben. Als solche bietet sich die Einwanderung der Elektronen aus den Sonnenflecken, mit deren Auftreten die magnetischen Stürme, also auch die Kurzwellenomalitäten zusammenfallen. Anscheinend wandern die Elektronen, die von den Sonnenflecken ausgeworfen werden, so tief in die Atmosphäre ein, daß sie die Heavisideschicht noch erreichen und dort die Leitfähigkeit und dadurch den Brechungsindex und die Absorption beeinflussen. Gelegentlich ist bei Reflektionsbeobachtungen an der Heavisideschicht (s. DAHL und GEBHARD¹⁶) auch ein Ausbleiben der reflektierten Impulse beobachtet worden, was nach der dortigen Angabe am 19. August 1927 geschah, und zwar wenige Tage nach Entstehen sehr intensiver Sonnenflecke. Dieses Ausbleiben der reflektierten Zeichen dürfte wohl nicht auf einen Wegfall der Heavisideschicht zurückzuführen sein, sondern eher auf eine Trübung infolge Anwesenheit anomaler zahlreicher unregelmäßig verteilter Elektronen. Die Kurzwellenübertragung auf große Entfernung war an diesem Tage allerdings nur teilweise gestört.

K. Der Schwund.

Wie schon bemerkt, ist beim Kurzwellenbetrieb die Erscheinung des Schwunds besonders auffallend. Hierfür gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten. Die eine ist die gegenseitige Auslöschung zweier auf verschiedenen Wegen in demselben Orte ankommenen Wellenzüge durch Interferenz, die andere ist ein einfacher Ausfall durch Absorption oder Ablenkung. Der Interferenzschwund dürfte besonders häufig dort auftreten, wo sich die direkte und die indirekte Zone berühren, oder auch da, wo in der indirekten Zone Wellenstrahlen aus mehreren verschiedenen Neigungswinkeln auftreffen (s. Fig. 4 III, Strecke *abcde*). Wegen des besonders zahlreichen Schwunds in dieser Zone ist sie „Flackerzone“ genannt worden. Aber auch auf sehr große Entfernungen bei den normalen Betriebswellen, die jeweils an der unteren Grenze des Tages- oder Nachtbandes liegen, ist der Schwund sehr intensiv und häufig. Ob dies nun Interferenzschwund ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Jedenfalls ist aber festgestellt, daß der Schwund in der größten Mehrzahl aller Fälle momentan immer nur einen sehr kleinen Raum erfaßt, so daß man schon 50 oder 100 m daneben eine gänzlich andere Intensität findet. Je kürzer die Wellen, desto schneller und kürzer sind die Schwundperioden. Die Tatsache, daß der Schwund fast stets auf einen sehr kleinen Raum beschränkt ist, ermöglicht es, ihn durch einen geeigneten Antennenbau (s. Abschnitt V) unschädlich zu machen, wenigstens bis zu einem sehr hohen, für die Praxis ausreichenden Grade.

Ebenso auffallend ist, daß der Schwund für verschiedene Wellenlängen am selben Ort verschieden ist. Es genügt, um eine abweichende Schwunderscheinung zu erhalten, bereits ein so kleiner Wellenunterschied, wie ihn die Trägerwelle

und die Seitenbandwelle bei der Telephonie-modulation sogar bei tiefen Tönen haben, d. h. hier ein tausendstel Prozent. Hiernach kann beispielsweise die Trägerwelle fast vollständig wegfallen, das Seitenband aber bestehen bleiben. Hierauf fußend, läßt sich nach einer geistreichen Methode von O. BÖHM²² der Schwund bei Telephonie dadurch fast vollkommen beseitigen, daß man im Empfänger nur ein Seitenband aufnimmt, dagegen die Trägerwelle durch einen kleinen örtlichen Sender hinzusetzt. Auf diese Weise erhält man eine konstante Trägerwelle, was zur guten Telephonie-aufnahme besonders wichtig ist. Der wechselnde Ausfall der einzelnen Frequenzen des Seitenbandes ist nämlich kaum zu bemerken.

IV. Sende- und Empfangsapparate.

Die drahtlose Technik hat sich im Apparatebau

dem neu entdeckten Kurzwellenphänomen mit großer Geschicklichkeit und Geschwindigkeit angepaßt. Dies gilt besonders für den Senderbau. Es zeigte sich bald, daß Senderöhren großer Leistung für lange Wellen nicht in gleicher Weise für kurze Wellen geeignet waren. Der Grund hierfür lag in den außerordentlich großen kapazitiven Blindströmen, die die Röhrenelektroden bei diesen hohen Frequenzen führen, und denen die Zuleitungen, insbesondere die Gitterzuleitung, nicht gewachsen waren. Die heutige Röhrentechnik hat deshalb Spezialröhren für kurze Wellen gebaut, die in allen Elektroden-zuführungen fast beliebig hohe Blindströme vertragen. Eine derartige Spezialröhre zeigt Fig. 9. Esgelingt mit Hilfe solcher Röhren, bei den kürzesten Wellen, d. h. etwa 15 m, resp. 20 Millionen Hertz Antennenleistungen von ca. 20 kW hervorzu bringen. Die in Fig. 9 gezeigte Röhre ist eine sog. Wasser-kühlröhre mit Metallkolben, gleichzeitig Anode. Für kleinere Leistungen verwendet man luftgekühlte Glaskolbenröhren mit Innenanoden, wie sie die Fig. 10 und 11 zeigen.

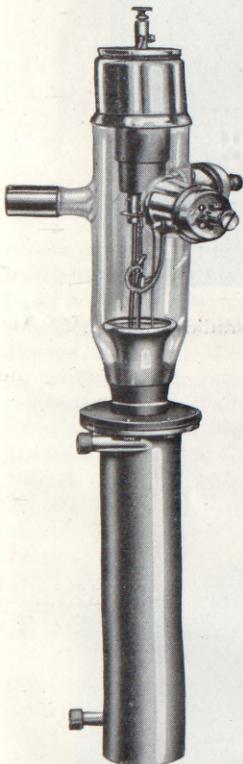


Fig. 9. Senderöhre für Kurzwellenstationen von 20 kW Leistung (wassergekühlte Anode). Telefunken-S. u. H.

kühlröhre mit Metallkolben, gleichzeitig Anode. Für kleinere Leistungen verwendet man luftgekühlte Glaskolbenröhren mit Innenanoden, wie sie die Fig. 10 und 11 zeigen.

²² O. BÖHM, Telefunken-Ztg. (noch nicht veröffentlicht).

Der Senderbau für diese hohen Frequenzen ist eine Technik für sich. Die besonderen Anforderungen an die Konstanz der Frequenz sind es, die den Sender kompliziert machen. Im normalen Schnelltelegraphieverkehr wird stets mittels Überlagerung aufgenommen, und es ist sehr unangenehm für den Empfang, wenn der Interferenztonfrequenz um mehr als 100—200 Perioden schwankt. Dies ergibt, bei einer Sendewelle von 20 Millionen Hertz gerechnet, eine erlaubte Schwankung um ein tausendstel Prozent. Eine derartige Konstanz läßt sich relativ am bequemsten mit Hilfe eines piezoelektrischen Quarzes erreichen. Ein solcher gestattet aber in dem zugehörigen Schwingungskreis nur einige wenige Watt Leistung und außerdem kaum eine kürzere Welle, als 100—120 m. Infolgedessen ist es nötig, Sender mit einer größeren Anzahl von Kaskaden zu bauen, in

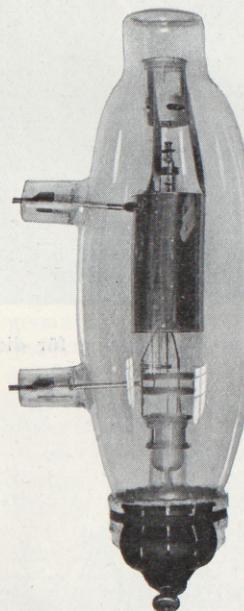


Fig. 10. Senderöhre von 1 kW Leistung.
Telefunken-Osram.

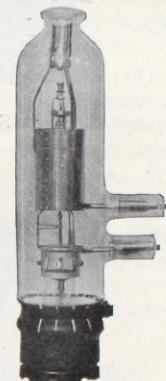


Fig. 11. Senderöhre von 400 Watt Leistung.
Telefunken-Osram.

denen von ca. 10 Watt bei 120 m ausgehend, die Frequenz allmählich auf die der 15-m-Welle gesteigert und die Leistung auf ca. 20 kW verstärkt wird. Die Telefunken-Gesellschaft baut für diesen Zweck heute Sender von 6—7 Kaskaden. Einen solchen Sender, der gegenwärtig den Verkehr Nauen—Japan bewältigt, zeigt Fig. 12.

Die Empfangstechnik bot für die kurzen Wellen weniger Umwälzung, als die Sendetechnik. Das Wichtigste bei der Kurzwellenempfangstechnik war der Bau von abgestimmten Hochfrequenzverstärkerstufen, die bis zu diesen kurzen Wellen von 10 m herunter noch lineare Verstärkungszahlen von 4—5 pro Stufe erreichen konnten. Im übrigen werden Zwischenfrequenzüberlagerung und Zwischenfrequenzverstärkung angewendet und

schließlich, nach genügender Verstärkung, Richtverstärkerröhren zur Betätigung der Schnellschreiber. Die Telegraphiergeschwindigkeit, bis

ca. 10 Buchstaben pro Sekunde. Da ein Buchstabe sich im Durchschnitt aus 3 Morsezeichen zusammensetzt, bedeutet dies ca. 30 Morsezeichen in der

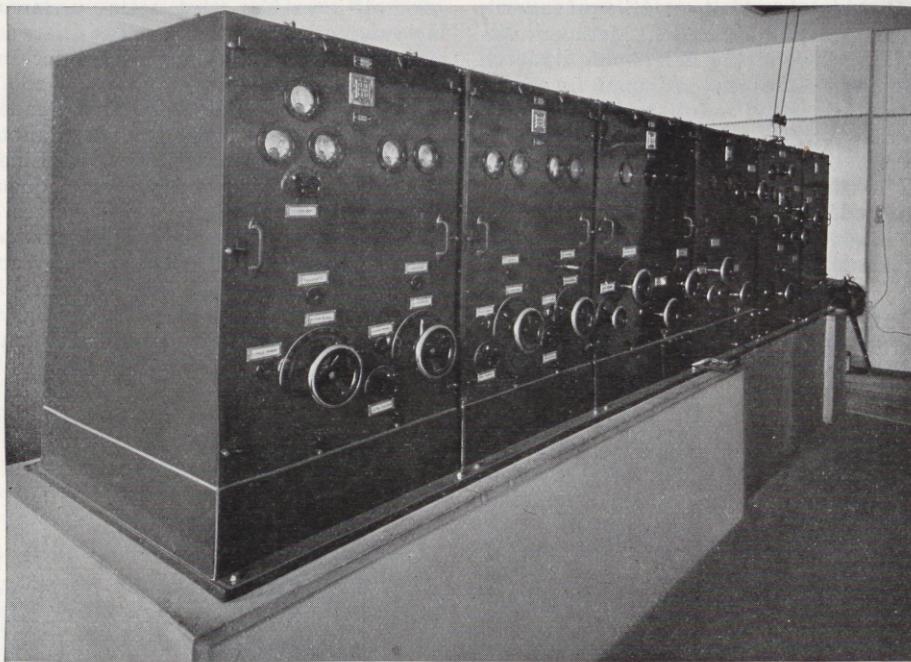


Fig. 12. Sender von 20 kW Leistung für die Welle 15 m (Telefunken—Transradio—Nauen).

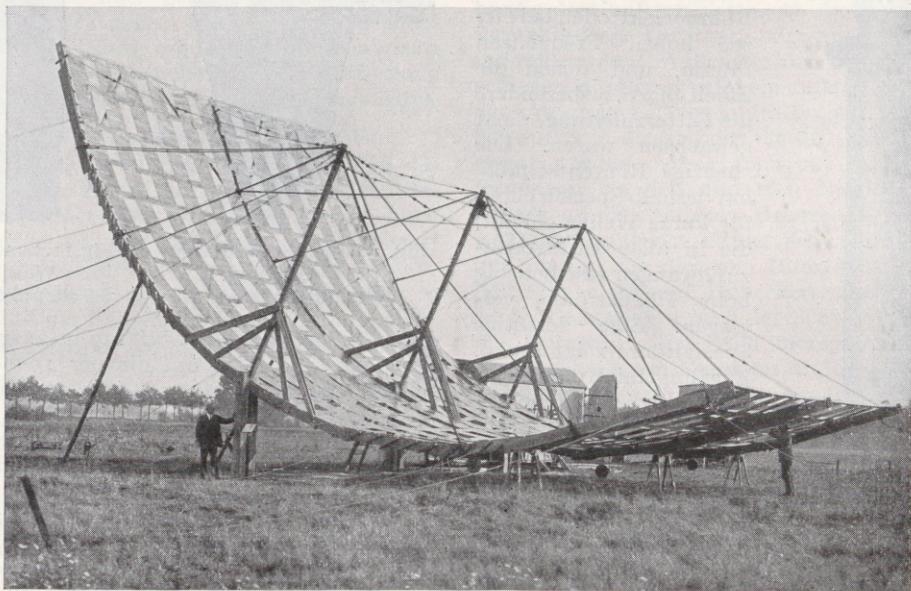


Fig. 13. Hohlspiegelreflektor-Antenne von A. MEISSNER.

zu welcher man heute zu günstigen Zeiten beim Kurzwellenbetrieb auf Entfernungen von mehr als 10000 km gelangt, ist 120 Worte pro Minute, d. h.

Sekunde, ein Tempo, das offensichtlich nur mit Maschinen gesendet und aufgenommen werden kann, da sowohl die menschliche Hand ein solches

nicht mehr tasten, als auch das menschliche Ohr ein solches nicht mehr lesen kann.

V. Antennen für kurze Wellen.

Von besonderem Interesse sind die Antennenanordnungen für die kurzen Wellen. Hier ließ sich der Traum der drahtlosen Technik, scharf gerichtete Sende- und Empfangsantennen zu verwenden, annähernd verwirklichen, was bei langen Wellen infolge der sich als notwendig ergebenden Ab-

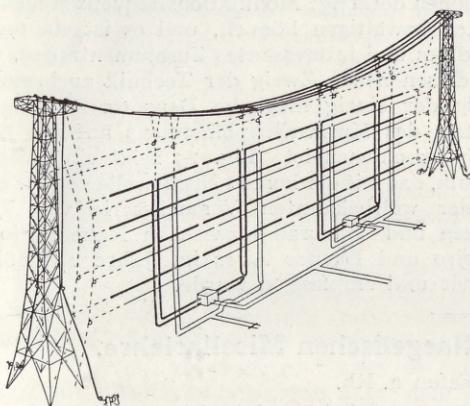


Fig. 14. Antennenanordnung von O. BÖHM.

messungen der Antennenanordnung technisch un-durchführbar war. Für scharf gerichtete Antennen kann man im allgemeinen zwei Prinzipien unterscheiden, nämlich die Hohlspiegelstrahler und die ebenen Strahler. Letztere müssen, um einseitig zu wirken, noch mit einem einseitigen Reflektor versehen sein. Beide Methoden wurden in der Praxis versucht. Fig. 13 zeigt eine Hohlspiegelanordnung, mit der zahlreiche Versuche zwischen Nauen und Buenos-Aires angestellt wurden²³.

²³ A. MEISSNER, Jahrb. d. drahtl. Telegr. 28, 78 (1926); 30, 77 (1927).

Heute neigt man jedoch allgemein in der Praxis zu ebenen Strahlern. Solche sind von der Marconi-Gesellschaft in Gestalt ihrer sog. Beamantennen mit zahlreichen senkrechten, in der gleichen Ebene stehenden Strahlerdrähten und in einer parallelen Ebene senkrecht stehenden Reflektordrähten seit längerer Zeit benutzt²⁴.

Die Telefunken-Gesellschaft hat jedoch festgestellt, daß die wagerechte Lage des elektrischen Vektors der senkrechten Lage bei weitem vorzuziehen ist. Sie verwendet deswegen eine Antennenanordnung, die schematisch in Fig. 14 gezeichnet ist²⁵. Die wirksamen Strahlerdrähte liegen dort alle wagerecht. Die Strahlrichtung ist, wie die annähernd kürzeste Grenzwelle dies verlangt, fast wagerecht über dem Erdboden hin.

In Fig. 14 sind am Fuße der Antenne die gesetzmäßig sich verzweigenden Speiseleitungen zu sehen, die von dem mehrere 100 m entfernten Sender die Energie durch ein sorgfältig angepaßtes System konzentrischer Leiter herführen. Jedem Strahlerdraht ist ein Reflektordraht zugeteilt, der die Strahlung einseitig richtet. Dies geschieht nicht nur aus Gründen der besseren Energieausnutzung, sondern auch speziell zum Schutze gegen die „rückwärtigen Zeichen“, d. h. die Zeichen, die in entgegengesetzter Richtung um die Erde herumlaufen und wegen ihrer Zeitdifferenz gegen die richtigen eine ernsthafte Störung bilden.

Die Empfängerantennen können im Prinzip genau so gebaut werden, wie die Sendeantennen. Jedoch lassen sie sich ohne allzu große Einbuße an Leistungsfähigkeit auch etwas vereinfachen. Prinzipiell wichtig ist es aber, eine Kombination

²⁴ C. S. FRANKLIN, Marconi Co. Patentschriften, Vorträge usw.; T. L. ECKERSLEY, Journ. Inst. Electr. Eng. 65 (1927).

²⁵ O. BÖHM, W. MOSER, A. GOTHE, ENT. 5 (1928) (im Druck bef.).

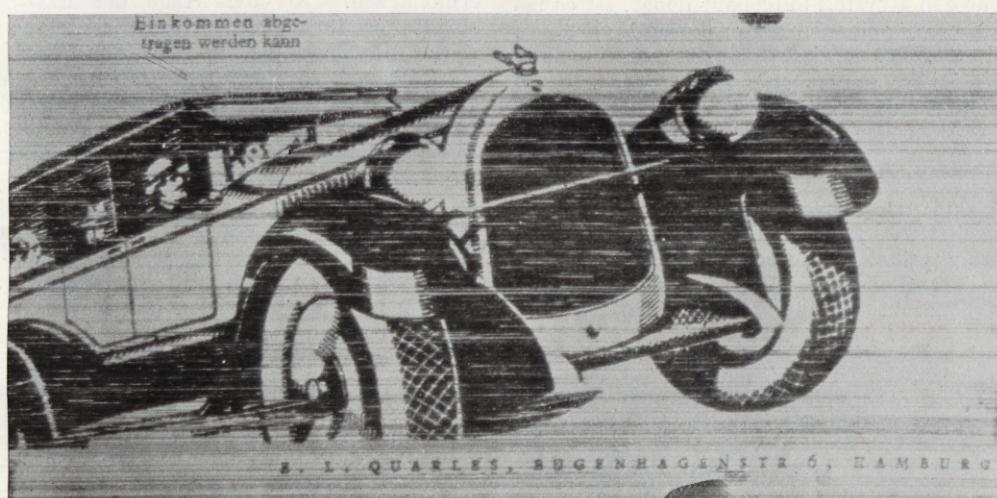


Fig. 15. Bildtelegramm, gesendet von Nauen, aufgenommen in Rio de Janeiro, Welle 25 m.

von Antennen zu verwenden, die über einen mindestens 50—100 m breiten Raum verteilt sind. Auf diese Weise werden die einzelnen Teilantennen nicht gleichzeitig vom Schwund betroffen, so daß man auch bei Telegraphie, wo es keine Seitenbänder gibt, eine wesentlich konstantere durchschnittliche Empfangsintensität erhält.

Durch Anwendung derartiger Kombinationen ist in der Tat der Kurzwellenverkehr heute imstande, den Schwund annähernd zu überwinden und einen fast sicheren Verkehr über die größten Entfernungen, die es auf der Erde gibt, für ca. 20 bis 22 Stunden am Tage zu erzielen.

VI. Anwendungsgebiete der kurzen Wellen.

Aus obigen Ausführungen geht hervor, daß heute die kurzen Wellen überhaupt die einzige zuverlässige Möglichkeit transozeanischer drahtloser Verbindung darstellen. Aber auch auf mittlere Entfernungen, wo lange Wellen für Telegraphie vorzüglich anwendbar sind, bilden die kurzen Wellen einen sehr großen Vorteil für die heute

modernen Probleme der Bildtelegraphie und des Fernsehens. Diese neuen Zweige der Technik erfordern bei drahtlosem Betrieb außerordentlich hohe Modulationsfrequenzen. Man braucht bei der Bildtelegraphie, um sie auf ein wirtschaftliches Niveau zu bringen, Modulationsfrequenzen von ca. 5000—15000 pro Sekunde, und bei einem technisch brauchbaren Fernseher ergeben sich fast zwangsläufig Modulationsfrequenzen von 100000 pro Sekunde. Es ist klar, daß die Langwellenstationen derartige Modulationsfrequenzen niemals hätten bewältigen können, und es ist ein merkwürdiges und interessantes Zusammentreffen, daß für diesen neuen Zweig der Technik auch gleichzeitig der einzige mögliche Deus ex machina in Gestalt des Kurzwellenphänomens auf der Bildfläche erschienen ist. Fig. 15 zeigt ein Bildtelegramm, das mit der kurzen Nachtwelle von ca. 25 m in der weltbekannten Versuchsserie von Telefunkun und Transradio zwischen Nauen, Rio de Janeiro und Buenos Aires im Jahre 1927 übermittelt und empfangen wurde.

Die physikalischen Grundlagen der Naegelischen Micellarlehre.

Von H. MARK, Ludwigshafen a. Rh.

Es war ein kraftvoller und fruchtbare Gedanke, anzunehmen, daß in vielen organisierten Systemen die Moleküle nicht direkt zu den makroskopisch sichtbaren morphologischen Bestandteilen zusammen treten, sondern, daß sich eine *Zwischengröße* einschiebt, die für die Natur dieser Systeme sehr wesentlich ist. Während man die Eigenschaften eines idealen Gases weitgehend quantitativ verstehen kann, wenn man direkt auf die (kugelförmig idealisierten) Moleküle die statistische Mechanik anwendet, während das Verhalten der einfachsten Krystalle (Diamant, Steinsalz) ebenfalls begreiflich wird, wenn man sich aus den Atomen — in den Punkten eines Raumgitters angeordnet — unmittelbar den Krystall aufgebaut denkt, ist es bei zahlreichen Systemen der organisierten Welt nötig, anzunehmen, daß gewisse *Gruppen* von Molekülen *dauernd* beisammenbleiben¹ deren Größe, Form und Zusammenhalt die Natur der untersuchten Substanz wesentlich mitbestimmen. Eine solche Molekelgruppe hat CARL NAEGELI, dem man ihre Entdeckung verdankt, einen *Micell* genannt².

Im Rahmen der Ausführungen über die NAEGELI sche Micellarlehre fällt mir die Aufgabe zu, Ihnen über ihre physikalischen Grundlagen zu berichten, d. h. die physikalischen Methoden zu schildern, die das Studium der hierher gehörigen Erscheinungen ermöglichen.

¹ Auch in Flüssigkeiten hat man das Vorhandensein von Molekelschwärmen anzunehmen, doch wechseln diese Gruppen dauernd Größe und Gestalt (Vgl. die neueren röntgenographischen Arbeiten auf diesem Gebiet, bes. I. R. KATZ, Zt. angew. Chemie 41, 329 [1928]).

² Die wesentlichen, hierauf bezüglichen Stellen aus NAEGELIS Werken sind in Nr. 227 von OSTWALDS Klassikern der exakten Naturwissenschaften von A. FREY zusammengestellt.

Die Literatur der letzten Jahre enthält mehrere vorzügliche zusammenfassende Berichte ähnlichen Inhalts¹, und der 70. Geburtstag HERMANN AMBRONNS hat im Jahre 1926 den willkommenen äußeren Anlaß gegeben, der Micellarforschung einen eigenen Band der Kolloidchemischen Beihefte zu widmen.

Wenn man die physikalischen Methoden der Micellarforschung durchmustert, so kann man sie in zwei Arten einteilen: in solche, die im wesentlichen die *Existenz* und die Anordnung der Micelle nachzuweisen gestatten, ohne über ihren inneren Aufbau mehr als Qualitatives auszusagen, und in solche, die ein genaueres Studium dieses *Aufbaues* ermöglichen. Als die Frage der Existenz der Micelle noch im Mittelpunkt der Diskussionen stand, waren natürlich die ersten Methoden — die *Ultramikroskopie* und die *Polarisationsmethode* — von größtem Interesse; sie wurden viel verwendet und im Laufe der Jahre zu einer hohen Vollkommenheit ausgebaut. Ich möchte mir erlauben, über diese Methoden nur Grundsätzliches zu sagen, da sie weitgehend entwickelt sind, z. T. in den erwähnten zusammenfassenden Berichten wiederholt übersichtlich geschildert wurden, und nicht zuletzt, weil Herr Prof. W. J. SCHMIDT in seinem Vortrag noch an Beispielen ihre Anwendung ausführlich darstellen wird.

Heute, wo die Existenz der Micelle sicher gestellt ist, nehmen andere Methoden unser Interesse besonders in Anspruch, nämlich die, welche gestatten, über die *Größe*, *Form* und *Lagerung* der

¹ Z. B. A. FREY, Naturwiss. 15, 760 (1927); Ber. dtsch. bot. Ges. 44, 564 (1926); J. R. KATZ, Erg. exakt. Naturwiss. 3, 365 (1923) und 4, 154, (1925).

Micelle *Quantitatives* auszusagen und ihre *innere Struktur* zu studieren. Es ist dies insbesondere die von R. O. HERZOG zuerst zielbewußt in Angriff genommene Erforschung organisierter Substanzen mit Hilfe der Röntgenstrahlen und — heute noch im Anfangsstadium — das Studium der Micelle im dispergierten Zustand mit Hilfe der Diffusion, der osmotischen Erscheinungen und der Viskosität. Ich möchte auf diese Methoden — besonders auf die röntgenographische — etwas näher eingehen, weil sie das modernere Forschungsziel verfolgen und weil sie selbst noch keineswegs abgeschlossen oder auch nur hinreichend ausgebaut sind, sondern täglich neue Wendungen erfahren.

1. Die optischen Methoden.

Die *Ultramikroskopie* und *Polarisationsuntersuchung* der Micelle sind optische Methoden, und für ihr Verständnis ist eine gewisse Kenntnis der physikalischen Optik Voraussetzung. Da es sich stets um Objekte handelt, die mit der Lichtwellenlänge vergleichbar, unter Umständen sogar gegen sie klein sind, ist es notwendig, von vornherein *wellenoptische* Gesichtspunkte einzuführen. Das Licht — welcher Wellenlänge immer es sei — reagiert auf Materie stets so, daß unter dem Einfluß der periodischen Störungen der Lichtwelle in den Atomen des bestrahlten Körpers Elektronen zum Mitschwingen angeregt werden und nunmehr selbst Zentren von Kugelwellen bilden, welche man die *elementaren Kugelwellen* nennt. Alle diese Kugelwellen überlagern sich nach dem einfachen Prinzip der Interferenz und bilden eine *sekundäre Welle*, die sich nun ihrerseits wieder dem Primärstrahl überlagert und alle Beeinflussungen der Primärwelle durch den bestrahlten Körper — Beugung, Brechung, Absorption, Doppelbrechung, optische Aktivität usw. — zur Folge hat.

Auf der Existenz der elementaren Kugelwellen und der sekundären Gesamtwellen beruht zunächst die *Ultramikroskopie*. In jedem noch so kleinen Objekt — bis herab zum einzelnen Atom —, das wir aus einer bestimmten Richtung PP (Fig. 1) bestrahlen, werden die vom Licht getroffenen Atome sekundäre Kugelwellen emittieren, und diese werden die Energie auch nach einer anderen Richtung als nach der des Primärstrahles fortleiten, z. B. nach der Richtung OS . Wenn das bestrahlte Teilchen klein gegen die Wellenlänge des Lichtes ist, so wird man bei der Beobachtung von vorne — also von P' aus — keinen Schatten, d. h. keine *normale Abbildung* sehen können, weil die Lichtstrahlen völlig um das Teilchen herum gebeugt werden und hinter ihm wieder zu einer einheitlichen Wellenfront zusammenfließen. Beobachtet man hingegen aus der Richtung OS , so wird bei Anwesenheit des Teilchens in diese Richtung durch die sekundären Wellen Intensität abgebeugt werden, während bei Abwesenheit des Teilchens keine dorthin gelangt. Durch seitliche Beobachtung läßt sich also die Existenz diskreter Teilchen nachweisen, auch wenn sie kleiner sind als die Wellen-

länge des verwendeten Lichtes¹. Diese Intensität ist proportional der Zahl derjenigen Atome, die vom Primärstrahl zum Mitschwingen angeregt werden und natürlich proportional der Primärintensität. Will man noch sehr kleine Teilchen auf diese Weise feststellen, so muß man die Primärintensität entsprechend vergrößern, und es ist Ihnen ja bekannt, daß bei der Ultramikroskopie eine sehr wesentliche Voraussetzung möglichst große Intensität der Primärstrahlung bildet.

Über die *Form* des Teilchens und über seine *Größe* lassen sich ebenfalls aus dieser Methodik gewisse Aussagen machen. Belichtet man nämlich mit weißer Primärstrahlung, so wird von einem Teilchen nicht jede im weißen Licht enthaltene Wellenlänge mit der gleichen „Ausbeute“ in eine bestimmte Richtung abgebeugt, sondern es tritt Bevorzugung gewisser Wellenlängen ein, die zur Folge hat, daß das vom Teilchen gestreute Licht *farbig* erscheint. Man kann aus dieser Farbe auf die Teilchengröße Rückschlüsse ziehen². Es ist ferner leicht einzusehen, daß längliche Teilchen bei der Bestrahlung senkrecht zu ihrer Längsachse

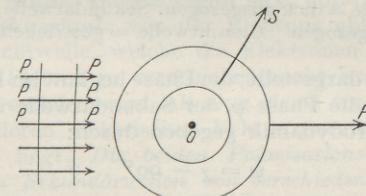


Fig. 1. PP = Einfallender Strahl. OP' = Durchfallender Strahl. OS = Tyndall-Licht.

deutlicher sichtbar sein werden als parallel hierzu, weil im ersten Falle die Zahl der zum Mitschwingen angeregten Atome offensichtlich größer ist, als im anderen. Während man in einem Kugelgel bei jeder Beleuchtungsrichtung stets denselben Effekt erhält: man sieht zahlreiche leuchtende Pünktchen, hängt bei einem gerichteten Stäbchengel das Aussehen des Bildes von der Bestrahlungsrichtung ab: man sieht entweder leuchtende Stäbchen oder man sieht leuchtende Punkte. Wenn die länglichen Teilchen BROWNSche Bewegung ausführen, hat dies ein lebhaftes Funkeln — nach Intensität und Farbe — zur Folge³. Auch aus dem Polarisationszustand der gestreuten Strahlung kann man Qualitatives über die Form der Micelle aussagen⁴.

Das in der Ultramikroskopie verwendete *Tyndall-Licht* ist also direkt die durch Überlagerung der elementaren Kugelwellen entstandene Sekundärstrahlung in Richtungen abseits vom Primärstrahl.

¹ Ausführlicheres über Ultramikroskopie Z. B. in R. ZSIGMONDIS Kolloidchemie 3. Aufl. S. 12.

² F. EHRENFIAFT, Physik. Z. 15, 952 (1914). G. LASKI, Ann. d. Phys. 53, 1 (1917), Physik. Z. 19 369 (1918).

³ A. SZEGVARI; Z. physik. Chem. 112, 277, 295 (1924) sowie zahlreiche Arbeiten aus dem Laboratorium von H. FREUNDLICH; ferner F. STADIE, Ann. Phys. 86, 751 (1928).

⁴ B. LANGE, Z. physik. Chem. 132, 1, 27 (1928).

Gehen wir nun in die Richtung des Primärstrahls und beobachten irgendeinen Körper — etwa eine Glimmerplatte — im durchfallenden Licht, so wird es darauf ankommen, wie sich die Sekundärwelle, die ja natürlich auch in Richtung des Primärstrahls vorhanden ist, der Primärwelle überlagert. Für das Ergebnis dieser Überlagerung ist maßgebend die *Amplitude* der Sekundärwelle und ihre *Phasendifferenz* gegen die Primärwelle. Die Fig. 2 zeigt die diesbezüglichen Verhältnisse. In ihr ist die Primärwelle als stark ausgezogene

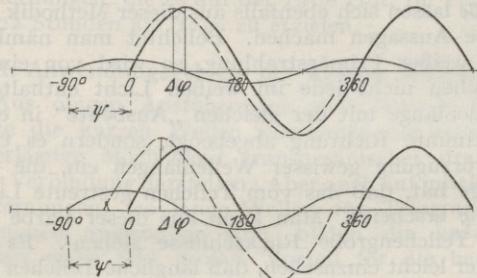


Fig. 2.

Primärwelle = dick ausgezogen. Sekundärwelle = dünn ausgezogen. Gesamtwellen = gestrichelt.

Sinuslinie dargestellt; die Phase beginnt im Punkt 0 mit Null, die Phase ψ der Sekundärwelle ist nach der Elektrodynamik gegeben durch:

$$\psi = \chi - 90^\circ$$

wobei

$$\cos \chi = \frac{v_0^2 - v^2}{\sqrt{(v_0^2 - v^2)^2 + v^2 v'^2}} \quad (1)$$

v = Frequenz des einfallenden Strahles

v_0 = Eigenfrequenz,

v' = Dämpfungskonstante,
die Amplitude ist

$$A = \alpha \frac{v}{\sqrt{(v_0^2 - v^2)^2 + v^2 v'^2}}.$$

In den meisten Fällen, z. B. beim gewöhnlichen Licht und allen ungefärbten Krystallen sind die Eigenfrequenzen v_0 groß gegen die Frequenzen des einfallenden Lichtes, und wir können daher die Formel einfacher schreiben:

$$\cos \chi = 1; \quad \psi = -90^\circ \quad (2)$$

$$A = \alpha \frac{v}{v_0}$$

Dies bedeutet, daß die Sekundärwelle gegen die Primärwelle um den Winkel -90° verschoben ist. Sie ist in Fig. 2 als etwas schwächere Linie gezeichnet.

Nun haben wir die Ordinaten der beiden Kurven in jedem Punkte zu addieren und das Ergebnis ist die physikalische Wirkung des durchstrahlten Körpers auf das Licht. Bei der Überlagerung sieht man, daß hierdurch die Phase der Primärwelle etwas zurückverschoben wird, während ihre Amplitude im wesentlichen ungeändert bleibt, denn die Sekundärwelle ist ja — wegen des v_0^2 im

Nenner und wegen des Faktors α — gegen die Primärwelle auf alle Fälle schwach. Um wieviel die Phase der Primärwelle durch die sekundäre verlangsamt wird, das hängt, wie die Fig. 2 zeigt, im übrigen von der Amplitude der letzteren ab. Wenn z. B. die Elektronen in den Atomen relativ leicht zum Mitschwingen angeregt werden (großes A), dann wird eine starke Sekundärwelle dem Primärstrahl nacheilen und seine Phase stark verzögern, während bei fester gebundenen Elektronen (kleines A) mit großer Eigenfrequenz der Primärstrahl nur durch eine schwache Sekundärwelle sehr unwesentlich verlangsamt werden wird.

Haben wir nun (Fig. 3) einen Krystall vor uns, der ein von 1 abweichendes Achsenverhältnis $a:b$ besitzt, so ist leicht einzusehen, daß die Kraft, die notwendig ist, um die Elektronen eines heraus-



Fig. 3.
Schematische Darstellung eines doppelbrechenden Krystals.

gegriffenen Atoms in der a -Richtung um die Längeneinheit zu entfernen, größer (oder kleiner) sein wird als die Kraft, welche die gleiche Verschiebung in der b -Richtung bewirkt. Mit anderen Worten: die parallel zu a polarisierte, in den Krystall hineingeschickte Lichtwelle erregt starke sekundäre Kugelwellen und wird durch diese in ihrem Fortschreiten stark verlangsamt, während die parallel zu b schwingende, also senkrecht hierzu polarisierte Welle den Elektronen kleinere Amplituden erteilt und daher durch die Sekundärwelle eine geringere Phasenverzögerung erleidet. Phänomenologisch ausgedrückt: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der beiden senkrecht zueinander polarisierten Strahlen und damit der Brechungsindex ist verschieden und der Krystall ist doppelbrechend.

Sie sehen nun sofort, daß bei einem kubischen oder tetragonalen Krystall, wie er in Fig. 4 eben-

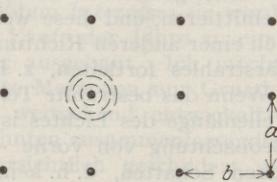


Fig. 4. Schematische Darstellung eines einfach brechenden Krystals.

falls schematisch dargestellt ist, ein solcher Effekt fehlen muß, denn hier sind die Eigenfrequenzen in der Richtung a und b wegen der Gleichwertigkeit dieser Richtungen dieselben. Hingegen muß auch bei einem solchen an sich isotropen Krystall Doppelbrechung auftreten, wenn etwa durch Druck oder Zug die ursprünglich gleichen Bedingungen in den beiden Richtungen a und b nunmehr verschieden gemacht werden. Man nennt die Doppelbrechung, die der Fig. 3 entspricht, die

Eigendoppelbrechung, die, welche der durch Druck oder Zug verzerrten Fig. 4 entspricht, die *Spannungsdoppelbrechung* oder *akzidentelle Doppelbrechung*.

Wenn wir in der Gleichung (1) die Frequenz des einfallenden Strahles neben der Eigenfrequenz nicht ganz vernachlässigen wollen, d. h., wenn wir in die Nähe einer Absorptionsstelle kommen (also bei farbigen Krystallen und sichtbarem Licht), dann wird stets der Nenner des Bruchs größer werden als der Zähler und die Phasenverschiebung liegt zwischen -90° und -180° . Das hat zur Folge, daß die Amplitude des Primärstrahles geschwächt wird, weil ja im extremen Fall einer Phasenverschiebung um -180° die Sekundärwelle den Primärstrahl maximal schwächt. In solchen Fällen bewirkt also die Sekundärwelle neben der *Beugung* und *Brechung* auch noch *Absorption* und im Falle der Ungleichwertigkeit der Elektronenbindung in den Richtungen *a* und *b* muß auch diese Absorption für verschiedene Polarisationsrichtung verschieden sein. Mit der Doppelbrechung notwendig gekoppelt ist stets der *normale Dichroismus*. Er wird immer dann merklich, wenn die Frequenz des Primärlichtes einer Eigenfrequenz der untersuchten Substanz nahekommt. Aus der Formel sowohl wie aus der schematischen Zeichnung ersieht man auch unmittelbar den Gang der Dispersion: Wenn wir uns einer Eigenfrequenz nähern, wird die Phasendifferenz zwischen Primärwelle und Sekundärwelle größer, die Phasenverschiebung der ersten — und mit ihr der Brechungsexponent — nimmt zu. Durch die Einzelheiten dieses Bildes werden alle Erscheinungen der *Eigendoppelbrechung*, der *akzidentellen Doppelbrechung* und des *Eigendichroismus* übersichtlich zusammengefaßt und quantitativ dargestellt.

Es gibt aber neben der eben geschilderten Doppelbrechung noch eine andere, die ihren Grund in der *Heterogenität* des untersuchten Systems hat. LORD RAYLEIGH und WIENER¹ haben gezeigt, daß Platten oder Stäbchen einer Substanz, die in ein Medium von anderem Brechungsexponenten eingebettet sind, ebenfalls zu Doppelbrechung Anlaß geben, wenn ihre Verteilung keine ganz ungeordnete ist. Die diesbezüglichen exakten Rechnungen sind etwas unübersichtlich, aber es läßt sich leicht plausibel machen, wieso in diesem Falle Doppelbrechung zustande kommt.

Wir betrachten den Fall der *Lamellendoppelbrechung* und denken uns Plättchen aus Substanzen mit zwei verschiedenen Brechungsexponenten übereinandergeschichtet. Der Brechungsexponent ist, wie wir von früher her wissen, im wesentlichen ein Maß dafür, wie leicht die Elektronen der Atome in einer bestimmten Richtung durch eine Lichtwelle verschiebbar sind, geht

¹ Philosophic. Mag. 34, 481 (1892); Abh. d. sächs. Ges. d. Wiss., math.-physik. Kl. 32, (1912). Vgl. auch AMBRONN-FREY, Das Polarisationsmikroskop. Akad. Verlagsges. 1926, S. 113ff.

also im elektrostatischen Grenzfall in die Dielektrizitätskonstante über, die ja bekanntlich angibt, um welches Maß beim Anlegen eines konstanten Feldes die Ladungen in der Substanz verschoben werden können. Wir führen daher die folgende Überlegung an Hand der Dielektrizitätskonstante durch, ersetzen also das Wechselfeld des Lichtes durch ein konstantes, elektrostatisches Feld, d. h., unsere Überlegungen haben nur Gültigkeit, wenn die Wellenlänge des Lichtes groß ist gegen die Abmessungen der übereinander geschichteten Platten oder nebeneinander gestellten Stäbchen.

Betrachten wir nun den oben erwähnten „Mischkörper“ aus Platten verschiedener Dielektrizitätskonstanten, so sieht man sofort, daß seine „mittlere“ Dielektrizitätskonstante in der Richtung senkrecht zu den Platten von der in der Richtung parallel zu den Platten verschieden ist, denn wir haben in dem einen Falle eine Reihe *hintereinander* geschalteter Kondensatoren, in dem anderen Falle eine Reihe *parallel* geschalteter. Im ersten Falle addieren sich die reziproken Kapazitäten, im letzteren Falle addieren sich die Kapazitäten selbst. Daraus ergibt sich, daß die Dielektrizitätskonstante von der Richtung abhängt und eine Lichtwelle, welche die Elektronen senkrecht zu den Platten zu verschieben sucht, andere Ausschläge erzielen wird, als eine gleich starke Lichtwelle, deren elektrischer Vektor parallel zu den Platten liegt: *Die beiden Polarisationsrichtungen erzeugen Sekundärwellen von verschiedener Amplitude und werden daher in ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit verschieden modifiziert.*

Man erhält daher auch hier *Doppelbrechung*, aber Doppelbrechung mit ganz anderen Eigenschaften. Zunächst sieht man, daß das Maß dieser Doppelbrechung davon abhängen muß, wie stark sich die Dielektrizitätskonstanten der beiden Komponenten des Mischkörpers voneinander unterscheiden, denn die Kapazität unserer Kondensatoren hängt davon unmittelbar ab. Man sieht ferner, daß die geometrischen Verhältnisse, also die relativen Dicken der beiden Schichtungen, das Maß der Doppelbrechung wesentlich bestimmen, und man sieht endlich unmittelbar, daß Eigenfrequenzen hier keinen Einfluß haben und daß die Abhängigkeit von der Frequenz des Primärstrahles — die Dispersion — hier ebenfalls nicht dieselbe ist wie bei der Eigendoppelbrechung.

Die verschiedenen Ursachen der *Eigendoppelbrechung* und der — eben geschilderten — *Formdoppelbrechung* geben verschiedene Möglichkeiten an die Hand, an einem Objekt zu entscheiden, ob der eine oder andere Effekt vorliegt, und es war insbesondere die Abhängigkeit der Doppelbrechung von der Dielektrizitätskonstante des Zwischenmediums, welche in den Händen von AMBRONN zum ersten Male eine exakte Abtrennung der Stäbchendoppelbrechung von der Eigendoppelbrechung lieferte. Verändert man nämlich die Dielektrizitätskonstante — also den Brechungsindex — der Einbettungssubstanz, so wird man zunächst ein Ab-

nehmen der Doppelbrechung beobachteten. Man kommt zu einem Punkt, bei dem der Mischkörper optisch isotrop wirkt: Die Dielektrizitätskonstanten der Komponenten sind jetzt einander gleich. Bei weiterer Veränderung ergibt sich dann ein neuerliches Ansteigen der Doppelbrechung, verursacht durch die nunmehr mit entgegengesetztem Vorzeichen ansteigende Differenz der Brechungsindices. In Fig. 5 ist eine solche typische *Stäbchendoppelbrechungskurve* dargestellt.

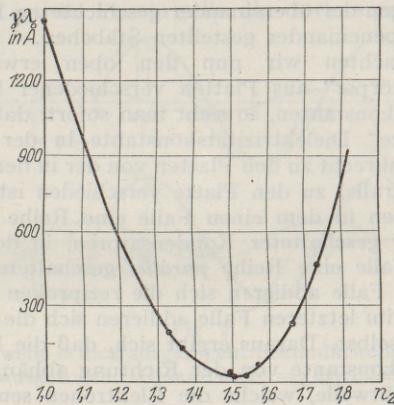


Fig. 5. Stäbchendoppelbrechungskurve nach A. FREY. Auf der Ordinate ist die Größe der Doppelbrechung, auf der Abszisse der Brechungsexponent der Einbettungssubstanz aufgetragen.

Diese Methode ist seither häufig verwendet worden, um neben der vorhandenen Eigendoppelbrechung Stäbchendoppelbrechung festzustellen, aus der letzteren auf die Anwesenheit länglicher oder plättchenförmiger orientierter Gebilde, aus der erstenen auf ihre kristalline Struktur zu schließen. So haben z. B. MÖHRING beim Chitin und Seidenfibroin, STÜBEL bei quergestreiften Muskelfasern, W. J. SCHMIDT beim Zahnschmelz, SÜFFERT und ZOCHER bei Schmetterlingschuppen und FREY bei Zellmembranen auf diesem Wege die Existenz von Micellen nachgewiesen. Hierbei ergab sich z. T., daß die Stäbchendoppelbrechung von einer sehr starken Eigendoppelbrechung überlagert ist, z. T., daß sie selbst den wesentlichen Anisotropiebestandteil bildet. Aus dem erstenen Verhalten hat man auf die kristalline Natur der geordneten Micelle rückgeschlossen, ohne aber über sie quantitativeren Angaben machen zu können.

Zu solchen war man erst befähigt, als die Erforschung der Micellarstruktur mit Röntgenstrahlen einsetzte, die von AMBRONN¹ selbst vorgeschlagen und von SCHERRER² zum ersten Male in Angriff genommen wurde. Die systematische Erforschung dieses Gebietes wurde in der Folgezeit hauptsächlich durch zahlreiche Arbeiten von R. O. HERZOG³ und seinen Mitarbeitern im Kaiser

Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie gefördert. Durch diese Arbeiten und durch die Untersuchungen von J. R. KATZ¹, J. J. TRILLAT, H. SPONSLER und anderen wurde die Methode so weit entwickelt, daß sie heute wohl das beste Hilfsmittel der Micellarforschung bietet.

2. Die Röntgen-optischen Methoden.

Um die Wechselwirkung zwischen Krystall und Röntgenstrahlen zu verstehen, greifen wir auf unser wellenoptisches Bild zurück. Auch die Röntgenstrahlen bewirken in dem bestrahlten Objekt die Emission sekundärer Kugelwellen und die Überlagerung dieser Kugelwellen ergibt wiederum die entstehenden Beugungerscheinungen. Da aber die Wellenlänge der Röntgenstrahlen mit den Gitterabständen im Krystall vergleichbar ist, fließen die sekundären Kugelwellen nicht nur in der Richtung des Primärstrahls zu einer ebenen makroskopisch beobachtbaren Sekundärwelle zusammen, sondern es lassen sich auch noch andere Richtungen angeben, in denen aus den elementaren Kugelwellen eine starke Sekundärwelle entsteht.

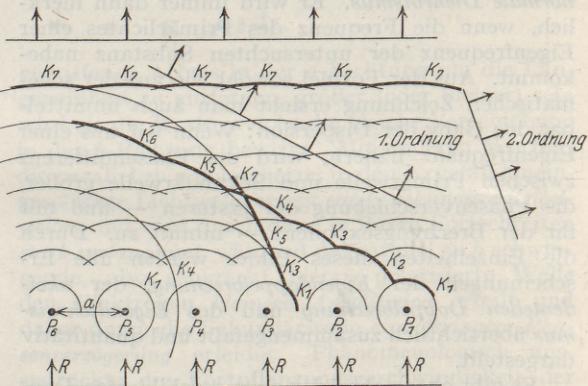


Fig. 6. Schematische Darstellung des Reflexionsvorganges von Röntgenstrahlen an einem linearen Gitter.

In Fig. 6 sind sechs gittermäßig mit der Gitterkonstante a angeordnete Punkte P_1 bis P_6 gezeichnet, die aus der Richtung RR bestrahlt werden und sekundäre Kugelwellen emittieren. Die Kreise bedeuten die Kämme dieser Wellen, der Abstand je zweier solcher konzentrischer Kreise ist also die Wellenlänge λ . Verbinden wir nun den ersten Kamm K_1 von P_1 mit dem ersten von P_2 usw., so erhalten wir eine zunächst etwas „rauhe“ Wellenfront, die sich aber beim Weiterweggehen immer mehr ebnet und bei der siebenten Kammelinie schon die ziemliche ebene Welle K_7, K_7, K_7 ergibt. Diese Welle läuft dem Primärstrahl parallel und bewirkt an ihm die früher beim Licht besprochene Brechung. Wir können aber in der tut für Faserstoffchemie; sowie zahlreiche neuere Arbeiten.

¹ Vgl. AMBRONN Kolloid-Z. 21, 185 (1917).
² Göttinger Nachr. 1918, Math.-phys. Kl., S. 98.
³ Gesammelte Abh. aus dem Kaiser Wilhelm-Institut

¹ J. R. KATZ, Erg. exakt. Naturwiss. 3, 365 (1923) und 4, 154 (1925), sowie im HESSschen Buch über Cellulose; dort auch ausführliche Literaturangaben.

Fig. 6 auch noch anders sekundäre ebene Wellen erzeugen, indem wir nämlich von dem ersten Kamm K_1 von P_1 zum zweiten Kamm K_2 von P_2 , zum dritten von P_3 übergehen usw. Auch diese — in ihrer Größe von rechts nach links — wachsenden Kreise haben eine Einhüllende, die in größerer Entfernung eine ebene Welle repräsentiert, welche in einer Richtung schief zum Primärstrahl den Krystall verläßt. Man nennt sie den Interferenzstrahl erster Ordnung. Verbinden wir den ersten Kamm von P_3 mit dem dritten von P_4 usw. — überspringen also zwei Kämme beim Fortschreiten von Atom zu Atom — so erhalten wir die Welle $K_1 K_3 K_5$, die man Interferenzstrahl zweiter Ordnung nennt. In den genannten Richtungen wird also je ein makroskopisch sichtbarer Interferenzstrahl den Krystall verlassen. Diese Konstruktion ist aber nur so lange möglich, als die aufeinanderfolgenden Kugelwellen eine Einhüllende haben, d. h. solange Zahl der Ordnung mal der Wellenlänge kleiner ist als a . Würde man versuchen, eine Reflexion dritter Ordnung zu zeichnen, indem man z. B. von K_1 des Punktes P_5 nach K_4 von P_6 eine Verbindung zieht, so sieht man, daß dies nicht möglich ist, weil die Kugel K_1 von P_5 ganz in der Kugel K_4 von P_6 enthalten ist. Dies ist der Grund, weshalb man mit sichtbarem Licht an Krystallgittern *keine* Interferenzen erzeugen kann: die Wellenlänge ist zu groß.

Die Ablenkungswinkel der Interferenzstrahlen hängen durch eine einfache geometrische Beziehung mit dem Gitterabstand im Krystall zusammen. Mißt man sie, so hat man die Möglichkeit, aus der Röntgeninterferenzerscheinung die Dimensionen des Kristallgitters abzuleiten. Das Auftreten scharfer Interferenzpunkte ist *unter allen Umständen ein Beweis dafür, daß in dem untersuchten Objekt eine größere Anzahl von Molekülen gittermäßig geordnet sind*. Rein qualitativ ließen also bereits die ersten Röntgenogramme Mizellarer Strukturen erkennen, daß die Micelle kristallinen Aufbau haben und bestätigten somit das aus den Polarisationsuntersuchungen erhaltene Ergebnis.

Neben dieser rein qualitativen Aussage, daß gittermäßig geordnete Molekelpartikel vorhanden sind, gestattet aber die Röntgenanalyse noch weitere Schlüsse. Unser wellenoptisches Bild zeigt sofort, daß die Interferenzstrahlen um so glattere Wellenflächen werden, d. h. um so mehr einen parallelen Lichtstrahl liefern, je größer die Zahl der bei der Interferenz zusammenwirkenden Punkte ist. Ein einzelnes Atom liefert überhaupt nur eine sekundäre Kugelwelle, zwei Atome eine noch sehr stark von der ebenen Welle abweichende Beugungerscheinung und erst unendlich viele Atome liefern prinzipiell einen völlig parallelen Interferenzstrahl. Es ist dies die Erklärung für die bekannte Erscheinung, daß ein optisches Gitter um so schärfere Spektrallinien liefert, je mehr Gitterstriche es besitzt, und daß daher sein „Auflösungsvermögen“ ebenfalls von dieser Zahl abhängt. Wir haben hierdurch ein Mittel an der Hand, aus der Winkel-

breite der Interferenzstrahlen etwas über die Zahl der gittermäßig geordneten Atome, also über die Micell- oder Krystallitgröße, auszusagen. Wenn die Möglichkeit besteht, die Micelle in zwei zueinander senkrechten Richtungen auf die Breite ihrer Interferenzlinien zu untersuchen, so kann man auch ihre Form abschätzen.

Den eben geschilderten Gedankengang hat zum ersten Male SCHERRER¹ verwendet, um die Größe der Goldkrystallchen in einem Goldsol zu bestimmen, die durch ultramikroskopische Auszählung von ZSIGMONDY bereits bekannt war. Von ihm stammt auch die erste Formel zur Berechnung der Teilchengröße aus der Linienbreite. Später wurde diese Methode besonders von R. O. HERZOG² unter Benutzung der SCHERRERSchen Formel auf die Größenbestimmung der Cellulosemicellen angewendet. M. von LAUE³ hat dann das Problem mathematisch ausführlich behandelt und eine allgemeine Formel entwickelt, welche die SCHERRERSche als Spezialfall enthält. Die Aussagen der LAUESchen Theorie wurden von PATTERSON⁴ ergänzt und von R. BRILL⁵ in einer neueren, sehr eingehenden Arbeit experimentell geprüft und bestätigt.

Ohne auf die formelmäßige Darstellung der Umstände genauer einzugehen, möchte ich Ihnen das Wesentliche kurz auseinandersetzen. Die Interferenzlehre ergibt, daß bei gegebener Teilchengröße die Winkelbreite eines Interferenzstrahles mit steigendem Winkel zunimmt, weil eben, wie unser wellenoptisches Bild deutlich zeigt, unter größerem Ablenkungswinkel die elementaren Kugelwellen nicht so glatt zu ebenen Wellen zusammenfließen, wie unter kleinem Winkel. Diese Abhängigkeit vom Ablenkungswinkel ϑ wird durch

$$\frac{I}{\cos \frac{\vartheta}{2}} \text{ gemessen.}$$

SCHERRER rechnete nun so, daß er dieser Interferenzbreite die Dicke des bestrahlten Stäbchens einfach additiv überlagerte. Dies ist in der Tat der Fall, wenn mit *parallelem* Licht und *nicht absorbierendem* Stäbchen gearbeitet wird, denn dann bildet sich das Stäbchen unter jeder Richtung mit der gleichen Breite ab (Fig. 7a), und es ist nur die interferenzmäßige Funktion, welche die Linienverbreiterung mit steigendem Winkel bedingt. Hat man *paralleles* Licht und *absorbierende* Substanz — wir wollen der Einfachheit halber unendlich absorbierende Substanz annehmen — so bildet sich, wie die Fig. 7b zeigt, das Stäbchen nach vorne schmäler ab, als unter größeren Ablenkungswinkeln, ein Einfluß, der nach BRILL mit $\sin^2 \frac{\vartheta}{2}$ geht und der sich dem reinen Interferenzeinfluß über-

¹ P. SCHERRER in ZSIGMONDY, Kolloidchemie 3. Aufl., S. 408 (1920); 4. Aufl., S. 394 u. 404.

² R. O. HERZOG, J. physic. Chem. 30, 457 (1926).

³ Z. Krystallogr. 64, 115 (1926).

⁴ A. L. PATTERSON, Z. Krystallogr. 66, 637 (1928).

⁵ R. BRILL, Z. Krystallogr. 68, 387 (1928).

lagert: Die Interferenzen werden mit steigendem Winkel noch breiter als vorher.

Verwendet man *divergentes* Licht und nicht *absorbierendes* Stäbchen (vgl. Fig. 7c), so wird wegen des BRAGGSchen Reflexionsgesetzes das Stäbchen nach vorne breiter abgebildet als nach hinten und die Linienbreite nimmt aus diesem rein geometrischen Grunde mit steigendem Winkel ab. Hier wirken also die *Verbreiterung* der Linien durch die Interferenzfunktion und die *Verschmälerung* der Linien durch die Stäbchenabbildung gegeneinander, was kein einsinniges Verhalten mit steigendem Winkel zur Folge hat. Dieser Fall liegt den LAUE-schen Berechnungen zugrunde. In Fig. 7d ist auch noch der Fall dargestellt, daß *divergentes* Licht und *absorbierende* Substanz zusammenwirken, wobei die Verhältnisse relativ am kompliziertesten liegen.

Da bei den bisher praktisch durchgeföhrten Teilchengrößenbestimmungen micellarer Systeme diese Verhältnisse nicht berücksichtigt worden waren, hat Herr Dr. J. HENGSTENBERG bei der Cellulose und beim

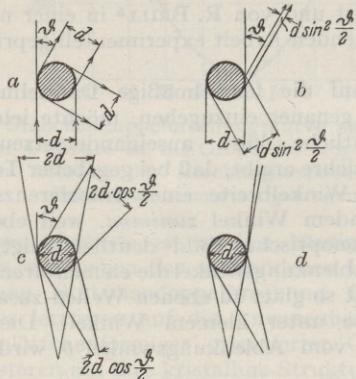


Fig. 7. a Paralleles Licht ohne Absorption. b Paralleles Licht mit Absorption. c Divergentes Licht ohne Absorption. d Divergentes Licht mit Absorption.

Kautschuk neuerlich genauere Messungen zur Bestimmung der *TeilchengröÙe* und der *Teilchenform* gemacht. Man geht hierbei am besten so vor, daß man aus einem gepreßten Faserbündel sehr dünne, runde Stäbchen parallel und senkrecht zu der Faserrichtung herausschneidet und diese in einer normalen Röntgenkammer belichtet, wobei man besonders darauf achten muß, entweder paralleles Licht zu haben — man geht sehr weit vom Röntgenrohr weg — um den Fall 7a zu realisieren oder eine punktförmige Lichtquelle (Lochblende) sehr nahe an der Antikathode zu wählen, um den Fall 7c anzunähern. Die Ergebnisse lassen sich dann miteinander vergleichen und ergeben, da mit zwei verschiedenen Formeln gerechnet wird — einmal nach SCHERRER, einmal nach LAUE — eine Kontrolle für die Richtigkeit der ganzen Untersuchung. Wir fanden, daß die Länge der Micelle in nativer Ramie meist über 500 Å beträgt, während sie in der anderen Dimension nur etwa 50 Å dick ist. Man hat also in der Tat *längliche Krystalliten* vor

sich und kann die Ergebnisse der Polarisationsmethode auf diesem Wege bestätigen¹.

Die Röntgenmethode liefert aber noch mehr als diese Teilchenform; sie läßt nämlich über den inneren Aufbau der Micelle weitgehende Schlüsse zu. Schon M. POLANYI², der als erster gemeinsam mit K. WEISSENBERG Faserdiagramme mathematisch analysiert hat, gab einen Elementarkörper für die Cellulose an, der eine große Zahl der beobachteten Interferenzpunkte theoretisch deutete, andere aber nicht wiederzugeben vermochte. Seitdem ist diese quadratische Form verbessert worden³, und es ist möglich, durch einen monoklinen Elementarkörper, dessen β -Winkel etwa 10° vom rechten abweicht, sämtliche Interferenzen des Cellulosadiagramms innerhalb der Fehlergrenzen wiederzugeben.

Die Kombination dieses Elementarkörpers mit den Ergebnissen der neuesten Zuckerchemie, die Herr KURT H. MEYER und ich durchgeföhr haben, legte eine Anordnung der Cellulosebausteine im Micell nahe, die Sie in Fig. 8 schematisch dargestellt

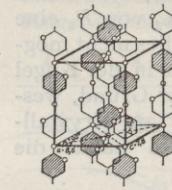


Fig. 8. Diese Figur entstammt der in Anm. 3 zitierten Arbeit. Um auch die Intensitäten der Celluloseinterferenzen richtig wiederzugeben, hat man dieses Modell dadurch etwas zu verfeinern, daß man den mittleren Cellobiosefaden um etwa $\frac{2}{9}$ der b-Achse gegen die anderen verschiebt. Man erhält dann die in Tabelle I enthaltenen Punktlagen.

finden⁴. Das Vorhandensein langer Ketten als Bausteine der Cellulose hat schon H. STAUDINGER⁵ durch Analogieschluß aus seinen bekannten schönen Untersuchungen über Polyoxyethylene vermutet, und auch K. FREUDENBERG⁶ hat aus seinen Methyllierungsversuchen in der Cellulose größere hauptvalenzmäßig zusammengehaltene Komplexe angenommen. Wir haben zeigen können, daß zahlreiche chemische Eigenschaften, die Dimensionen des Elementarkörpers und die Auslöschung bestimmter Reflexionen durch dieses Modell verständlich werden. Bei geeigneter Verfeinerung des Modells lassen sich aber auch die Intensitäten der wichtigsten Celluloseinterferenzen in dem Maße quantitativ wiedergeben, wie das überhaupt bei Strukturbestimmungen möglich ist. Die Tabelle I enthält die Punktkoordinaten aller im Elementarkörper enthaltenen Atome, wie sie der modifi-

¹ Die ausführliche Darstellung dieser Versuche erscheint demnächst in der Z. f. Kryst.

² Z. B. R. O. HERZOG und W. JANCKE; Z. Physik 3, 196, 343 (1920); M. POLANYI, Naturwiss. 1921, 288; Z. Physik 7, 149 (1921).

³ Z. B.: K. H. MEYER und H. MARK, Ber. dtsch. chem. Ges. 61, 593 (1928) und K. ANDRES, Z. physik. Chem. 136, 279 (1928).

⁴ I. c. sowie K. H. MEYER; Z. angew. Chem. 1928, Nr 34.

⁵ H. STAUDINGER u. Mitarbeiter; Z. physik. Chem. 126, 425 (1927).

⁶ Ann. 460, 295 (1928).

Tabelle 1. Koordinaten der Atomlagen im Elementarkörper der Cellulose C-Atome.

	x	y	z		x	y	z
1	0,0	0,09	0	7	0,0	0,593	0
2	0,16	0,17	0	8	0,85	0,67	0
3	0,16	0,32	0	9	0,85	0,82	0
4	0,0	0,4	0	10	0,0	0,90	0
5	0,85	0,31	0	11	0,15	0,81	0
6	0,70	0,34	0,95	12	0,30	0,84	0,5

und 12 C-Atome mit $x + 0,5$; $y + 0,72$; $z + 0,5$.

O-Atome.

	x	y	z		x	y	z
1	0	0	0,93	6	0	0,50	0,07
2	0,28	0,25	0,07	7	0,72	0,75	0,93
3	0,27	0,35	0,93	8	0,73	0,85	0,07
4	0,87	0,17	0,0	9	0,13	0,67	0,0
5	0,67	0,35	0,85	10	0,24	0,85	0,15

und 10 O-Atome mit $x + 0,5$; $y + 0,72$; $z + 0,5$.

Tabelle 2.

Intensitäten der wichtigsten Reflexe bei nativer Ramie.

hkl	Berechnet	Experimentell	hkl	Berechnet	Experimentell
101	50	40*	020	< 1	1*
101	15	20*	021	15	15*
002	100	100*	130	6	3
400	19	10*	230	1	5*
004	20	20*	032	15	
011	2	2	040	11	14*

* = photometrisch gemessen.

zierten Fig. 8 entsprechen; mit ihnen berechnen sich die in Tab. 2 wiedergegebenen „theoretischen“ Intensitäten, die mit den experimentellen sehr befriedigend übereinstimmen.

Lage, Schärfe und Intensität der Interferenzpunkte sind also im Einklang mit der Annahme, daß in den Cellulosemicellen Ketten von glucosidisch verknüpften Hexoseresten in bestimmter Weise parallel der Faserachse angeordnet sind und daß die Mizelle 300—500 Å lang und 30—50 Å dick sind.

Es ist bemerkenswert, daß man von den Netzebenen senkrecht zur Faserachse noch sehr hohe Ordnungen, z. B. (0,10,0) beobachten kann, während die parallel zur Faserrichtung liegenden Ebenen höchstens bis in die vierte Ordnung sichtbar reflektieren. Dies wird z. T. auf die längliche Form der Krystallite zurückzuführen sein, auf Grund deren die ersten Ebenen intensiver reflektieren müssen als die letzteren, z. T. aber — und vermutlich zum größeren Teil — darauf, daß der Aufbau entlang der Faserachse ein besser geordneter ist als senkrecht hierzu, weil eben der Zusammenhalt in der ersten Richtung durch Hauptvalenzen, in der letzteren durch Nebenvalenzen vermittelt wird¹.

¹ Bei chemisch vorbehandelten Cellulosepräparaten findet man zuweilen, daß die Interferenzen entlang der Schichtlinien verschmiert sind, was auf nicht ganz gesetzmäßige Aneinanderlagerung der in sich starren Ketten hinweist.

Auch die Tatsache, daß überhaupt nur unter relativ kleinen Winkeln Interferenzen beobachtet werden können und z. B. niemals Glanzwinkel bei 45° festgestellt wurden, ist ein bemerkenswerter Zug solcher Diagramme, den auch J. R. KATZ schon gelegentlich hervorgehoben hat. Man wird zunächst geneigt sein, dieses allgemeine Fehlen der hohen Ordnungen dem DEBYESchen Temperaturfaktor zuzuschreiben, und hoffen, daß beim Aufnehmen in flüssiger Luft neue Punkte auftreten. Wir haben daher eine Reihe von Aufnahmen unter den verschiedensten geometrischen Bedingungen bei — 180° gemacht, aber niemals das Auftreten höher indizierter Interferenzen feststellen können. Das bedeutet, daß es nicht Temperaturunregelmäßigkeiten sind, die das Auftreten dieser Reflexe verhindern, sondern statische Gitterstörungen: Die Atome liegen nicht genau in den durch das Gitter gegebenen Punkten, sondern weichen mehr oder weniger von ihnen ab. Unserem wellenoptischen Bild entsprechend, hat dies zur Folge, daß die Sekundärwelle von der Form einer ebenen Welle merklich abweicht, daß also neben der in der Interferenzrichtung aufgehäuften Streustrahlung auch noch eine diffuse Streuung zwischen den Interferenzen auftritt. In der Tat zeigen monochromatische Diagramme von Cellulose und ähnlichen Substanzen eine relativ hohe diffuse Streustrahlung.

Die Aufnahmen in flüssiger Luft haben noch ein anderes Ergebnis gezeigt. Durch genaue Vermessung der Netzebenenabstände von (200) (020) und (002) ließ sich der *Ausdehnungskoeffizient* der Micelle in den verschiedenen Richtungen bestimmen. Hierbei ergab sich, daß die Ausdehnungskoeffizienten in der *a* und *b*-Richtung etwa 0,7 bis $0,8 \cdot 10^{-4}$ betragen, während in der *b*-Richtung der Ausdehnungskoeffizient wesentlich kleiner (etwa $-0,10 \cdot 10^{-4}$) ist. Diese Tatsache stützt wiederum sehr kräftig die Annahme, daß parallel der Faserachse Hauptvalenzen den Zusammenhalt der Micelle bewirken, während in den beiden anderen Richtungen schwächere Nebenvalenzkräfte tätig sind.

Diese kurzen Ausführungen mögen genügen, um Ihnen zu zeigen, ein wie tiefes Studium des inneren Micellaufbaues die Röntgenanalyse gestattet und wie vielseitig ihre Ergebnisse auf diesem Gebiet sind.

Neben den Beobachtungsmethoden der Mizelle im festen Gelzustand, gibt es auch physikalische Verfahren um die durch Solvatation in einem Lösungsmittel dispergierten Teilchen auf ihre Größe und Form zu untersuchen. Es ist hier in erster Linie die Messung des Diffusionskoeffizienten zu nennen, die ebenfalls von R. O. HERZOG¹ zur Bestimmung der Teilchengröße dispergierter Cellulosederivate verwendet wurde, nachdem sie bereits vorher von vielen Seiten für die Bestimmung der Teilchengröße nicht solvatisierter Sole herangezogen worden war. Die Gleichung, nach der hierbei der Teilchenradius aus dem Diffusionskoeffizienten berechnet wurde, stammt

¹ R. O. HERZOG und KRÜGER, Kolloid-Z. 39, 256 (1925).

von EINSTEIN¹. Sie ist unter der Annahme abgeleitet, daß kugelförmige, starre Teilchen von gleicher Größe in einem Medium diffundieren, dessen Moleküle klein gegen diese Teilchen sind. Im Falle solvatisierter Cellulose- oder Kautschukmicelle ist jedenfalls die Voraussetzung *kugelförmiger* Gestalt nicht erfüllt, und es bleibt fraglich, wieweit die nach der EINSTEINSCHEN Formel interpretierten Meßergebnisse der Wirklichkeit nahekommen. Hier ist noch rein methodische Arbeit, insbesondere die Verallgemeinerung der EINSTEINSCHEN Gleichung auf nicht kugelförmige Teilchen, notwendig².

Auch die Messung der Viscosität und ihre Abhängigkeit von Konzentration, Temperatur, Strömungsgeschwindigkeit und Lösungsmittel, versprachen wertvolle Aufschlüsse über die Struktur der solvatisierten Micelle zu geben. Aber auch hier sind die theoretischen Grundlagen noch nicht weit genug entwickelt, um bereits eine quantitative Auswertung der Experimente zu ermöglichen.

Insgesamt haben die geschilderten Methoden den sicheren experimentellen Beweis erbracht, daß in zahlreichen organischen Systemen Micelle existieren, und sie haben darüber hinausgehend uns

¹ Ann. d. Phys. 17, 549 (1905).

² Diese ist in der allerjüngsten Zeit in einer sehr eingehenden und wichtigen Arbeit von R. GANS erfolgt. Ann. d. Phys. 86, 628 (1928).

deren räumliche Eigenschaften kennen gelehrt: wir wissen die Anordnung, Größe und Form der Micelle und in einigen speziellen Fällen auch ihren inneren Aufbau. Diese Kenntnisse lassen es berechtigt erscheinen, über die reine *Geometrie* der Micelle hinaus ihrer *Dynamik* nachzuforschen und andere Fragen, die schon von verschiedenen Seiten in Angriff genommen waren¹, mit neuen Gesichtspunkten zu beleben. Wie sind die Oberflächen der Micelle beschaffen; zeigen sie für bestimmte Atome oder Atomgruppen besondere Affinität? Mit welcher Energie werden die ins Innere der Micelle aufgenommenen Quellmittel festgehalten und wie verändert sich hierbei das Gitter? Welche Gesetze gelten für die höchst interessanten permutoiden Reaktionen, bei denen unter Erhaltung der äußeren Form der chemische Inhalt ausgewechselt werden kann.

Daß diese und ähnliche Fragestellungen heute der erfolgreichen Bearbeitung durchaus reif erscheinen können, ist ein Verdienst der Männer, welche durch die Jahre der ablehnenden Skepsis hindurch an der NAEGELISCHEN Idee festgehalten und ihr schließlich durch experimentelle Arbeit allgemeine Anerkennung verschafft haben.

¹ Vgl. hierzu bes. die bereits zitierten Artikel von J. R. KATZ, Erg. exakt. Naturwiss., sowie den zusammenfassenden Vortrag von H. FREUNDLICH am Naturforschertag in Hamburg.

Die Ergebnisse der Naegelischen Micellarlehre bei der Erforschung des Organismus.

Von W. J. SCHMIDT, Gießen.

Wenn ein Forscher im Sinne der Natur zu denken verstand, dann erweisen seine Lehren ihren unvergänglichen Gehalt am ständig sich mehrenden Schatz der Erfahrung.

C. v. NAEGELI hatte seine Hypothese von den krystallinen Micellen ersonnen, um Struktur und Wachstum, anisotrope Quellung und Doppelbrechung der pflanzlichen Zellmembranen, Stärkekörper, Eiweißkrystalloide von *einem* Standpunkt aus zu erklären. Er war sich aber wohl bewußt, daß die charakteristischen submikroskopischen, räumlich und optisch anisotropen Bausteine, die er in den genannten „organisierten Substanzen“ annahm, auch Stoffen nichtorganismischer Herkunft zukämen. Diese so weit der Zeit vorausseilenden Gedanken NAEGELIS (1858) fanden nur bei wenigen Biologen Beifall, ja wurden von manchen bekämpft, gerieten auch später über BÜTSCHLIS Wabenlehre in Vergessenheit. Für NAEGELI trat vor allem HERMANN AMBRONN ein: sein Leben lang hat er für die Micellarlehre geforscht, — vielleicht zu wenig — gestritten und gelitten.

Erst mußte die Kolloidphysik das Interesse an der Welt der vernachlässigten Dimensionen im allgemeinen wecken, im Ultramikroskop den BROWNSCHEN Tanz der Submikronen vorführen, durch v. WEIMARNS Untersuchungen die Möglichkeit ihrer Krystallinität erweisen, bevor sie den Weg wiederfand, den NÄGELI gewiesen hatte. Wie die Erforschung der Osmose von der Botanik

starke Antriebe erhielt, dann, rein physikalisch ausgebaut, mit Zinseszins der Biologie zurückgab, was sie von dort empfing, so dringt in unseren Tagen NAEGELIS Lehre auf dem verbreiterten Fundament kolloidphysikalischer Betrachtung wieder in die Wissenschaft vom Leben ein, nachdem das Röntgendiagramm den krönenden Schlußstein der Micellarlehre eingefügt.

Vor bald 100 Jahren sprach THEODOR SCHWANN aus, was Vorgänger und Zeitgenossen ahnten, in der Folge sich immer mehr bewahrheitete und heute eine für alle Zeiten gültige Erkenntnis darstellt: die *Zelle* ist der letzte *lebende* Baustein des Organismus. Die Entstehung der Zelle selber verglich SCHWANN der *Krystallisation quellungsfähiger Substanzen*.

Freilich hat es bis in unsere Tage nicht an Versuchen gefehlt, die Zelle wiederum in kleinere *lebende* Einheiten zu zerlegen. Alle diese Bestrebungen sind endgültig gescheitert, wie denn auch bei solcher Rückverlegung der „vitalen“ Eigenschaften in immer kleinere Teile keine tiefere Einsicht zu erwarten ist, im Gegenteil die Schwierigkeiten für die Erklärung des Lebens wachsen, je ärmer an Eigenschaften die Einheit wird, aus der wir es herleiten wollen. Vielmehr herrscht jetzt in der breiten Front der Biologen die Überzeugung, daß eine weitere Analyse der Zelle wagen muß, mit den Mitteln, die sich bei der Erforschung der leblosen Materie bewährten, die Lebensvor-

gänge in physikalisch-chemisches Einzelgeschehen aufzulösen.

Nach solchem Ziel strebt die neu erweckte NÄGELISCHE Lehre: sie trägt die morphologische Betrachtung, die bisher im Auflösungsvermögen des Mikroskopés eine — am Objekt gemessen — *zufällige* Grenze fand, in das Gebiet der kolloiden ja molekularen Dimensionen hinein und verschmilzt so die Strukturlehre der organischen und der anorganischen Welt zu einer Einheit. Damit stellt sie auch die *Entstehung* organismischer Strukturen auf den Boden der Kolloidphysik.

Unter den verschiedenen Methoden für die Erforschung des micellaren Aufbaues des Tier- und Pflanzenkörpers spielt die *Dunkelfeldbeleuchtung* (Ultramikroskopie) nicht eine so große Rolle wie in der Kolloidphysik des Anorganischen. Denn selten ist der Teilchenabstand so groß, daß die Beugungsbilder benachbarter Micelle sich nicht stören. Immerhin hat sie, vor allem mit dem SZEGVARISCHEN Verfahren azimuthaler Beleuchtung beachtenswerte Ergebnisse betreffend Fibrinbildung (HEKMA u. a.) kollagene Fasern (HERINGA, ETTICH und SZEGVARI) und Stärkekörner (NAGAI) gebracht, die alle NÄGELIS Lehre zustimmen.

Der *Röntgenspektrographie* steht bei vielen *biologischen* Objekten im Wege, daß oft die erforderlichen Substanzmengen sich nicht beibringen lassen und selbst die kleinsten für das Röntgendiagramm noch in Frage kommenden Mengen meist morphologisch und chemisch so vielfältig zusammengesetzt sind, daß die Analyse summarisch ausfällt und ein Anschluß an das mikroskopisch wahrnehmbare Detail erschwert ist. Die großen Erfolge der Röntgenspektrographie beziehen sich deshalb bisher wesentlich auf solches Material, das in beträchtlicher Menge zu beschaffen und chemisch einheitlich ist oder von fremden Beigaben ohne Störung befreit werden kann, insbesondere auf die pflanzlichen und tierischen Stützsubstanzen: der von NÄGELIS Standpunkt nicht überraschende Nachweis der *Faserdiagramme* bei Cellulose, Chitin, Tunicin, Kollagen usw. durch SCHERRER, R. O. HERZOG, JANCKE, POLANYI u. a., der die Anwesenheit regelmäßig geordneter kristalliner Micelle darstellt, hat weithin Aufsehen erregt.

Dem Biologen bewährte sich vor allem die Methode, die HERMANN AMBRONN so liebenvoll gepflegt und ausgebaut hat, die Untersuchung im *Polarisationsmikroskop*. Sie setzt *Ordnung* der Micelle voraus, wie sie in vielen Fällen im Organismus dauernd oder zeitweilig gegeben ist oder künstlich herbeigeführt werden kann. Die Wirkung des einzelnen Micells auf das polarisierte Licht ist bei seiner winzigen Größe viel zu schwach, als daß sie der Beobachtung zugänglich wäre. Auch hebt die Doppelbrechung regellos gelagerter Micelle bei hinreichender Schichtdichte sich völlig auf, da für alle Richtungen der gleiche Mittelwert der Brechzahl sich ausbildet. Bei Ordnung der Micelle aber summieren sich ihre Wirkungen zu erheblichen,

meßbaren Beträgen. Ist doch die Stärke der Doppelbrechung der Micelle oft beträchtlich, z. B. bei den Cellulosefasern 7 mal so groß wie die des Quarzes und ähnlich verhält es sich mit den Chromatinmicellen.

AMBRONN hat uns gelehrt, die *Eigendoppelbrechung* der Micelle zu scheiden von der *Formdoppelbrechung*, die das räumlich anisotrope Gefüge des ganzen Micellverbandes hervorruft. Erfüllung der Intermicellarlücken mit einer Flüssigkeit von der (mittleren) Brechzahl der Micelle homogenisiert das System optisch: die Formdoppelbrechung wird beseitigt, die Eigendoppelbrechung verbleibt rein. Läßt sich auf solchem Wege Form- und Eigendoppelbrechung nachweisen — wie bei den meisten bisher genauer untersuchten Fällen —, so muß aus der ersten auf regelmäßig geordnete, anisodiametrische Submikronen, aus der zweiten, zusammen mit dem Röntgenbefund, auf Krystallinität der einzelnen Submikronen gefolgert werden, — alles wie NÄGELI es verkündete.

Mehrfach sind bereits die Hauptbrechzahlen der Micelle ermittelt worden und ihre ausgedehntere Festlegung wird eine optische Charakteristik der verschiedenen Gewebsbestandteile erlauben, so wie Krystalle durch ihre optische Konstanten sich kennzeichnen lassen. Genauere Analyse der Formdoppelbrechung gestattet Schlüsse auf mehr plattige oder mehr stäbige *Micellgestalt*. Hierüber belehrt auch das an der Doppelbrechung geprüfte Ansprechen der Micelle auf *Richtversuche*, wie Ausstreichen und Fadenziehen, ferner das Studium der *Quellung* von Micellverbänden. Über die Größe der Micelle gibt die Polarisationsoptik keinen Aufschluß. Dagegen machen sich physikalische Be- wirkung — Druck und Dehnung — oder chemische Änderung des Micellverbandes — z. B. Nitrieren und Acetylieren von Cellulose — in der Optik oft verblüffend bemerkbar.

Weiter hat man die *Intermicellarlücken*, das Negativ der Micellarstruktur, erkundet. Nach NÄGELI sollten sie im gequollenen Zustand der organisierten Substanzen capillares Wasser enthalten, während im trockenen die Micelle dicht aneinander liegen. Nach neuerer Kenntnis sind die Lücken zwischen den Micellen bei den Cellulosefasern von Kolloidstoffen, wie amorpher Cellulose, Cutin, Suberin, beim Holz Lignin erfüllt; sie nehmen bei der Quellung das Wasser auf, und zwar nicht nach einfacher Capillarwirkung (vgl. bei FREY). Die zur Doppelbrechung harmonische Anisotropie der Quellung weist auf *Anisodiametrie* der Intermicellarlücken hin, wie sie bei stäbigen oder plattigen Micellen zu erwarten ist. NÄGELIS Annahme, daß das Quellungswasser zwischen und nicht in die Micelle eingelagert wird, ist für manche Fälle durch die Gleichheit des Röntgendiagramms im gequollenen und entquollenen Zustand bestätigt (KATZ). In verkieselten Membranen hat FREY die Cellulose chemisch zerstört und so ein Form und Anordnung der Micelle wiederholendes

Lückensystem erzeugt. Auch ein solches, der Micelle beraubtes System zeigte Formdoppelbrechung; die ehemals von den Micellen eingenommenen Räume müssen also anisodiametrische Gestalt und regelmäßige Anordnung besitzen.

Eine wertvolle Erweiterung der polarisationsmikroskopischen Methode ist die von AMBRONN eingeführte *Einlagerung färbender Stoffe in die Intermicellarlücken*, wodurch meist *Pleochroismus* entsteht. Nach dem bisherigen Einblick kann diese Erscheinung zweierlei Ursache haben: entweder ist der Farbkörper selbst pleochroitisch und wird molekular oder kolloid zerteilt, *geordnet* dem Micellverband eingefügt, „orientiert adsorbiert“, oder der Farbkörper ist selbst *nicht* pleochroitisch, wie das kubische Silber und Gold, und ruft, auch *ungeordnet*, allein durch den regelmäßigen Wechsel in der Absorption von Micellen und intermicellar eingelagerter Substanz *Formdichroismus* hervor, in ähnlicher Weise, wie der entsprechende Wechsel der Brechzahl *Formdoppelbrechung* bedingt. Pleochroitische Färbung ist bisher außer an Cellulose auch an zahlreichen tierischen Fasern aus Chitin, Kollagen, Tunicin, weiter an Muskel- und Hornfibrillen, Cilien und Wimpernwurzeln, Zahnschmelzprismen und, sofern seine Micelle *geordnet* sind, auch am Chromatin geglückt. Sie stellt einen indirekten Beweis für micellaren Aufbau dar: denn beruht der Pleochroismus auf *geordneter Einlagerung* des Farbkörpers, so muß man den Micellen die Fähigkeit orientierter Adsorption zusprechen, was *ohne* ihre Krystallinität kaum denkbar; liegt aber der Farbkörper *ungeordnet* vor, so ist Entstehen von Formdichroismus nur möglich, wenn die Intermicellarräume regelmäßig orientiert bzw. anisodiametrisch gestaltet sind. Pleochroitische Färbung kann bei sehr kleinen Objekten mit undeutlicher Doppelbrechung, wie etwa den einzelnen Cilien eines Flimmerepithels, zum einzigen Weg für den Nachweis micellaren Aufbaues werden. —

Alle Strukturen des Organismus gehen unmittelbar oder mittelbar auf die Zelle zurück, sei es, daß sie wie Pol- und Spindelfasern in ihrem Inneren, oder wie Membran- und Cuticularbildungen auf ihrer Oberfläche entstehen oder außerhalb der Zellen in den von ihnen gelieferten Intercellularsubstanzen. Damit erhebt sich für uns die Grundfrage, ob *Zellplasma* und -kern micellare Anteile enthalten.

Manche Biologen empfinden einen Horror bei v. WEIMARNS Vorstellung, die lebende Substanz bestehe aus krystallinen Körnchen, die mit verschiedenen Dispersionsmitteln angefeuchtet wären, oder bei O. LEHMANNS Definition des Protoplasmas als eines schwammigen Gerüstes kleiner Krystallchen. Dieselben Biologen würden gegen kolloiden Bau des Zellplasmas wohl nichts einwenden. Da scheint der Hinweis angebracht, daß die Begriffe kolloid und krystallin einander nicht ausschließen: kolloider Zustand wird durch die Teilchengröße, krystalliner durch raumgittermäßigen

Feinbau bestimmt. Wenn also ein System gemäß dem Dispersitätsgrad kolloid ist, bleibt noch unentschieden, ob die Submikronen amorph oder krystallin sind.

Da das *Protoplasma* vieler Zellen von solartiger Beschaffenheit ist, wie seine Strömung, BROWNSche Bewegung kleiner Einschlüsse und mikrürigische Eingriffe darüben, also seine Teilchen ihre Lage ständig wechseln, so muß die optische Methode zum Nachweis von Micellen hier im allgemeinen versagen. Röntgenographische Prüfung, die vielleicht an Plasmodien von Myxomyceten möglich wäre, ist noch nicht versucht. Daher bleiben zur optischen Erkundung micellarer Anteile im Protoplasma jene Fälle, in denen es gelartigen Zustand annimmt.

Im reversiblen Gelzustand befinden sich die fädigen, auffallend starren, mit Achsenfaden versehenen Pseudopodien der Heliozoen, Foraminiferen, Radiolarien, deren Entstehen und Vergehen vor allem DOFLEIN nach Dunkelfeldbeobachtung eindrucksvoll geschildert hat: Ein feiner glatter Strahl wächst aus dem Leibe des Einzellers schnurgerade, manchmal rasch auf. Zunächst besteht er anscheinend nur aus dem stereoplasmatischen Achsenfaden, bald strömt auf ihm leichtflüssiges Rheoplasma nach, das, an seiner Spitze angelangt, einen neuen Achsenfaden aufschießen läßt. So entsteht immer neues Stereoplasma aus Rheoplasma. Das Einziehen des Pseudopodiums kündet sich durch Runzelung und Verbiegung, Erweichung des Achsenfadens, an; schließlich verflüssigt er sich wieder ganz und das Pseudopodium fließt zu einem Plasmatropfen zusammen.

Während nun das Rheoplasma optisch isotrop ist, sind die daraus hervorgegangenen Stereopodien positiv einachsig doppelbrechend, wie man seit TH. W. ENGELMANN für *Actinosphaerium* weiß und ich für das Radiolar *Thalassicolla* im Leben und an Dauerpräparaten bestätigt finde. Vom Boden der Micellarlehre aus sind, wie ich das schon vor einigen Jahren ausgesprochen habe, die mikroskopisch wahrnehmbaren Vorgänge so zu deuten, daß das Rheoplasma stäbchenförmige Micelle enthält, die sich zum Achsenfaden zusammenschließen, wobei ihre Längsrichtung der Pseudopodienachse parallel geht. Neuestens hat man die Achsenfäden der Heliozoen in ein Fibrillenbündel auflösen können. Ähnliches gilt für den Bau und die Bildung der Cilien von Flagellaten und Flimmerepithelien, deren Reversibilität zu Plasma freilich schon geringer ist.

Auch die *Kernspindeln*, die bei der Mitose aus dem Plasma hervorgehen, sind doppelbrechend, wie nach mündlichem Bericht des Herrn Kollegen GICKLHORN am lebenden *Rhynchelmis* in Prag beobachtet wurde. Das gleiche sah Herr Kollege RUNNSTRÖM an fixierten Pollenmutterzellen von *Fritillaria imperialis* und am lebenden *Ei des Seegels*. Nach seiner brieflichen Mitteilung wirkt die Spindel eines lebenden Seegeleies negativ, eines

zum Dauerpräparat verarbeiteten positiv in bezug auf die Länge. Das erklärt sich aus der Anwesenheit kleinster, negativ doppelbrechender Lipoidstäbchen, die von den Spindelfasern orientiert adsorbiert werden und deren positive Doppelbrechung überkompensieren. Bei der Herstellung des Dauerpräparates werden die Lipoide gelöst und nun kommt die positive Doppelbrechung der Spindelfasern ungestört zum Vorschein.

So weisen bereits mancherlei Erfahrungen darauf hin, daß im Protoplasma — neben molekularen- und iondispersen Anteilen — stäbchenförmige Micelle vorhanden sind, die sich unter gewissen Bedingungen zu festen, fibrillären Strukturen zusammenfügen.

Auch das *Chromatin*, der wichtigste Bestandteil des Zellkernes, ist micellar gebaut. Freilich zeigen die in Teilungsruhe befindlichen Kerne



Fig. 1. Spermien von Sepia in polarisiertem Licht. Nur der chromatische Anteil des Kopfes leuchtet auf. Vergr. etwa 700 : 1. Nach W. J. Schmidt 1928.

keine Doppelbrechung; ihr Chromatin ist so stark gequollen, daß seine Micelle desorientiert sind. Werden sie aber durch Entquellung ausgerichtet wie bei der Formung des Spermienkopfes aus dem Kern der Spermatide, dann erscheint eine so starke Eigendoppelbrechung, daß die stäbchenförmigen Köpfe mancher lebenden Spermien, etwa von *Sepia*, gleich Krystallen im dunklen Sehfeld des Polarisationsmikroskopes auffunkeln und wieder verlöschen (Fig. 1). Die Chromatinmicelle sind — übrigens auch in allen anderen bisher untersuchten Fällen — negativ einachsig doppelbrechend und mit der optischen Achse der Länge des Spermienkopfes parallel geordnet. Auch durch pleochroitische Färbung kann der micellare Bau des Chromatins am Spermienkopf erwiesen werden.

Schon beim Studium des Spermienkopfes er-

gaben sich mir Hinweise auf *stäbige* Form der Chromatinmicelle. Bei anderen Objekten konnte ich das weiter sicherstellen. In noch unveröffentlichten Untersuchungen ist es mir nämlich gelungen, aus isotropen Kernen (Isosporenkernen) des Radiolars *Thalassicolla* unter der Einwirkung entquellender Mittel sehr feine, stark negativ einachsig doppelbrechende, auch pleochroitisch färbbare chromatische Fäden zu spinnen (Fig. 2). Solche Fadenbildung setzt aber, wie man aus analogen Versuchen mit bekannter Teilchenform



Fig. 2. Aus Zellkernen von *Thalassicolla* gewonnene Chromatinfäden in polarisiertem Licht. (Die kleinen hellen Pünktchen sind Kerne, die nicht in die Fadenbildung aufgegangen sind.) Vergr. 70 : 1.

weiß, *stäbchenförmige* Micelle voraus. Auch durch Ausstreichen eintrocknenden Chromatins erhält man stark doppelbrechende, gleichmäßig auslöschende und negativ in bezug auf die Strichrichtung wirkende Massen (Fig. 3), wodurch ebenfalls die Anwesenheit in dieser Richtung gestreckter Micelle erbracht ist. Die Neigung der Chromatinmicelle, sich parallel zu lagern, ist so groß, daß schon das einfache Antrocknen bei den *Thalassicollakernen* Doppelbrechung erscheinen läßt, besonders deutlich um Luftblasen herum (Fig. 4). Entquellung des Chromatins spielt sich auch im lebenden Organismus ab: denn nicht nur zeigen bisweilen die *Thalassicollakerne* ohne jede Einwirkung Doppelbrechung (Fig. 5), sondern die Isosporenkerne der nahe verwandten Sphärozoen

werden im Lauf ihrer Entwicklung immer mehr und schließlich sehr stark doppelbrechend (Fig. 6), wie bereits K. BRANDT wußte. Auch an somatischen Kernen von Metazoen habe ich nach Entquellung Doppelbrechung beobachtet (Echinodermenlarven).



Fig. 3. Chromatin von Thalassicolla, durch Ausstreichen doppelbrechend geworden. (Die kleinen, hellleuchtenden Gebilde sind Sphärokristalle, die sich in der Zentralkapsel finden.) Aufnahme in polarisiertem Licht. Vergr. 70 : 1.



Fig. 4. Chromatin von Thalassicolla eintrocknend, besonders um die Luftblasen herum stark doppelbrechend geworden. In polar. Licht. Vergr. 70 : 1.

Aus der Stäbchenform der Chromatinmicelle und ihrer ausgesprochenen Neigung sich parallel zu Fäden zu ordnen, ergeben sich wertvolle Hinweise auf die Formen, die das Chromatin im Zellenleben annimmt. Fadengestalt und Längsspaltung

der Chromosomen, ihre Querschnittsvergrößerung beim Übergang vom leptotären zum pachytären Zustand werden unter der Annahme verständlich, daß in den Chromosomen die Micelle ähnlich wie in künstlich hergestellten Chromatinfäden geordnet sind. Die starke Lichtbrechung und Färbbarkeit der Chromosomen gegenüber dem chromatischen Gerüst des Ruhekernes und mikruratische Eingriffe lehren, daß das Chromatin in den Chromosomen gegenüber dem Ruhekern stark entquollen, im Gelzustand befindlich ist. Freilich hat man Doppelbrechung bei Chromosomen bisher nicht beobachtet; ich möchte aber glauben, daß sie eines Tages an günstigen Objekten wahrgenommen wird.

Wie Kern und Plasma, der Urquell aller Strukturen im Organismus, Micelle enthalten, so besitzen auch zahllose, insbesondere alle *fibrillären* metaplastischen, cuticularen und in den Intercellularsubstanzen auftretenden Strukturen, was auch ihre chemische Zusammensetzung und biologische Bedeutung sein mag, micellaren Bau. Fibrilläre Form kündet also, wie das, von anderen Gesichtspunkten ausgehend, vor allem M. HEIDENHAIN betont hat, geradezu einen Aufbau aus stäbigen, untereinander, und der Fibrillenachse parallelen Micellen an. Das ist an Hand der Analyse der Doppelbrechung einschließlich pleochroitischer Färbung und in Übereinstimmung mit dem Röntgendiagramm für die intracellulären Myo-, Neuro- und Tonofibrillen ebenso nachgewiesen wie für die cuticularen Fibrillen aus Chitin, Tunicin und eiweißartigen Substanzen, für die aus Sekreten gesponnenen Fäden z. B. bei Schmetterlingen, Spinnen und für die künstlichen oder bei der Salangane vom Tier hergestellten Speichelfäden. Bald sind die Micelle positiv einachsig (oder wenigstens angenähert einachsig) doppelbrechend wie bei Tunicin, Kollagen, Horn, bald negativ einachsig wie bei Chitin und Zahnschmelz. Bald überwiegt die stets positive Formdoppelbrechung (Stäbchendoppelbrechung) die Eigendoppelbrechung wie bei Chitin, bald hat die letzte an der Gesamtdoppelbrechung den größeren Anteil wie bei Horn und Tunicin. Bei den pflanzlichen Zellmembranen ist die Anordnung der optisch zweiachsigen Cellulosemicelle in neuerer Zeit vor allem durch A. B. FREY weitgehend klargestellt.

Welche Kräfte führen nun die Ordnung der Micelle bei der Strukturentstehung herbei? Mechanische Einwirkungen etwa beim Wachstum erzeugte Spannungen haben wohl nicht die allgemeine Bedeutung, die von EBNER ihnen zusprach, obwohl sie in manchen Fällen, z. B. bei der Entstehung von Spinnfäden gewiß beteiligt sind. In der Regel handelt es sich vielmehr um *Selbstordnung* der Micelle, die vor allem durch Entquellung gefördert wird, wobei die Micelle sich soweit einander nähern, daß ihre Anziehungs- und Richtkräfte in Tätigkeit treten. Auch die besonderen Kräfte, die in der Oberfläche der Zelle bestehen, mögen für die erste Richtung der hier

sich ansetzenden Micelle von Bedeutung sein. Ist aber einmal ein Aggregat von Micellen da, so folgt alles weitere Wachstum durch geordnete An- und Einlagerung weiterer Micelle. Die Erforschung der ordnenden Kräfte im einzelnen ist Sache des Physikers. Aber ob es sich nun um elektrische, Valenz-, Adhäsions- oder Adsorptionskräfte handelt, sie alle lassen sich zusammenfassen unter v. WEIMARNS Begriff der *Dispersoidentropie*, dem Bestreben aller fein zerteilten Materie unter Absättigung freier Energie die Dispersität zu vergröbern, indem die Teilchen sich mehr und mehr zusammenlegen. Erfolgt das genügend langsam, so tritt Ordnung der Teilchen ein; die Richtkräfte reichen stets dazu aus, wenn die Häufungsgeschwindigkeit genügend herabgesetzt wird (F. HABER).

So zeigt die Ordnung der Micelle große Ähnlichkeit mit einem Krystallisationsvorgang, wobei freilich im allgemeinen die Micelle nicht dreidimensional periodisch, sondern nur mit einer bevorzugten Achse parallel gestellt werden. Wie aber ein Raumgitter nur aus gleichen oder ähnlichen (isomorphen) Bausteinen sich bilden kann, so schließen sich auch nur Micelle gleicher oder ähnlicher Art, d. h. solche mit passenden Richtkräften zusammen. Das muß nämlich daraus gefolgert werden, daß einerseits Micellverbände gewöhnlich aus chemisch einheitlichen oder nahe verwandten Stoffen bestehen, andererseits in derselben Zelle micellare Gebilde verschiedener chemischer Beschaffenheit sich entwickeln, wie in einer Pflanzenzelle Stärkekörper, Cellulosemembran, Eiweißkrystalloide. Solartige Beschaffenheit des Plasmas schließt eine Gliederung des Zelleibes in Bezirke mit verschiedener chemischer Tätigkeit aus; daher müssen wir annehmen, daß in solchen Fällen die Micelle verschiedener Art zunächst durcheinander im Plasma vorkommen; bei der Bildung eines Micellverbandes aber finden sich die gleichen Micelle zusammen, wie aus einer Mutterlauge, die mehrere krystallisationsfähige Substanzen erhält, verschiedene Krystalle sich ausscheiden.

Von Krystallen unterscheiden sich Micellverbände weiter dadurch, daß bei ihnen auch intussusceptionelles Wachstum möglich ist, d. h. die zunächst großen Intermicellarlücken von weiteren Micellen erfüllt oder durch Vergrößerung der ursprünglichen Micelle verkleinert und schließlich ganz geschlossen werden. Ein solcher Vorgang läßt sich bei der Erhärtung des Zahnschmelzes an der Optik verfolgen. In anderen Fällen werden in die Intermicellarlücken Micelle *anderer* Art orientiert eingelagert, wie Wachs in pflanzlichen Cuticulen, oder oberflächlich orientiert adsorbiert, wie die kollagenen Fibrillen bei der Entwicklung des Knochens die später ausfallende submikroskopisch-krystallinen Erdsalze richten. So sind die Gewebsstrukturen öfter aus Micellen *verschiedener* Art gesetzmäßig aufgebaut. —

Die gemessene Zeit gestattete nicht, alles auch nur anzudeuten, was bisher von micellarem Bau

des Tier- und Pflanzenkörpers erforscht ist. Das Vorgetragene dürfte aber einen Ausblick geben in

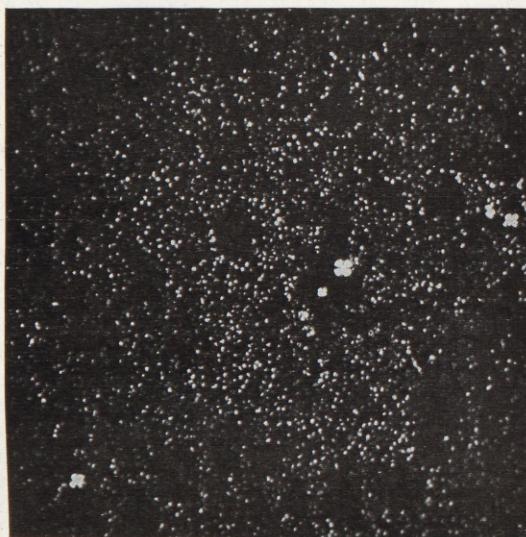


Fig. 5. Kerne von Thalassicolla durch Entquellung künstlich doppelbrechend. Bisweilen beobachtet man ähnliche Doppelbrechung an den *lebenden* Kernen. (Die 6 größeren Gebilde sind Sphärokristalle, vgl. Abb. 3.)

In polar. Licht. Vergr. 230 : 1.

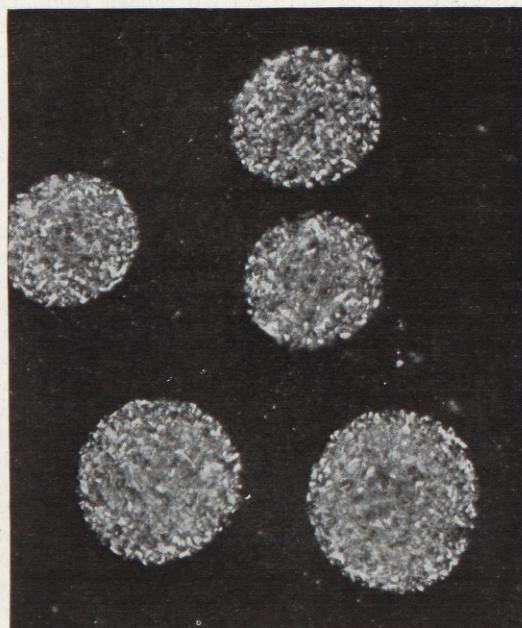


Fig. 6. 5 Zentralkapseln von Sphaerozoum. Isosporenkerne darin (auch im Leben!), doppelbrechend. In polar. Licht. Vergr. 230 : 1.

die Weite und Tiefe des Gebietes, das NAEGELIS reicher Geist erschlossen hat.

Literatur:

Hier kann nur auf einige Darstellungen verwiesen werden, aus denen die Spezialliteratur zu entnehmen ist. A. FREY, Die submikroskopische Struktur der Zellmembranen. *Jb. Bot.* 65, 195 (1926); Das Wesen der Chlorzinkjodreaktion und das Problem des Faserdichroismus. *Jb. Bot.* 67, 597 (1927); Der heutige Stand der Micellartheorie. *Ber. dtsch. bot. Ges.* 44, 564 (1926). — W. J. SCHMIDT, Die Bausteine des Tierkörpers in polarisiertem Lichte. Bonn 1924; Der submikroskopische Bau der tierischen Gewebe, erschlossen aus der Polarisationsoptik. *Arch. exp. Zell-*

forschg 6, 350 (1928); Der submikroskopische Bau des Chromatins. *I. Zool. Jb. Allg. Zool.* 45, 177 (1928). Die im Vortrag berührten Verhältnisse über die Doppelbrechung der Radiolarienkerne werden im zweiten Teil der letztgenannten Arbeit eine ausführliche Darstellung erhalten. — In einem jüngst erschienenen Aufsatz „Physikalisch-chemische Grundlage der Morphologie“ (*Biol. Zbl.* 48, 345 [1928]), stellt sich N. K. KOLTZOFF in vielen Punkten auf den Boden der von mir in einer Abhandlung in den Naturwiss. 1924, H. 15 u. 16 „Über den Feinbau tierischer Fibrillen“ entwickelten Anschaulungen.

Kommen und Gehen der Epidemien.

Von A. GOTTSTEIN, Berlin.

Durch Entstehungsursachen, durch Verbreitungsweise, Erscheinungen und Ausgang unterscheiden sich die Epidemien so scharf von dem Heer der anderen Erkrankungen, daß ihnen in allen Abschnitten der Geschichte eine Sonderstellung zufiel. Die Seuche selbst, wie immer auch im Laufe der Zeiten man sie zu deuten suchte, ist eine *Massenerscheinung*; mit ihr beschäftigt sich ein eigenes Fach der Medizin, die Epidemiologie; sie wurde in den letzten Jahrzehnten als rein empirischer Forschungszweig stark in den Hintergrund gedrängt durch die experimentelle Bakteriologie und Serologie, doch neuerdings wurde es notwendig, wieder auf sie zurückzugreifen. Von den zahlreichen Problemen der Seuchenforschung hat stets dasjenige von dem plötzlichen Kommen und Gehen der Epidemien, von den Wandlungen ihres Charakters, zuweilen schon im Beobachtungszeitraum derselben Forschergeneration, die Aufmerksamkeit erregt; hierbei blieb besonders das zeitliche Zusammentreffen mit gesellschaftlichen Katastrophen, namentlich Kriegen und Hungersnöten, eindrucksvoll. Die Überlieferung durch die Jahrhunderte bringt zahlreiche Beispiele, wie die Pest des peloponnesischen Krieges, von der schon Thucydides berichtete, daß sie dreimal in wenigen Jahren erlosch und wieder anschwoll, den schwarzen Tod im Mittelalter, den plötzlichen Seuchenzug der Syphilis seit 1495, die Fleckfieberepidemien der napoleonischen Kriege und die Wanderzüge der Cholera seit dem Übergreifen aus dem endemischen indischen Gebiete auf Europa im Jahre 1829.

Aber es bedarf nicht der geschichtlichen Beispiele, die Gegenwart hat uns eine Fülle von Beobachtungen über Kommen und Gehen der Seuchen gebracht. Besonders eindrucksvoll war hier zunächst das *Ausbleiben* von Epidemien unter Verhältnissen, wo man solche hätte erwarten müssen. Die Seuchensterblichkeit hielt sich in den Millionenheeren während des Krieges auf einem nie erreichten Tiefstand, und man konnte hierin zunächst noch den Erfolg unserer Fortschritte in der Seuchenbekämpfung erblicken. Aber als in der Nachkriegszeit der Grenzschutz zusammenbrach und gleichzeitig Hunderttausende von stark durchseuchten Rückwanderern von Osten ohne gesund-

heitliche Überwachung heimkehrten, deren viele nachweislich eben erst vor Überschreiten der Grenze sich angesteckt hatten, um dann mitten im Inland zu erkranken, kam es trotz der Häufung zündender Funken höchstens zu kleinen, rasch erlöschenden Seuchenherden. Dagegen brachen in Rußland wenige Jahre nach dem Kriege Epidemien von einer Höhe aus, für die es seit den napoleonischen Kriegen überhaupt kein Beispiel gibt; gegen die Deutung ihres Zusammenhangs mit gesellschaftlichen Notständen sind Zweifel nicht geltend gemacht worden. Auch für Deutschland lag diese Erklärung um so näher, als die Kurve der Tuberkulosesterblichkeit, die seit Jahrzehnten einen steten und starken Abstieg zeigte, plötzlich eine jähre und kurze Erhebungszacke in den Jahren 1917 und 1918 aufwies, die zeitlich genau mit dem zunehmenden Mangel an lebenswichtigen Nahrungsmitteln zusammenfiel. Aber es wurde ein neues und zunächst nicht leichtes Problem, daß diese selbe Krankheit, für die stets der Zusammenhang mit Ernährungs- und Wohnungsnot geglöten hatte, in den nächsten, wirtschaftlich so ungünstigen Jahren weit unter den Stand der günstigsten Friedensjahre absank. Und das gleiche trat für Scharlach und Diphtherie ein, die trotz Wohnungsnot, trotz Schulüberfüllung, trotz Nachlassens der Reinlichkeit einen seit mehr als 50 Jahren nicht beobachteten Tiefstand erreichten. Im selben Zeitraum wurden wir dann von einer ganzen Reihe ernsterer Seuchenausbrüche befallen, die mit den Ereignissen der Kriegs- und Nachkriegszeit nichts oder sehr wenig zu tun hatten, und die sich wieder der Auffassung eines einfachen Zusammenhangs zwischen dem Eindringen eines belebten Krankheitserregers in den Körper und dem Ausbruch einer Volkskrankheit einzufügen schienen, nämlich dem mörderischen Ausbruch der Influenza von 1918 mit seinen Abweichungen von der Epidemie von 1889, dem Seuchenzug der infektiösen Hirnentzündung und den schweren, rein örtlichen Epidemien des Unterleibstypus.

Obgleich diese Ereignisse zunächst dem Versuch einheitlicher Deutung widersprachen, so geben sie keinen Anlaß zu ernsten Zweifeln am Wert unseres Wissensbestandes. Denn im gleichen Zeitabschnitt hat die experimentelle Forschung,

deren grundlegende Bedeutung GOTSCHLICH gewürdigt hat und der wir erst die biologischen Unterlagen unseres epidemiologischen Verstehens zu danken haben, eine Fülle neuen Materials beigebracht. Vor allen Dingen aber hat die Klinik Zusammenhänge sicher festgestellt, die beweisen, daß und wie eine Reihe von Krankheitsvorgängen oder Ernährungsmängeln, sobald durch sie die Harmonie des Zusammenwirkens der einzelnen Organfunktionen oder sobald die Regulierungsmechanismen gestört werden, zugleich auch die Krankheitsbereitschaft gegenüber verschiedenen Infektionsarten steigern.

Bei der Folgerung aus den Beobachtungen der Seuchenvorgänge in der Gegenwart betonte zutreffend eine Reihe von Forschern, daß im Mittelpunkt der Fragestellung weniger der *Ausbruch* von ursächlichen und klinisch gleichartigen Massenerkrankungen stände, als ihr *Erlöschen*, *trotz* Bestehens oder Fortbestehens aller derjenigen Bedingungen, die von einer heut überholten Richtung als einzige Voraussetzung für das Anwachsen der Einzelerkrankungen zu einem Massenvorgang hingestellt wurden. Letzten Endes ist diese Formulierung ja auch nur der Ausdruck der Erkenntnis, daß außer den spezifischen Krankheitserregern noch weitere Ursachen beim Anstieg und beim Absinken der Seuchen im Spiele sind und daß der einfache Schluß aus Versuchen an absolut hinfälligen Tierarten im Laboratorium nicht ausreicht. Freilich, hätte man in jener ersten Periode der Bakteriologie nicht mit diesen maximalen Reizen gearbeitet, sondern wie man heut sagt, mit unterschwelligen Erregern, so wären jene glänzenden und grundlegenden Fortschritte nicht erzielt worden. Immerhin hatten die damaligen Ergebnisse lange zu einer Überbewertung der Rolle des Krankheitserregers geführt, die gegenüber den Tatsachen der Seuchenlehre nicht Stand hielt. Darum verlangt die Gerechtigkeit, gerade an dieser Stelle zweier Männer zu gedenken, die schon sehr früh, nämlich auf den Naturforscherversammlungen in Nürnberg 1893 und in Düsseldorf 1898 den Mut hatten, gegen einen starken Strom anzukämpfen. Es waren FERDINAND HUEPPE und FRIEDRICH MARTIUS, die mit starken Gründen die Zweifel an einer rein kontagionistischen Lehre in weitere Kreise trugen. Seither ist die Auffassung, daß für das Zustandekommen der Infektion im Einzelfalle und ebenso folgerichtig bei der Seuchenentstehung die Übertragung des Krankheitserregers und die persönliche Empfänglichkeit stets als gleichwertige Bedingungen in Betracht kommen, Gemeingut geworden; ja heut steht sogar der letzte Faktor im Vordergrund der Erörterungen. Die praktische Seuchenbekämpfung rechnet stark mit den Keimträgern, mit Personen, die auf das Eindringen der spezifischen Erreger nicht mit Krankheitserscheinungen reagieren, aber an der Verbreitung beteiligt sind. Und gerade in den letzten Jahren wird bei einer Reihe seuchenhafter einheimischer Erkrankungen die Bedeutung ständiger kleiner,

nicht zu klinisch ausgesprochenen Erkrankungen führender Infektionen für die Abschwächung der Verbreitungsgefahr betont, ein Vorgang, den die englische Epidemiologie als Subinfektion bezeichnet.

Es ist kein Zufall, daß diese Betrachtungen oder Folgerungen überwiegend an akuten *endemischen* Erkrankungen angestellt sind. Hier sind die Erscheinungen übersichtlicher, die Ausnahmen seltener. Aber diese endemischen Erkrankungen sind für uns auch praktisch wichtiger, sie legen uns ständig erhebliche Opfer an Menschenleben auf, während die unter ganz besonderen Verhältnissen und selten von außen eingeschleppten Seuchen trotz ihrer Schrecken keine bleibenden Gäste sind, mit Ausnahme freilich der Influenza. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich daher auch im Sinne der Forschungsrichtung der Gegenwart überwiegend auf die endemischen Seuchen; es erscheint dies um so eher zulässig, als mein Mitberichterstatter eingehender die anderen Seuchenformen behandelt.

Es gilt demnach heute, für jede einzelne Epidemienform festzustellen, wie groß der Anteil der Empfänglichkeit, wie große derjenige des spezifischen Krankheitserregers ist. Damit werden, da es sich um Massenvorgänge handelt, manche anscheinend verwinkelte Probleme einer rechnerischen Behandlung und der Formelsprache zugänglich. Von dem einen Faktor, den Mikroorganismen, wissen wir aus der Laboratoriumsforschung daß ihre krankheitserregenden Eigenschaften, ihre *Virulenz*, nach Gattung und Spielart stark schwanken kann, daß diese, wie schon vor Jahrzehnten betont wurde, die wandelbarste Eigenschaft im Artcharakter ist, und durch manche Verfahren erhöht, durch noch zahlreichere vermindert werden kann. Der zweite Faktor, die persönliche Empfänglichkeit, variiert in noch höherem Grade durch zahlreiche, nicht unter einen oder wenige Gesichtspunkte zu bringende Einflüsse, von denen hier nur Rassenanlage, Konstitution, Lebensalter, jahreszeitliche und klimatische Veränderungen und vor allem gesellschaftliche Einflüsse der Umwelt, sowie vorausgegangene andere Erkrankungen genannt werden sollen. So erscheint der Schluß einfach, sobald eine solche Störung weite Schichten der Bevölkerung betrifft, wie bei extremen klimatischen Einwirkungen, bei Ernährungsnot, daß dann auch ohne Veränderung in der Virulenz des Erregers eine Massenerkrankung die Folge ist. So einleuchtend diese einfache Formel ist, so reicht sie für eine systematische Betrachtung keineswegs aus. Sie trennt nicht genügend, daß die Empfänglichkeit eine artlich überkommene oder während des Lebens erworbene sein kann. Und da das Verhalten dieser beiden Formen grundverschieden ist, da beide sich kombinieren und damit in ihren Folgen sich summieren oder aufheben können, so entstehen Unübersichtlichkeiten, die aber leicht durch Übernahme der Lehren eines anderen biologischen Fachs gehoben werden können, das einst in ähnlicher Lage sich befand, bei der *Vererbungslehre*.

Der jüngst verstorbene JOHANNSEN, der von der Biologie und einer exakten Vererbungslehre verlangte, daß sie sich als messende, als rechnende Wissenschaft weiter entwickeln müsse, führte bekanntlich die Begriffe des *Phänotypus* und des *Genotypus* ein, Begriffe, für die GOLDSCHMIDT die deutsche Bezeichnung des Erscheinungstypus und des Erbtypus vorschlug. Zwei gleiche Phänotypen können nach den Worten JOHANNSENS verschiedene Genotypen haben. Die Züchtungsergebnisse der kleinen und großen Bohnen variieren nach seinem Grundbeispiel in weiten Grenzen, so daß ihre Extreme sich überlagern können und außerdem können günstige Umweltsverhältnisse das Anwachsen der kleinen Rassen fördern, ungünstige die Entwicklung der großen Spielart hemmen; man kann also aus der Größe nicht auf die Herkunft schließen; erst die erneute Aussaat gibt Aufschluß, welcher Art die große oder die kleine Bohne angehört hatte. Der Erscheinungstypus ist demnach Ergebnis der Wirkung des Erbtypus einerseits und der äußeren Umwelt andererseits; die letzteren aber verändern nicht den Erbtypus.

In der Epidemiologie entspricht dem Erbtypus das nach den übereinstimmenden Erfahrungen des Laboratoriums und der Tierseuchenkunde wie der rechnenden Epidemiologie im allgemeinen konstante Kräfteverhältnis bei einem bestimmten spezifischen Krankheitserreger von arteigener durchschnittlicher und nicht beeinflußter Virulenz gegenüber einer bestimmten Tierart oder Rasse. Daß hier in der Tierpathologie die allergrößten Mannigfaltigkeiten vorliegen können, daß z. B. die einen Nager gegen die geringste Menge eines Krankheitserregers, wie Milzbrandbacillus oder Tuberkelbacillus, absolut hinfällig sind, während andere, stammesgeschichtlich sehr nahestehende Nagerarten wenig anders als die Keimträger bei Menschen sich verhalten, ist bekannt genug. Hierbei muß weiter geschieden werden in *Empfänglichkeit* und *Hinfälligkeit*. Für letztere bestehen verschiedene Grade, von der örtlichen beschränkt bleibenden oder fortschreitenden Gewebsveränderung bis zum höchsten Grade der Hinfälligkeit der hemmungslosen Vermehrung des eingedrungenen Krankheitserregers in den Geweben, vor allem in der Blutbahn, in der Septizämie. Beim Menschen steht in der Gegenwart die Mehrzahl der endemischen Krankheitserreger erbtypisch in einem Kräfteverhältnis *geringer Gefährdung, die Größenverhältnisse schwanken* für die einzelnen Seuchenformen. Nur für einige Krankheiten von seuchenartigem Charakter wie Masern, Pocken ohne Impfschutz, Influenza, das soeben wieder einmal in Griechenland epidemisch auftretende Denguefieber sowie die Geschlechtskrankheiten besteht allgemeine Empfänglichkeit, so daß nahezu 100 % der Infizierten auch typisch erkranken. Für die Mehrzahl ist die Empfänglichkeit erheblich niedriger und läßt sich an der Hand größerer Beobachtungen als Kontagionsindex rechnerisch bestimmen. Noch niedrigere Werte gelten für die erbtypische *Hinfälligkeit*.

Der höchste Grad scheint auch heut noch allein für die Lungenpest vorzuliegen; für die anderen Seuchen drückt sich der Grad der Hinfälligkeit in der Ziffer für die *Tödlichkeit* der Erkrankten aus, die nur für die Cholera bei 50 %, für die Mehrzahl der anderen Seuchen um 10 % oder meist darunter liegt. Dabei liegt in dieser Zahl schon stark die Steigerung durch erscheinungstypische Einflüsse, wie Alter, Konstitution, vorangegangene andere Krankheiten. Das erbtypische Kräfteverhältnis kann aber in seinen beiden Faktoren Empfänglichkeit und Hinfälligkeit nicht nur ungünstig beeinflußt werden durch alle erscheinungstypischen Gesundheitsstörungen von dem schon wiederholt genannten Charakter, es kann auch günstig geändert werden durch alle Einflüsse, welche die *Immunität* erhöhen. Wir kennen heut drei Formen der Immunität, die für das Kommen und Gehen der Epidemien von Bedeutung sind. Die erste ist die durch Überstehen der Vollkrankheit erworbene Immunität. Sie besteht unangefragt für Masern und Pocken, Krankheiten, deren Erreger wir nicht mit Sicherheit kennen. In ungerechtfertigter Verallgemeinerung der Ergebnisse des Tierversuchs nahm man vor einigen Jahrzehnten für die Mehrzahl der bakteriell bedingten Infektionskrankheiten den Eintritt der durch Überstehen der Krankheit erworbenen Immunität für die Lebensdauer oder einen längeren Zeitraum an. Ich habe schon vor 30 Jahren betont, daß für die Entscheidung die Wahrscheinlichkeitsrechnung herangezogen werden muß. Die Wahrscheinlichkeit, ein zweites Mal zu erkranken, ist nach der Formel das Quadrat der Wahrscheinlichkeit der Ersterkrankung, also ein sehr kleiner Bruch. Wegen des Absterbens der Hinfälligsten und Erreichen einer höheren Altersstufe wird dieser noch weiter vermindert. Es ist daher die geringe Zahl beobachteter Zweiterkrankungen selbstverständlich und kein Beweis erworbener Immunität bei Krankheiten mit niedriger Empfänglichkeit. Heut ist anerkannt, daß bei den meisten parasitären Erkrankungen, außer Masern und Pocken, keine oder höchstens eine sehr kurze Immunität durch deren Überstehen erworben wird. Die zweite Form ist die durch Behandlungsmethoden erzielte aktive oder passive Immunisierung; sie kann die Höhe des Seuchenausbruches stark beeinflussen, falls sie rechtzeitig und ausgiebig geschieht und von genügend langer Wirkung ist. Ja, sie kann für die Ausbreitung einer Seuche entscheidend werden, wie das Beispiel der Schutzpockenimpfung beweist. Der dritte Vorgang steht heut im Vordergrund des Interesses durch die Untersuchungen von DEGKWITZ, DE RUDDER, PFAUNDLER und FRIEDEMANN, die Lehre, daß die stete Berührung mit einem endemischen Seuchenerreger auch ohne für die Erzeugung klinischer Erkrankungen auszureichen, dennoch zur Anhäufung von Schutzstoffen im Blut führt, die schließlich hoch genug ansteigen, um Schutz vor den krankhaften Folgen einer stärkeren Infektion zu gewähren. So be-

stechend diese Lehre ist, so bedarf sie noch gründlicher Durcharbeitung und der Ausfüllung beträchtlicher Lücken in der Beweisführung. Fällt die weitere Untersuchung bestätigend aus, so kann diese Theorie, die natürlich nur für Endemien von geringer erbtypischer Empfänglichkeit gilt, bei diesen für den Abfall des Wellenberges vor vollständiger Durchseuchung der gesamten bedrohten Generation von beträchtlicher Bedeutung werden.

Von der Erblichkeitslehre kann man weiter auf die Epidemiologie die Feststellung übernehmen, daß das angeborene Kräfteverhältnis sich auf die Nachkommen überträgt, daß aber die Veränderungen des Erscheinungstypus nicht vererbbar sind, denn wir wissen, daß beim Vorhandensein einer gattungsmäßigen Empfänglichkeit selbst das eine individuelle Immunität verleihende Überstehen der Krankheit bei der Mutter in geschichtlichen Zeiträumen die Empfänglichkeit des Nachwuchses nicht berührt hat, und die Hautreaktionen bei Impfungen mit Diphtherie und Scharlach haben dieser Jahrtausende alten Beobachtung eine weitere Stütze gegeben.

Von vornherein ist es klar, daß die gleiche Trennung in Änderungen des Erscheinungs- und Erbtypus auch für den ektogenen Faktor, den Krankheitserreger, gilt und untersucht werden muß. Erscheinungstypische Änderungen der Virulenz sind zur Genüge bekannt und werden umfassend für künstliche Immunisierung und Schutzimpfungen herangezogen. Neuerdings werden auch genotypische Artänderungen von Kleinebewesen als biologische Vorgänge eingehend untersucht. Man legt vielfach diesen Veränderungen einen großen Wert für die Erklärung von Änderungen im Seuchencharakter bei und bei einer der letzten Tagungen der mikrobiologischen Gesellschaft wurde schon erörtert, für welche Seuchenformen solche Änderungen der Erreger in Betracht kämen, für welche sie abzulehnen seien.

Vom Standpunkt der rechnenden Epidemiologie kann ich, mit dem Zugeständnis, daß neue tatsächliche Entdeckungen meine Einwände widerlegen können, nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse ernste Bedenken gegen diese Auffassung, die wie früher nur die Zustandsänderungen des einen Faktors berücksichtigt, nicht unterdrücken. Denn man hat bisher keinen Parallelismus zwischen den an hinfälligen Versuchstieren gemessenen Virulenzhöhen der Krankheitserreger und dem Grad der Reaktionsstärke beim Menschen feststellen können, so noch jüngst in klaren Versuchen *OPITZ* bei der Kindertuberkulose und andere bei der Diphtherie. Schließlich aber reichen für die Erklärung der Vorgänge bei endemischen Erkrankungen die Änderungen der Empfänglichkeit des Wirtsorganismus fast immer zureichend aus. Ich habe bei anderer Gelegenheit wegen der Sinnfälligkeit des Vergleiches gefragt, warum vor einigen Jahren, als die Kräfte außerordentlich zunahm, niemand daran gedacht hätte, ob etwa ihre Erreger, die Milben, invasiver geworden wären.

Wir müssen es daher der Zukunft überlassen, ob sie für die Bedeutung grundlegender Änderungen im Erbcharakter oder Erscheinungscharakter der einzelnen Krankheitserreger zwingendere Beweise beibringen wird in ihrem Einfluß auf Kommen und Gehen der Seuchen. Dagegen können wir schon heut eine große Anzahl von Seuchenausbrüchen allein auf geänderte Einwirkungen der *Umwelt* zurückführen, welche mit einem Schlag eine große Anzahl von Menschen gleichzeitig in die Lage größerer Hinfälligkeit gegenüber einem Ansteckungsstoff bringen, der entweder stets in ihrer Umgebung oder sogar auf ihren Häuten und Schleimhäuten vorhanden ist, oder der von außen eingeschleppt, günstigere Bedingungen für seine Vermehrung findet. Und umgekehrt gilt bei diesen Fällen von Seuchenausbrüchen bei negativen Vorzeichen der gleiche Grund für ihr Verschwinden. Wir dürfen hierbei aber keineswegs übersehen, daß noch eine Reihe sehr wichtiger anderer Umstände mitzuwirken pflegen, um den Unheilskreis zu schließen. Mit dem Ansteigen der Epidemie ist eine außerordentlich starke Anreicherung des Ansteckungsstoffes innerhalb und außerhalb der Erkrankten verbunden und damit steigt nicht nur die Gefahr der Aufnahme dieses Ansteckungsstoffes, sondern auch die Gefahr der massigen Infektion und der Minderung der Widerstandskraft der Bedrohten sowie die dadurch bedingte Vermehrung der Zahl der Empfänglichen. Wenn ein Brandherd um sich greift, so wächst nicht nur die Zahl der zündenden Funken, die zunehmende Glut macht auch feuerfesteres Material entflammbar. Weiter aber kann sich durch fortgesetzte Passagen die erscheinungstypisch bedingte Virulenz des spezifischen Krankheitserregers bald nach der positiven, bald nach der negativen Seite ändern; beide Vorgänge können aus epidemiologischen Tatsachen auch bei noch ätiologisch ungeklärten Seuchen gefolgt werden, gelegentlich lösen sich in derselben Epidemie beide Vorgänge ab.

Die Deutung vieler endemischer Seuchenausbrüche als *phänotypisch bedingter Steigerung der Einzelinfektion zur Massenkrankheit* trifft zwar nicht für alle, wohl aber für eine große Zahl der gegenwärtig beobachteten Epidemien zu, namentlich für diejenigen Seuchenausbrüche, die besonders eindrucksvoll geworden sind durch ihren plötzlichen Ausbruch, ihre verheerenden Wirkungen und ihr schnelles Verschwinden. Charakteristisch ist das Beispiel der *Ruhr*, welche hauptsächlich Kreise heimsuchte, deren kultureller Tiefstand sie die einfachen, die Erkrankung verhindernden Vorsichtsmaßnahmen nicht innehaltend läßt. Ein weiteres Beispiel ist die *Cholera*, die bei ihrem letzten großen deutschen Einbruch in Hamburg 1892 sehr genau sich ihre Opfer unter den hygienisch Tiefstehenden und beruflich besonders Gefährdeten aussuchte. Der Ansteckungsstoff war damals in Hamburg für jeden Ortsanwesenden zugänglich; auch die jahreszeitlichen Bedingungen für eine starke Anreicherung des spezifischen

Krankheitserregers in der Umwelt gefährdeten die gesamte Bevölkerung; der schweren Erkrankung fielen aber nur 3 % anheim, von denen etwa die Hälfte starb, immerhin eine Zahl, die in einer Bevölkerung von der Größe Hamburgs eine schwere Epidemie bedeutete. Über die wirtschaftlich ungünstigen Verhältnisse dieser Opfer sind wir zahlenmäßig genau unterrichtet. Auch bei der starken Typhusepidemie 1926 in Hannover, bei der der belebte Ansteckungsstoff wohl die gesamte Bevölkerung einbezog, erkrankten klinisch nur 0,5 % der Bevölkerung.

Oft bedarf es für den Ausbruch einer solchen Seuchenkatastrophe des zeitlichen Zusammenfalls mehrerer Faktoren verschiedenster Art, um die Steigerung auf einen weit überdurchschnittlichen Stand der Krankheitsbereitschaft und damit zur Massenerkrankung zu geben. Es ist sehr wahrscheinlich, daß zu diesen Gründen auch eine starke Verschmutzung des Bodens gehört, schon als Symptom für eine ganze Anzahl gleichwertiger gesundheitsschädlicher Vorgänge. Aber es erscheint einseitig, diesen Faktor immer wieder als den allein entscheidenden und ausschlaggebenden in den Vordergrund zu stellen.

Die Bedeutung der in jedem Einzelfall einer Epidemie wechselnden Kombinationen erscheinungstypischer schädlicher Einwirkungen auf die Widerstandskraft als *Massenvorgang* wird noch deutlicher, sobald wir das Maß für die Höhe einer Epidemie, ihre *Sterblichkeit*, berechnet auf die Zahl der Lebenden, in ihre zwei Einzelfaktoren zerlegen, in die *Erkrankungsziffer* und die *Tödlichkeit*. Es zeigt sich dann, daß die Tödlichkeit, ebenso wie bei anderen häufigen, nicht *infektiösen* Erkrankungen, durchschnittlich genau so beherrscht wird von Lebensalter, Konstitution, vorangegangenen anderen Krankheiten, wirtschaftlicher Lage oder Fehlern zweckmäßiger Versorgung. Für Masern besteht eine allgemeine jenseits aller sozialen Einflüsse liegende Empfänglichkeit zu *erkranken*, für den tödlichen Ausgang entscheidend sind die genannten Einwirkungen. Und das gleiche gilt für die dauernd als Epidemie unter uns herrschende Tuberkulose, bei der sowohl die Erkrankungshäufigkeit, wie der Verlauf und Ausgang stark von Lebensalter, Beruf, wirtschaftlicher Lage beherrscht wird.

Die gekennzeichnete Auffassung macht es verständlich, daß regelmäßig wiederkehrende Einwirkungen auch regelmäßige periodische, oft an die Jahreszeiten gebundene Häufungen und Sankungen bei einigen Seuchenformen hervorrufen. Sie machen es weiter verständlich, daß bestimmte Seuchen, wie dies seit Jahrtausenden bekannt ist, aus dem Zusammenspiel mehrfacher Schädigungen eng an Krieg, Hungersnot, kulturelle Umwälzungen als Elementarkatastrophen gebunden sind. KISS-KALT hat vor einigen Jahren diese Zusammenhänge eingehender studiert und erwiesen, daß dann gerade bestimmte, auch sonst in der betroffenen Bevölkerung dauernd vorhandene Seuchenformen, wie namentlich Malaria und Fleckfieber, überhand-

nehmen. Für die finnische Hungersnot von 1866 bis 1868, die letzte größere europäische Hungersnot vor dem Weltkriege, ließ sich ebenfalls feststellen, daß die extreme Übersterblichkeit von 8 % der Bevölkerung in der Form der enormen Zunahme auch sonst dort endemischer Seuchen sich vollzog.

Endemische Seuchenkatastrophen auf phänotypischer Unterlage haben für die Betroffenen und ihre Angehörigen wie für die Gesellschaft, der sie angehören, meist sehr schwere, mehr oder minder nachhaltige körperliche, seelische und wirtschaftlich Folgen. Nach den Feststellungen der Bevölkerungslehre aber sind die Verluste nicht bleibend. Soweit die Erkrankungen Todesopfer fordern, deren Höhe mit der Seuchenform in zahlenmäßig bekannter, stark wechselnder Zahl für jede Art wechselt, vernichten sie übermäßig viele wertvolle oder vielversprechende Leben, nur gelegentlich beschleunigen sie lediglich den Tod schon anbrüchiger. In der Folge der Generationen aber gleichen sich diese Verluste durch die Erneuerungskraft der menschlichen Gattung, und zwar je nach der Höhe der Verluste und dem Alter der beteiligten Altersklassen, mehr oder weniger schnell aus und das sogar bei besonders schweren Einbußen meist *erstaunlich schnell*. Oft schon sind wenige Jahre nach dem Ausbruch eines Epidemienzuges, der die Sterblichkeit stark erhöht hat, die früheren Bevölkerungszahlen wieder erreicht und übertroffen und eine Kurve der Bevölkerungszahlen, deren Einheiten nicht Jahre, sondern Jahrfünfte oder Jahrzehnte sind, läßt vom Vorgang einer mehrmonatlichen Übersterblichkeit kaum noch etwas erkennen. Keinesfalls aber stehen diese Seuchen im Dienst einer Auslese mit der Wirkung einer eugenischen Verbesserung der gesellschaftlichen Gesundheitsverfassung, denn nach ihrem Verschwinden ist das frühere Kräftegleichgewicht wiederhergestellt.

Der erscheinungstypische Charakter dieser epidemischen Steigerungen endemischer Krankheiten erweist sich weiter dadurch, daß eine Generation, die bis Ende der Kindheit durch ernstere Seuchen hindurchgegangen ist, einen Teil der Verluste der früheren Lebensjahre durch spätere Untersterblichkeit wieder einholt, daß dagegen eine Generation, die, weil ihre ersten Jugendjahre in Zeiten schwächerer Epidemien fiel, geringere Einbuße erfuhr, diesen Vorteil als bleibenden Gewinn auch in späteren Lebensabschnitte hinaufnimmt, wie die Sterbetafeln erweisen. Die genannten Seuchenformen berühren daher zunächst nur das Schicksal der von ihnen betroffenen Generation.

Es gibt aber auch *genotypische* Einwirkungen auf Kommen und Gehen der Epidemien. Bei den Menschen liefert die Seuchengeographie und namentlich die Tropenforschung zahlreiche Beispiele für das ungleiche Verhalten verschiedener Rassen gegenüber denselben spezifischen Krankheitserregern. Besonders auffallend ist hierbei stets gewesen, daß Zugewanderte gegenüber den in bestimmten Gegenden herrschenden Seuchen sich

erheblich hinfälliger zeigten als Einheimische. Es muß durchaus als zweifelhaft gelten, ob dieses verschiedene Verhalten verschiedener Menschenstämme nur auf die nicht erblich übertragbare persönlich erworbene Immunität zurückgeführt werden darf. Man hat für diesen Fall schon vor Jahrzehnten zum Verständnis dieser Vorgänge auch auf die Auslese durch Hinsterben der Minderwiderstandsfähigen im frühen Lebensalter hingewiesen. Und sogar schon vor Jahrhunderten wurde die Frage aufgeworfen und erörtert, daß zwischen dem Menschengeschlecht und denjenigen Krankheitserregern, mit denen seit Jahrtausenden eine Symbiose besteht, allmählich sich gegenseitige Anpassungen vollziehen müssen, und man hat teleologisch darauf hingewiesen, daß durch Krankheitserreger, bei denen eine allgemeine Empfänglichkeit sich mit einer hohen Sterblichkeit verbände, der Bestand des Menschengeschlechts auf das Äußerste bedroht wäre. In der Tat zeichnen sich diejenigen Krankheiten, für die beim Menschen die Empfänglichkeit die weitest verbreitete ist, wie Masern und Windpocken, abgesehen von der Altersempfänglichkeit und dem Einfluß vorangegangener Erkrankungen oder wirtschaftlicher Not, durch besonders niedrige Sterblichkeit aus, während bei den viel lebensgefährlicheren Krankheiten wie Scharlach, Diphtherie und Typhus, die Empfänglichkeit eine viel geringere ist. Bei Masern und Windpocken folgt der Berührung mit dem Ansteckungsstoff in genauer Zeitfolge stets auch der Ausbruch der Krankheit, bei den genannten anderen Krankheiten ist die Zahl der gesund bleibenden Ansteckungsbedrohter beträchtlich. Bei den so lebensgefährlichen seuchenhaften Erkrankungen des Zentralnervensystems übertrifft sogar die Zahl der von der zentralen Erkrankung frei gebliebenen Infizierten diejenige der Erkrankten um ein sehr hohes Vielfaches. Hier ist das Verhältnis epidemiologisch und wohl auch pathogenetisch ähnlich zu deuten, wie für die Erkrankungen des Zentralnervensystems bei der Syphilis und den Lähmungen nach der Diphtherie, nämlich als zweite Lokalinfektion. Man muß sich aber hüten, auf diesem verschiedenen Verhalten eine allgemeingeltende Theorie aufzubauen, denn z. B. die Pocken in Gegenden ohne Impfschutz verhalten sich ganz anders, neben allgemeiner Empfänglichkeit eine recht hohe Tödlichkeit. Die Frage der allmäßlichen Angleichung der krankheitserregenden Kleinlebewesen an diejenigen Wirte, auf die sie als Parasiten mit ihrem Lebensbedarf angewiesen sind, ist für die Seuchenlehre gerade deshalb von großer Bedeutung, weil diese Angleichung nur durch allmäßliche Austilgung der hinfälligsten Spielarten erreichbar erscheint. Auch hier sind zwei Erklärungen denkbar und erörtert worden, die Möglichkeit, daß ein bisher sowohl in der Umwelt wie im belebten Tierkörper lebensfähiger Mikroorganismus allmählich zum ausschließlichen Parasiten mit verhängnisvollen Wirkungen höher gezüchtet wird, der Fall, mit dem sich mein Herr Vorredner

eingehend beschäftigt hat, aber auch die zweite Möglichkeit, daß er vom obligaten Parasiten nach Austilgung der ihm gegenüber Hinfälligen zum harmlosen Schmarotzer herabsinkt, der nur unter besonderen Einwirkungen invasiv wird. So wichtig und fesselnd die Untersuchung von Vorgängen ist, die es gestatten, auch bei einer Sichtweite über Jahrtausende gesetzmäßiges Walten zu erkennen und zu bemessen, so lehrt doch der auf naheliegende Vorgänge gerichtete Blick, daß diese unabänderlichen Entwicklungslinien stets stärker unterbrochen werden durch übersehbare und beherrschbare Wellentäler und Wellenberge, die für die Gegenwart und die allernächste Zukunft entscheidend werden und dringend genug sind, um unsere ganze Arbeitskraft zu beanspruchen. Diese periodischen Schwankungen sind lange beachtet worden. Schon SÜSMILCH hat scharf auf die Tatsache hingewiesen, daß auf epidemische Jahre regelmäßig solche einer niedrigen Sterblichkeit folgen, er wurde damit zum Begründer der Lehre von der Periodizität der Epidemien, wie er überhaupt der Begründer der rechnenden Epidemiologie ist. SÜSMILCH, der Feldprediger Friedrichs des Großen, wußte, daß die Bibel und alle Mythologien die Seuchen als Strafen einer Gottheitinstellen; auf ihn trifft das Wort zu, das später auf DARWIN von Zeitgenossen geprägt wurde, daß er versuchte, das *Wunder* in eine *Gleichung* zu verwandeln. Auch die Seuchenperiodizität läßt sich rechnerisch verstehen. Sie findet sich regelmäßig bei Masern, Scharlach, Diphtherie, Pocken in Ländern ohne Impfschutz, für Influenza und in Indien auch bei Cholera und Pest, die dort endemisch sind. Die Periodizität erstreckt sich bei den Masern nur auf die Häufigkeit, bei Diphtherie auch auf die zugleich sehr ausgesprochene Gefährlichkeit. Die Periodizität der Masern, die in großen Siedlungen gewöhnlich alle 3-4 Jahre für 3-4 Monate zu größeren Epidemien sich auswachsen, erklärt sich ohne weiteres durch die erworbene Immunität nach Überstehen der Krankheit. Mit den älteren werden zugleich alle Jahrgänge bis zu den Jüngsten ergriffen, das erkrankungsfähige Material ist in wenigen Monaten durchseucht und die Krankheit erlischt, um erst dann wieder größeren Umfang anzunehmen, wenn ein neues nicht durchmasertes Geschlecht herangewachsen ist. Jede Wellenbewegung schwindet hier, sobald man die Erkrankungs- und Sterbeziffern nicht nach Jahren oder Vierteljahren, sondern nach Jahrzehnten mißt, dann ergibt sich eben jene gleichmäßige Morbidität der großen Mehrzahl der während des Jahrzehnts herangewachsenen Kinder. Bei Scharlach liegt für die Periodizität der gleiche Mechanismus vor, nur sind entsprechend der geringen Empfänglichkeit und der langsameren Durchseuchung die Wellenlängen größer. Für Diphtherie muß man nach anderen Erklärungen greifen, da hier in den letzten Jahrhunderten die Wellenberge und Wellentäler der Epidemien Jahrzehnte umfaßten, sich also nicht in derselben Generation abspielten. So

außerordentlich groß die Unterschiede in der Höhe einer Epidemie gegenüber den Zeiträumen des gänzlichen Rücktritts dieser mörderischen Seuche sind, so dürfen sie nicht übersehen lassen, daß schon ein Ansteigen von 1% hinfälliger Kinder einer Generation auf 4–5% ausreicht, um Epidemiezahlen zu ergeben, wie wir sie von 1880 bis 1893 in Deutschland erlebten. Hier bleibt zur Erklärung nur die Heranziehung der Tatsache übrig, daß eine Epidemie auf ihrer Höhe die hinfälligsten Spielarten in der Kindheit austilgt und dann erst wieder Boden finden kann, wenn im Laufe von Jahrzehnten durch Heranwachsen einer nicht durchseuchten Generation von Kindern die Zahl der durch erblich überkommene Widerstandslosigkeit Hinfälliger wieder stark angestiegen ist. Für diese Deutung spricht außer der Tatsache einer Familiendisposition für besonders schwer auftretende Fälle weiter, daß auf der Höhe der Epidemiewelle, anders als bei Masern und Scharlach, auch die Tödlichkeit zuzunehmen pflegt und daß die serologischen Untersuchungen nach dem Verfahren von SCHICK die erbliche Übertragung des Grades der Empfänglichkeit bestätigt haben. Trifft diese Deutung zu, daß die Periodizität der Diphtherieepidemien die Folge der Schwankungen in der Zahl der Kinder mit erblich überkommener größerer Hinfälligkeit ist, so wären diese Schwankungen auch hier wieder nichts, als eine Interferenzerscheinung, wenn auch über längere Zeiträume. Damit wäre im Sinne der Selbststeuerungslehre der Abfall der Seuche zugleich die Ursache ihres späteren Wiederanstiegs im Wechselspiel der periodischen Schwankungen.

Es sei noch ausdrücklich betont, daß für die Periodizität der Influenza Unterlagen einer zureichenden Erklärung bisher fehlen.

So interessant für den Seuchenforscher die Erörterung der Frage der Anpassung und damit der Möglichkeit ihres Verschwindens durch Austilgen der Hinfälligen in allmählicher Auslese auf der Unterlage der Vererbung von Stammeseigenschaften ist, so arbeitet eine solche Auslese mit Jahrtausenden und mit einer Überzahl vermeidbarer Opfer. Daher darf sich eine aktive Seuchenbekämpfung nicht mit einem solchen Mechanismus abfinden. Außerdem aber ist die Hinfälligkeit gegenüber weit verbreiteten Krankheitserregern, wie denjenigen von Diphtherie, Scharlach, Tuberkulose kein Gradmesser für den kulturellen Wert oder Unwert einer Person; manchmal scheint geradezu zu gelten: auch hier vernichtet der Krieg die Besten.

In einem Überblick über Kommen und Gehen der Seuchen muß an der Hand der Geschichte und der durch Wunsch und Wollen nicht zu beeinflussenden Statistik mit dem größten Nachdruck diesem blinden Walten gegenüber betont werden, daß ihr Kommen und Gehen stark *beherrscht wird durch menschliches Tun und Unterlassen*. Wenn Fehler in der gesellschaftlichen Verfassung zur Häufung einheimischer Seuchen von erscheinungs-

typischem Charakter führen, so wirken noch stärker in entgegengesetzter Richtung *zielsichere Abwehrmaßnahmen*. Die Bevölkerungsbewegung der Gegenwart ist in allen Kulturländern gekennzeichnet durch eine Abnahme der Sterbeziffern aller Altersklassen von einer Stärke, Stetigkeit und Dauer, für die es in der Kulturgeschichte seit Jahrhunderten kein Beispiel gibt. Es handelt sich nicht, wie noch vor wenigen Jahrzehnten ein Klassiker der Bevölkerungslehre, GEORG VON MAYR, fürchtete, um eine vorübergehende Konjunktur. Mit dieser Abnahme der Sterblichkeit einher geht eine Verlängerung der durchschnittlichen Lebensdauer für alle Lebensaltersklassen, und diese Tatsache widerlegt die einst von MALTHUS und später von anderen aufgestellte Lehre, daß es sich hier nur um eine Verschiebung der Todesformen in der Altersverteilung handeln könne, daß die Erhaltung jugendlicher Leben in größerer Zahl bei der Seuchenbekämpfung wettgemacht würde durch die Zunahme der Erkrankungen und der Sterblichkeit in höheren Lebensaltern. Das Gegenteil ist der Fall. Und diese Abnahme der Sterblichkeit und der Gewinn zahlreichen Lebensjahre der gesamten Gesellschaft für Schaffen und Wirken in gesunder Körperverfassung kommt *überwiegend* auf Rechnung der Abnahme der *infektiösen Erkrankungen*, sowohl der individuellen, wie z. B. der Wundinfektionen, als noch mehr derjenigen, die sich zu Epidemien häufen, weil es in Erfüllung des Wortes von SELIGMANN vielfach gelungen ist, zu verhindern, daß die Krankheit des Einzelnen zur Seuche anwächst. Wie bei dem Entstehen der Seuchen sind die Ursachen für deren *Abnahme* durch *aktive Maßnahmen* sehr vielgestaltig. Ich brauche in diesem Kreise von Sachverständigen nur Pocken, Malaria, Unterleibstyphus, Fleckfieber, Trichinose, Skorbut, Ergotismus, die Hakenwurmkrankheit, die Augenblennorrhöe der Neugeborenen, die epidemischen Wundinfektionserkrankungen und vor allem die Tuberkulose zu nennen. Ihre Abnahme oder ihr Verschwinden aus den verschiedensten Ursachen erweist, daß ihre Bezeichnung als *vermeidbare Erkrankungen* zutrifft. Über den großen Errungenschaften der unmittelbaren Gegenwart darf man aber weiter die Lehren lange zurückliegender Vergangenheit nicht übersehen. Die Geschichte berichtet uns, daß eine Anzahl heut noch genau bekannter und unter uns bestehender Seuchen viel verheerender auftraten, sie meldet uns von anderen verschwundenen, die nachträglich in unser heutiges Krankheitssystem schwer eingegliedert sind. Beide Tatsachen lassen sich mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Wegfallen zahlreicher wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Mängel zurückführen, und es ist denkbar, daß eine spätere Zeit auch für unseren Lebensabschnitt eine Reihe von Gründen verantwortlich machen könnte, deren ungünstige Bedeutung uns noch nicht verständlich ist und deren Abstellung darum noch nicht in unserer Macht liegt. Daß neben den auf sicherem Wissen beruhenden, höchst erfolg-

reichen *unmittelbaren* Maßnahmen zur Minderung der Seuchengefahr noch zahlreiche andere *mittelbare* auf der *Erhöhung der Kultur* beruhende Einflüsse für das Schwinden der Seuchengefahr mitgewirkt haben, ist daher aus den Lehren der Seuchengeschichte mit Gewißheit zu schließen. VIRCHOW hat schon 1848 gesagt: „Warum haben sowohl die einzelnen Krankheiten als die Epidemien bei uns einen weit milderden Charakter als im Mittelalter, wo Epidemie auf Epidemie folgte? Nur deshalb, weil Klassen der Bevölkerung zum Genusse des Lebens gekommen sind, welche damals fast ganz davon ausgeschlossen waren.“ Und HECKER hat auch vor fast 100 Jahren gesagt: „An allen Volkskrankheiten hat der Kulturzustand der Völker, d. h. ihre Lebensweise und ihre Krankenbehandlung, einen entscheidenden Anteil.“ In unseren Tagen ist eine mörderische Seuche im Verschwinden, die Sommersterblichkeit der Säuglinge in den Großstädten. Verantwortlich sind hier Fortschritte der Kinderheilkunde, die Organisation der Fürsorge, die bessere Milchversorgung, die Wochenhilfe und die gesundheitliche Erziehung. Die folgenden Zahlen kennzeichnen am besten die Höhe des Abfalls:

Auf 100 000 Lebende starben in Deutschland an					
	Scharlach	Typhus	Diphtherie	Tuberkulose	Insgesamt
1881	62,8	40,4	102,0	344,9	2602
1900	24,0	11,3	27,7	222,6	2117
1927	1,0	3,0	7,0	109	1269

Gerade die Schichten der tiefsten Kultur sind von

Seuchen am stärksten bedroht, sie gefährden aber auch die Einsichtigen um so stärker, je zahlreicher sie sind.

An den Erfolgen des Rückgangs der Seuchen beteiligt sind Fortschritte der Hygiene, Bakteriologie und Medizin, dann aber noch die Hebung der Kultur der gesamten Bevölkerung. Natürlich können auch heut noch gelegentlich und unerwartet neue Seuchenkatastrophen verheerend ausbrechen, nicht nur im Zusammenhang mit Kriegen oder Hungerzeiten oder anderer Wirtschaftsnot, sondern auch aus Ursachen, die wir heut nicht beherrschen, ähnlich wie bei der Influenza. Wir müssen uns also vor einem Optimismus hüten, der den Ausbruch ernster Seuchengefahr, die zu bessern unsere Kräfte dann nicht ausreichen, zu bestreiten sucht. Das vermindert nicht die Bedeutung der erreichten Fortschritte für unser weiteres Verhalten. Die Bekämpfung der Seuchen durch gesetzliche Maßnahmen und die Überwachung ihrer Durchführung ist in allen Ländern dem Staat vorbehalten und außerdem international geregelt. Das darf nicht dazu führen, daß die Bevölkerung sich auf diese ausgezeichnete Organisation verläßt und nicht selbst mitarbeitet. Denn das Erreichte kann nur dann gewahrt werden, wenn die auf der Wissenschaft aufgebauten Maßnahmen der Staaten in der Seuchenabwehr unterstützt werden durch die Erkenntnis von der Solidarität aller Schichten der Gesellschaft und das auf Verständnis begründete Verantwortungsgefühl jedes einzelnen ihrer Mitglieder.

Kommen und Gehen der Epidemien.

Von E. GOTSCHE, Heidelberg.

Die Erscheinungen der Epidemien, unter denen ihr oft plötzliches und unerwartetes Kommen und Gehen von jeher für Ärzte und Laien besonders eindrucksvoll war, lassen sich grundsätzlich von zwei verschiedenen Standpunkten aus der Forschung zugänglich machen: erstens durch *Beschreibung und statistische Aufnahme* aller Einzelheiten ihrer Erscheinungsweise und Ermittlung der daraus sich ergebenden Gesetzmäßigkeiten (*epidemiologische Methode*), zweitens durch *Forschung der Krankheitsursache* und Ableitung der aus ihren Eigenschaften sich ergebenden Folgerungen für die Folgen der Epidemien (*ätiologische Methode*).

Bei der Ursachenforschung handelt es sich nicht etwa nur um die Wirkung *belebter* Krankheitserreger; es gibt auch Volkskrankheiten auf chemisch-toxischer Grundlage, z. B. Kropf und Beri-Beri, ja sogar Massenerkrankungen psychischer Natur, auf die grundsätzlich in gleicher Weise die beiden genannten Forschungsrichtungen anwendbar sind. Wir beschränken uns hier auf die Epidemien im engeren Sinne, d. h. auf Massenerkrankungen, die durch belebte Erreger verursacht sind; auch muß man sich nicht vorstellen, daß zum Begriff der Epidemie eine sehr große Zahl von Erkrankungsfällen erforderlich sei; aus solcher irrtümlichen Einstellung entstand die früher gebräuchliche

Unterscheidung von *sporadischer* und *epidemischer* Erkrankung, während in der Tat beide — (sofern es sich bei den sog. sporadischen Fällen nicht etwa nur um klinisch ähnliche, ihrer Wesenheit nach aber verschiedene Krankheitseinheiten wie z. B. Cholera asiatica und nostras handelt) — grundsätzlich den gleichen Gesetzen unterliegen.

Das Verhältnis der epidemiologischen zur ätiologischen Forschung ergibt sich aus folgenden Überlegungen. In der Zeit vor der Entdeckung der belebten Krankheitserreger war die epidemiologische Forschung überhaupt die einzige mögliche und sie war es ja auch, die in der Hand genialer Beobachter (PLENCICZ, HENLE, GRIESINGER) zuerst zur Hypothese vom *Contagium animatum* und sogar zur Forderung seiner spezifischen Natur für jede Krankheit geführt hatte. Die Verwirklichung dieses Postulats in Form der Ergebnisse mikrobiologischer Forschung, die sich in erster Linie an R. KOCH und seine Schüler knüpft, bedeutet nun freilich gegenüber der bloßen beschreibenden und statistischen Erforschung der Epidemien einen sehr großen Fortschritt, und zwar in zweifacher Beziehung. Erstens durch *Aufdeckung neuer Tatsachen*, die der rein epidemiologischen Betrachtung entweder überhaupt nicht oder doch

nur sehr schwierig zugänglich sein konnten; hierher gehört die Erkenntnis von dem Vorkommen der *latenten* oder *stummen Infektion* und der Bedeutung der damit behafteten sog. *Keimträger* für die Verbreitung und Bekämpfung der Seuchen, ferner der *Nachweis leichtester und atypischer Fälle*, sowie die bei manchen Infektionskrankheiten überhaupt erst nach Kenntnis ihrer Erreger mit Sicherheit mögliche Trennung nahe verwandter Krankheitseinheiten (Typhus und Paratyphus, Diphtherie und Streptokokkenangina). Zweitens bedeutet die ätiologische Erkenntnis in ihrer Anwendung auf die Seuchenforschung den Ersatz früherer unklarer oder direkt irrtümlicher und zum Teil gänzlich willkürlicher Vorstellungen (Miasmen usw.) durch die *experimentell gesicherten Tatsachen der Mikroparasitologie*. Die ätiologische Erkenntnis wird so zum Ariadnefaden im Labyrinth der äußerst komplizierten epidemiologischen Tatbestände; wie leicht die statistische Beobachtung, auf sich allein gestellt, auf Irrwege gerät, dafür nur das Beispiel des Fleckfiebers, das früher für direkt kontagiös gehalten wurde, bis die ätiologische Forschung den Nachweis erbrachte, daß nicht direkte Ansteckung, sondern Übertragung durch die Kleiderlaus stattfindet. Bei aller Anerkennung dieser Fortschritte darf jedoch nicht etwa eine Verdrängung der statistischen Methode durch die ätiologische Forschung stattfinden; schon deshalb nicht, weil uns die epidemiologische Betrachtung im großen infolge des Zusammenwirkens der verschiedensten äußeren Faktoren vor so komplizierte Verhältnisse stellt, wie sie die Laboratoriumsforschung nicht vorauszusehen vermag. Das richtige Verhältnis beider Forschungsrichtungen und die speziellen Aufgaben jeder von ihnen wird treffend von KISSKALT so definiert, daß die epidemiologisch-statistische Methode berufen ist, die Probleme *aufzuwerfen*, die ätiologische Betrachtung sie *zu lösen*. Die *moderne Epidemiologie* nimmt beide Methoden in ihren Dienst. Diese Zusammenarbeit beider Forschungsrichtungen kann allerdings von zwei verschiedenen Standpunkten aus erfolgen: entweder ausgehend von den statistischen Tatsachen der Erscheinungsweise der Seuchen (*induktive* oder *analytische Epidemiologie*) oder ausgehend von der Biologie des Erregers (*deduktive* oder *synthetische Epidemiologie*). Bei beiden Forschungsrichtungen, die sich übrigens kaum je streng voneinander trennen lassen, muß dauernd eine Kontrolle der gewonnenen Ergebnisse an Hand der von der anderen Seite her bekannten Tatsachen erfolgen. Die Zusammenarbeit beider Forschungsrichtungen ist neuerdings gefördert worden durch die zuerst von englischen und amerikanischen Forschern gepflegte sog. *experimentelle Epidemiologie*, d. h. Beobachtungen, die nicht am einzelnen Versuchstier, sondern an einer Vielheit zusammenlebender Tiere (sog. „*Mäusedörfer*“) unter möglichster Nachahmung der unter natürlichen Verhältnissen für die Verbreitung der betreffenden Infektion in Betracht kommenden Be-

dingungen angestellt sind; durch diese Versuchsanordnung gelingt es, die verschiedensten Typen von Epidemien ganz analog den bekannten Beispiele aus der menschlichen Epidemiologie künstlich zu erzeugen und in ihrer ursächlichen Bedingtheit genau zu studieren.

Die *quantitativen Verschiedenheiten in der Erscheinungsweise der Epidemien*, zu denen auch das Problem ihres Kommens und Gehens gehört, können nur durch Anwendung quantitativer Be trachtungsweise dem Verständnis erschlossen werden, und zwar in zweifacher Weise. Zunächst ist der funktionelle Zusammenhang zwischen den beiden spezifisch aufeinander abgestimmten Faktoren, Erreger und Organismus, nicht als eine unveränderliche, ein für allemal gegebene Größe, sondern als veränderlich sowohl in qualitativer wie in quantitativer Beziehung aufzufassen. Die Veränderlichkeit der Krankheitsbereitschaft des Organismus in ihrer Bedeutung für die Epidemiologie ist in ausführlicher Weise durch meinen Herrn Mitberichterstatter berücksichtigt worden; auf die Variabilität des Erregers im gleichen Zusammenhang werde ich in meinen folgenden Darlegungen speziell einzugehen haben. Aber der spezifische Krankheitserreger einerseits und die auf ihn abgestimmte Empfänglichkeit des Organismus andererseits, stellen nur die beiden an Anfang und Ende des Kausalnexus stehenden Glieder dar, zwischen welche eine ganze Reihe von Bedingungen eingeschaltet sind, die wie die Glieder einer Kette ineinander greifen müssen, damit die Infektion sowohl im Einzelfalle wie als Massenerkrankung zustande kommt. Wenn manchmal trotz des Vorhandenseins des Erregers und trotz der zweifellosen Krankheitsbereitschaft des Organismus die Infektion sich nicht ereignet, so ist es häufig nur, weil die *äußersten Bedingungen* zu ihrem Zustandekommen (*Ansteckungsquelle*, *Transportweg* der Infektion und *Eintrittspforte*) fehlen oder unvollständig sind. Und wenn über den einzelnen Krankheitsfall hinaus die Epidemie als Massenerscheinung ausbleibt oder sich in sehr ungleicher Weise entwickelt, so liegt das gleichfalls oft nur an diesen äußeren Bedingtheiten.

Wenn z. B. nur menschliche Malariaerkrankungen oder Parasitenträger aber keine Anophelesmücken vorhanden sind, so bleibt die Übertragung aus; wenn der Typhusbacillus durch ein gemeinsames Vehikel (Trinkwasser oder Milch) gleichzeitig von vielen empfänglichen Menschen aufgenommen wird, so entsteht eine explosive Epidemie mit jähem Anstieg der Kurve, während bei Kontaktinfektionen nur einzelne Individuen oder kleine Gruppen nacheinander ergriffen werden und die Epidemie demgemäß einen protrahierten Verlauf nimmt. Ja selbst die Form der Infektionskrankheit nach der qualitativen Seite, sowohl bezüglich der klinischen Erscheinungen und der Prognose wie auch nach dem epidemiologischen Bilde kann ganz verschieden ausfallen, je nachdem die äußeren Infektionsbedingungen repräsentiert sind; der Milzbrand kann beim Menschen hiernach entweder als relativ gutartiger Karbunkel oder in Form des sehr bösartigen Lungenmilzbrandes oder endlich am seltensten als Darmmilz-

brand auftreten — 3 Krankheitsbilder, die scheinbar nichts miteinander zu tun haben — je nachdem die Ansteckung von seiten der Haut, der Atmungs- oder Verdauungswege erfolgt ist.

Von der Gestaltung der äußeren Bedingungen der Infektionen hängt es weiterhin auch ab, in welcher *Menge* das Virus in das Innere des empfänglichen Organismus gelangt, je nachdem die Ansteckungsquelle spärlicher oder reichlicher fließt, je nach der Gangbarkeit des Transportweges und je nach der Lage der Eintrittspforte am Organismus im Verhältnis zu den äußeren Wegen der Infektion sowie je nach der Wirksamkeit der an der Einbruchstelle vorhandenen Schutzvorrichtungen. Für die Bedeutung der quantitativen Verhältnisse der Infektion liefern insbesondere die Tuberkuloseforschungen von C. FLÜGGE und seiner Schule ein eindrucksvolles Beispiel. Auch bei den experimentell-epidemiologischen Studien von WEBSTER in Mäusedörfern ergab sich, daß Verschiedenheiten in der Menge des ausgestreuten Virus manchmal sogar so weitgehende Unterschiede im Typus der Epidemien erzeugen können, daß man zunächst versucht sein könnte, zur Erklärung auf Variabilität des Erregers oder der Disposition zurückzugreifen.

Die verfeinerte ätiologische Forschung bietet also eine Fülle von Gesichtspunkten; im Besitze dieses Rüstzeuges gehen wir nunmehr an die Lösung der durch die Erscheinungen des Kommens und Gehens der Epidemien aufgeworfenen Probleme.

An erster Stelle soll uns die Frage nach dem *erstmaligen Entstehen und endgültigem Vergehen von Seuchen beschäftigen*. Man ist vielfach versucht, diese Frage müßig zu finden, in der Annahme, daß die Bedingungen dieser Vorgänge sich gänzlich dem Bereich unserer Erfahrungen entziehen und daß wir demnach hier uns auf ein Gebiet bloßer Spekulation begeben. Doch ist dem nicht so. Einerseits liegen unzweifelhafte historische Berichte und Erfahrungen aus neuerer Zeit über das erstmalige Auftreten von bisher unbekannten Seuchen vor, andererseits verfügen wir neuerdings über einwandfreie Ergebnisse der mikrobiologischen Forschung, die uns die Neuentstehung von Infektionskrankheiten verständlich machen.

In ersterer Beziehung sei freilich daran erinnert, daß die historischen Berichte über das Vorkommen von Seuchen in älterer Zeit oft recht unzuverlässig sind und die Identifizierung der damals herrschenden Epidemien mit den uns heute bekannten Krankheitseinheiten unter Umständen nicht erlauben, vor allem deshalb nicht, weil unter einem einzigen Sammelnamen, wie wir heute wissen, sehr verschiedene Infektionen zusammengefaßt wurden (Pest, Pestilenz); die perikleische „Pest“ ist wohl sicher von der Seuche zu trennen, die wir jetzt mit diesem Namen bezeichnen und die übrigens auch im Altertum schon unzweifelhaft bekannt war; es hat sich damals nach den Forschungen von KANNEGIESER vielmehr wohl um Fleckfieber gehandelt; und wenn wir in den alten Pestberichten vielfach von gleichzeitigem Hinsterben der verschiedensten Tiere — (auch solcher, deren Unempfänglichkeit für dieses Virus uns bekannt ist) — lesen, so liegt auch

hier offenbar eine unberechtigte Vereinheitlichung von epidemiologischen Tatsachen vor, die zwar zeitlich aber nicht ursächlich zusammengehören. Allerdings sind wir ja heute in einigen Fällen glücklicherweise nicht mehr allein auf die historischen Berichte angewiesen, sondern verfügen über paläopathologische Befunde an Mumien, aus denen (nach RUFFER und ELLIOT SMITH) beispielsweise für Tuberkulose positive, für Lues negative Ergebnisse sich ableiten lassen. Aber auch bei wohlbeglaubigten historischen Berichten über das Auftreten neuartiger Seuchen kann es sich nur um eine *scheinbare erstmalige Entstehung* handeln, abgesehen von dem bereits besprochenen Fall der Abgrenzung einer *neuerkannten* Krankheitseinheit, vor allem in dem Sinne, daß die bisher nicht beobachtete Seuche in Ländern heimisch ist, die bisher noch unerschlossen waren, was wohl vor allem für die afrikanischen Schlafkrankheit gilt, oder aus neu entdeckten Ländern erstmalig eingeschleppt wurde (Gelbfieber aus Amerika, um die vielumstrittene Theorie von der gleichen Herkunft der Lues hier nicht zur Aussprache zu bringen).

Aber auch wenn wir alle genannten Fehlerquellen vermeiden, bleiben doch unzweifelhafte epidemiologische Tatsachen zurück, die meines Erachtens gar keine andere Möglichkeit der Deutung zulassen, als daß hier eine wirkliche *Neuentstehung* einer Seuche vorliegt. Das großartigste Beispiel hierfür bietet die Cholera asiatica, die im Jahre 1816 erstmalig in ihrer heute bekannten Form in Vorderindien epidemisch auftrat und 1829 zum ersten Male die Grenzen ihrer endemischen Heimat sprengte um von da ab in den folgenden Jahrzehnten in immer wiederholten mörderischen Seuchenzügen, die bis heute nicht zum Abschluß gekommen sind, fast die gesamte Erde zu überziehen.

Mag man einwenden, daß glaubhafte Berichte über Cholera aus Indien schon aus einer mehrere Jahrzehnte zurückliegenden Zeit vorliegen, so wird das Problem dadurch höchstens zurückdatiert, aber keineswegs grundsätzlich gelöst. Die Sachlage wäre eine ganz andere, wenn das erste Auftreten der Cholera als große Volksseuche und ihre pandemischen Seuchenzüge über unseren Planeten mit irgendwelchen Veränderungen in den äußeren Bedingungen ihrer Übertragung, z. B. mit bedeutsamen Änderungen der Verkehrsverhältnisse, wie etwa der Einführung der Eisenbahn oder des Dampfschiffes zeitlich zusammenfiele oder wenn etwa eine bisher im schwer zugänglichen und dünn bevölkerten Innern des Landes versteckte Seuche an einen großen Handelsplatz wie z. B. die Pest im Jahre 1896 nach Bombay verschleppt wird und von dort durch den weitverzweigten Verkehr plötzlich vorher ungeahnte Möglichkeiten pandemischer Ausbreitung findet. Aber keine dieser Erklärungen durch veränderte äußere Konstellation trifft für die Cholera zu; im Gegenteil, eine derjenigen Verkehrsbewegungen, die notorisch schon sehr oft (in den Jahren 1830—1913 nicht weniger als 31 mal) zur Verschleppung der asiatischen Cholera aus ihrer endemischen Heimat in andere Länder geführt hat, ich meine die alljährlich wiederkehrende, große muslimanische Pilgerfahrt, hatte schon viele Jahrhunderte vor dem Erscheinen der Cholera existiert und nirgends findet sich eine Spur eines Berichtes über frühere Verknüpfung dieser Seuche mit den genannten Pilgerzügen.

Man kommt also schlechterdings nicht um die Folgerung herum, daß um jene Zeit — vor etwa einem Jahrhundert — mit dem Virus der Cholera asiatica eine Veränderung vorgegangen sein muß, die aus einem harmlosen oder doch nur ungenügend an das Leben im menschlichen Darm angepaßten Wasservibrio jenen furchtbaren Seuchenerreger hervorgehen ließ, der so oft Elend und Schrecken über die Menschheit gebracht hat. Ich bin so genau auf die Verhältnisse der Neuentstehung der Cholera asiatica eingegangen, weil hier schon vom rein epidemiologischen Standpunkt aus, soweit ich sehe kann, mehr denn bei irgendeiner anderen großen Seuche die Folgerung unausweichlich ist, daß weder in den äußeren Verhältnissen der Übertragung noch auch in der spezifischen Empfänglichkeit der Menschheit eine genügende Möglichkeit der Erklärung liegt, sondern daß mit dem ursächlichen Agens selbst eine Veränderung vorgegangen sein muß. Aus neuester Zeit wäre insbesondere noch das Beispiel der *Encephalitis lethargica* anzuführen, obgleich hier die Möglichkeit, daß diese im Jahre 1917 von ECONOMO als neue Krankheitseinheit festgestellte Infektion früher mit anderen Krankheiten, insbesondere Grippe, zusammengekommen sein mag, schwieriger zu widerlegen sein dürfte; auch hier trägt der Erreger freilich noch durch seine von DOERR und VOECHTING entdeckten nahen Beziehungen zum Herpesvirus die Spuren seiner Entstehung als hochpathogene Variante eines relativ harmlosen Epiphyten deutlich zur Schau.

Bevor wir uns der mit unseren letzten Betrachtungen bereits angebahnten Deutung der erstmaligen Entstehung von Seuchen durch Tatsachen der Mikroparasitologie zuwenden, zunächst noch einige Worte über das Gegenstück hierzu, über die Frage des *endgültigen Vergehens* einer Seuche und ihres Erregers. In der ganzen epidemiologischen Literatur gibt es nur ein Beispiel dafür, daß eine Seuche dauernd vom Erdboden verschwunden ist; ich meine jene mörderische Infektionskrankheit, die im 15. und 16. Jahrhundert unter dem Namen „englischer Schweiß“ bekannt war und seit dem Jahre 1551 endgültig vergangen ist, wenn nicht etwa der später, noch in den letzten Jahrzehnten, aufgetretene weit gutartigere sog. Schweißfriesel als eine abgeschwächte Variante des ursprünglichen Virus anzusehen ist. Aber wenn dieses Verschwinden des englischen Schweißes nur den einzigen bekannten Fall des endgültigen Vergehens einer Seuche vom ganzen Erdboden darstellt, so haben wir doch mehrfache Beispiele dafür, daß eine Seuche in einem bestimmten Verbreitungsgebiet ganz ausstirbt und so lange, unter Umständen Jahrzehnte lang daselbst nicht mehr in Erscheinung tritt, bis wieder eine erneute Einschleppung von auswärts stattgefunden hat; bildlich gesprochen ist in solchen Fällen zwar nicht der ganze Stamm mit allen seinen Gliedern, aber doch ein Ableger dieses Stammes abgestorben. Ich sehe selbstverständlich hierbei ab von allen denjenigen Möglichkeiten,

die entweder auf zielbewußter Anwendung von Abwehrmaßnahmen oder auf allgemeiner Hebung des Kulturzustandes der Bevölkerung beruhen, sofern dadurch gleichzeitig den von KISSKALT treffend als „Krankheiten der Unkultur“ bezeichneten, mit Schmutz und Ungeziefer ursächlich zusammenhängenden Infektionen, wie vor allem Fleck- und Rückfallfieber, der Boden entzogen wird; ich sehe vor allem auch ab von der nach längerer Herrschaft einer Seuche durch Auslese der Minderempfänglichen eintretenden sog. *Durchseuchung* der Bevölkerung, die eingehend seitens meines Herrn Mitberichterstatters gewürdigt worden ist. Aber es gibt unbezweifelbare Beispiele dafür, daß auch unter ungünstigen äußeren Verhältnissen, wenn keine oder nur ganz ungenügende prophylaktische Maßnahmen ergriffen waren und auch dann, wenn der Einfluß der Durchseuchung nicht ausschlaggebend sein kann, sei es, daß die Seuche eine nur geringe Ausbreitung genommen, sei es, daß erneuter Zuzug empfänglicher Individuen stattgehabt hatte, trotzdem die Epidemie von sich aus verschwindet; offenbar ist auch hier die Ursache des Verschwindens der Seuche in einer Veränderung des Erregers zu suchen, wobei zugegeben ist, daß diese Veränderung ihrerseits als Folge der — wenn auch nur teilweise — Durchseuchung der Bevölkerung aufgetreten sein kann, wenn der Erreger bei wiederholten Passagen durch unempfänglich gewordene Individuen seine Virulenz verliert. Solche Beispiele des spontanen Aufhörens ganzer Seuchenzüge in Europa und anderwärts begegnen uns gerade bei den großen exotischen Volksseuchen Pest und Cholera, ferner bei der Influenza und in kleinerem Maßstabe bei Genickstarre und spinaler Kinderlähmung. Und gerade bei diesen Seuchen kennen wir parallel verlaufende Veränderungen des Erregers, die einen Zusammenhang mit dem Verlöschen der Epidemie erklärlich machen und die später ihre Besprechung finden sollen.

Die bisherige ausschließlich auf den Tatsachen der Erscheinungsweise der Seuchen fußende Betrachtung hat uns schon zu der Folgerung geführt, daß das erstmalige Entstehen der Epidemien auf Variabilität ihres Erregers beruhen muß und daß dieser biologische Faktor auch in dem spontanen Vergehen der Seuchen — neben anderen bedeutsamen Momenten, vor allem der Durchseuchung der Bevölkerung — ursächlich beteiligt ist. Sehen wir zu, inwieweit dieses Postulat in den Ergebnissen der mikrobiologischen Forschung seine Stütze findet. Die Variabilität der Mikroorganismen, früher meist nur als Kuriosum und ein für den Diagnostiker unbequemer Befund betrachtet, hat im Laufe des letzten Vierteljahrhunderts durch die Fülle der mit zunehmender Erkenntnis gelieferten Ergebnisse eine ganz außerordentliche Bedeutung nicht nur für die allgemeine Biologie, sondern auch für die Epidemiologie und selbst für die Therapie gewonnen; ich verweise betreffs aller Einzelheiten auf die Referate auf der Tagung der Deutschen

Mikrobiologischen Gesellschaft in Göttingen im Jahre 1924.

Nur eines sei hier nochmals betont; wenn von manchen Seiten versucht worden ist, einen Gegensatz zwischen den heutigen und den früheren mikrobiologischen Anschauungen zu konstruieren, etwa gar in dem Sinne, als hätten wir seit den Zeiten unseres Meisters R. Koch umlernen und den Standpunkt der Spezifität gegenüber demjenigen der Variabilität verlassen müssen, so entspricht eine solche Auffassung nicht den Tatsachen; nicht Umsturz sondern Ausbau bezeichnet den Weg der mikrobiologischen Wissenschaft, und R. Koch selbst, der Vater der Spezifitätslehre — der schon vor einem halben Jahrhundert zur Zeit seiner denkwürdigen Entdeckung des Choleravibrios den Möglichkeiten der Variabilität nicht etwa strikt ablehnend, sondern nur, und mit vollem Recht, vorsichtig kritisch abwägend gegenüberstand — R. Koch war der erste, der die Bedeutung der Variabilität der Krankheitserreger sofort in ihrer ganzen Tragweite anerkannte, sobald erst einmal Tatsachen vorlagen, die diese Erscheinungen aus dem Bereich bloßer Laboratoriumsbefunde in die große Welt der Epidemiologie und Seuchenbekämpfung rückten; es war zur Zeit von R. Kochs Trypanosomenforschungen, die zum ersten Male eine Gruppe von Krankheitserregern betrafen, die noch einer fließenden Veränderlichkeit, fast unter den Augen des Beobachters, unterworfen waren; es war wenige Jahre, nachdem die Variabilität der Organismen im allgemeinen jene große Bedeutung gewonnen hatte, die wie durch einen Markstein durch das Werk von HUGO DE VRIES an der Jahrhundertwende bezeichnet ist.

Spezifität und Variabilität sind nicht Gegensätze, sondern die *Spezifität* ist ein je nach den verschiedenen Gruppen von Krankheitserregern in verschieden hohem Grade ausgebildetes *Produkt phylogenetischer Entwicklung* aus der Masse der verwandten saprophytischen und epiphytischen Lebensformen, ähnlich etwa wie der Krystall aus seiner Mutterlauge in mehr oder minder vollendeter Form zur Ausbildung gelangen kann. Die Spezifität der krankheitserregenden Mikroorganismen ist ein Teilproblem der allgemeineren Frage des Parasitismus überhaupt. Der Beweis für diese Auffassung der Spezifität kann — gerade im steten Hinblick auf unser Problem des Kommens und Gehens der Epidemien — erbracht werden, einerseits durch die Betrachtung der vorliegenden fertigen *Ergebnisse dieses Werdegangs*, andererseits durch den unserer unmittelbaren Beobachtung, ja zum Teil unserer willkürlichen Beherrschung zugänglichen *Prozeß des Variierens* selbst. In ersterer Beziehung seien folgende Tatsachen angeführt: In den meisten Fällen handelt es sich nicht um vereinzelt dastehende Krankheitseinheiten und ihre Erreger (wie etwa bei Cholera und Milzbrand), sondern um *natürliche Gruppen* von Infektionskrankheiten.

Beispiele sind die 3 Arten von Malaria, die vielfältig gegliederten Gruppen von Typhus — Paratyphus — Enteritis, von Ruhr und Pseudodysenterie und viele andere; auch ist diese natürliche Gruppierung der Infektionskrankheiten und ihrer Erreger nicht etwa auf die Mikroorganismen beschränkt, sondern wir haben Analogien bei den Makroparasiten, z. B. den Wurmkrankheiten (*Ankylostoma duodenale* und *Necator americanus*, ägyptische und japanische Bilharzia-

formen usw.), ein Beweis dafür, daß es sich hier um ein allgemein biologisches Gesetz handelt. In manchen dieser natürlichen Gruppen nimmt ein bestimmter Erreger eine gewisse Sonderstellung ein, so der Typhusbacillus gegenüber den Paratyphus- und Enteritisbacillen, oder es stehen mehrere wohldifferenzierte Typen wie die Pneumokokken I, II und III der rudis indigestaque moles der Gruppe IV gegenüber, was bekanntlich auch in praktischer Beziehung, für die spezifische Serumtherapie von Wichtigkeit ist. Diese *Pluralität der Infektionskrankheiten und ihrer Erreger*, geordnet nach natürlichen Gruppen, ist vergleichbar der Anordnung chemischer Elemente in sog. *Pleyaden* und hier wie dort nur unter dem Gesichtspunkt des Entwicklungsgedankens zu verstehen.

Wenn wir unsere bisherige Betrachtungsweise einem Horizontalschnitt durch die letzten Verzweigungen des Stammbaumes der Entwicklung vergleichen können, so zeigt andererseits auch ein Vertikalschnitt dieses phylogenetischen Bildes Verhältnisse, die uns das Werden der Infektionserreger aus verwandten saprophytischen Formen veranschaulichen. Und zwar kann sich dieser Werdegang entweder durch *unmittelbare Anpassung* an den empfänglichen Organismus oder durch *Vermittlung eines Zwischenwirts* vollziehen.

Von ersterer Reihe liegt eine ganze Stufenleiter verschiedener Grade der Anpassung noch jetzt vor unseren Augen: angefangen von Keimen, die wie die Erreger der anaeroben Wundinfektionen für gewöhnlich ein harmloses Dasein als Bewohner des Darms der Haustiere oder im gedüngten Boden führen und nur ausnahmsweise in das lebende Gewebe eindringen (*fakultative Parasiten*) — und innerhalb dieser Gruppe als besonders charakteristisches Beispiel des Anfangsstadiums der phylogenetischen Entwicklung der Tetanusbacillus, dessen Ansiedlungsmöglichkeit im Organismus noch eine örtlich ganz beschränkte ist —; dann Keime, die außerhalb und innerhalb des Organismus ungefähr gleichwertige Wachstumsbedingungen finden, wie manche Erreger aus der Paratyphus- und Enteritisgruppe; noch einen Schritt weiter, und der dieser Gruppe verwandte Typhusbacillus kann sich in unbelebten Substraten zwar noch lange Zeit lebend erhalten, aber nur verhältnismäßig selten zu Wachstum und Vermehrung gelangen (*fakultative Saprophyten*); endlich die obligaten Parasiten, die wie Gonokokken, Influenzabacillen und viele andere strikt an das Leben im Organismus gebunden sind und für die es eine Rückkehr nach der unbelebten Außenwelt nicht mehr gibt. Und eine zweite Entwicklungsreihe führt von freilebenden zunächst zu harmlosen epiphytischen Lebensformen (Bewohnern der oberen Atmungswege und des Darmkanals); unter denen aber einige gelegentlich, sei es infolge Schädigung des Wirtsorganismus durch Erkältung, Ernährungsschäden und andere chemische Noxen, andersartige Infektionen, sei es durch Gelangen an einen Ort verminderter Widerstandes im Körper (Perforationsperitonitis, Coliinfektionen der Harnwege) zunächst nur für ihren eigenen Träger pathogen werden (*„unfertige Infektionserreger“*, „*Halbparasiten*“), bei mehrfacher Passage durch Individuen von herabgesetzter Widerstandskraft auch für andere Menschen Virulenz gewinnen (*„Vollparasiten“*), wie das für das Hervorgehen virulenter, unter Umständen sogar direkt kontagiöser Stämme von Pneumokokken aus epiphytischen Stämmen des Rachens wahrscheinlich ist; oder als andere Zwischenstufe die Beispiele der sog. „*symptomlosen*

Infektionen“ wie vielfach das Maltafieber bei Hausieren und viele dauernd latente Protozoeninfektionen. Eine weitere Etappe dieser Entwicklung ist durch die von LENTZ treffend als „Auslesekrankheiten“ benannten Infektionen gekennzeichnet, bei denen in der Mehrzahl der Fälle die Ansteckung in latenter oder klinisch leichtester Form auf die Schleimhäute beschränkt bleibt und nur in einer Minderzahl der Fälle bei Vorhandensein besonderer Disposition das schwere Bild der inneren Organerkrankheit entsteht (Genickstarre). Daß sich bei dieser direkten Anpassung an die Verhältnisse im lebenden Gewebe das Werden der Parasiten oft nicht unmittelbar am Menschen, sondern zunächst am Tier vollzieht, von dem aus die Infektion in klinisch und epidemiologisch gleicher Form (Pest, Maltafieber, Perlsucht, Rotz, Milzbrand, Tollwut) auf den Menschen übergeht, freilich unter geänderten äußeren Verhältnissen der Übertragung auch in ganz anderer Form auftritt (Lungenmilzbrand), ist nicht von grundsätzlicher Bedeutung, sondern stellt nur eine Möglichkeit mehr dar, die aber an dem bisher gezeichneten Bilde der phylogenetischen Entwicklung kaum einen Zug ändert.

Ganz andere neue Entwicklungswege tun sich aber auf, wenn die Anpassung an die parasitische Existenz im Menschen zunächst in einem Zwischenwirt und zwar häufig in ganz anderer Form als der menschlichen Erkrankung, unter Umständen sogar (nach Analogie des Generationswechsels bei höher organisierten Lebewesen, wie bei den Eingeweidewürmern) mit ganz anderem morphologischen Habitus sich vollzieht, so bei vielen parasitischen Protozoen in stechenden Insekten. Es ist sehr bemerkenswert, daß in diesen Fällen *ausnahmslos die geschlechtliche Entwicklung* der Mikroben im Zwischenwirt, niemals im Menschen stattfindet, eine Tatsache, auf deren grundsätzliche Bedeutung zuerst DOLFELIN hingewiesen hat; da der geschlechtliche Entwicklungsgang zweifellos als der stammesgeschichtlich ältere aufzufassen ist, von dem die rein vegetative Vermehrung im Menschen nur eine biologische Reduktion darstellt, so spricht dieser Befund dafür, daß die Anpassung der Mikroben, ausgehend von ursprünglich freilebenden Formen zunächst an den Zwischenwirt und erst von diesem aus, anlässlich des Aktes des Blutsaugens an den Menschen erfolgt ist. Für diese letztere Form der Anpassung sehen wir sogar wiederum die verschiedenen Stufen derselben bei Pestbacillen und Rickettsien; zunächst die Fähigkeit des Wachstums im Verdauungskanal des Insektes ohne Eindringen in die Gewebe und auch hier wieder dem Grade nach verschieden, beim *Pulex astia* nur geringe, beim *Pulex cheopis* sehr starke Vermehrung — und entsprechend verschieden ausgebildete Übertragungshäufigkeit durch diese beiden Floharten — bei der harmlosen Rickettsia der Schaflaus nur Vermehrung im Darmlumen, bei der Rickettsia Prowazeki, dem wahrscheinlichen Erreger des Fleckfiebers, enorme Vermehrung dieses Parasiten in den Darmepithelien der Kleiderlaus.

So viel über die Deutung der *Ergebnisse des Werdeganges* der Infektionserreger; aber wir sind heute auch in der Lage, diesen *Prozeß des Werdens* selbst unmittelbar zu verfolgen. Wir verfügen über eine ganze Anzahl von Beobachtungen an Krankheitserregern, die unter unseren Augen, sei es in allmählicher Anpassung an neue Verhältnisse, sei es in sprunghaften Variationen, ihren Charakter ändern, und zwar in einer Weise, die zu analogen Erfahrungen auf epidemiologischem Gebiet bei den

entsprechenden Infektionskrankheiten zwanglos in Parallelle gesetzt werden kann. Bezeichnenderweise finden sich solche spontane Variationen des Erregers besonders am Anfang und Ende von Epidemien.

Bei der Genickstarre, die so häufig plötzliche Änderungen ihres epidemiologischen und klinischen Charakters zeigt, beobachteten zuerst KOLLE und WASSERMANN sprungweise auftretende Zunahme oder Abnahme der Virulenz des Erregers; auf die weitgehende Variabilität der pathogenen Trypanosomen wurde schon oben hingewiesen; beim Pestbacillus vermochte MARTINI durch mehrmalige Passage von Ratte zu Ratte auf dem Wege der Tröpfcheninfektion eine spezifische Virulenz für die Lunge heranzuzüchten, und es ist wahrscheinlich, daß das unter verschiedenen äußeren Umständen verschieden häufig Entstehen solcher „pneumotroper“ Varianten des Pestbacillus zur Erklärung der nach Ort und Zeit wechselnden Häufigkeit der maligenen Form der Seuche in Form der Lungenpest heranzuziehen ist.

Die weitaus wichtigste experimentelle Feststellung auf diesem Gebiet bedeutet die von UHLENHUTH und ZUELZER durch mehrfache Tierpassage erzielte künstliche Umzüchtung von harmlosen Wasserspirochäten in pathogene Spirochäten vom Typus des Erregers der WEILSchen Krankheit; hier ist das aus unseren phylogenetischen Betrachtungen abzuleitende Postulat der Abstammung von Krankheitserregern aus verwandten freilebenden Formen erstmalig auch in ontogenetischem Sinne erfüllt und auch hier ergeben sich unmittelbare Beziehungen zu epidemiologischen Erfahrungen bei der WEILSchen Krankheit (Zusammenhang mit Schwimmbädern).

Die bisher genannten Beispiele beziehen sich auf das *Entstehen* einer Seuche durch Ausbildung pathogener Varianten ursprünglich harmloser Mikroben; aber auch für den umgekehrten Entwicklungsgang im Zusammenhang mit dem *Vergehen* der Infektionskrankheiten finden sich charakteristische Belege.

Ein Beispiel größten Stils stellt der Befund der von meinem seitdem verstorbenen Bruder F. GOTSCHE entdeckten spezifischen El Tor-Vibronen dar, der das Verständnis für das spontane Aufhören der Choleraepidemien anbahnt. Unter den von der muslimischen Pilgerfahrt zurückkehrenden Pilgern fanden sich, und zwar mehrere Jahre hintereinander in ganz gleicher Weise, Vibronen, die auf Grund des positiven Ausfalls der — bekanntlich gerade bei Cholera in außerordentlich hohem Grade — spezifischen Serumreaktionen als Choleravibronen anzusprechen sind, allerdings in ihrem hämolytischen Verhalten vom Typus abweichend, ohne daß trotz genauester klinischer und pathologisch-anatomischer Untersuchungen Cholerafälle vorkamen, und dies trotzdem sowohl alle äußeren Bedingungen wie die entsprechende individuelle Empfänglichkeit unter den armen, durch Mühlen und Entbehrungen entkräfteten und während der Reise eng zusammengedrängten Pilgern gegeben waren! Es handelt sich offenbar bei diesen spezifischen El Tor-Vibronen um eine nicht mehr infektionstüchtige Variante des Erregers als Residuum einer abgelaufenen Choleraepidemie in einem der Länder, mit deren Bewohnern die Pilger in Berührung gestanden waren. Von experimentellen

Befunden in demselben Sinne des Variierens der Erreger im Zusammenhang mit dem Erlöschen der Infektion seien erwähnt: Wenn Ratten die pestinfizierten Kadaver anderer Ratten anfressen und diese Fütterungsinfektion von KISTER im Reihenversuch wiederholt wurde, so reißt der Faden meist schon etwa beim vierten Glied ab, während die Übertragung durch infizierte Flöhe so lange weiter geht als überhaupt noch genügend empfängliche Tiere vorhanden sind. In neuester Zeit hat NEUFELD mit seiner Schule sich um die Klärung dieser speziell für das spontane Aufhören der Diphtherie sehr bedeutsamen Fragen verdient gemacht. Diphtheriebacillen, durch die Blutbahn, oder — was für die menschliche Epidemiologie noch wichtiger — durch die Schleimhäute von Laboratoriumstieren geschickt, verlieren nachweislich Schritt für Schritt ihre sämtlichen charakteristischen Eigenschaften einschließlich ihrer Virulenz und sind endlich von Pseudodiphtheriebacillen nicht mehr zu unterscheiden. Damit steht in Übereinstimmung, daß die in den neueren Preußischen seuchenpolizeilichen Vorschriften gewährte Möglichkeit, Diphtheriebacillenträger von der 12. Woche der Rekonvaleszenz ab wieder zum Schulbesuch zuzulassen, sich in der Praxis bewährt und nicht etwa zu Neu-ansteckungen Anlaß gegeben hat.

Wir kommen zum zweiten Fall des Kommens und Gehens von Epidemien im Sinne von *qualitativen Änderungen der Krankheitseigenschaften* meist in Form eines klinisch und prognostisch leichteren oder schwereren Verlaufs, zuweilen aber auch mit Änderung des ganzen klinischen Bildes, einseitigem Hervortreten gewisser Symptome, ja bis zur Ausbildung einer scheinbar ganz neuen Krankheitseinheit. Jedem erfahrenen Arzt sind Beispiele dafür bekannt, daß Masern, Scharlach, Diphtherie, Pocken und viele andere Infektionskrankheiten nicht nur im Einzelfalle, sondern auch als Gesamt-epidemie in sehr ungleicher Schwere auftreten, früher als Äußerungen eines wechselnden „*Genus epidemicus*“, neuerdings von HELLPACH als „*Pathomorphosen*“ bezeichnet.

Um nur einige solcher Vorkommnisse aus den letzten 10—20 Jahren zu nennen, sei an den bösartigeren Charakter der Diphtherie, an den milderen Verlauf des Scharlachs und vor allem an die leichte Form der Pocken in den letzten Jahren in der Schweiz erinnert, wo unter mehreren Tausenden von Erkrankungen nur ganz vereinzelte Todesfälle gezählt wurden. Ein besonders bemerkenswertes Beispiel, weil hier die Veränderung des Krankheitsbildes in ganz bestimmter Weise mit gewissen äußeren Verhältnissen — in übrigens noch ungeklärter Weise — zusammenhängt, ist das Verhalten des Fleckfiebers bei seiner Verschleppung durch Auswanderer aus Osteuropa nach Nordamerika; die Seuche nimmt hier einen so milden Charakter an, daß sie früher als besondere Krankheitseinheit mit dem Namen der BRILL-schen Krankheit bezeichnet wurde und es der Anwendung serologischer Methoden bedurfte, um ihre Identität mit dem ursprünglichen Fleckfieber zu beweisen. Von ärztlichen Beobachtungen über qualitative Änderungen des Symptomkomplexes seien erwähnt die Beispiele, daß Unterleibstyphus in manchen Epidemien mit Vorwiegen der klinischen Erscheinungen von seiten der Atmungswege (Tonsillo- und Pneumotyphus) oder der Niere (Nephrotyphus) vorkommt, daß die Genickstarre manchmal und zwar in wechselnder Häufigkeit in älteren und neueren Epidemien mit

allgemeinen petechialen Erscheinungen auftritt, worauf neuerdings zuerst GOTSTEIN hingewiesen hat. Endlich die Lepra tritt bekanntlich in zwei verschiedenen Grundformen (daneben Mischformen) auf, der tuberösen und der maculo-anästhetischen Form, wobei gleichfalls der Charakter einer Epidemie nach Ort und Zeit verschieden, mehr oder minder vorwiegend nach der einen oder anderen Richtung hin bestimmt ist.

Zur Erklärung aller dieser qualitativ wechselnden Formen von Seuchen stehen neben der hier nicht weiter zu verfolgenden Komplikation durch Mischinfektion folgende mikrobiologische und konstitutionell-pathologische Erfahrungen zu Gebote. Erstens die verschiedene Empfänglichkeit des Individuums und der ganzen Bevölkerung, worüber sich mein Herr Mitberichterstatter bereits eingehend verbreitet hat, wahrscheinlich das für die Ausbildung der verschiedenen Formen der Lepra ausschlaggebende Moment. Zweitens die Verschiedenheit des Erregers nach Virulenzgrad und Variabilität seiner pathogenen Eigenschaften, wie von mir unter dem ersten Hauptpunkt meines Referats, bei der Frage des erstmaligen Entstehens und endgültigen Vergehens der Seuchen auseinandergesetzt; ja beide Erscheinungen, erstmaliges Entstehen und qualitative Änderung einer Epidemie lassen sich überhaupt nicht immer scharf trennen, da die Verschiedenheit des Genius epidemicus soweit gehen kann, daß die Seuche wie eine ganz neu entstandene anmutet. Das Auftreten von Varianten des Erregers kann zudem, wie gleichfalls bereits besprochen, mit Änderungen der individuellen Empfänglichkeit und insbesondere der Durchseuchung der Bevölkerung ursächlich eng verknüpft sein, indem gerade bei der Passage durch minder- oder unempfängliche Individuen der Erreger besonders leicht weitgehender Veränderung unterliegt.

Von mikrobiologischen Erfahrungen sind in diesem Zusammenhang insbesondere zu nennen: die Umwandlung des echten Pocken- in das harmlose Schutzpockenvirus, mit experimenteller Sicherheit und in irreversibler Form durch Tierpassage erzielt; ferner die interessanten Feststellungen von MORGENTHOLD und seiner Schule betreffs die Entstehung verschiedener Varianten des gewöhnlichen hämolytischen Streptokokkus durch Mäusepassage, wobei neben sehr veränglichen, offenbar dem endgültigen Absterben nahen Stämmen auch sog. vergrünende Streptokokken gezüchtet werden, d. h. solche, die auf der Blutagarplatte mit Ausbildung eines grünen Hofs wachsen und dem von SCHOTTMÜLLER als *Streptococcus viridans* bezeichneten Erreger der Endocarditis lenta mindestens sehr nahe stehen.

In anderen Fällen sind es freilich nicht die wechselnden biologischen Verhältnisse des Erregers und des empfänglichen Individuums, die für die Ausbildung verschiedener Krankheitsbilder maßgebend sind, sondern die äußeren Verhältnisse der Übertragung, vor allem die Lage der *Eintrittspforte* am Wirtsorganismus; gerade hierdurch kommen Krankheitsbilder von solcher Verschiedenheit in klinischem und epidemiologischem Sinne zustande, wie etwa Haut- und Lungenmilzbrand. —

Ich komme zur Besprechung der dritten Form des Kommens und Gehens von Seuchen im Sinne *quantitativer Veränderungen in ihrer zeitlichen Entwicklung*. Solche zeitlichen Schwankungen in der Verbreitung der Epidemien sind entweder *periodischer* oder *unperiodischer Natur*; die ersteren sind leichter zu deuten als die letzteren, einerseits weil bei ihrer Wiederkehr in regelmäßigen Turnus der wiederholten Beobachtung zugänglich, die das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen gestattet, andererseits, weil mit der angenommenen Ursache der Periodizität ein Zusammenhang, sei es in direktem, sei es im umgekehrten Sinne, nachweisbar wird. Am zahlreichsten sind die Beispiele für *jahreszeitliche Periodizität*, wobei einerseits *physische Bedingungen* (wie Temperatur, Licht, Feuchtigkeit, Niederschläge), andererseits *menschliche Gewohnheiten und soziale Verhältnisse*, die nach der Jahreszeit wechseln, ausschlaggebend sind. Ganz allgemein läßt sich die Ursache jeder jahreszeitlichen Periodizität von Seuchen so definieren, daß ein oder mehrere für das Zustandekommen der Infektion mehr oder minder einflußreiche Faktoren in gewissen Jahreszeiten vorwiegend oder ausschließlich vorhanden sind, zu anderen Zeiten dagegen zurücktreten oder fehlen; je nachdem sinkt der Seuchenstand während des Minimums entweder auf eine niedrigere Ziffer oder auf Null. Im letzteren Falle erhebt sich die besondere Frage, wie und wo sich das Virus in der seuchenfreien Zeit erhält; außerdem gilt es in jedem Falle, den bei verschiedenen Seuchen verschiedenen Zusammenhang zwischen Jahreszeit und epidemischer Verbreitung, insbesondere das Zustandekommen des sommerlichen oder winterlichen Gipfels der Seuchenkurve zu erklären.

Die Erhaltung des Virus in der seuchenfreien Zeit kann stattfinden entweder im latent infizierten Menschen oder in Tieren, die als Zwischenträger oder Zwischenwirte fungieren, oder endlich in der unbelebten Außenwelt. Ein Beispiel der ersten Art liefert die bacilläre Ruhr, die bekanntlich fast ausschließlich auf den Spätsommer beschränkt ist; das Virus erhält sich in den Bacillenträgern, die unter dem Einfluß unspezifischer Schädigungen des Magendarmkanals (durch Genuss von rohen pflanzlichen Lebensmitteln, durch reichliches Wassertrinken u. dgl.) eine Verschlimmerung ihres latenten Erkrankungszustandes mit vermehrter Bacillenausscheidung erleiden. Als Beispiele der Erhaltung des Virus im Zwischenträger (Ratte) sei die Pest angeführt, deren sehr kompliziertes jahreszeitliches Verhalten noch zu besprechen sein wird, im Zwischenwirt vor allem die Malaria in solchen Klimaten, wo sie als sog. Saisonmalaria auftritt, weil nur während der heißesten Monate die Möglichkeit zur Reifung der Plasmodien in der Mücke gegeben ist. Latenz des Virus in der Außenwelt kommt nur für Dauerformen (Sporen) z. B. bei Milzbrand auf infizierten Weideplätzen, bei den toxischen Saprophyten der Cholera infantum im Heustaub, Stallmist u. dgl. in Betracht. Als spezielle Ursachen *sommerlicher Akme* von Epidemien sind zu nennen: 1. die nur oberhalb einer bestimmten Temperatur vorhandene Möglichkeit des Wachstums des Erregers in äußeren Medien (toxische Saprophyten in Milch und anderen Nahrungsmitteln);

2. desgleichen die soeben für Malaria genannte zeitlich beschränkte Entwicklungsmöglichkeit im Zwischenwirt (Anopheles); 3. die während der heißen Jahreszeit durch die Fliegenplage vermehrte Transportmöglichkeit des Virus (speziell für Typhus und Ruhr); 4. die vorhin für die Verbreitung der Ruhr angeführte Erhöhung der individuellen Disposition durch häufigere Störung des Verdauungssapparates im Sommer. Als spezielle Ursachen *winterlicher Steigerung* von Seuchen kommen in Betracht: 1. vermehrter Kontakt durch Zusammendrängen der Menschen in der Wohnung zum Schutz vor der Kälte (erklärt den winterlichen Gipfel der Kurven bei Masern, Scharlach, Diphtherie, Genickstarre, Keuchhusten, Lungenpest); 2. vermehrte Unreinlichkeit und Überhandnehmen von Ungeziefer ist insbesondere für die Akme des Fleck- und Rückfallfiebers im Winter verantwortlich zu machen; 3. Erkältung und die dadurch bedingte häufige Mischinfektion für die Steigerung der Sterblichkeit an Pneumonie und Lungentuberkulose. Bisher war in erster Linie von der Temperatur als wichtigsten jahreszeitlichen Faktor die Rede; von anderen meteorologischen Einwirkungen seien genannt: Die *Lichtwirkung* kann bei manchen Infektionskrankheiten und zwar schon im Frühjahr (als Kontrast zu der vorausgegangenen lichtarmen Zeit) ein Ansteigen der Kurve bedingen, z. B. bei Malaria tertiana durch Hervorrufung von Rezidiven bei latenter Erkrankung. *Luftfeuchtigkeit* und *Niederschläge* können Einfluß in sehr verschiedener Weise geltend machen; die feuchte Jahreszeit schafft günstige Bedingungen für Mückenbrut und Malaria; nach Überschwemmungen ist das Überschwemmungsfeber in Japan ausdrücklich benannt, ferner begünstigen Überschwemmungen den Transport des Virus auf den sog. Milzbrandweiden und das Zustandekommen von Trinkwasserepidemien von Typhus infolge Durchspülung von Typhusbacillen von der Bodenoberfläche bis in die wasserführenden Schichten; in letzterem Sinne können auch stärkere Regenfälle wirken, die andererseits wiederum der Verbreitung von Typhus und Cholera entgegenstehen, indem in regenreicher Zeit die sonst unter unreinlichen Verhältnissen an der Bodenoberfläche sich ansammelnden Abfallstoffe, die häufig Infektionskeime enthalten, rasch entfernt werden. Da regenreiche Zeit meist mit hohem Grundwasserstand einhergeht, ergibt sich so eine Möglichkeit (neben anderen) zur Erklärung des bekannten Zusammenhangs zwischen Grundwasser und Typhus bzw. Cholera im Sinne der Beobachtungen v. PETTENKOFERS, wobei zugegeben werden mag, daß dieser Tatbestand noch nicht restlos geklärt ist. Ebenso wie hier der Regen, kann auch der gefrorene Zustand der Bodenoberfläche in gegensätzlichem Sinne von Einfluß sein: meist so, daß dadurch das Eindringen von Verunreinigungen in die tieferen wasserführenden Schichten des Bodens verhindert wird; andererseits ist es vorgekommen, daß auf gefrorenem abschüssigen Gelände infektiöse Abwässer weit abwärts gespült wurden und schließlich doch noch in gefährdete Brunnen gelangten. Wenn in den letztgenannten Beispielen ein und derselbe Witterungsfaktor unter verschiedenen äußeren Umständen gegenüber derselben Infektionskrankheit geradezu gegensätzlich wirken kann, so beobachten wir andererseits, daß eine und dieselbe Seuche, je nach ihren verschiedenen Erscheinungsformen eine ganz verschiedene jahreszeitliche Periodizität zeigen kann. Die Drüsengrippe, deren Verbreitung durch die Verhältnisse der Pest bei den Ratten beherrscht wird, zeigt ihr Maximum meist zu Beginn der wärmeren Jahreszeit, im Anschluß an die Wurfzeit der Ratten, durch die zahlreiche neue empfängliche

Individuen geschaffen werden und zur Zeit der günstigsten Lebensbedingungen für die Rattenflöhe; die Lungenpest kann zwar jederzeit auf dem Boden ursprünglicher Drüsengeschwüre entstehen, besonders häufig jedoch in der kälteren Jahreszeit und zeigt dann die in erster Linie durch erhöhte Kontakthäufigkeit bedingte winterliche Akme. Sehr lehrreich sind solche Beispiele, in denen zwei verschiedene Epidemien durch den gleichen äußeren Faktor begünstigt werden, z. B. Typhus und Ruhr oder Typhus und Cholera im Spätsommer; dann folgt diejenige Infektionskrankheit, die eine längere Inkubationszeit aufweist (Typhus), der anderen genannten mit kurzer Inkubation nach, und die beiden Kurvengipfel sind um den entsprechenden Betrag gegeneinander verschoben.

Außer den Witterungselementen sind auch gewisse Verhältnisse des Verkehrs und sonstiger menschlicher *Gewohnheiten* jahreszeitlich bedingt und können dann gleichfalls zu entsprechenden periodischen Bewegungen der Seuchen Anlaß geben; Schulbesuch und Schulferien beeinflussen die zeitliche Entwicklung der Infektionskrankheiten des schulpflichtigen Alters, Erntearbeiten geben durch Zuzug ausländischer Arbeitskräfte zum Auftreten von Fleck- und Rückfallfieber Anlaß, größere regelmäßige wiederkehrende Menschenansammlungen (Jahrmärkte, Festlichkeiten u. dgl.) begünstigen Typhus- und Choleraepidemien durch die geschaffene größere Kontaktmöglichkeit; im größten Ausmaß geschieht dies an manchen indischen Pilgerorten, wo durch diese äußeren Veranstaltungen der sonst in diesem Lande herrschende jahreszeitliche Turnus der Cholera vollständig geändert wird, ja, wo sich periodische Einflüsse selbst über eine Reihe von Jahren hinweg bei einer bestimmten Konstellation der Gestirne geltend machen, die eine besonders große Zahl von Pilgern an diesen Stätten vereinigt (Kumbha-mela-Jahre in Indien bei Erdnähe des Jupiters). — Andererseits können auch *kleinere Perioden* von geringerer Dauer als die Jahreszeiten die Verbreitung von Infektionskrankheiten weitgehend beeinflussen; wenn diese Perioden kürzer sind als der Inkubationszeit entspricht, so ist ihr Einfluß nicht augenfällig in der zeitlichen Verteilung der Erkrankungen, die ja ungleich rasch zur Kenntnis gelangen, tritt aber deutlich hervor, wenn im Ermittlungsverfahren auf Tag und Stunde der erfolgten Ansteckung geachtet wird; ich erinnere an die Häufung venerischer Infektionen Samstag und Sonntag, an die auf die Nacht beschränkte Malariainfektion und umgekehrt an die nur in der hellen Tageszeit zustande kommende Ansteckung mit afrikanischer Schlafkrankheit; hier sind die biologischen Eigenchaften des Zwischenträgers, dort menschliche Gewohnheiten ausschlaggebend.

Eine regelmäßige zeitliche Gebundenheit tritt endlich im *Kommen und Gehen der Infektionskrankheiten in verschiedenen Lebensaltern des Menschen* und hier wieder in manchen Fällen nach den beiden Geschlechtern verschieden, auf. Auch hier wirken wechselnde Verhältnisse der *Exposition* gegenüber den äußeren Ansteckungs-

bedingungen mit der individuellen Disposition zusammen.

Wenn der Säugling von den ansteckenden Krankheiten des Kleinkindesalters relativ verschont bleibt, so in erster Linie wohl darum, weil er unter der unmittelbaren Obhut der Mutter mehr denn in späteren Jahren vor Kontakt mit Ansteckungsstoffen geschützt ist, zum Teil wohl auch dank einer von der Mutter überkommenen und ziemlich rasch vergänglichen Immunität. Wenn andererseits bei künstlicher Ernährung die früher unter dem Namen Cholera infantum bekannten, jetzt dank den Fortschritten der Säuglingshygiene mehr zurücktretenden schweren Schädigungen durch toxische Saprophyten ganz vorwiegend das erste Lebensjahr betreffen, so offenbar wegen einer größeren Vulnerabilität des Darmepithels. Im Kleinkindes- und Schulalter fallen jene Schutzvorrichtungen gegenüber der Exposition und der Disposition zu Masern, Scharlach, Keuchhusten, Diphtherie u. a. fort und wir sehen daher gerade diese Infektionen das Feld beherrschen, mit deutlichem Anstieg der Häufigkeit vom Schuleintritt ab. Wenn dann vom Pubertätsalter ab die Tuberkulose, nachdem sie vorher im wesentlichen sich auf die stumme Infektion, nur nachweisbar durch die PIRQUETSche Reaktion, beschränkt war, mit zunehmender Häufigkeit in Gestalt der manifesten Lungentuberkulose auftritt, und zwar beim weiblichen Geschlecht früher und häufiger als beim männlichen, so spielt hier neben höherer Beanspruchung des Organismus durch die geschlechtliche Entwicklung, beim Weibe besonders durch die Gebär- und Stilltätigkeit, eine zunehmende Exposition gegenüber der Ansteckung von außen her im Verlauf des erwerbstätigen Alters die bestimmende Rolle, eine vermehrte Ansteckungsfähigkeit, die gleichzeitig mit der Sterblichkeit an Phthise erst nach Aufhören der Erwerbstätigkeit etwa vom 60. Jahre ab zurückgeht. Und wenn der Erwachsene bei uns nur selten von Masern, Scharlach und Keuchhusten befallen wird, so deshalb, weil er durch manifeste oder stumme Infektion im Kindesalter nunmehr gegen diese Krankheitskeime gefeit ist; bekanntlich liegen die Verhältnisse ganz ähnlich bezüglich der Malaria in ihren endemischen Herden, wo die Eingeborenen die Infektion als Kinderkrankheit durchmachen und im erwachsenen Alter, im auffallenden Gegensatz zu den Zugewanderten, malarialafrei sind.

Viel schwieriger als für die bisher betrachteten periodischen Schwankungen im Auftreten von Epidemien ist die Erklärung für die nunmehr zu untersuchenden Fälle *unperiodischen Kommen und Gehens* im Laufe von Jahrzehnten und Jahrhunderten, der sog. *säkularen Schwankungen* der Seuchen. Am durchsichtigsten liegen noch die Verhältnisse beim Eintritt von besonderen *physischen Ereignissen* oder *sozialen Bedingungen*, die nachweislich die äußeren Infektionsbedingungen begünstigen oder die Widerstandsfähigkeit der Bevölkerung herabsetzen. Durch gewisse physische Ereignisse kann geradezu eine erhöhte Produktion oder doch ein erleichterter Transport des Virus erfolgen. Des Einflusses von Überschwemmungen in diesem Sinne haben wir bereits anlässlich der Besprechung der jahreszeitlichen Verhältnisse gedacht. Erdbeben können in endemischen Pestherden die infizierten Nager mobil machen und so nachweislich in ihrem Gefolge zu Ausbrüchen

menschlicher Pest führen. Nicht zu unterschätzen ist allerdings bei solchen Naturkatastrophen die erhöhte Kontaktmöglichkeit unter der ihrer normalen Wohnstätten beraubten und insbesondere bezüglich körperlicher Reinlichkeit auf ein niedrigeres Niveau herabgedrückten Bevölkerung. In demselben Sinne wirken große Wanderungen und sonstige Menschenansammlungen, besonders in Kriegszeiten, wozu dann als Folge der Strapazen und der ungenügenden Ernährung noch die Herabsetzung der individuellen Widerstandskraft tritt. Die Bezeichnung als Kriegs- und Hungerseuche, die besonders für das Fleckfieber gilt, ist berechtigt genug, und es sei hier an das Wort von HIRSCH erinnert, daß die Geschichte des Fleckfiebers die Geschichte des menschlichen Elends ist. Bis zu welchem Ausmaße selbst in unserer Zeit die Verbreitung großer Volksseuchen gehen kann, dafür ist das furchtbare Überhandnehmen der Seuchen in Rußland in den Kriegs- und Nachkriegsjahren ein schlagendes Beispiel. Wenn demgegenüber in Deutschland in den gleichen Jahren kein nennenswerter Seuchenausbruch zu verzeichnen war, so liegt die Ursache wohl in denselben Verhältnissen, die uns auch vor den Schrecken der Zerstörung aller bürgerlichen Ordnung bewahrt haben, wie sie aus dem russischen Reiche berichtet wurden. Die Disziplin, die dem deutschen Volke trotz allem Zusammenbruch erhalten geblieben war, hatte es vor der einen wie vor der anderen Heimsuchung bewahrt. Wir wissen ja auch aus sonstigen epidemiologischen Erfahrungen, wie selbst ganz einfache Maßnahmen der gesundheitlichen Lebensführung, wie sie der Kulturmensch fast unbewußt beobachtet, weitgehenden Seuchenschutz verleihen; nur so ist es z. B. zu erklären, daß der Europäer in asiatischen Städten während ausgebreiteter Pestepidemien in der Regel verschont bleibt.

Ich gebe zu, daß diese Erklärung des Ausbleibens größerer Epidemien in der Nachkriegszeit in Deutschland auf Grund der Erhaltung elementarer hygienischer Maßnahmen nicht für alle Fälle ausreichend ist; sie vermag z. B. nicht das Rätsel zu lösen, warum auch die Malaria, für deren weite Verbreitung alle Vorbedingungen gegeben zu sein schienen, dennoch in engen Schranken blieb. Für solche Fälle, sowie für die auch unter normalen Lebensverhältnissen auftretenden säkularen Schwankungen der Epidemien — wie sie von meinem Herrn Mitberichterstatter eingehend behandelt worden sind — kommen wir mit einer auf die äußeren Bedingungen der Infektion gegründeten Erklärung nicht aus und müssen wir auf biologische Momente im Sinne einer Variabilität, sei es des Erregers, sei es der persönlichen Empfänglichkeit, im Gefolge der Durchseuchung der Bevölkerung zurückgreifen.

Das *Kommen und Gehen der Epidemien* kann endlich nicht nur, wie bisher von uns geschehen, in zeitlicher, sondern auch in örtlicher Beziehung betrachtet werden, in Form der *Seuchenzüge*, in denen die Verbreitung erfolgt, wie sie z. B. von KISSKALT für die Verbreitung der Diphtherie in Deutschland studiert sind. Wir müssen hierbei grundsätzlich folgende Fragen aufwerfen: nach

dem *Ausgangspunkt*, nach den *Wegen* und nach der *Geschwindigkeit* der Verbreitung.

Für exotische Seuchen ist der Ausgangspunkt entweder unmittelbar in ihren endemischen Herden (z. B. für Cholera in Indien) oder mittelbar in den von dort aus infizierten Ländern gegeben, z. B. droht die Choleragefahr für Deutschland hauptsächlich von Osteuropa aus. Für einheimische Seuchen kommen als Ausgangspunkte für weitere Verbreitung hauptsächlich solche Orte in Betracht, an denen eine stärkere Entwicklung der Seuche eingesetzt hat und von denen aus gangbare Transportwege führen. Deshalb strahlt die Seuche meistens nicht etwa gleichmäßig nach allen Richtungen von ihrem ursprünglichen Zentrum aus, sondern sie wählt denjenigen Weg, auf dem entweder der raschste Transport des vorhandenen Virus oder die Bedingungen für eine stete Vermehrung der Krankheitserreger besonders gewährleistet sind. In ersterer Hinsicht ist daran zu erinnern, daß der Ausbau der Verkehrsmittel die Gefahren des Seuchentransports vermehrt, z. B. die Möglichkeit der Einschleppung der Cholera auf dem Landwege durch die modernen Bahnverbindungen zwischen Asien und Europa sehr viel näher gerückt wurde, während früher auf den Karawanenstraßen mit ihrem langsamem Verkehr die Seuche unterwegs oft ausstarb. Beispiele für die Vermehrung des Virus auf dem Transportwege und die damit zusammenhängende Bevorzugung gewisser Verkehrsmittel durch bestimmte Seuchen sind die vorwiegende Verbreitung der Pest auf dem Seewege durch die Schiffsräten, oder die Verschleppung der Cholera im Binnenlande entlang den Wasserstraßen durch Verseuchung des Wassers selbst oder durch infizierte Flösser und Schiffer.

Niemals reist eine Seuche schneller als der menschliche Verkehr, weil weder durch Vogelflug, noch durch Luftströmungen menschliche Krankheitskeime transportiert werden können; gegenüber noch immer in Laienkreisen weitverbreiteten irrtümlichen Anschauungen in letzterem Sinne sei auf die interessanten Feststellungen von SCHMID über die Grippeepidemie vom Anfang der neunziger Jahre in der Schweiz verwiesen: in abgelegene im Winter durch Schnee verwehte Täler oder Berghospize kam die Seuche trotz weitester Verbreitung im ganzen Umkreis erst, sobald diese Örtlichkeiten wieder dem Verkehr erschlossen waren.

Sehr auffallend und noch nicht in allen Fällen geklärt ist die besonders in Kriegszeiten gemachte Beobachtung, auf die WOLTER verweist, daß nach Verlassen der infizierten Örtlichkeit z. B. Wechsel des Lagerplatzes die Seuche oft rasch erlischt. In manchen Fällen mag die mit einem solchen Wechsel verknüpfte Befreiung von den am früheren Lagerplatz massenhaft verstreuten Abfallstoffen zur Erklärung heranzuziehen sein; ferner ist auf die Analogie mit gewissen Übertragungsversuchen von Mäusekrebs zu verweisen, die sich als stark von örtlichen Rasseunterschieden abhängig erwiesen. Eine meines Wissens gleichfalls noch unerklärte Eigentümlichkeit der Verbreitung der Cholera auf der Erde ist die, daß diese Seuche noch nie nach Australien gelangt ist, obgleich doch die Bedingungen hierfür auf dem Seewege von Indien aus ebenso gegeben sind wie für die Pest, bei der eine solche Verschleppung mehrfach zustande kam.

Ich habe mich nicht gescheut, in dieser wie

anderen epidemiologischen Fragen ausdrücklich auch auf solche Punkte hinzuweisen, die heute noch dunkel sind. Wir dürfen aber doch sagen, daß diese noch ungeklärten Fragen mehr nur Einzelheiten betreffen und daß wir doch im großen ganzen das überaus bunte Bild der Epidemiologie auf Grund unserer ursächlichen Erkenntnisse zu verstehen vermögen. *Die Epidemiologie* ist nicht nur eine medizinische Disziplin, sondern auch eine *Naturwissenschaft*, und zwar eine solche mit überaus verwickelten Aufgaben. Sie ist in dieser Beziehung der Meteorologie vergleichbar, deren Fort-

schrifte nicht allein durch bloße vergleichend-statistische Beobachtungen, sondern vor allem auf deduktivem Wege auf Grund der Physik der Atmosphäre ermöglicht wurden; und wie wir dort auch noch nicht jeden auffallenden Witterungsbefund, insbesondere aus weit zurückliegender Zeit, in allen seinen Einzelheiten verstehen, aber doch in großen Zügen abzuleiten vermögen, so werden auch in der Epidemiologie die Erfahrungstatsachen der Erscheinungsweise der Seuchen sich mehr und mehr der fortschreitenden ursächlichen Erforschung erschließen.

Fortschritte in der Erkenntnis des vegetativen Nervensystems.

Von E. Th. BRÜCKE, Innsbruck.

Zur Lösung der Aufgabe, Ihnen über den Stand der Lehre vom vegetativen Nervensystem zu berichten, steht mir nur eine ganz kurze Zeit zur Verfügung; es kann sich deshalb nur um eine flüchtige Skizze handeln, die ich hier vor Ihnen entwerfen darf.

Ich möchte Sie zunächst an jene Grundtatsachen erinnern, die wir noch vor etwa 10 Jahren für das vollständige und endgültig feststehende Gerüst dieser Lehre gehalten haben: Mit LANGLEY sahen und sehen wir auch heute noch einen grundsätzlichen Unterschied zwischen der Innervation des Skelettmuskels und jener der Eingeweide darin, daß die „somatische“ motorische Nervenfaser eine *direkte* Verbindung zwischen Vorderhornzelle und Skelettmuskelfaser herstellt, während alle vegetativen Nerven in ihrem Verlaufe einmal, und zwar nach den Ergebnissen der Nicotinversuche wirklich nur ein einzigesmal, durch eine Synapse *unterbrochen* sind. (Von den nervösen Plexus der Darmwand wollen wir hier und im folgenden abssehen.) Weiterhin war klar erkannt der Unterschied zwischen dem thorakal entspringenden „sympathischen“ System einerseits, den kranial und sakral entspringenden parasympathischen Systemen andererseits. Die scharfe Trennung, die wir zwischen diesen Systemen auch heute noch machen, ist zum Teil durch die Morphologie begründet, vor allem aber durch pharmakologische Erfahrungen; ich erinnere Sie z. B. an die elektive Wirkung des Adrenalin auf sympathisch innervierte Organe. Eine interessante funktionelle Beziehung zwischen Sympathicus und Parasympathicus hatte sich ergeben aus der fast überall nachweisbaren Doppelinnervation der Eingeweide. Diese Doppelinnervation ist fast ausnahmslos antagonistisch: eine Funktion, die der Sympathicus fördert, wird vom Parasympathicus gehemmt und umgekehrt.

Auch die große Bedeutung des vegetativen Nervensystems für die somatischen Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge, wie z. B. der Affekte, ist relativ früh erkannt worden. Zusammenfassend hat sie als erster wohl METZNER¹ er-

örtert. Die Beziehungen zwischen Psyche und vegetativem Nervensystem können von zwei ganz verschiedenen Standpunkten aus betrachtet werden: Im allgemeinen nimmt man heute, wie schon der vom wissenschaftlichen Ausschusse unserer Gesellschaft gewählte Titel dieser Vorträge zeigt, an, daß sich die Erregungs- und Hemmungsvorgänge im vegetativen Nervensystem sekundär an cerebrale emotionelle Erregungen anschließen, daß also primär das cerebrale psychophysische Korrelat z. B. eines Affektes auftritt, und daß sich daran sekundär die vegetativ bedingten Symptome anschließen, wie z. B. das Sträuben der Haare oder der Federn, das Herzklopfen, die Erweiterung der Pupillen, das Vortreten der Augäpfel, die Darmperistaltik u. dgl. m. Diese Reihung des Geschehens erscheint uns wohl im allgemeinen viel plausibler als die umgekehrte, wie sie ältere psycho-physiologische Theorien verlangten, die sich vornehmlich an die Namen JAMES und LANGE knüpfen. Nach der Theorie von JAMES folgten die körperlichen Veränderungen *unmittelbar* der Perzeption des erregenden Ereignisses, und das, was wir Emotion nennen, wäre nichts anderes als eben das erst sekundär auftretende Empfinden dieser selben körperlichen Veränderungen. Nach dieser Theorie würde also unser viscerales Nervensystem nicht sekundär im Anschluß an psychische Vorgänge erregt werden, sondern die psychischen Phänomene wären ihrerseits Folgeerscheinungen der Erregungs- und Hemmungsvorgänge, die sich in unserem vegetativen Systeme abspielen.

Für die Affekte dürfen wir die Theorie von JAMES gewiß ablehnen; wir erbleichen vor Schreck, aber wir erschrecken nicht, wenn oder weil sich unsere Hautgefäße kontrahieren.

Einen experimentellen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht verdanken wir SHERRINGTON¹: er durchschnitt bei einer lebhaften, leicht erregbaren Hündin das Rückenmark an der Grenze zwischen Cervical- und Thorakalmark sowie auch beide Nn. vagi. Bei diesem Tiere war also der Einfluß des Großhirns auf so gut wie alle Eingeweide vollständig ausgeschaltet, und ein affektauslösen-

¹ R. METZNER, Einiges vom Bau usw. d. sympathischen Nervensystems. Jena 1913.

¹ C. S. SHERRINGTON, Proc. roy. Soc. Lond. 66, 390 (1900).

der Reiz konnte das vegetative Nervensystem in keiner Weise mehr erregen; dennoch zeigte diese Hündin keine Spur einer Änderung ihres emotionalen Charakters, sie äußerte Zorn und Freude, Widerwillen und Furcht genau so lebhaft wie vor der Operation, nur daß dabei die vom vegetativen System abhängigen Symptome, wie z. B. das Sträuben der Haare, fehlten.

Anders steht es aber mit gewissen Gefühlen.

Mit EBBECKE¹ möchte ich annehmen, daß z. B. das Gefühl des Fröstelns oder Frierens durchaus nicht auf eine Erregung der kälteempfindlichen Sinnesorgane unserer Haut zu beziehen ist, sondern daß wir dieses Gefühl sensiblen Erregungen verdanken, die peripher in den sich kontrahierenden Hautgefäßen und vielleicht auch in den M. arrectores pilorum ausgelöst werden. In ähnlicher Weise sind ja auch andere Gemeingefühle von der Erregung propriozeptiver Nerven in Eingeweiden abhängig; ich erinnere Sie nur an die Beobachtungen CARLSONS, daß die Peristaltik des leeren Magens das Hungergefühl steigert, ja mitunter direkt auslöst, an die Beteiligung der Oesophaguskontraktionen an der Entwicklung des Durstgefühles u. dgl. m.

Ich gehe nach diesen einleitenden Bemerkungen dazu über, Ihnen von den Fortschritten zu berichten, welche die Lehre vom vegetativen Nervensystem in der letzten Zeit gemacht hat.

Für unser spezielles Thema scheint mir am wichtigsten die Erkenntnis der *Ubiquität* der vegetativen Innervation. Mit LANGLEY hatten wir früher angenommen, daß die Eingeweide vegetativ, die Skelettmuskeln dagegen nur somatisch innerviert seien. Heute wissen wir aber, daß die quergestreifte Muskulatur nicht nur somatisch, sondern somatisch und vegetativ innerviert ist. Wir verdanken diese Erkenntnis zunächst der Morphologie. Schon ältere histologische Beobachtungen sprachen für eine doppelte Innervation der quergestreiften Muskelfasern (PERRONCITO u. a.), aber sichergestellt wurde sie erst durch die Degenerationsversuche von BOECKE², DUSSER DE BARENNE³ und anderen. Fast noch schwieriger als der histologische Nachweis erwies es sich aber, die Funktion dieser neu entdeckten sympathischen Fasern festzustellen. Der Streit um diese Fragen hat viel Arbeit und Papier gekostet, vor allem deshalb, weil immer wieder versucht wurde, das Tonusproblem mit dem der sympathischen Innervation des Skelettmuskels zu koppeln. Die Versuche ORBELIS und seiner Schule⁴ beweisen mit voller Sicherheit, daß die Sympathicusreizung eine Verzögerung der Ermüdung oder auch eine vorübergehende Erholung des ermüdeten Muskels herbeiführen kann. Die Span-

nung des Muskels während eines isometrischen Tetanus kann durch eine Sympathicusreizung gesteigert werden, und es liegt der Gedanke sehr nahe, die außergewöhnliche Kraftentfaltung von Menschen und Tieren in allgemeinen Aufregungszuständen und bei Psychosen, sowie andererseits die Hypodynamie bei Addisonpatienten zu dieser Wirkung des Sympathicus in Beziehung zu setzen. Diese Untersuchungen ORBELIS sind in Westeuropa viel zu wenig bekanntgeworden und man steht ihnen bei uns noch etwas skeptisch gegenüber. Ich kenne die Originalkurven ORBELIS, sie sind absolut überzeugend, und Nachuntersuchungen mit negativem Ergebnis (z. B. von BERITOFF) können wohl nur an Schwierigkeiten der Methodik gescheitert sein. Auch FULTON¹ hat in seinem neuen ausgezeichneten Werke über Bewegungsphysiologie die Beweiskraft der Orbelischen Versuche vollkommen anerkannt und sie in extenso besprochen. Eigene Versuche FULTONS und ganz analoge, aber unabhängig von ihm ausgeführte Versuche von NAKANISHI², zeigen die Verstärkung tetanischer Kontraktionen, wenn neben den somatischen auch noch die sympathischen Muskelnerven erregt werden.

Auch von MAGNUS-ALSLEBEN³ und seinen Mitarbeitern ist an sympathisch entnervten Skelettmuskeln eine Reihe von Beobachtungen angestellt worden, die für eine direkte sympathische Beeinflussung des Muskelstoffwechsels sowie des Kontraktionsvorganges sprechen, und in ABDERHALDEN'S Institut haben A. HOFFMANN und E. WERTHEIMER⁴ einen Einfluß des Sympathicus auf den Glykogenhaushalt des Skelettmuskels festgestellt.

Anders steht es mit der in den letzten Jahren so extensiv bearbeiteten Frage nach einer tonomotorischen Wirkung autonomer Nerven auf die Skelettmuskulatur. Kliniker und Physiologen haben teils an Durchschneidungs- und Reizversuchen, teils auf pharmakologischem Wege das Problem zu lösen gesucht. Die Beobachtungen widersprechen einander aber noch so sehr, daß es keinen Sinn hätte, sie hier zu diskutieren.

Die Erkenntnis, daß das vegetative Nervensystem nicht nur die Funktionen der vegetativen Organe regelt, sondern auch eine Rolle bei den Leistungen unserer Skelettmuskulatur spielt, bedeutet einen wichtigen Fortschritt gegenüber der klassischen Lehre. Von mindestens ebenso weittragender Bedeutung ist aber auch ein überraschendes Ergebnis, das Untersuchungen aus den allerletzten Jahren gezeigt haben, nämlich die Tatsache, daß das *Zentralnervensystem selbst* als Erregungsorgan des vegetativen oder doch wenigstens des sympathischen Nervensystems anzusehen ist. Die ersten Beobachtungen, die zu dieser Annahme

¹ U. EBBECKE, Pflügers Arch. 169, 395 (439ff.).

² BOECKE, J. Verh. anat. Ges. München, April 1912.

³ J. BOECKE und J. E. DUSSER DE BARENNE, Proc. R. Acad. Sci. Amsterdam 21 (1919).

⁴ Vgl. das Referat von E. TH. BRÜCKE, Klin. Wschr. 6, Nr 15 (1927) und J. F. FULTON, Muscular contraction. London 1926, S. 409ff., Fig. 164.

¹ J. F. FULTON, Muscular contraction. London 1926.

² NAKANISHI, J. Biophysics 2, 19 u. 81 (1927).

³ E. MAGNUS-ALSLEBEN, Klin. Wschr. 7, 737 (1928).

⁴ A. HOFFMANN und E. WERTHEIMER, Pflügers Arch. 218, 176 (1927).

führten, stammen wieder aus der Schule ORBELIS in Leningrad. Die Reflexerregbarkeit von Fröschen läßt sich bekanntlich durch die Messung der sog. TÜRKschen Zeit messen: man taucht eine Hinterpfote des vertikal hängenden Rückenmarksfrösches in eine dünne Säurelösung und mißt die Zeit, die zwischen dem Eintauchen der Pfote und ihrer reflektorischen Hebung verläuft. Normalerweise findet man für die TÜRKsche Zeit an beiden Hinterpfoten eines Frosches sehr gut übereinstimmende Werte. Durchschneidet man aber vor dem Versuche (N.B. auch bei entbluteten Fröschen!) die Rami communicantes der einen Seite (zur Kontrolle: symmetrische Operationsschnitte dorsal auf beiden Seiten), so ergeben sich große Differenzen nach der einen oder anderen Richtung zwischen der TÜRKschen Zeit des normalinnervierten und des sympathisierten Beines. Die Reizung des Sympathicus (elektrisch oder mit Nicotin) ergab bei solchen Versuchen meist eine Verlängerung der Reflexzeit für beide Extremitäten, in anderen Fällen eine Verkürzung der TÜRKschen Zeit oder auch nur Veränderungen der Reflexlatenz an einer der beiden Extremitäten¹.

Auch die Reflexe an den hinteren Extremitäten des Hundes sind nach einseitiger Grenzstrangexstirpation gestört. Bei rhythmischer Auslösung von Patellarreflexen ermüdet das sympathisch entnervte Bein rascher und seine Reflexzuckungen verlaufen träge; auch reflektorische Reaktionen auf elektrische und thermische Reize, die normalerweise bei Einwirkung auf die rechte und linke Seite sehr nahe übereinstimmende Schwellenwerte besitzen, erfahren durch die einseitige Sympathicus-exstirpation eine Änderung im Sinne einer Asymmetrie der Schwellen. Dies waren die ersten Versuche, aus denen mit Recht auf eine gewisse Steuerung oder Umstimmung des Zentralnervensystems durch sympathische Impulse geschlossen werden durfte.

Eine weitere, sehr interessante Beobachtung aus der Schule ORBELIS, auf die ich im folgenden noch zurückkommen werde, wurde von A. TONKICH² an dem bekannten SETSCHENOFFSchen Hemmungsversuch angestellt. Dieser alte Versuch besteht darin, daß man auf die freigelegten Lobi optici eines großhirnlösen Frosches Kochsalzkrystalle legt, wodurch die Reflexerregbarkeit des Tieres stark herabgesetzt wird. TONKICH fand nun, daß diese Hemmung der spinalen Reflexe nach der Durchschneidung der Rami communicantes nicht mehr gelingt. Auch die SETSCHENOFFSche Hemmung beruht also auf einer Funktionssteuerung des Rückenmarks auf dem Wege über den Sympathicus.

So wie die Erkenntnis der Wirkung des Sympathicus auf die Skelettmuskulatur von histologischen Beobachtungen ausgegangen ist, so war es auch für das Zentralnervensystem schon seit längerer Zeit bekannt, daß in ihm sympathische Fasern enden. Solche Fasern treten z. B. an die Spinalganglien-

zellen heran, und daß die zweite, marklose dünne Faser, die neben der sensiblen, dicken Faser viele primitive Sinnesorgane versorgt, sympathisch ist, hat JURIEWA¹ unter der Leitung von ORBELI und MARTINOFF für die Tastkölbchen der Zungenschleimhaut des Hundes durch Degenerationsversuche bewiesen.

Auch diese Angaben der russischen Forscher über die Abhängigkeit des Zentralnervensystems selbst vom Sympathicus waren so überraschend, daß sie bei uns — so weit sie überhaupt bekanntgeworden sind — mit einer gewissen abwartenden Skepsis aufgenommen wurden, um so mehr, als wir in der Wissenschaft etwas zu dem Vorurteile neigen: *nemo propheta nisi in patria!* Nun hat aber vor kurzem ACHELIS in Leipzig³, ohne ORBELIS Arbeiten zu kennen, ganz gleiche Befunde erhoben und den Einfluß des Sympathicus auf das Zentralnervensystem von neuem in ganz einwandfreier Weise festgestellt.

ACHELIS ist von der wichtigen Entdeckung M. LAPICQUES³ ausgegangen, daß die Erregbarkeit eines peripheren Nerven nach seiner Abtrennung vom Rückenmark oder nach Abtragung der Lobi optici steigt. Diese Angaben konnte ACHELIS bestätigen und er fand weiter, daß die Unterbrechung der Leitungsbahnen *an irgendeiner Stelle* zwischen dem Auge und den ventralen Rückenmarkswurzeln eine Erregbarkeitssteigerung der peripheren Nerven bewirkt. Das heißt also, daß beim normalen Frosche die Erregbarkeit der peripheren Nerven dauernd durch irgendwelche zentrale Einflüsse gedämpft wird, und zwar handelt es sich hierbei um Einflüsse, die, wie er weiter fand, von den belichteten Augen des Tieres ausgehen. Bei der Verfolgung dieser Beobachtung ergab sich aber auch, daß, umgekehrt, die Durchschneidung der sympathischen Rami communicantes des Rückenmarkes eine *Herabsetzung* der Erregbarkeit der mit dem Rückenmark in normaler Verbindung stehenden Nn. ischiadici bewirkt. Dieser Befund spricht also für eine vom Sympathicus ausgehende Erregbarkeitssteigerung des peripheren motorischen Neurons, und in der Tat führt die Reizung des Sympathicusgrenzstranges zu einer deutlichen, vorübergehenden Erregbarkeitssteigerung des N. ischiadicus. Wir finden also hier, wie bei den Eingeweiden, eine doppelseitige, fördernde und hemmende Beeinflussung der Vorderhornzellen und auch noch ihrer Neuriten, fördernd vom Sympathicus, hemmend vom Opticus aus.

Die Verhältnisse scheinen aber noch komplizierter zu sein: Nach der Sympathicusdurchschneidung wirkt die Blendung des Frosches viel schwächer erregbarkeitssteigernd als bei einem normalen Tiere; das Phänomen der Erregbarkeitssteigerung nach Blendung ist also zum Teil an die Intaktheit des Grenzstranges gebunden. Wir müssen uns wohl

¹ Verhandlungen des 2. Kongr. russ. Physiologen zu Leningrad 1926.

² J. D. ACHELIS, Pflügers Arch. 219, 411 (1928).

³ M. LAPICQUE, C. r. Soc. Biol. 88, 46 (1923).

vorstellen, daß von den Opticis aus die erregbarkeitssteigernden sympathischen Zentren gehemmt werden (Reflexe von den Augen auf den Sympathicus kennen wir ja auch von der chromatischen Hautfunktion der Amphibien und Fische her).

Meines Erachtens handelt es sich auch bei den Beobachtungen von ACHELIS wieder um die alte SETSCHENOFFSche Hemmung der Reflexerregbarkeit von den lobis opticis aus, und ich sehe in seinen Versuchen eine volle Bestätigung der ORBELISchen Entdeckung, daß diese Hemmung via Sympathicus verläuft. Das einfachste Schema der hier vorliegenden Beziehungen zeigt die beistehende Fig. 1, in der die + - und - Zeichen fördernde und hemmende Einflüsse bedeuten.

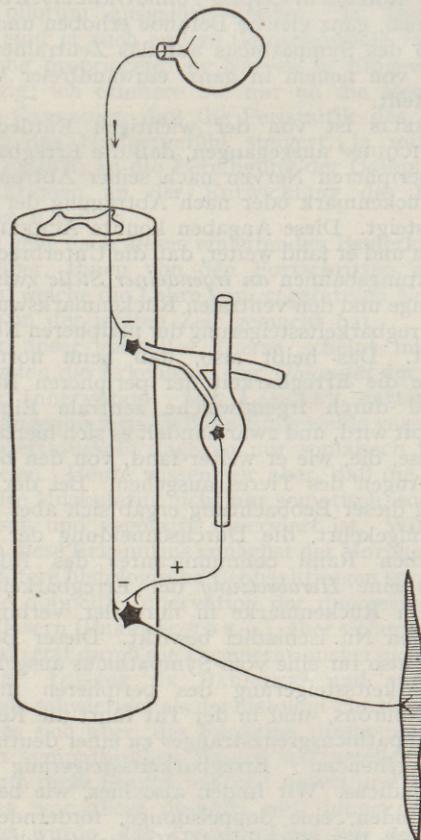


Fig. 1. Schema der vom Auge z. T. über den Sympathicus verlaufenden hemmenden Einflüsse auf das somatische Nervensystem.

Alle hier besprochenen Versuche gelingen auch am entbluteten Tiere, sie können also nicht auf vasomotorische Effekte bezogen werden, und so beweisen auch diese Versuche von ACHELIS, daß das Zentralnervensystem eines der Erfolgsorgane des autonomen Nervensystems ist.

Die bisher erörterten Versuche haben durch operative Ausschaltung und künstliche Reizungen den Nachweis erbracht, daß Reaktionen des spinalen animalen Nervensystems vom vegetativen

System abhängen. Es liegt der Gedanke nahe, daß das, was für das Rückenmark gilt, auch für die höheren Teile des Zentralnervensystems zu treffen wird, und in der Tat hat ganz unabhängig von den bisher genannten Autoren und zum Teil vor ihnen W. R. HESS¹ versucht, die vegetative Beeinflussung des Säugergehirnes nachzuweisen. HESS ging von dem geistreichen Grundgedanken aus, daß *alle* Glieder des animalen Regulationsystems von der Großhirnrinde bis zum Skelettmuskel, ja sogar vom Sinnesorgan bis zu den zentralen Zentren Erfolgsorganen vegetativer Regulierungen seien. Die experimentellen Stützen, die er seiner Theorie zu geben suchte, sind vielleicht nicht ganz so fest, wie jene von ORBELI und ACHELIS, denn er zog seine Schlüsse aus den Wirkungen bestimmter Reizstoffe auf das Zentralnervensystem. Es steht uns bekanntlich eine ganze Reihe von Reizstoffen zur Verfügung, deren Wirkung sich in einer Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen sympathischen und parasympathischen Einflüssen äußert, absolut zwingend ist aber ein Schluß aus der Wirkung eines solchen Stoffes auf das Vorhandensein einer vegetativen Innervation durchaus nicht.

HESS hat mit dem fast überall sympathicuslähmenden Ergotamin gearbeitet, dem er nach Versuchen an der Iris auch eine parasympathicusregende Wirkung zuschreibt. Er injizierte narkotisierten Katzen durch eine feines Bohrloch kleine Ergotaminmengen (0,3–0,4 ccm) in den dritten Ventrikel oder in die Seitenventrikel und sah, daß diese Tiere nach dem Erwachen aus der Narkose sich zunächst ganz normal verhielten, aber 50 bis 100 Minuten nach erfolgter Injektion auffallend still wurden, eine dunkle Ecke suchten, müde die typische Schlafstellung einnahmen, um alsbald in einen tiefen Schlaf zu verfallen, aus dem sie aber durch die gewöhnlichen Weckreize geweckt werden konnten. Dieser, dem normalen Schlaf völlig analoge Zustand währte 2–6 Stunden.

Diese, wie eine Reihe ähnlicher Beobachtungen (z. B. die Herabsetzung der Netzhauterregbarkeit durch parasympathicerregende Gifte²) führte HESS zu der Überzeugung, daß auch die Funktionsbereitschaft des Großhirns, also der Wachzustand vom sympathischen Nervensystem abhängig sei, bzw. daß der Schlafzustand auf ein Überwiegen cerebral angreifender parasympathischer Einflüsse zurückzuführen sei.

Diese Vorstellungen von HESS haben in der neurologischen Literatur ein vielfaches Echo gefunden, um so mehr, als man schon vor langer Zeit auf das Überwiegen gewisser parasympathischer Symptome während des Schlafes aufmerksam geworden war³. RUDOLF SCHMIDT hat das Wort geprägt: „In der Nacht wachen die parasympathischen Nerven auf“

¹ W. R. HESS, Schweiz. Arch. Neur. 15, 2 (1924) und 16, 1 u. 2 (1925).

² W. R. HESS und F. E. LEHMANN, Pflügers Arch. 211, 603 (1926).

³ Vgl. z. B. B. K. WEBER, Revue neur. 1927, 853.

und auch EPPINGER, v. PAPP und SCHWARZ¹ diskutieren die Möglichkeit, daß während der Nacht die sympathische Innervation an Intensität abnimmt. Allerdings muß ich gestehen, daß mir die Annahme parasympathischer Reizsymptome während des Schlafzustandes noch der Kritik bedürftig erscheint. Gewiß läßt sich mit Recht die Miosis anführen; dagegen könnten die Herabsetzung des Blutdruckes, der Herzaktivität und der Temperatur auch bloß als Folgeerscheinungen der Muskelruhe aufgefaßt werden, und das Versiegen der Tränensekretion, die Herabsetzung der Verdauungstätigkeit, der Harnsekretion, die größere Kapazität von Blase und Rectum sprechen geradezu gegen die parasympathische Reiztheorie des Schlafes.

Jedenfalls ist die Frage nach den Beziehungen des vegetativen Nervensystems zur Schlaffunktion heute noch keineswegs entgültig beantwortet. Auffallend ist es, daß viele parasympathische Reizstoffe als Hypnotica wirken, während umgekehrt z. B. das Cocain mit seinen sympathischen Eigenschaften die psychische Aktivität steigert. Auffallend ist ferner die Tatsache, daß wir gute Anhaltspunkte dafür haben, daß im zentralen Höhlengrau des dritten Ventrikels ein sympathisches Zentrum liegt, während wir gleichzeitig dieser Region eine innige Beziehung zur Schlaf-funktion zuschreiben müssen.

CAMUS und ROUSSY nehmen ebenso wie SALMON² an, daß ein Hypophysensekret regulatorisch auf die Mechanismen in der Wand des dritten Ventrikels einwirkt, speziell denken sie an eine hemmende Wirkung eines Hypophysenhormones auf die sympathischen Zentren des dritten Ventrikels; wenn sie in dieser hormonal bedingten Hemmung eine der Ursachen des physiologischen Schlafes erkennen wollen, so deckt sich diese Annahme gut mit dem Ergebnis der erwähnten Ergotamin-versuche von HESS.

Versuche mit sympathicotropen und vagotropen Reizstoffen nehmen heute in der Physiologie und in der experimentellen Medizin einen sehr großen, vielleicht einen zu großen Raum ein. Es würde uns viel zu weit führen, wollten wir hier die Wirkung der zahlreichen Pharmaka erörtern, die auf das vegetative Nervensystem einwirken. Nur jenen Reizstoffen wollen wir unser Augenmerk kurz zuwenden, die vom Organismus selbst gebildet werden, die wir also als Hormone bezeichnen dürfen, und deren Wirkung in unmittelbarer Beziehung zum vegetativen Nervensystem steht.

Wir müssen zweierlei Gruppen von solchen Hormonen unterscheiden: 1. solche, die in eigenen innersekretorischen Drüsen gebildet werden, und deren Angriffsstelle Teile des vegetativen Nervensystems sind, und 2. jene Reizstoffe, die in den vegetativ innervierten Organen selbst bei der Erregung ihrer Nerven entstehen. Das bekannteste

¹ EPPINGER, v. PAPP und SCHWARZ, Über das Asthma cardiale 1924 (S. 199f.).

² A. SALMON, Revue neur. 1927, 841.

Beispiel für Stoffe der ersten Gruppe bildet das Adrenalin, das auf alle sympathisch innervierten Organe (mit Ausnahme der Schweißdrüsen) im Sinne einer Sympathicuserregung wirkt. Demnach sind die Symptome einer generellen Sympathicuserregung und einer gesteigerten Adrenalinsekretion vollkommen identisch, und es ist zur Kontrolle, ob unter bestimmten Bedingungen eine allgemeine Sympathicuserregung oder nur eine Nebennierensekretion eintritt, oft nötig, Versuche an nebennierenlosen Tieren zu wiederholen, um den einen Faktor sicher ausschalten zu können. In der organischen Natur hängt der Erfolg eines biologischen Geschehens nur ganz selten von der Funktion eines einzigen Mechanismus ab, fast immer finden wir eine mehrfache Sicherung; dem entsprechend ist auch die Nebenniere selbst von sympathischen Fasern sekretorisch innerviert, so daß bei jeder Steigerung des Sympathicustonus gleichzeitig eine vermehrte Adrenalinmenge ins Blut sezerniert wird, und die Symptome der Sympathicuserregung sehr oft sowohl auf die direkte Nervenerregung, als auch auf eine Hyperadrenalinämie zu beziehen sind¹.

Wenn wir uns des Gegensatzes bzw. der Analogien zwischen dem sympathischen und dem parasympathischen Nervensystem erinnern, taucht unwillkürlich die Frage auf, ob unser Körper nicht auch eine innsekretorische Drüse besitzt, die einen generell wirkenden parasympathischen Reizstoff an das Blut abgibt. Als ein solches Hormon könnte ein Cholinester in Betracht kommen, aber wir kennen bisher keine Drüse, deren spezifische Aufgabe in der Sekretion eines solchen Stoffes bestünde.

Die Angaben und Vermutungen über Beziehungen anderer innersekretorischer Drüsen zu den Funktionen des vegetativen Nervensystems sind überaus zahlreich. Daß solche Beziehungen bestehen, ist von vornherein wahrscheinlich, da ja auch die Nebennieren in mannigfaltiger Weise zu anderen innersekretorischen Drüsen in Korrelation stehen, eine klare gesetzmäßige Korrelation innersekretorischer Funktionen mit Vorgängen im Sympathicus und Parasympathicus hat sich aber bisher nicht nachweisen lassen.

Ein ganz neues Gebiet in der Lehre vom vegetativen Nervensystem ist in den letzten Jahren durch die Entdeckung jener zweiten oben erwähnten Gruppe von Reizstoffen erschlossen worden, näm-

¹ Nur nebenbei sei erwähnt, daß auch die Lehre von der Innervation der innersekretorischen Drüsen durch das vegetative Nervensystem immer weitere Fortschritte macht. Auch hier scheint der interessante Antagonismus zu bestehen, daß die Sekretion gegensinnig wirkender Hormone einerseits vom Sympathicus, andererseits vom Parasympathicus geregelt wird; während die Adrenalinbildung vom Sympathicus abhängt, führt der Vagus fördernde und wahrscheinlich auch hemmende Fasern für die insulinsecernierenden LANGERHANSSchen Inseln des Pankreas. (BRITTON, Amer. J. 74, 291 (1925); CLARK, J. of Physiol. 64, 229 (1927); LA BARRE, C. r. Soc. Biol. 97, 1184 (1927).]

lich jener Reizstoffe, die bei der Erregung vegetativer Nerven *in den Erfolgsorganen selbst* entstehen. Diese Stoffe sind von OTTO LOEWI bei der Reizung der Herznerven, des Vagus und der Nn. *accelerantes* entdeckt worden. LOEWI fand, daß die Reizung dieser Nerven in der Herzwand Stoffe entstehen läßt, die zum Teil in die Füllflüssigkeit des Versuchsherzens diffundieren, und die, wenn man sie mit dieser Füllflüssigkeit in ein normales, zweites Herz überträgt, dort genau die gleichen Wirkungen entfalten, wie sie die Vagus- oder *Accelerans*reizung am ersten Herzen entfaltet hatte.

Die Reizung der Herznerven bewirkt also, vermutlich in der Herzmuskelfaser, die Bildung eines „Vagus“- bzw. „*Accelerans*stoffes“, und alles, was wir früher als Wirkung der Vagus- oder *Accelerans*reizung angesehen haben, ist nichts anderes, als die Wirkung dieser Reizstoffe. Diese Stoffe lassen sich mit absolutem Alkohol extrahieren; über die Natur des *Accelerans*stoffes wissen wir noch nichts, wohl aber hat LOEWI nachgewiesen, daß bei der Zerstörung des Vagusstoffes Cholin frei wird, und da er in jeder Hinsicht sich wie Acetylcholin verhält, ist es in hohem Maße wahrscheinlich, daß der Vagusstoff ein Cholinester ist.

Es handelt sich bei diesen Herzstoffen um einen ganz neuen Hormontypus, um Stoffe, die nicht — wie etwa das Adrenalin — eine Fernwirkung im Organismus auszuüben haben, sondern sozusagen um „Lokalhormone“, um Stoffe, die unmittelbar an ihrer Bildungsstätte ihre Wirkung zu entfalten haben, und deren weitere Verbreitung in wirksamer Form auf dem Wege der Blutbahn für die übrigen Organe unerwünscht ist. Es ist deshalb biologisch wohl verständlich, daß solche Stoffe — speziell wissen wir es vom Vagusstoff² — durch das Blut außerordentlich rasch zerstört, also unwirksam gemacht werden.

Es handelt sich hier sicher nicht um einen Einzelfall, um einen Befund, der etwa nur für die Herznerven Geltung hätte. Die Herznerven und die Vasomotoren sind einander ganz nahe verwandt, und auch die Wirkung anderer tonotroper Nerven (z. B. jener des M. *retractor penis*) zeigt die innigste Analogie zur Wirkung der Herznerven. Wir dürfen deshalb mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die von LOEWI entdeckte neurogene Bildung intracellulär wirksamer Hormone einen das *ganze* vegetative Nervensystem beherrschenden Wirkungsmodus kennzeichnet, daß also ganz allgemein die vegetativen Hemmungsnerven die Funktion ihrer Erfolgsorgane durch die Bildung hemmender Stoffe herabsetzen, die Förderungsnerven die Organfunktion durch die Bildung erregender Stoffe steigern.

Durch diese Erkenntnis hat sich unsere ganze Auffassung vom Wesen der vegetativen Innervation, ja zum Teile der Innervation überhaupt, grund-

sätzlich verändert. Wir sehen heute, daß sich die Grenze zwischen nervöser und humoraler Wirkung überhaupt nicht mehr scharf ziehen läßt, denn auf die *Distanz* zwischen Bildungsstätte und Wirkungsstätte eines Hormones kommt nicht viel an, und nur durch diese Distanz ist letzten Endes die Adrenalinwirkung von der Wirkung irgendeiner sympathischen Nervenreizung unterschieden. Wenn wir z. B. hören, daß irgendwelche Teile des Zentralnervensystems unter der Wirkung des vegetativen Systems stehen, so muß damit noch nicht gesagt sein, daß etwa jede einzelne Ganglienzelle von vegetativen Nervenfasern versorgt wird, etwa so, wie jede Skelettmuskelfaser von einer motorischen Nervenfaser, sondern wir könnten uns auch denken, daß vegetative Reiz- und Hemmungsstoffe von relativ eng lokalisierten Stellen aus durch Diffusion oder Lymphströmungen sich über größere intrazentrale Bezirke ausbreiten, d. h. mit anderen Worten: wir könnten kleinste sympathisch oder parasympathisch innervierte innersekretorische Bezirke innerhalb des Zentralnervensystems annehmen, deren Inkrete intrazentral wirkten. Einen solchen, allerdings größeren Bezirk, kennen wir bereits: die Hypophyse; wir wissen, daß Hormone der Hypophyse in den Liquor abgesondert werden, und es wird auch vielfach angenommen, daß diese Hormone regulatorisch z. B. auf die Zentren in der Wand des dritten Ventrikels einwirken; wir wissen auch, daß die Hypophysensekretion vom Sympathicus abhängig ist, und daß z. B. bei der allgemeinen Erregung des Sympathicus durch Angst und Zorn eine vermehrte Hypophysensekretion eintritt¹.

Über dieses Auftreten der Symptome einer allgemeinen Sympathicuserregung bei verschiedenen Affekten wird Ihnen Herr Kollege HANSEN in dem anschließenden Vortrage noch Näheres berichten. Nur eine prinzipielle Frage möchte ich hier streifen: Es kann sich bei diesen Affekten primär um die Erregung eines vegetativen übergeordneten Zentrums handeln, die zu einer mehr oder weniger generalisierten Erregung des sympathischen Nervensystems führt; aber die meisten sympathogenen Symptome könnten auch als Folgen einer profusen Adrenalinausschüttung angesehen werden. Zwischen diesen beiden Möglichkeiten können wir nicht immer eine Entscheidung fällen. Aber die Erregung der Schweißdrüsen (der Angstschweiß usw.) kann nur durch einen direkten Nerveneinfluß, nicht durch die Erhöhung der Adrenalkonzentration im Blut erklärt werden, und was wir in diesem Falle sicher wissen, werden wir wohl auch bei anderen Sympathicussymptomen mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen. Daß mit einer solchen Erregung verschiedenartiger sympathischer Fasern gewiß zugleich auch eine erhöhte Adrenalinausschüttung einhergeht, ergibt sich ja schon aus der sympathischen Innervation der Nebennieren.

¹ Eine Serie von Mitteilungen in Pflügers Arch. 189 bis 214.

² F. PLATTNER, Pflügers Arch. 214, 112 (1926); 218, 488 (1927).

¹ H. HOFF u. P. WERMER, Arch. f. exper. Path. 133, 97 (1928).

Sie sehen aus dieser kurzen Skizze, daß wir heute immer von neuem auf Tatsachen stoßen, die uns zur Annahme zwingen, daß unser Zentralnervensystem nicht nur als Organisator oder gar als Diktator das periphere Nervensystem in seine Dienste stellt, sondern daß auch unser zentraler Apparat selbst von den Vorgängen im vegetativen System auf verschiedene Weise beeinflußt wird. Die durch das vegetative System vermittelten, erregbarkeitsändernden, umstimmenden Einflüsse erstrecken sich also nicht nur, wie wir früher annahmen, auf die peripheren Erfolgsorgane, sondern auch die höchst entwickelten Zentren unseres Nervensystems unterstehen den allgemein gültigen Organisationsgesetzen, zu denen auch die vegetative Innervation zu zählen ist.

Daneben bleiben alle die Tatsachen bestehen, die uns eine psychische Beeinflussung des vegetativen Nervensystems annehmen lassen, und diese zwingen uns auch dazu, leitende Verbindungen zwischen dem Großhirn und z. B. den präganglionären spinalen Ursprungszellen des Sympathicus zu postulieren. So hat z. B. GRIBOEDOW¹ bei BECHTEREW nach gelegentlichen Beobachtungen von VULPIAN und FR. FRANCK die Schweißsekretion bei Reizung des Stirnhirns bei Katzen und Pferden mit aller Sicherheit festgestellt. Sie tritt auch noch nach Curaresierung auf (WINKLER), kann also nicht etwa auf einer propriozeptiv reflektorischen Erregung des Sympathicus beruhen. Die von diesem corticalen Sympathicuszentrum ausgehenden Bahnen wirken nach den grundlegenden Beobachtungen von KARPLUS und KREIDL² auf ein auch bei Affen nachgewiesenes subcorticales, im Hypothalamus gelegenes vegetatives Zentrum ein. In diesem Zwischenhirnzentrum findet zum Teil auch die Übertragung der Reflexe von den Schmerzbahnen auf sympathische Bahnen statt: nach seiner Zerstörung bewirkt die Reizung des zentralen Ischiadicusstumpfes nur mehr eine geringfügige Erweiterung der Pupille (Oculomotoriushemmung) und keine Erweiterung der Lidspalte mehr².

Da andererseits die Großhirnexcitation die Sympathicusreflexe auf Schmerzreize nicht aufhebt, können wir sicher sagen, daß diese Reflexe subcortical übertragen werden. Ja, diese Reflexe müssen nicht einmal immer über das Mittelhirn verlaufen; eine Reihe von Beobachtungen zeigt, daß sie zum Teil auch noch an spinalen Tieren auftreten.

Es gibt wenig sympathische und parasympathische Reaktionen, die als Erfolg der Hypothalamusreizung noch nicht beschrieben worden wären³: Mydriasis, Retraktion des Oberlides, der Membranictans, Exophthalmus, Hyperthermie, Vaso-

konstriktion, Erregung der Herznerven, Schweiß-, Tränen- und Speichelsekretion, hemmende und fördernde Einflüsse auf die glatte Muskulatur des Verdauungs- und des Urogenitaltraktes, Blasenkontraktionen, Polyurie und Glykosurie usw. Jedenfalls dürfen wir heute nicht mehr von einem „sympathischen“ Zentrum im Hypothalamus sprechen, sondern höchstens von einem „vegetativen“ Zentrum, um so mehr, als ja wohl von allen regulatorischen Zentren der vegetativen Funktionen reziproke Innervationsimpulse sowohl zum sympathischen als auch zu einem der parasympathischen Systemen ausgehen, so wie dies z. B. für das Herzregulationszentrum nachgewiesen ist (BRÜCKE¹).

Vor allem erscheint es mir aber unrichtig, von *einem* Zentrum zu sprechen. Es handelt sich — soweit wir bei diesen Reizversuchen nicht etwa durch eine abundante Sekretion hormonaler sympathischer und parasympathischer Reizstoffe getäuscht werden — wahrscheinlich um eine große Zahl vielleicht nicht histologisch, sondern nur nach ihrer Funktion trennbarer vegetativer Koordinationszentren, gewissermaßen um die Präsenz einer visceralen Eupraxie. So wird wohl z. B. das Vasomotorenzentrum je nach Bedarf einmal im Rahmen des Wärmeregulationszentrums, ein anderesmal in jenem des Blutdruckregulationszentrums usw. eine Rolle zu spielen haben. Wir werden neben der „letzten gemeinsamen Strecke“, den efferenten Nerven, intrazentral auch noch andere gemeinsame Strecken, und mit ihnen auch eine „erste“ gemeinsame Strecke annehmen müssen.

Wenn wir uns daran erinnern, daß der Thalamus nach der heute bei den Klinikern herrschenden Auffassung u. a. auch ein motorisches Zentrum für emotionelle Ausdrucksbewegungen enthält, so könnte die enge Nachbarschaft zwischen diesem und den visceralen Zentren im Hypothalamus als Ausdruck einer neurobiotaktischen Beziehung gedeutet werden.

Auch von seiten der Klinik wird den vegetativen Zentren des Zwischenhirns heute eine wichtige Rolle zugeschrieben. Verschiedenartige Störungen auch vegetativer Funktionen treten häufig bei (autoptisch bestätigten) Krankheitsprozessen im dritten Ventrikel auf (HÖGNER²), und L. R. MÜLLER³ vermutet, daß auch der epileptische Anfall durch eine plötzliche Drucksteigerung im dritten Ventrikel ausgelöst wird. Diese Hypothese wird ausgezeichnet gestützt durch Versuche und Beobachtungen von L. O. MORGAN⁴. MORGAN hat bei Hunden Läsionen (Reizungen durch lokale $HgCl_2$ -Injektionen) der Hypothalamuskerne gesetzt und danach Anfälle beobachtet, die bis in die kleinsten Details genuinen epileptischen Anfällen mit all ihren Be-

¹ E. TH. BRÜCKE, Z. Biol. 67, 507 u. 520 (1917).

² P. HÖGNER, Dtsch. Z. Nervenheilk. 97, H. 4—6; Münch. med. Wschr. 1927, 2209.

³ L. R. MÜLLER und R. GREVING, Med. Klinik 1925, 571 u. 615.

⁴ LAWRENCE O. MORGAN, Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. 25, 442, 444 u. 617 (1928).

¹ Literatur bei F. WINKLER, Pflügers Arch. 125, 854 (1908).

² KARPLUS und KREIDL, Pflügers Arch. 135, 401 [413] (1910).

³ Vgl. die Literatur bei R. GREVING, Erg. Anat. 24, 348 (1923).

gleiterscheinungen an vegetativ innervierten Organen ähnlich waren. Andererseits fand er in Gehirnen von Epileptikern Zellschwund und Chromatolyse im zentralen Höhlengrau des dritten Ventrikels, im N. mammillo-infundibularis und im N. tuberis; die beiden zuletzt genannten Kerne hält er für Sekretionszentren der Thyreoidea und Parathyreoidea, das zentrale Höhlengrau für ein Sekretionszentrum der Nebennieren, und diesen innersekretorischen Drüsen schreibt MORGAN die Hauptrolle bei der Genese der Epilepsiesymptome zu.

Die Erregung dieser vegetativen Zentren des Zwischenhirns kann wohl direkt reflektorisch, wie z. B. beim Pupillarreflex erfolgen, oder psychomotorisch vom Cortex aus, vermutlich spielen aber, wie MÜLLER und GREVING hervorheben, Blutreize hier die wesentliche Rolle: Eine Hyper-tonie des Blutes kann Oesophaguskontraktionen und durch sie das Durstgefühl auslösen, eine Hypoglykämie Magenkontraktionen und Hunger, und auch als Angriffspunkt für verschiedene Hormone dürften diese Zentren dienen.

Meine Damen und Herren! Ich habe Ihnen hier in ganz groben Zügen jene Richtung gezeigt, nach denen die Lehre vom vegetativen Nervensystem in den letzten Jahren die wichtigsten Fortschritte gemacht hat. Wir haben erkannt, daß sich die Wirkung dieses recht selbständigen Teiles unseres Nervensystems keineswegs auf die sog. Eingeweide beschränkt, wie dies früher angenommen wurde, sondern daß wahrscheinlich sämtliche Gewebe unseres Körpers von ihm beeinflußt werden, und wir haben ferner einige Beziehungen kennengelernt, die zwischen hormonalen Einflüssen und vegetativ nervösem Geschehen innerhalb unseres Körpers bestehen. Die kurze Zeit erlaubt es mir nicht, in extenso die speziellen Funktionen des vegetativen Systems in ihrer fast unübersehbaren Mannigfaltigkeit an den einzelnen Organen zu erörtern; von diesen Funktionen ist Ihnen allen ja ein großer Teil bekannt. Wohl aber möchte ich zum Schluß noch kurz auf die Frage eingehen, ob es uns heute schon möglich ist, durch den Schleier der Einzel-tatsachen hindurch ein allgemeines Funktions-prinzip des vegetativen Nervensystems zu erkennen.

Die alte Unterscheidung zwischen animalischen und vegetativen Funktionen unseres Körpers entspricht in den Hauptzügen einer Teilung seiner Funktionen mit Hinblick auf zwei ganz verschiedene Ziele: das eine Ziel ist die Erreichung oder Erhaltung eines vitalen Optimums des *Individuums als Ganzen* innerhalb des ihm zukommenden Lebens-raumes; diesen regulierenden Vorgängen dient im wesentlichen das somatische Nervensystem mit seinen exterozeptiven Sinnesorganen und mit seinem Erfolgsorgane, der Skelettmuskulatur. Das zweite Ziel ist die Erreichung und Erhaltung eines vitalen Optimums der *einzelnen Gewebelemente* innerhalb des eng begrenzten Milieus, in dem sie ihre Funktionen zu leisten haben, und gerade diese Regulation der lebenswichtigen Faktoren im Funktionsmilieu der Zellen selbst hat W. R. HESS mit

Recht als die spezielle Aufgabe des vegetativen Nervensystems bezeichnet. Um einen drastischen Vergleich zu ziehen, können wir sagen:

Das somatische Nervensystem sorgt für die Außenpolitik des Zellstaates, das vegetative System regelt seine innerpolitischen Angelegenheiten. So sorgt es durch Verdauung, Resorption und den intermediären Stoffwechsel für die richtige Zubereitung des Nährmaterials für die Zellen und durch die Regulation des Blutkreislaufes für die Zufuhr und die quantitativ richtige Verteilung dieses Materials; durch die Regulation des osmotischen Druckes, des Ionengleichgewichtes, der Wasserstoffzahl, der Temperatur usw. erhält das vegetative Nervensystem ein optimales Milieu für die Kolloide und die protoplasmatischen Maschinerien der Zellen; durch Reiz- und Hemmungsstoffe fordert es einerseits von den einzelnen Organen ausreichende Leistungen im Dienste des Gesamtorganismus, so wie es sie andererseits auch vor einer zu starken Inanspruchnahme schützt.

Diese Abgrenzung der Leistungsbereiche des somatischen und des vegetativen Nervensystems ist im allgemeinen sicher gültig, aber wir dürfen dabei doch nicht vergessen, daß die organische Natur jeder strengen Gesetzgebung abhold ist; immer wieder sehen wir, daß sie die Gesetze, die wir gerne für allgemeingültig gehalten hätten, da und dort durchbricht, so hat sie z. B. den Kauakt und die äußere Atmung dem somatischen Nervensystem vorbehalten.

Wir haben bisher oft ganz allgemein vom vegetativen Nervensystem gesprochen, ohne auf seine Gliederung in seinen sympathischen und parasympathischen Anteil Rücksicht zu nehmen. Lassen Sie mich noch kurz die Frage streifen, ob wir so, wie zwischen vegetativer Funktion und animaler Leistung, auch einen durchgreifenden charakteristischen Unterschied zwischen den Leistungen des sympathischen und des parasympathischen Nervensystems auffinden können. CANNON hat den Parasympathicus als den assimilatorischen Nerven bezeichnet, und auch HESS¹ verfolgt einen ähnlichen Gedanken, wenn er dem parasympathischen Nervensystem eine „histotrope“ Funktion zuschreibt, d. h. eine restituierende Wirkung, eine Funktionsentlastung der Gewebelemente und eine Verhinderung von Gewebläsionen. Im Gegensatz hierzu bezeichnet er den Sympathicus als den „ergotropen“ Abschnitt des vegetativen Nervensystems, dessen Aufgabe ganz allgemein in einer Steigerung der Leistungsfähigkeit zu suchen wäre, in einer Erhöhung der Bereitschaft zur Entfaltung animaler, d. h. nach außen gerichteter Leistungen. Drastisch ausgedrückt wäre demnach das sympathische Nervensystem verantwortlich für die aktive, leidenschaftliche Komponente unseres Wesens, das parasympathische System für die tragen Selbsterhaltungstendenzen unseres Somas, ja, vielleicht auch unserer Psyche.

Wenn man diesen Gedanken verfolgt, findet

¹ W. R. HESS, Klin. Wschr. 5, Nr 30 (1926).

man, daß eine Unterscheidung zwischen ergotropen und histotropen Funktionen innerhalb des vegetativen Systems sicher sehr oft möglich ist, aber restlos decken sich diese Funktionen mit den Aufgaben des sympathischen und parasympathischen Nervensystems nicht. Nun müssen wir bedenken, daß die Unterscheidung zwischen „sympathisch“ und „parasympathisch“ vorläufig ja auf morphologischen Tatsachen, auf der Topographie der Wurzelgebiete dieser Nervengruppen fundiert ist,

und schon heute sprechen wir vielfach z. B. von einer parasympathischen Innervation der Schweißdrüsen, obwohl die sekretorischen Nerven dieser Drüsen aus den Grenzstrangganglien des Sympathicus entspringen. Es bleibt, wie auch HESS bemerkt, der Zukunft vorbehalten, ob wir an dem alten morphologischen Ordnungsprinzip weiter festhalten wollen, oder ob wir uns von ihm befreien und eine Einteilung des vegetativen Systems *nach den Funktionen* seiner Teilsysteme vornehmen werden.

Die psychische Beeinflussung des vegetativen Nervensystems im Lichte der Physiologie und der Klinik.

Von KARL HANSEN, Heidelberg.

Wir haben durch Herrn Professor BRÜCKES Vortrag erfahren, wie sich das vegetative System der Forschung der letzten Jahre mehr und mehr als ein großes geschlossenes, den ganzen Organismus bis in seine höchsten Nervenzentren durchdringendes und bestimmendes Funktionssystem enthüllt hat, ein System, das wir recht eigentlich als den Träger unseres ganzen vitalen Seins bezeichnen können. Mir scheint nun der Schwerpunkt der Erörterung über die Abhängigkeiten zwischen diesen vegetativen Funktionen und dem, was man — durchaus nicht einheitlich — Psyche zu nennen pflegt, letzten Endes zu liegen in einer prinzipiellen Bestimmung des Verhältnisses von Psyche und Soma innerhalb der uns immer als *lebende Einheit* gegebenen Person. In welcher Richtung diese Bestimmung zu versuchen sei, will ich erst *nach* einer Darstellung der Tatsachen andeuten. Um dahin zu kommen, muß ich Ihre Geduld anrufen und Sie bitten, mit mir erst diesen weiten Weg zu gehen, und die Tatsachen zu verfolgen, welche einfache Beobachtung und Experiment uns erschlossen haben. „Kann man, sagt GOETHE in einem ähnlichen Zusammenhang, es auch nicht aussprechen, so beobachte man es genau und merke darauf.“ Das wollen wir nun tun.

Gewiß ist es nie unbemerkt geblieben, daß Gemütsbewegungen das Äußere des Menschen und vieler Tiere lebhaft beeinflussen und verändern können. CHARLES DARWIN hat in seinem entzückenden Buch, das Sie alle kennen, hierüber ein ungemein anschauliches Material beigebracht. Er hat gezeigt, wie jene Äußerungen sich *nicht* allein auf die cerebrospinal innervierten — aber im allgemeinen unwillkürlich funktionierenden — mimischen Muskeln (im weitesten Sinn: Abwehrhaltung, Ausfallsstellung usw.) beschränken. Dem Ausdruck dienen auch Organe, die, wie wir heute wissen, dem *vegetativen Nervensystem* unterstellt sind, und deren Bewegung DARWIN noch als Reste einer phylogenetisch überkommenen Zweckreaktion zu verstehen suchte. Ich erinnere hier nur an die weiten Pupillen, die Gänsehaut, Erblassen und Schweißausbruch bei plötzlich und stark erschreckten Menschen, an die gesträubten Haare

oder Federn, das schäumende Maul usw. bei angegriffenen Tieren usf.

Wir werden aber sehen, daß die Beteiligung der vegetativen Organe an seelischen Vorgängen eine qualitativ und quantitativ sehr viel differenziertere ist, als sie sich der einfachen sozusagen makroskopisch wahrnehmenden Anschauung darbietet. Erst einer großen Fülle von methodisch und gedanklich recht schwierigen Versuchen hat sich ein wenigstens dieser Zusammenhänge bis in gewisse Tiefen eröffnet. Wenig ganz gewiß im Verhältnis zu dem noch verborgenen, aber genug vielleicht, uns eine Vorstellung von der entscheidenden Bedeutung seelischer Zustände für die Funktionsweisen der Organe zu vermitteln und Prinzipien dieses Zusammenhangs schon aufzuzeigen; auch genug, uns in dem Beginnen zu bestärken, in der Klinik eine Auflösung von unklaren pathologischen Verhaltungsweisen organischer Funktionen mit aller Vorsicht und Kritik auch von der seelischen Seite her zu betreiben.

Um das große, im Rahmen dieses Vortrages übrigens nur unvollständig reproduzierbare Material übersichtlich zu gliedern, wähle ich folgende Einteilung:

Das Verhalten vegetativ nervöser Organfunktionen:

1. bei gefühlsindifferenzen seelischen Erregungszuständen;
2. bei affektbetonten seelischen Erregungen;
3. als unmittelbare körperliche Realisation bestimmter Erlebnisinhalte;
4. als pathologische, klinisch bedeutsame sog. „psychogene“ Störung.

1. Schon in den älteren Versuchen von MOSSO, A. LEHMANN, BERGER und manchen anderen konnte eine enge und anscheinend regelmäßige Verbindung von Blutbewegung und Atmung mit bestimmten seelischen *Allgemeinzuständen* dargestellt werden. Die Deutung der Ergebnisse ist aber schwierig, da die seelischen Zustände, auf welche die vasomotorischen usw. Reaktionen bezogen werden sollen, sich selten in der gewünschten krystallinischen Reinheit, als *gefühlsindifferente*, als lust- oder unlustbetonte Zuwendung usw. herausschälen lassen. Wir müssen hier auf eine

Kritik jener von formalistisch engen Gesichtspunkten bestimmten Einteilungsversuche des Seelenlebens verzichten. Wir haben vorerst damit zu rechnen, da jene Einteilungen allen den Versuchen zugrunde liegen, welche wir zunächst betrachten müssen. Um nur einiges anzuführen, greife ich aus ERNST WEBERS bedeutenden Arbeiten heraus, daß eine Verengerung der äußeren Gefäße des Körpers und eine gleichzeitige Erweiterung der Gehirngefäße bei angespannter Aufmerksamkeit eintritt. Das *Plethysmogramm* ist primär eleviert, dann kurz gesenkt, um schließlich wieder anzusteigen. Die *Pulsfrequenz* ist nach LEHMANN im ganzen gesteigert und nur von einer kurzen Verlangsamungsperiode unterbrochen. Der Blutdruck ist erhöht usw.

Aber nicht einmal bei den affektärmsten Reizen, wenn sie für die Versuchsperson nur eine psychische Bedeutung überhaupt haben, sind die somatischen Entsprechungen auf den Gefäßapparat beschränkt. O. WEINBERG hat in seinen umfassenden Versuchen einen Komplex von vegetativ-somatischen Äußerungen herausgegriffen und Plethysmogramm, Elektrokardiogramm, Galvanogramm, Pupille und Atmung gleichzeitig nebeneinander beobachtet. Er fand, daß alle auf einen entsprechenden psychisch relevanten Reiz (ein gesprochenes Wort, ein Klingelzeichen) gleichsinnig reagieren, und zwar im Sinne einer Schwankung im vegetativen Nervensystem. Die Äußerungen verhalten sich zunächst wie bei einer Reizung des Sympathicus. Dieser folgt eine kurze Reizung des Parasympathicus und diese wird dann von einer langdauernden überwiegenden Erregung des Sympathicus abgelöst. Diese komplexe Erregungsbewegung des vegetativen Nervensystems nennt WEINBERG den *psychophysiologischen Reflex*, der folgendermaßen mit WEINBERGS Worten allgemein umschrieben werden kann: „*Erhöhung des Bewußtseinsniveaus wird begleitet von einer erhöhten Sympathicuswirkung und Erniedrigung desselben von einer vermehrten Parasympathicuswirkung.*“ Wir erinnern uns so gleich in diesem Zusammenhang an die durch Herrn v. BRÜCKE hier bereits erwähnte Hypothese von W. R. HESS, Zürich, welche dem Sympathicus die Erregung der katabolischen, dem Parasympathicus die der anabolischen Prozesse zuweist. Hierauf ist später noch zurückzukommen. Die WEINBERGSche Anordnung möchte ich gewissermaßen als den *psycho-somatischen Grundversuch* bezeichnen, der uns eine prinzipielle und bedeutende Einsicht in die allgemeine Verhaltungsweise des vegetativen Systems bei psychischen Vorgängen vermittelt. Ich erwähne jedoch in Parenthese, daß diese gewissermaßen nach dem Reflexschema aufgezogenen Ergebnisse eine Beurteilung der *Abhängigkeitsfolge* von Psyche und Soma nicht lassen, wie v. Wyss in seiner außerordentlich lehrreichen Arbeit ausführt. Im Anschluß an die HESS-sche Theorie entwickelt er mit guten Gründen die Auffassung, daß der erhöhte Bewußtseinszustand, den wir bei WEINBERG als die Causa efficienz der

vegetativen Reaktion gefaßt sehen, vielmehr als Folge einer Sensibilisierung durch den Sympathicus verstanden werden kann. Schon bei diesen relativ einfachen Gegebenheiten bemerken wir also, daß eine Entscheidung darüber, was Ursache, was Wirkung innerhalb der Vitalvorgänge sei, nicht leicht getroffen werden kann.

2. Sehr viel demonstrativer gestalten sich die vegetativen Äußerungen, wie wir alle ja schon aus unmittelbarer Erfahrung wissen, bei den *affektiven Erregungen*. Wenn Mimik und Bewegungsbild auch in gewissen Grenzen willentlich beherrscht, ja verstellt werden können, so sind die vegetativen Äußerungen untrügbar der rechte Spiegel dessen, was uns bewegt. Von ihnen werden wir überwältigt, ohne die Möglichkeit zu besitzen, ihnen zu wehren. Die Tränen strömen; bei jähem Erschrecken steht das Herz still; es jagt und klopft bei erregter Erwartung; unsere Haut erbleicht in der Angst; sie errötet in der Scham... Alle diese und viele andere Ausdrucksbewegungen mehr sind *sichere* Kennzeichen der stürmischen Erregung oder ruhigen Harmonie unseres Innern. Es ist nicht bedeutungslos, daß die Sprache von diesen Ausdrucksbewegungen als einem Es spricht, einem selbständigen Etwas, das unserem ICH wie eine autonome Welt gegenübertritt, obwohl sie doch im Erlebnisbewußtsein dieses ICHs steht. Es gibt wohl keine vegetative Funktion, die nicht bei allen jenen Erregungen des Gemütes mitbeteiligt wäre. Eine Zuordnung der Stärke und Art dieser Äußerungen nun zu ganz bestimmten seelischen Inhalten stößt wieder auf die gleiche Schwierigkeit, die ich eingangs erwähnte: dem viel zu engen Gefühlsschema, auf das die Äußerungen bezogen werden sollten. Wir wollen dies darum nicht in den Mittelpunkt stellen, sondern uns vorläufig mit der ganz sachlichen Schilderung relativ einfacher Tatbestände, die aber nicht weniger demonstrativ sind, begnügen. Die Beobachtungen von BERGMANN und KATSCH an Versuchstieren, deren Darmbewegungen durch ein in die Bauchwand eingeheltes Celluloidfenster betrachtet werden konnte, haben gezeigt, wie der normale tätige Darm schlagartig abblaßt und stillsteht, wenn ein einfacher störender und unlustweckender Reiz das Tier trifft: Sei es, daß man ihm einen Schmerz bereitet oder daß man es beim Fressen stört, oder auch nur seine Ruhe irgendwie sonst beeinträchtigt. Reicht man dem Tiere Futter, so wird schon im Augenblick der freudigen Erregung die Darmmotilität angeregt. HEYER überzeugte uns mit seinen Versuchen vor dem Röntgenschirm, daß in depressiv-wirkenden Situationen auch die Darmtätigkeit des Menschen erlahmt, und CANNON schildert, wie die in psychischer Ruhe ganz normalen Magenbewegungen der Katze schlagartig stillstehen, wenn das Tier durch den Anblick eines Hundes in eine ängstliche Erregung versetzt wird: Eine ganze Stunde wurde diese Totenruhe des Magens nicht unterbrochen, während der schnell hin- und herschlagende Schwanz des Tieres über die ganze Zeit hin

den erregten Gemütszustand zum Ausdruck bringt.

Die Magensaftsekretion ist in ähnlicher Weise störbar. BICKEL fand beim oesophagotomierten Hunde mit Magenfistel stets guten Magensaftfluß bei der Scheinfütterung. Wenn man aber eine Katze in den gleichen Raum brachte, erregte der Hund sich jedesmal so fürchterlich, daß die Magensaftsekretion 20 Minuten und länger so gut wie überhaupt nicht in Gang kam. Auch bei einem Mädchen mit Magenfistel trat deutliche Sekretionshemmung bei Erregungen, speziell bei Ärger, auf. Und umgekehrt fanden RÖMER und SOMMERFELD beim Kinde eine abnorm reichliche Saftbildung, wenn die gebotene Speise gern und freudig genommen wurde. Wenn wir daraus verallgemeinernd ableiten, daß die Sekretion eine spezifische Bindung an Unlust- und lustbetonte Affekte habe, in ersterem Falle gehemmt, im zweiten gefördert werde, so ist dies natürlich eine Schematisierung, die nur innerhalb gewisser Versuchsanordnungen zulässig ist, deren Übertragung auf die Verhältnisse des Lebens mit seinen sehr zahlreichen komplexen und einander überkreuzenden Situationsbedingungen auf manche Schwierigkeiten stoßen würde. Denn bei der Scheinfütterung in Hypnose fand HEYER, daß jeder affektive Einbruch, ganz gleichgültig welcher Art, eine Störung für die Sekretion bedeutet; und NOORDEN andererseits konnte schon vor vielen Jahren bei der Untersuchung zahlreicher Psychosen, speziell bei der Melancholie, allgemein eine normale Magenfunktion mit guter Motilität, kräftiger Sekretion und vorzüglicher Verdauungskraft nachweisen. Aber man kann diese Beobachtungen nicht ohne weiteres vergleichen und in Konkurrenz zueinander stellen. Mir scheint wichtig, daß bei Tieren und Kindern, bei denen die Affektivität im allgemeinen unmittelbarer und eindrücklicher ist, spezifische Abhängigkeiten nachgewiesen worden sind.

Wieviel in diesen schwierigen Fragen auch die vegetative Konstitution der Persönlichkeit zu bedeuten hat, wollen wir kurz streifen. Es ist für unser ganzes Problem gerade dort, wo es die Klinik angeht, von größter Bedeutung, daß v. BERGMANN jene Menschen, deren vegetative Ausdrucksmittel konstitutionell besonders stark sind, als „vegetativ Stigmatisierte“ herau hob und damit von der einen Seite ein Verständnis für die Genese eben der vegetativen *Neurose* — das sind in der Klinik fast alle Organneurosen — erleichtert hat. Die Tendenz zur Fixierung bestimmter psychisch erregter vegetativer Funktionen ist eben bei jenen Menschen mit großer vegetativer Ausdrucksbereitschaft gesteigert¹.

¹ BERGMANNS Wort vom Abbau der Organneurose verstehe ich wohl in Übereinstimmung mit ihm als eine Aufforderung, diesen somatischen Grundriß des Neurose-aufbaues freizulegen und das Studium eben der somatischen Ausdrucksbedingungen der Neurose nicht hintanzusetzen dem Studium des neurotischen Aufbaues selbst und seiner psychischen Inhalte.

Wir verdanken CANNON den unendlich wichtigen Nachweis, daß bei lebhaft erregten Tieren die Adrenalinabscheidung ins Blut offenbar als wichtige Bedingung der Organäußerungen zu gelten hat. Eine Emotionsglykosurie z. B. tritt nicht mehr auf, wenn die Nebennieren entfernt werden sind.

Gerade die Frage der *Glykosurie* bei lebhaften seelischen Erregungen wird gewöhnlich nur mit skeptischen Vorbehalten erörtert. Die im bejahenden Sinn sprechenden klinischen Eindrücke scheinen aber durch systematische Beobachtungen doch besser gestützt. Es ist auffallend, daß KNAUER im Krieg bei den Verschütteten ganz gewöhnlich in den ersten zwei Tagen eine Glykosurie fand, ebenso bei vielen gesunden Soldaten nach Feuerüberfällen. Auch fand KNAUER häufig bei Depressionen, am häufigsten bei schweren Angstzuständen, eine Glykosurie. LAUDENHEIMER sah unter 1250 Psychosen neben 8 echten Diabetikern 22 transitorische Glykosurien bei Depressionen. HEIDEMA berichtet, daß bei der gleichen seelischen Störung hohe Blutzuckerwerte sich systematisch während der Lösung der Depression senken; und GIGON, AIGNER und BRAUCH ist es gelungen, bei schweren Diabetikern unter guten Kontrollen in tiefer Hypnose eine deutliche Senkung von Blut- und Harnzucker suggestiv herbeizuführen. Es scheint sehr schwer, die Sicherung dieser Frage mit der Würde des Experiments zu versehen, da offenbar die Regelung des Zuckerstoffwechsels schon physiologisch in großen Funktionsbreiten störungsfrei aufrecht erhalten werden kann. Auch übersieht das im Sinne des alten biologischen Experiments befangene Streben nach Allgemeingültigkeit gerne die personell sehr verschiedene vegetative Ansprechbarkeit. So sind in der Tat die sehr exakten und zuverlässigen Versuche von NIELSEN und JÖRGENSEN ebenso wie die von MARCUS und SAHLGREN, an Nichtdiabetikern in Hypnose eine Glykosurie zu erzwingen, gescheitert. Auch mir ist dies trotz mannigfacher Bemühungen bis jetzt nicht gelungen. Sicherer läßt sich diese Frage — es liegen hier die Verhältnisse prinzipiell ähnlich wie beim sog. psychogenen Fieber — wohl nur beim Diabetiker mit seinem ohnehin schon gestörten Zuckerstoffwechsel untersuchen — ich erinnere hier nur noch mal an GIGON und AIGNER. Auch kennen wir bestimmt gut beobachtete Fälle — und alle Kliniker werden ähnliches bestätigen — die mit Insulin und Diät konstant auf 0,1% Blutzucker eingestellt waren, und die nach plötzlichen seelischen Traumen vorübergehend auf 0,2 und 0,3% Blutzucker ansteigen (HESS).

Wie weit der *Gesamtstoffwechsel* durch Affekte mitbetroffen wird, ist experimentell durch GRAFE untersucht worden; er fand, daß vor allem depressiv gefärbte Suggestiverlebnisse eine Steigerung des O₂-Verbrauches bis zu 25% bewirken konnten. Wie weit mit dieser Stoffwechselsteigerung auch die Abmagerung zusammenhängt, die nach der allgemeinen Meinung oft ein Ausdruck von Kum-

mer und Sorge sein soll, ist nicht sicher. Einen plötzlichen Gewichtssturz um 2 kg sah GRAFE bei einer unter allen Kautelen des Stoffwechselversuches beobachteten Versuchsperson nach einer starken sorgenvollen Erschütterung. HEILIG und HOFF neigen zu der Auffassung, daß diese Gewichtsabnahmen durch eine erhöhte Diurese zu standekommt, weil sie fanden, daß unlustbetonte Erlebnisse in der Hypnose die Wasserausscheidung durch die Nieren sowie die Phosphat- und Chloridausfuhr befördern, Lustgefühle die Ausscheidung hemmen. Ähnlich sahen ja auch schon GROTE und HEYER eine vermehrte Phosphaturie bei psychisch beunruhigten Kranken und bei normalen Versuchspersonen nach Suggestion unlustbetonter Inhalte.

Auch die chemische Atmungsregulation wird, wie BECKMANN gezeigt hat, durch psychische Einflüsse entscheidend bestimmt. Alle seine Vp. zeigten bei ängstlicher Erwartung eine Senkung der Kohlensäurespannung.

Aber sprechen wir noch ein Wort vom *Herzen*, jenem Organ, das ganz besonders als Ausdrucksorgan des Gefühlslebens immer gegolten hat. Wir erinnern in diesem Zusammenhang an WUNDTs dreidimensionale Gefühlslehre, welche in *Lust* und *Unlust*, *Erregung* und *Beruhigung*, *Spannung* und *Lösung* die Elementargefühle zu finden meinte. Viele experimentelle Arbeiten haben, auf dieser Theorie aufbauend, Herz und Puls studiert und gefunden, daß Spannung und Lust sich in einer Verlangsamung, Lösung und Unlust in einer Beschleunigung des Herzschlages ausdrücken sollen. Auch hier stoßen wir auf die Grenzen dieser psychologischen Schematisierung, denn andere Forscher fanden auch im ersten Augenblick des Schreckens Verlangsamung, Beschleunigung bei Besorgnis und Ärger sowie bei Erwartungen. Die Suggestion aufregender Erlebnisse führt nach DEUTSCH und KAUF bei gesunden Versuchspersonen in der Hypnose zu Tachykardie.

Eine stehende Redensart besagt: „Mir bleibt vor Erregung das Herz stehen.“ Das will besagen, mein Herzschlag setzt aus; oder in die Sprache der Physiologie übersetzt: Eine Extrasystole ist aufgetreten. Es ist natürlich von klinischen Gesichtspunkten aus wichtig genug, ob und wie weit Extrasystolen im Zusammenhang mit seelischen Erregungen vorkommen. ASTRUCK gibt an, daß er sogar in der Hypnose Vorhofflimmern bei gesunden Versuchspersonen hat erreichen können. Leider vermochte ich diese Angabe nicht nachzuprüfen, da mir außer einer kurzen Mitteilung die Versuchsprotokolle nicht zugänglich waren. Jedoch habe ich mit Dr. EISMAYER an unserer Klinik bei 2 kreislaufinsuffizienten Patienten mehrfach Extrasystolen beobachten können, welche nicht anders als durch die seelische Beunruhigung zu erklären waren, welche die Patienten getroffen hatte. Diese Beobachtungen bei der großen Visite im Krankensaal ließen sich dann experimentell bestätigen und elektrokardiographisch festlegen. Der

ganz reguläre Puls ging jedesmal in eine Extrasystolie über, wenn man nur mit ganz schwachen faradischen Strömen die Patienten berührte, ja sogar nachdem diese Erfahrung des unangenehmen Reizes gemacht war, jedesmal auch, wenn nur die Faradisation vorbereitet wurde. Es ist die Frage, ob als Steigerung dieser Beeinflussbarkeit auch perpetuelle Arhythmie auftreten kann. Ich finde, daß E. H. HERINGS Studien über den plötzlichen Tod in Chloroformarkose hier viel zum Verständnis beitragen. HERING beschreibt, daß seine Versuchstiere, Hunde und Katzen, um so wahrscheinlicher plötzlich im Beginn der Chloroformarkose starben, je aufgeregter sie sich vorher zeigten. HERING faßt diesen Tod als sekundären Herzschlag auf, veranlaßt durch eine Übererregung der Herzkammer. In die gleiche Klasse der Unregelmäßigkeit nun gehört die Extrasystolie, die den niedrigsten Grad der myoerethischen Unregelmäßigkeit darstellt. Wir erinnern in diesem Zusammenhang an die experimentelle Erzeugung des Flatterns durch ROTHBERGER und WINTERBERG bei gleichzeitiger Reizung von Vagus und Accelerans. Wir werden also von psychogenen Extrasystolen sprechen können, wenn eine durch seelische Einflüsse bedingte Erregbarkeitssteigerung zum mindesten einem entsprechend potenzierenden Organreiz entgegenkommt, oder wenn, wie in unseren beiden Fällen, eine primäre pathologische Organschwäche die seelisch bedingte Erregbarkeitssteigerung des Nerven zu überschwelliger Wirkung führt. Sichere Beobachtungen über perpetuelle Arrhythmie in diesem Zusammenhang sind mir nicht bekannt, doch weiß ich, daß kritische Ärzte solche Zusammenhänge glauben gesehen zu haben¹.

Eine Veränderung des *Blutdrucks* ist ganz gewöhnlich bei allen emotionalen Erregungen vorhanden; die begleitenden, aber flüchtigen Druckerhöhungen können, wenn die seelische Beanspruchung lange anhält, sich fixieren und eine genuine Hypertonie vortäuschen. Mit der seelischen Entspannung sinkt die Hypertonie aber zumeist zur Norm ab. FAHRENKAMP hat dies in der letzten Zeit sehr überzeugend wieder belegt. Und sehr eindrucksvoll ist jener Fall, den OTTFRIED MÜLLER mitteilt: Bei einem Patienten bestand chronisch ein Blutdruck von 280 mm Hg. Erst als eine Situation, die für den Kranken eine große Spannung und Angst bedeutete, sich löste, sank der Druck schlagartig auf 150 mm Hg ab und blieb so. Auch hier sprechen die Beobachtungen nicht dafür, daß eindeutige Zuordnungen der Blutdruckbewegung zu den sog. Elementargefühlen obwalten. KNAUER und BILLIGHEIMER finden zuweilen eine Senkung des Blutdruckes bei der ängstlichen Erwartung und einen zum mindesten geringeren *diastolischen* Druck bei der Schreckneurose.

Nur kurz erwähnen will ich die außerordentliche Labilität der *Schweißsekretion*, die ja auch,

¹ Geh. Rat KREHL teilt mir soeben mit, daß er in einem Fall ganz sicher die psychogene Entstehung einer Arhythmia perpetua beobachtet habe.

wie Sie wissen, dem *psycho-galvanischen Reflex* zugrunde liegt, einem der feinsten Indicatoren seelischer Erregung. Daß ganz schwere seelische Erschütterungen zu einem *Ergrauen der Haare* führen können, ist immer wieder beschrieben und auch in der wissenschaftlichen Literatur der letzten Jahre sicher belegt.

Wenn ich nun das über die emotionelle Erregung des vegetativen Nervensystems Angedeutete zusammenfassend überschau, muß ich eigentlich beschämt gestehen, daß zwar eine sehr große Fülle von lehrreichen und sicheren Einzelbeobachtungen vorliegt, daß aber eine spezifische Beziehung vegetativer Äußerungen zu bestimmten Elementargefühlen daraus nicht abgelesen werden kann. Obwohl ich nicht zweifle, daß eine solche Beziehung vorliegt, ähnlich wie wir sie etwa durch KLAGES für die Ausdrucksbewegungen s. str. kennen, müssen wir heute abstehen von einem solchen Zuordnungsversuch, weil, wie ich mehrfach andeutete, höchstwahrscheinlich die üblichen psychologischen Schematisierungen unzureichend sind. Was heute an Zusammenschaub möglich ist, hat der Physiologe v. Wyss in einer sehr klugen und feinsinnigen Hypothese ausgesprochen, die in engstem Zusammenhang mit den mehrfach erwähnten Vorstellungen von W. R. HESS steht. v. Wyss findet, „daß das Wesentliche an der Wirkung eines Affektreizes nicht der Affektgehalt als solcher, sondern das jeweilige *Verhalten des Gesamtindividuums gegenüber der Außenwelt* ist“. D. h. ein Reiz kann das Individuum zu einem nach außen gerichteten Handeln veranlassen (*ich würde zum mindesten „Verhalten“ sagen*) oder aber zu einem Zurückziehen, zu der Abkehr von der Umwelt. Beide können lust- und unlustbetonten, erregten und beruhigten, gespannten und gelösten Gefühlscharakter tragen. Jene den anderen zugewendeten Bewegungen nennt v. Wyss *positiv heterotope*, diese von den anderen abgewendeten *negativ heterotope*. Jene sind Ausdruck einer Erregung des sympathischen, diese Ausdruck einer Erregung des parasympathischen Systems. Nach welcher Richtung sich ein Affekt innerhalb einer realen Lebenssituation auswirke, hängt ganz ab von mannigfaltigen Innen- und Umweltsbedingungen: Der augenblicklichen Gefühlslage des Individuums, seiner speziellen Veranlagung, der Qualität des Reizes usw. Hiervon also auch hängt ab, welche spezielle Ausdrucksbewegung das vegetative Nervensystem vollzieht.

Ich anerkenne durchaus die Möglichkeit, diese Gedanken im Sinne von v. Wyss fortzusetzen und den Sinn jener vegetativen „Reflexe“, wie er sie nennt, zu sehen in dem Dienst, welchen sie durch *Stimulierung oder Hemmung der Leistungsfähigkeit des animalen Apparates erweisen*. So würde also allen diesen emotional miterregten vegetativen Bewegungen physiologisch gesprochen nur der Charakter einer *vegetativen Hilfsfunktion* zukommen, nicht aber der einer noch aktuellen, *Ausdruck bedeutenden Grundfunktion*. Gewiß, ich sagte schon,

daß das bis jetzt vorgetragene Material in der Tat diesen Nachweis der „Grundfunktion“ nicht gestattet, es sei denn, daß man den Phänomenen eine prinzipiell andere Form der Anschauung entgegenbringt, wie ich später andeuten will.

3. Dazu ist nötig, daß wir uns nun einer ganz anderen Leistung zuwenden, welche das vegetative Nervensystem in einer innigen, inhaltlich wortgetreuen Vereinigung mit seelischen Inhalten zeigt: *Die vegetative Reaktion als unmittelbaren Ausdruck einer inhaltlich genau bestimmten Situation*. Absichtlich vermeide ich hier das Wort Vorstellung, das sonst in diesem Zusammenhang gern gebraucht wird, wenn ich z. B. sage, mein Arm bewegt sich nicht mehr, weil ich mir vorstelle, daß er gelähmt sei; oder wenn ich sage, das Wasser läuft mir im Munde zusammen, weil ich mir eine schmackhafte Speise vorstelle. Ähnliche Realisationen vollzieht man gewöhnlich in der Hypnose durch die Suggestion, oder vollzieht der hysterische Charakter im Wachleben. Ich vermag hier leider in Kürze nicht auszuführen, warum ich mit KLAGES das, was an der Vorstellung wie an der Wahrnehmung wirkt, indem es sich uns aufdrängt, das Subjekt-Objekt-Verhältnis umkehrt, ja in seinen höchsten Formen zu einer Auflösung dieses Verhältnisses in der Identifikation führt, warum ich dies Wirkende als *Bild* bezeichne. Eine Auffassung, die die Sprache teilt, wenn sie bestimmte Symptome als eingebildet bezeichnet. Nur wenn man diese Lehre von der *Wirklichkeit der Bilder* begreift, wird man jene auf den ersten Blick so erstaunlichen Ausdrucksbewegungen des vegetativen Nervensystems, die sich in der Hypnose durch Suggestion hervorrufen lassen, und die ich nun schildern werde, nicht mehr so rätselhaft finden.

Wenn ERNST WEBER in seinen, für dieses Thema programmatischen Arbeiten beschreibt, was später mehrfach bestätigt worden ist, daß der Gefäßapparat die Blutverteilung bei suggestiv eingebildeter Muskelarbeit genau so einstellt wie bei der real geleisteten Arbeit, wenn also bei der Versuchsperson, die vollkommen in Bewegungslosigkeit verharrt, nach der Suggestion: der Arm hebe sich, eine Blutverschiebung nach dem scheinbewegten Gliede eintritt genau so wie bei der willkürlichen kräftigen Bewegung, so zeigt hier ein für den gegebenen Fall besonders wichtiges Teilgebiet des vegetativen Nervensystems eine *durchaus sinngemäße Realisierung der nur in der Einbildung gegebenen Situation*. Physiologisch würde ich diesen Tatbestand nur im Sinne der v. Wysschen Theorie ausdrücken vermögen: Blutbewegung, im Mechanismus des bedingten Reflexes, als vegetative Hilfsfunktion zur Stimulierung des animalen Apparates.

Aber lassen wir noch die theoretische Erörterung beiseite zugunsten einiger sich noch komplizierter schichtenden Beobachtungen: HEYER hat uns gezeigt, daß die *Magensaftsekretion* sich bei suggestiver Scheinfütterung spezifisch auf eine Verdauung der eingebildeten Speisen einstellt, und ich

konnte mit DELHOUGNE diese Versuche bestätigen und ferner nachweisen, daß die *Bauchspeicheldrüse* sich ähnlich verhält, indem sie bei suggestiver Fettspisung vorzüglich Lipase, auf Eiweiß Trypsin, auf Kohlehydrate Diastase sezerniert.

Gibt man einem Menschen Wasser zu trinken, so tritt alsbald eine nachweisbare Verdünnung des Blutes auf, eine entsprechende Diurese setzt ein. Die Organfunktionen verhalten sich bei einigen Personen in gleicher Weise, wenn man nur die Suggestion gibt, Wasser sei getrunken worden. Und umgekehrt bei Durst und Dursteinbildung (MARX).

Die Wärmeregulation verhält sich eingebildeten Situationen gegenüber ebenso sinnvoll, unabhängig von der Wirklichkeit, ja innerhalb gewisser Grenzen ihr Erlebnisbild gegen die materiell einwirkende Realität durchsetzend. GESSLER und ich haben das bei mehreren Versuchspersonen nachgewiesen, deren Wärmeregulation sich in der Hypnose ganz auf die eingebildete Umweltsituation einstellte:

Obwohl die Vp. im warmen Zimmer lag und dementsprechend keine Steigerung des O_2 -Verbrauchs zeigte, antwortete sie sofort nach der Suggestion, sie läge im kalten Schnee, mit einer Stoffwechselsteigerung von 20–30%, also genau so wie bei einer starken Abkühlung. Und umgekehrt vermochte eine reale Abkühlung des Versuchsraumes auf 10° C den O_2 -Verbrauch dann nicht zu beeinträchtigen, wenn man die Suggestion gab, der Versuchsraum sei warm geheizt oder die Vp. läge entkleidet im Sommer auf einer sonnenbeschienenen Wiese usw.

Das vegetative Nervensystem ist also in der Lage, die somatische Realisation der personalen psychischen Erlebniswelt zu vollziehen, unabhängig in gewissen Grenzen von der realen Struktur und den Reizen der Umwelt. Wie weit und wie leicht solche vegetativen Äußerungen gehen können, hängt wiederum ganz ab von der personellen Eindrucksfähigkeit, der zeitlichen Eindrucksbereitschaft und von der Eindruckskraft des Bildes. Inwieweit es möglich ist, den Mechanismus dieser Vorgänge physiologisch unter dem Bilde der bedingten Reflexe (PAWLLOW) zu verstehen, habe ich früher selbst einmal ausgeführt (HANSEN). In der Funktionsbreite und der Funktionsgewohnheit der Organe sind diesen Äußerungen aber natürliche Grenzen gezogen. Das wird besonders deutlich bei jenen auch klinisch so wichtigen Fällen von *psychogenem Fieber*, deren Glaubwürdigkeit so oft in Zweifel gezogen wird. Aber diese Zweifel sind ganz sicher unberechtigt angesichts der Mitteilungen von KOHNSTAMM, EICELBERG, LADECK u. a., wonach es sogar gelungen ist, Temperaturen bis 38° durch hypnotischen Auftrag zu erzeugen. Die Härte, welche eine solche Zumutung vielleicht für das physiologische Denken bedeutet, besteht aber für diese Fälle nicht mehr, wenn man beachtet, daß jene hohen Temperatursteigerungen nicht „aus dem Nichts“, ich meine: nicht bei physiologisch intak-

tem Temperaturzentrum beobachtet wurden. Es handelt sich in allen Fällen um Menschen, die bis kurz vorher organisch begründete Temperatursteigerung aufwiesen, bei denen man also eine noch vorhandene Labilität der Wärmeregulation anzunehmen berechtigt ist. Die Deutung solcher psychogener Temperatursteigerungen läßt sich dann immerhin nach dem Schema des Bedingungsreflexes bekannter physiologischen Zusammenhängen einordnen. Die *anschauliche* Betrachtung wird es unterstreichen, daß die hypnotischen Aufträge nicht „Temperatursteigerung“ heißen, sondern ebenfalls jene aus der Krankheit noch erlebnisfrischen Situationen suggerierten, die von Fieberanstieg begleitet waren.

Sehr viel erschwerter für die physiologische Deutung sind nun aber Symptome wie *Blasenbildung* der Haut oder gar *Spontanblutungen*, für die eine organische Ursache oder Hilfe abgelehnt werden kann. Kein Zweifel, daß solche Veränderungen der Haut vorkommen. Sind doch auch sie durch hypnotischen Auftrag einwandfrei von KOHNSTAMM, J. H. SCHULTZ, SCHINDLER u. a. hervorgerufen worden an Hautstellen, die durch Gipsverband vor jeder traumatischen Einwirkung gesichert waren. Der gut analysierte Fall 3 von SCHINDLER baut auch die Brücke, wenn Sie wollen, zu dem wissenschaftlichen Verständnis der *Stigmatisierungen*, die schon lange vor dem hl. Franziskus von Assisi und bis in unsere Tage hinein als Wunder, als eine Durchbrechung der Naturgesetze empfunden wurden. SCHINDLERS Patientin lebte in ihrer Phantasie über Jahre hindurch ganz mit der seligen Katharina von Emmerich, jener Stigmatisierten, die eine so große Rolle im Leben der Romantiker gespielt hat. Sie war ihr Vor- und Wunschnbild. Nur aus einer phantastischen Identifizierung mit jener Seligen lassen sich, wie auch bei dem Heiligen von Assisi aus einer Identifikation (Partizipation) mit dem Gekreuzigten, jene Realisationen verstehen, welche das vegetative Nervensystem jenem unmittelbar erlebten und innerlich einverleibten Leitbild gewährt. Das Prinzip dieser vegetativen Äußerungen ist schon deutlich hervorgehoben in unseren Versuchen über die Wärmeregulation; wunderbar bei den Stigmatisierten nur die *Steigerung* der Ausdruckskraft bis zu gänzlich ungewöhnlichen Erscheinungen.

Von tibetanischen, indischen, christlichen Heiligen sind uns eine große Anzahl von Leistungen berichtet, welche die gewohnten Organfunktionen in einem noch viel höherem Maße durchbrochen haben als jene hier zuletzt geschilderten zuverlässig beobachteten. „Aber Geheimnisse“, sagt GOETHE einmal, „sind noch keine Wunder“, und ich finde, wir dürfen diesen Berichten nicht generell jene prinzipielle Skepsis entgegensetzen, welche wir so leicht für alles Außergewöhnliche aufbringen, wenn es sich nicht sogleich jener kleinen Welt einfügt, die wir unter dem Netz unserer Begriffe und Theorien sicher zu haben glauben. Auch zweifle ich nicht, daß sich ähnliche Fälle noch heute der aufmerk-

samen Beobachtung bieten werden; dann wird sich zeigen, was erlogen, was tendenziös, was echt an ihnen ist; ob sie unser Wissen ausbreiten und neue Probleme zu erwecken vermögen.

Eine hinreichende Behandlung unseres Problems wird unmöglich vorübergehen können an den überaus wichtigen Tatsachen, welche durch die ethnographischen und folkloristischen Arbeiten der letzten 30 Jahre über die geistige Welt der Primitiven bekanntgeworden sind. In dieser Welt, wo eine — dem logischen Denken gar nicht mehr vollziehbare — „mystische“¹ Beziehung der Gegenstände das Erlebnis der Umwelt beherrscht, ist von einer objektiven Wahrnehmung in unserem Sinn nicht mehr die Rede; alle Dinge sind Träger okkulter Kräfte und diese letzteren sind es, welche das *Wesen* eines Gegenstandes ausmachen. Die im Vergleich mit uns enorm gesteigerte Wahrnehmungs- und Beobachtungsfähigkeit des Primitiven verhindert nicht, daß für ihn gerade jene geheimen, durch die Gesetze der Partizipation bestimmten, Fähigkeiten die eigentliche Substanz der Phänomene bedeuten. So, um ein Beispiel anzuführen: „Die Realität des Bildes ist von der gleichen Art wie die des Modells, d. h. wesentlich mystisch, desgleichen die Realität des Namens ... Die mystischen Eigenschaften der Namen unterscheidet sich nicht von den mystischen Eigenschaften der Wesen. In unseren Augen hat der Name einer Person, eines Tieres, einer Familie, einer Stadt die bloße äußerliche Bedeutung einer Etikette, die ohne mögliche Verwirrung zu unterscheiden gestattet, wer diese Person ist, zu welcher Art dieses Tier gehört, welches diese Familie oder diese Stadt ist. In den Augen des Primitiven aber bleibt diese Bezeichnung des Wesens oder des Gegenstandes, die uns die einzige Funktion des Namens zu sein scheint, etwas Nebensächliches und bloß Hinzukommendes; mehrere Beobachter sagen mir ausdrücklich, daß nicht hierin die Bedeutung des Namens liegt. Dagegen aber hat er sehr wichtige Funktionen, deren unsere Namen vollständig entbehren: er drückt aus, ja er bewerkstelligt die Verwandtschaft des Individuums mit seiner totemischen Gruppe, mit dem Vorfahren, dessen Wiederfleischwerdung (Reinkarnation) dieses Individuum oft ist, mit dem individuellen Totem oder Schutzengel, der sich ihm im Traum offenbart hat, mit den unsichtbaren Mächten, die die geheimen Gesellschaften, in die es eintritt, beschützen usw....“ (LÉVY-BRÜHL).

Es fragt sich in unserem Zusammenhang, bis zu welchem Grade ein Mensch, der in einer solchen „mystisch“ erweiterten Welt lebt, mit seiner materiellen Innenwelt dieser Umwelt zu folgen vermag, d. h. bis zu welchem Grade ihm noch körperliche Realisationen dieser Erlebniswelt möglich sind. Zum Beispiel, „wenn ein Australier oder Neuseeländer, durch den Gedanken entsetzt, ein ihm

verbotenes Nahrungsmittel gegessen zu haben, ohne es gewußt zu haben, infolge dieser Übertretung des Tabu stirbt, so kommt dies daher, daß er den Einfluß eines tödlichen Giftes spürt, welches er offenbar zugleich mit dem Nahrungsmittel zu sich genommen hat und gegen das mit Erfolg anzukämpfen aussichtslos ist“ (LÉVY-BRÜHL). Und so viele andere.

Ich hoffe, daß die Bearbeitung unseres Themas durch ein kritisches Studium seines Gegenstandes unter jenen uns zunächst ungewöhnlichen und fernen Gesichtspunkten viel gewinnen wird. Denn in einem viel höheren Maße als es den in logischen Kategorien denkenden wissenschaftlichen Bearbeitern der Frage erscheinen mag, ist auch unsere eigene Erlebniswelt und besonders die unserer Patienten noch eine „mystische“, durch die Gesetze der Partizipation bestimmte; diese, bis jetzt nur für die *seelische* Struktur der Neurose berücksichtigte Tatsache (JUNG), wird — wie weit wissen wir noch *nicht* — ebenso für die Erklärung vegetativer Funktionsstörungen beachtet werden müssen.

4. Wenn ich nun noch versuche, auch von der Klinik einiges zu sagen, so kann es sich bei der vorgeschriftenen Zeit nur um Andeutungen handeln. Die Klinik — wie das Leben — birgt ja die eigentliche Fülle dieser lebendigen Zusammenhänge, von denen sich im Experiment nur ein ganz blasses Bild nachzeichnen läßt. Aber ich habe absichtlich den physiologisch experimentellen Teil so breit behandelt, weil er gewissermaßen das Schema, den Plan gibt, den wir zur Orientierung brauchen. Ich brauche nicht mehr einzugehen auf die nach dem Ausgeführtten ohne weiteres verständlichen und oft beobachteten einfacheren psychogenen Symptome: Die Auslösung von Spasmen, Krämpfen bei manchmal organisch vorbereiteter Krampfbereitschaft, z. B. Obstipation, Krämpfe der Gallenwege und des Magens, Oesophagospasmen, Asthma bronchiale, Hypertonie, Vaginismus, Harnspasmen, Tetanie usw., ebenso wenig wie auf emotionell bedingte Sekretionsveränderungen, von denen ich nur die An- und Hyperacidität, die Hyperhydrosis, Glykosurie, Fluor albus, ja auch Anurien (die O. BINSWANGER beschrieb) erwähne. Alle diese Funktionsstörungen kommen als sog. psychogene Symptome vor, d. h. sie treten innerhalb eines psychisch bedeutungsvollen Zusammenhangs ohne jeden oder ohne einen zureichenden primären Organdefekt auf; sie lassen sich mildern oder beseitigen durch eine geeignete Psychotherapie (Hypnose, Analyse usw.).

Die Fülle des Materials und die Häufigkeit des Vorkommens ist durch die literarischen Darstellungen bei weitem nicht erschöpft. Doch kann ich im Rahmen dieses Vortrages Einzelheiten leider nicht einmal andeuten. Außer den zusammenfassenden und vielfach nur prinzipielle Gesichtspunkte betonenden Darstellungen wären ausführliche kasuistische Beiträge in kritischer und besonnener Form sehr erwünscht.

¹ Zur Definition des Begriffes „mystisch“ vgl. LÉVY-BRÜHL, Das Denken der Naturvölker. Wien 1926, 2. Aufl., S. 23 u. ff.

Es ist viel Material dafür beigebracht worden, daß Thyreoidismus und Morbus Basedowii oft nach und infolge von chronischen und akuten seelischen Traumen sich entwickelt habe (KOHN-STAMM, PULAY, TILING, KNAUER usw.). Bei der innigen Funktionsverbundenheit von vegetativem Nervensystem und endokrinen Drüsen neigt man wohl mit Recht dazu, diese Schilddrüsenerkrankung als Ausdruck einer Neurose des sympathischen Systems zu fassen.

Sehr auffallend sind jene psychoneurotischen Ernährungsstörungen, wie sie STIERLIN in seiner Mitteilung über die Folgezustände von Katastrophenlebnissen (Courrières, Erdbeben von Messina und Valpareiso) geschildert hat: Cariöswerden der Zähne, Ausfallen der Nägel, Ausfallen und Ergrauen der Haare. HESS beschreibt die auffallende Häufigkeit des Gerontoxon juvenile bei Neurotikern, die teilweise sogar vor dem Ausmarsch oder dem Unfall ophthalmoskopisch untersucht und intakt befunden worden waren.

Nun ist gewiß außer Frage, daß eine Reihe dieser Symptome aufgefaßt werden kann als Ausdruck einer *undifferenzierten allgemeinen Erregung*, die das vegetative Nervensystem durch eine seelische Einwirkung erleidet. Die Organwahl kann dann in manchen Fällen verständlich sein durch eine konstitutionelle Organminderwertigkeit oder durch eine zufällige, zeitliche oder inhaltliche Verknüpfung der bestimmten Organfunktion mit der Traumasituation.

Nun wissen wir aber, daß das Gros dieser sog. psychogenen Symptome *nicht* akzidentelle Betriebsstörungen nach dem soeben dargelegten Mechanismus sind, sondern, daß sie, wenn nicht allein, so doch mindestens außerdem einen tiefen Sinn für die erkrankte Persönlichkeit besitzen, einen Sinn, der sich nur durch diese Sprache der Organe zunächst auszudrücken vermag. Nicht das Bewußtsein, sondern die in einer tieferen Schicht der Persönlichkeit lebenden Organfunktionen haben eine für die Person belangvolle Situation erfaßt, die sie nun *unmittelbar* zu realisieren und in ihrer Art auszudrücken versuchen. Ich verweise hier auf das anlässig der unmittelbaren organischen Realisierung bestimmter Erlebnisinhalte Gesagte, sowie auf den Exkurs über die geistige Welt der Naturvölker (Primitiven). In einer anderen als der ursprünglich gemeinten Bedeutung verstehen wir hier ein Wort GOETHES zu RIEMER: „Die Tiere werden durch ihre Organe belehrt, sagten die Alten, und ich füge hinzu: die Menschen desgleichen.“

Leider kann ich im einzelnen auf die Arbeiten nicht eingehen, mit denen WALTHARD, A. MAYER, BRANDESS, BUNNEMANN, BETTMANN, v. ARX, SACK und manche andere neuerdings große Teilegebiete der Gynäkologie und Dermatologie erhellt haben. So verhält es sich z. B. in dem soeben entwickelten Sinn, wenn oft chronische, als Endometritis behandelte Genitalblutungen sich der Analyse als Ausdruck einer Abneigung gegen den Congressus

sexualis enthüllen, oder wenn ein Fluor albus die gleiche Situation zum Ausdruck bringt; wenn jene quälenden langwierigen und aller Organtherapie trotzenden Vulvaekzeme durch Aufdeckung einer ähnlichen Bedeutung sogleich abheilen.

Ich erinnere daran, daß die *Pädiater* manche Verdauungs- und Stoffwechselstörungen des Kindes nur in einem solchen psychisch bedeutungsvollen Milieuzusammenhang verstehen und behandeln. Viele der früher genannten Symptome sind dem *Internisten* nur durch eindringliche Psychoanalyse zugänglich und erweisen sich dann als Ausdruck eines durch Identifikation mit einer anderen Persönlichkeit realisierten tiefen Wunschbildes oder einer durch Bejahrung oder Ablehnung bestimmten, dem Bewußtsein fernen Situationsverwirklichung. „Ich glaube, sagt MATTHES, daß die systematische Analyse der Persönlichkeit uns Internisten ebenso wie den Psychiatern ein Postulat sein soll, und daß wir jede Bereicherung unserer Vorstellungsmöglichkeiten über eine rein psychische Genese körperlicher Erscheinungen als einen Gewinn begrüßen müssen.“

Geheimnisvoll bleibt an alledem, wenn wir die Organe nur als Ausdrucksmittel ansehen wollten, wieso ihnen solch ein „sinnvolles“ Verhalten möglich ist, wie es uns in den genannten Beispielen und den Wirkungen der Therapie entgegentritt. Warum verstehen sie die Sprache der Suggestors so ganz in dem, nicht ausgedrückten, Sinn seiner Worte richtig auszulegen und auszuführen, wie sie es z. B. bei der durch BONJOUR und BLOCH ganz sicherstellten Heilung der Warzen durch Suggestion tun, indem die Arteriolen durch die sinnvolle Antwort mit *Dauerspasmen* diesen Auftrag zur Ausführung bringen?

Ich bin am Schluß. Aber die — übrigens nur angedeutete — Fülle von Tatsachen und Problemen drängt mich noch zu einigen prinzipiellen Erwägungen. Nie habe ich so stark wie bei dem Versuch, meine Ausführungen zu unserem heutigen Thema recht zu formulieren, die Wahrheit des GOETHESchen Wortes empfunden: „Man kann in den Naturwissenschaften über manche Probleme nicht gehörig sprechen, wenn man die Metaphysik nicht zu Hilfe ruft.“ Aber ich wage kaum, dem hier Ausdruck zu geben, da diese Geister, einmal beschworen, nicht mehr zu bannen sind.

Eigentlich ist es für uns Ärzte ja ein klinisches Problem, das uns in die Erörterung dieser biologischen Fragen verwickelt: Der *Begriff der Psychogenie krankhafter Funktionsabläufe*. Bis vor nicht sehr langer Zeit verwendete man ihn nur dann, wenn eine durch organische Ursachen nicht erklärbare Störung von Empfindungen oder Willkürbewegungen, kurz, eine Störung der Leistungen des cerebrospinalen Nervensystems gekennzeichnet werden sollte. Dieser Verwendung entsprach es durchaus, wenn man wie MÖBIUS solche, meist als hysterisch bezeichneten, Symptome durch Vorstellungen bedingt ansah. In dieser Definition nun tritt die geistige Haltung zutage, welche eine

ganze Epoche zu den Phänomenen des Lebens überhaupt einnahm, sofern sie Gegenstand wissenschaftlicher Behandlung sein konnten: eine durchaus mechanistisch bestimmte Folge von stofflichen Zusammenhängen, deren Störungen, sofern sie nicht aus diesem System ableitbar waren, von einer anderen, zwar wesensfremden und quantitativ nicht meßbaren, aber doch *quasi* mechanisch wirkenden Kraft verursacht sein sollten: der Seele. Diese Einwirkung wurde gedacht nach Analogie der Willkürbewegung, als deren treibende Bewußtseinsgrundlage Vorstellungen zu gelten haben. Ein Schema; aber bildhaft genug, um auszudrücken was gemeint war: Dem *Leibe* als einem nach mechanischen Gesetzen arbeitenden Zellverband steht eine *Seele* gegenüber, die, wie ein *Deus ex machina*, auf jenen Einfluß nehmen kann. Obwohl die Primitivität und Armut jenes Schemas unverkennbar sind, darf ich nicht verschweigen, daß es gleichwohl der klinischen Verwendung des Begriffs psychogen irgendwie immer noch zugrunde liegt. Jene einseitige historische Besetzung des Begriffs Psychogenie aufzulösen und zu zeigen, daß jene Fiktion eines Kausalzusammenhangs die Fülle der Phänomene nicht zu erfassen vermag, schien wohl kaum ein Gebiet biologischen Geschehens besser geeignet, als jene Abläufe, welche durch das vegetative Nervensystem geordnet, ein unserem Bewußtsein fernes und seinen willentlichen Einflüssen unzugängliches Dasein führen. Ich empfinde es darum als eine besondere Weisheit der Kongreßleitung, daß sie gerade in diesem Zeitpunkt ein heiß umstrittenes Problem der Medizin so sinnvoll begrenzt hat, wie sie es tat durch ihre Formulierung des Themas: Die psychische Beeinflussung des vegetativen Nervensystems.

Aber nicht die geringste unter allen prinzipiellen Schwierigkeiten, die sich bei der Erörterung über den Kern des Problems, nämlich den Leib-Seele-Zusammenhang, immer geboten haben, ist die uneinheitliche und verwechlungsreiche Verwendung des Wortes Psyche, die sich, je weiter je mehr, der Quelle entfremdet, aus welcher der Begriff in das wissenschaftliche abendländische Denken geflossen war: der aristotelischen *ψυχή*, die vor allem *Leben* bedeutet. Wir können speziell für unser Thema nicht umhin, hier andeutend einige begriffliche Abgrenzungen auszusprechen: Jene durch das vegetative Nervensystem getragene und geordnete, in sich geschlossene, bewußtseinsferne und durch den Willen nicht beeinflußbare Welt ist mir als *meine* gegeben in der evidenten Gewißheit des *Vivo*. Dem lebenden, sachlichen *ES* tritt ein erlebendes, persönliches *ICH* gegenüber und ist mit ihm im *Lebensprozeß* zu einer vitalen Einheit verschmolzen. Diese drei Gegebenheiten nun seien durch die Worte: *Soma*, *Psyche*, *Bios*, begrifflich gegeneinander abgegrenzt, verbunden durch den Begriff der *Person*. (Diese Worte entsprechen nicht genau dem, was die Antike unter ihnen verstand, es lassen sich aber heute, nachdem längst eine terminologische Verschiebung in der wissenschaft-

lichen Sprache eingetreten ist, die griechischen Urworte nicht wieder neubeleben.)

Betrachten wir nun das Verhältnis dieser Gegebenheiten zueinander, so ist zunächst zu sagen, daß Leben und Existenz jeder einzelnen durch und in den anderen wesenhaft bedingt ist, daß sie sich aber nicht in ihren Beziehungen zueinander erschöpfen. Soma ist außerdem Beziehung der eigenlebendigen Zellbestandteile unter sich und zur körperlichen Umwelt, als solche gebunden an die mechanischen Gesetze des Stoffes; Psyche ist außerdem in ihren höheren Gliederungen Bewußtsein, Wille, Vernunft, Verstand, Geist und als solche ihren Eigenordnungen unterworfen. Ihre Beziehungen zueinander sind, von der analytischen Betrachtung aus gesehen, kausale. Die Psyche, sofern sie sich empfindend, handelnd oder sonstwie zur Umwelt verhält, d. h. soweit sie sich durch die Vermittlung des Somas an die Materie wendet oder von ihr affiziert wird, also mittelbar nur, wird in ihren Beziehungen zum Stoff angeschaut unter der Kategorie der *Kausalität*.

Dieser *kausal-analytischen Erkenntnisform* gegenüber gibt es, worüber u. a. die Diskussion in SCHILLERS Briefwechsel mit GOETHE geführt wird, eine *anschauliche Erkenntnis*, der sich die Psyche in ihren Beziehungen zum Soma nur unter der Form der Gestalt oder der Idee darstellt: *εἶδος* heißt lebende Form, und im lebenden Organismus, den sie ja konstituieren, sind Psyche und Soma zu einer Einheit des *Bios* verschmolzen, nur verschiedene Erscheinungsweisen derselben organischen Gestalt, keine ohne die andere anschaubar; *zu trennen nur unter Zerstörung der organischen Form* in der begrifflichen Abstraktion. In der Morphe, dem *εἶδος* der organischen Gestalt, vollzieht sich jener *ιερὸς ράπος* von Psyche und Soma, welcher das Urphänomen des Lebens und als solches nur anschaubar, nie erklärbar, ist. GOETHE hat den „geheimen Sinn“ auch *dieser* Vereinigung in jenen tief symbolischen — und freilich auf einen anderen Zusammenhang bezogenen — Versen an MARIANNE V. WILLEMER zum Ausdruck gebracht, als er ihr aus dem Heidelberger Schloßgarten das Blatt der *Gingo biloba* übersandte, „jenes Baums Blatt, der vom Osten meinem Garten anvertraut“:

Ist es *ein* lebendig Wesen,
Das sich in sich selbst getrennt?
Sind es *zwei*, die sich erlesen,
Daß man sie als *eines* kennt?

Wenn ich also in bezug auf unsere Organmanifestationen eine Bezeichnung vorschlagen soll, so würde ich jene der „Psychogenie“ verwerfen, weil sie einen Kausalzusammenhang involviert, der nur abstrahiert, nicht aber angeschaut werden kann. Statt dessen bietet sich, wenn man es nur richtig und in dem hier entwickelten Sinne verstehen möchte, das früher bereits einmal vorgeschlagene Wort: *Ideagen*, welches wir viel schöner und inhaltbedeutender mit dem Begriff ein-ge-bildet wiederzugeben vermögen. Dann hieße meine nachträgliche und prinzipielle Korrektur des Themas, über

das ich gesprochen habe, nicht: „Psychische Beeinflussung“, sondern: „Ideogene oder eingebildete Ausdrucksbewegungen des vegetativen Nervensystems“.

Einige Literatur:

v. ARX, Schweiz. med. Wschr. 1928, 90. — ASTRUCK, Münch. med. Wschr. 1922, 1730. — J. BACOT, Milarépa. Paris: Edit. Bossard 1925. — BECKMANN, Dtsch. Arch. klin. Med. 117, 419 (1915). — BERGER, Körperliche Äußerungen psychischer Zustände. Jena 1904/07. — G. v. BERGMANN, Z. f. Klin. Med. 108, 90 (1928). — G. v. BERGMANN und KATSCH, Dtsch. med. Wschr. 1913, 1294. — BETTMANN, Dtsch. Z. Nhlkd. 18, 345 (1900). Nervenarzt 1928, H. 10. — BICKEL, Dtsch. med. Wschr. 1905, 1829; 1906, 1323. — O. BINSWANGER, Dtsch. med. Wschr. 1928, 1403. — BLOCH, Klin. Wschr. 1927, 2271. — BONJOUR, Schweiz. med. Wschr. 1927, 930. — BRANDSE, Münch. med. Wschr. 1923, 975. — BUNNEMANN, Z. Neur. 78, 115; 88, 589. — CANNON und DE LA PAZ, Amer. J. Physiol. 28, 64. — CANNON, SHOHL und WRIGHT, Amer. J. Physiol. 29, 280. — CANNON und WASHBURN, Amer. J. Physiol. 29, 441. — DELHOUGNE und HANSEN, Dtsch. Arch. klin. Med. 157, 20. — DEUTSCH und KAUFZ, Z. exper. Med. 32, 197; 34, 71. — EICHELBERG, Dtsch. Z. Nervenheilk. 68/69, 352. — FAHRENKAMP, Psych.-Phys. Wechselwirkungen... Stuttgart 1926. — GESSLER und HANSEN, Dtsch. Arch. klin. Med. 156, 352. — GIGON, AIGNER und BRAUCH, Schweiz. med. Wschr. 1926, 749. — GRAFE, Die path. Physiol. usw. München 1923. — GROTE und HEYER, Schweiz. med. Wschr. 1923, 283. — K. HANSEN, Nervenarzt 1928, 21. — HEIDEMA, Z. Neur. 48, III. — HEILIG und HOFF, Dtsch. med. Wschr.

1925, 1615. — E. H. HERING, Münch. med. Wschr. 1916, 521. — W. R. HESS, Über die Wechselbeziehungen usw. Neur. Abh. H. 2. Zürich 1925. — HESS, Bautzen, I. Kongr. f. Psychotherapie 1926, 70. — HESS, Hamburg, Neur. Zbl. 37, 770 (1918). — G. R. HEYER, Arch. Verdgrskrh. 27, 227; 29, 11; Klin. Wschr. 1923, 2274. — HOMBURGER, Z. Neur. 82. — HUSLER, I. Kongr. f. Psychotherapie 1926, 195. — KATSCH, Z. exper. Path. u. Ther. 12, 290 (1913). — KLAGES, Wesen des Bewußtseins. 2. Aufl. Leipzig 1926; Ausdrucksbewegung und Gestaltungskraft. Leipzig 1923. — KNAUER und BILLIGHEIMER, Z. Neur. 50, 199 (1919). — KOHNSTAMM und FRIEDEMANN, Z. Neur. 23, 379. — LADECK, Wien, klin. Wschr. 1924, 439. — A. LEHMANN, Die körperl. Äußerungen psych. Zustände. Leipzig 1899. — MARCUS und SAHLGREN, Münch. med. Wschr. 1925, 381, 1457. — H. MARX, Klin. Wschr. 1926, 92. — MATTHES, Klin. Wschr. 1926, 393. — A. MAYER, Zbl. Gynäk. 1925, 785. — O. MÜLLER, zit. nach KAUFFMANN, BETHES Handb. d. Physiol. 7 II, 1384. — NIELSEN-GEERT JORGENSEN, Klin. Wschr. 1928, 1467. — NOORDEN, Arch. f. Psychiatr. 18, 547 (1886). — PULAY, Z. klin. Med. 88, 87. — W. TH. SACK, Münch. med. Wschr. 1922, 148; I. Kongr. f. Psychotherapie 1926, 133. — SCHINDLER, Nervensystem und Spontanblutungen. Berlin: Karger 1927. — STIERLIN, Über psychoneurotische Folgezustände usw. Berlin: Karger 1909. — TILING, Mschr. Psychiatr. 43, 123, 192 (1918). — WALTHARD, I. Kongr. f. Psychotherapie 1926, 73. — ERNST WEBER, Einfluß psych. Vorgänge auf den Körper. Berlin 1910. — WEINBERG, Z. Neur. 85, 543; 86, 375. — v. Wyss, Schweiz. Arch. Neur. 19, 1 (1926).

Neueres über die Chemie der Hormone¹.

Von G. BARGER, Edinburgh.

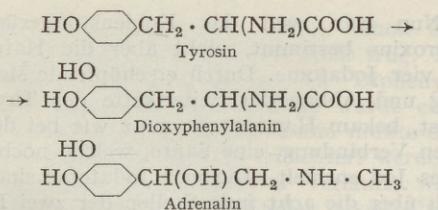
Der Name Hormon wurde gerade vor 22 Jahren von meinem Landsmann STARLING geprägt gelegentlich seines Vortrages in der medizinischen Hauptgruppe der Naturforscherversammlung, die damals in Stuttgart tagte. Etwa 4 Jahre früher hatte er mit seinem Schwager BAYLISS in London das Sekretin entdeckt und die neue Klasse von Substanzen aufgestellt, die zuerst als chemische Boten und später als Hormone bezeichnet wurden.

In diesen 22 Jahren ist vieles geschehen. BAYLISS und STARLING weilen nicht mehr unter den Lebenden, und wenn ich es jetzt nach einem gewissen Zögern unternommen habe, ebenfalls in der medizinischen Hauptgruppe über die Chemie der Hormone zu berichten, so bin ich mir wohl bewußt, daß auf dem wichtigen Gebiete manche Fragen ungelöst geblieben sind. Es ist wohl selbstverständlich, daß für jeden Fortschritt auf diesem Gebiete Klärung und Sicherung der chemischen Grundlagen geschaffen werden müssen. Überall wird die Synthese den Schlüßstein der chemischen Forschung darstellen.

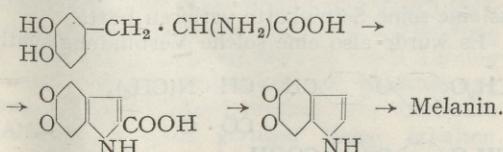
Im Jahre 1906 war das synthetische Adrenalin als Razemkörper schon bekannt, und wenige Jahre später wurde es auch in seine optischen Antipoden gespalten; die linksdrehende wurde von den höchsten Farbwerken in den Handel gebracht und ist chemisch und physiologisch mit dem natürlichen Adrenalin identisch. Dennoch hat das synthetische Produkt das natürliche nicht vom Markt vertrieben. Ich habe mich neuerdings in Chicago überzeugen können, wie leicht man in den dortigen Schlachthäusern große Mengen Nebennieren sammeln kann, und auch habe ich in der Fabrik von PARKE, DAVIS und Co. zu Detroit die einfache Darstellung des Adrenalins in großem Maßstabe gesehen. Ich schätze, daß diese Fabrik im Laufe der Zeit mehrere tausende Kilogramm von Adrenalin hergestellt hat aus einigen Hunderten Millionen Nebennieren.

Wenn wir auch das Adrenalin im Laboratorium darstellen können, so wissen wir noch gar nicht, wie der Tierkörper dies tut. Hierüber hat man erst neuerdings einige Anhaltspunkte gewonnen. Man hat das Adrenalin wohl immer von einem Eiweißbaustein abgeleitet, und als solchen hauptsächlich das Tyroxin in Betracht gezogen. So ist es interessant, daß RAPER neuerdings durch eine Oxydase eine zweite Phenolgruppe in das Tyrosin hat einführen können, wodurch das Dioxyphenylalanin entsteht, eine Aminosäure

¹ Beziiglich der für diesen Vortrag benützten Originalliteratur verweise ich auf die ausführlichen Sammelreferate von M. GUGGENHEIM, Die Chemie der Inkrete (Handbuch der inneren Sekretion von MAX HIRSCH, II. Bd, S. 36—137. Leipzig 1926) und G. BARGER, Die Chemie der Hormone, Erg. Physiol. 1927, 780—831.



welche ursprünglich von GUGGENHEIM in Hülsen von Vicia Faba entdeckt wurde und später auch von SCHMALFUSS und seinen Mitarbeitern in Insekten nachgewiesen wurde. Wir müssen auch wohl die Anwesenheit des Dioxyphenylalanins („Dopa“) in den höheren Tieren annehmen, da BLOCH gezeigt hat, daß ihre Haut ein Ferment enthält, die sogenannte Dopase, welche das Dioxyphenylalanin in Melanin verwandelt, aber keine verwandten Verbindungen, auch nicht das Tyrosin, angreift. Beiläufig darf vielleicht bemerkt werden, daß RAPER durch schöne Versuche diese Melaninbildung weiter aufgeklärt hat, wobei er in vitro aus dem Dioxyphenylalanin das Orthochinon eines Dioxyindols erhielt, was sich weiter zu Melanin kondensiert.



Die Umwandlung der Seitenkette des Dioxyphenylalanins in die des Adrenalin hat man aber nicht verwirklichen können. BLOCH scheint geneigt anzunehmen, daß, wenn etwa bei der ADDISONschen Krankheit, eine brenzkatechinartige Muttersubstanz nicht mehr zur Adrenalinbildung benutzt wird, sie in ein Pigment übergeht, wodurch die Bronzefärbung der Haut in der ADDISONschen Krankheit zu erklären wäre. Eine andere Andeutung eines genetischen Zusammenhangs zwischen dem Dioxyphenylalanin und dem Adrenalin besteht darin, daß nach HIRAI und GONDO diese Aminosäure ebenso wie das Adrenalin, wenn eingespritzt, eine bedeutende Hyperglykämie erzeugt, was verschiedene verwandte Verbindungen nicht tun. Wenn also eine Bildung von Adrenalin aus dem Dioxyphenylalanin sehr wahrscheinlich ist, so wissen wir noch gar nicht, wie man sich diese Umwandlung im Tierkörper zu denken hat.

Das einzige andere Hormon, welches bis jetzt synthetisch erhalten wurde, ist das *Thyroxin*. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das Thyroxin nicht frei in der Schilddrüse vorkommt, sondern eher nur ein hochaktiver Baustein eines Eiweißkörpers ist, welch letzteres viel mehr als das eigentliche Hormon zu betrachten wäre. E. C. KENDALL hat das große Verdienst, das Thyroxin entdeckt zu haben (im Jahre 1914 in der Mayo-Klinik zu Rochester in Minnesota). Mit der Erforschung der Struktur war KENDALL weniger glücklich. Er stellte eine

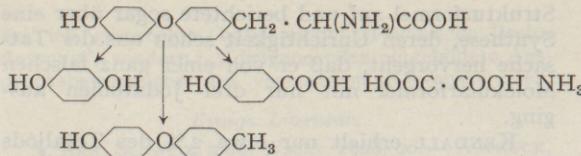
Strukturformel auf und berichtete sogar über eine Synthese, deren Unrichtigkeit schon aus der Tatsache hervorgeht, daß er von einer ganz falschen Molekularformel mit nur drei Jodatomen ausging.

KENDALL erhielt nur etwa 2 % des Totaljods der Schilddrüse als Thyroxin, und das von einer amerikanischen Firma in den Handel gebrachte Produkt kostete etwa 1000—1400 RM. pro Gramm, war also viel zu teuer für eine strukturrechemische Untersuchung, wenigstens in europäischen Laboratorien. Die falsche und sehr abenteuerliche Formel von KENDALL veranlaßte verschiedene Forscher, und mindestens eine deutsche chemische Fabrik zu synthetischen Versuchen. So hat auch HARINGTON zuerst in Anlehnung an die KENDALLsche Formel eine Synthese gewagt; natürlich gelangte er zu einer unwirksamen Substanz. Er sah dann ein, daß man auf eine weitere Untersuchung des Naturprodukts angewiesen sei und entschloß sich deshalb, die Darstellungsmethode von KENDALL zu verbessern. Es gelang ihm die Ausbeute auf das 25fache zu steigern und die Firma *British Drug Houses* in London bereitete dann eine genügende Menge von Thyroxin für die Feststellung der wirklichen Struktur. Dies gelang HARINGTON mit ganz wenig Material wie folgt: als erste Etappe war es nötig, die Jodatome durch Wasserstoff zu ersetzen, da man das Thyroxin selbst nur schwierig zu identifizierbaren jodhaltigen Körpern abbauen konnte. Diese Einführung von Wasserstoff an Stelle des Jods gelang HARINGTON in fast theoretischer Ausbeute durch Schütteln einer alkalischen Thyroxinlösung mit Wasserstoff und Palladium, wobei das als Jodid abgespaltene Jod genau die Menge des absorbierten Wasserstoffs entsprach, so daß unerwünschte Reaktionen, wie etwa die Reduktion einer Doppelbindung ausgeschlossen waren.

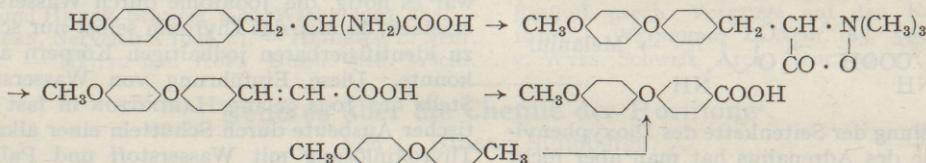
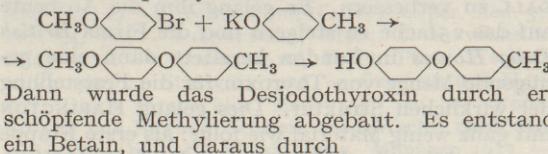
Das jodfreie Produkt wird als Desjodothyroxin bezeichnet; seine empirische Formel konnte sofort festgestellt werden, was mit dem Thyroxin selbst nicht der Fall war, da letzteres zu zwei Dritteln aus Jod besteht. Es ergab sich die Zusammensetzung $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{O}_4\text{N}$, und daraus für das Thyroxin die Formel $\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{O}_4\text{NI}_4$, also vier Jodatome, nicht drei, wie KENDALL angenommen hatte.

Das Desjodothyroxin erwies sich als eine dem Tyrosin verwandte Aminosäure. Der Gesamtstickstoff wurde im VAN SLYKESchen Apparat abgespalten. Die Verbindung gab die Ninhydrin- und die MILLONSche Reaktion. Von vornherein konnte man zwei Benzolkerne und eine Kette von drei Kohlenstoffatomen annehmen. Es wurden zwei Abbaumethoden angewandt. Einmal entstanden durch Kalischmelze Ammoniak, Oxalsäure, geringe Mengen von Hydrochinon und p-Oxybenzoësäure und als Hauptprodukt ein schwerlösliches Phenol.

Wenn wir auf das endgültige Resultat vorausgreifen, so entstehen diese Produkte in folgender Weise:

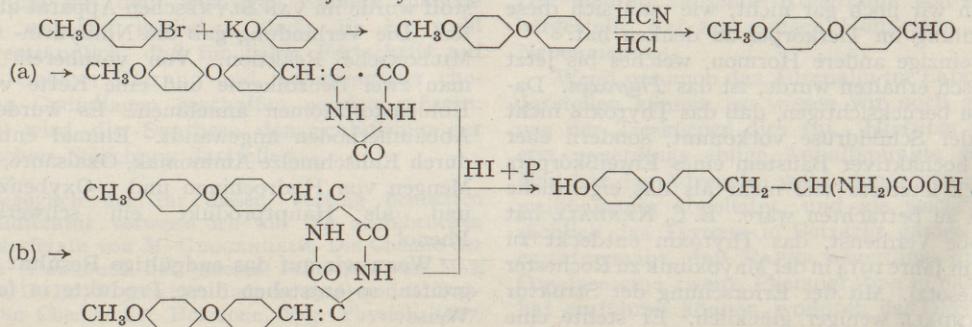


Die Struktur des Phenols $C_{13}H_{12}O_2$ wurde durch Synthese festgestellt. Es drängte sich die Annahme auf, daß von den vier Sauerstoffatomen des Thyroxins eins in der Phenolgruppe, zwei in einer Karboxylgruppe, das vierte aber als Brückensauerstoff anwesend sei, und das dieses vierte Sauerstoffatom noch im neuen Phenol stecke. Dieses Phenol und auch das Thyroxin wären also Diphenyläther. Aus p-Bromanisol und p-Kresolkalium erhielt HARRINGTON nach der ULLMANNschen Reaktion eine Substanz, die nach Entmethylierung sich identisch erwies mit dem Hauptprodukt der Kalischmelze. Wurde die Kalischmelze bei 300° ausgeführt, so entstanden vorwiegend Hydrochinon und p-Oxybenzoësäure.



siedene Kalilauge Trimethylamin und eine ungesättigte Säure. Durch Oxydation an der Doppelbindung gelangte HARRINGTON dann zu einer um zwei Kohlenstoffatome ärmeren Säure, die sich auch durch Oxydation aus dem oben erwähnten Phenol darstellen ließ.

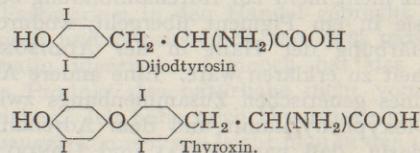
Jetzt war die Synthese des Desjodothyroxins selbst angezeigt. Aus p-Bromanisol und Phenokalium entstand ein Methoxy-diphenyläther, in welchen sich in der noch unbesetzten para Stellung eine Aldehydgruppe nach GATTERMANN leicht einführen ließ, und an dem entstandenen Aldehyd konnte dann die ERLENMEYERSche Aminosäuresynthese in zwei Modifikationen vorgenommen werden; das Produkt war identisch mit dem Desjodothyroxin.



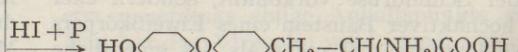
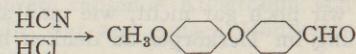
Nun war zwar das Kohlenstoffgerüst des Thyroxins bestimmt, nicht aber die Haftstellen der vier Jodatome. Durch erschöpfende Methylierung und Abbau der Seitenkette des Thyroxins selbst, bekam HARRINGTON, ganz wie bei der jodfreien Verbindung, eine Säure, welche noch sämtliches Jod enthielt. Die vier Jodatome sind demnach über die acht freie Stellen der zwei Benzolkerne verteilt, was immerhin noch 26 Isomere zuläßt. Die Wahl zwischen diesen wurde durch die Synthese getroffen, gestützt auf folgende Überlegungen. Zunächst hatte HARRINGTON beobachtet, daß eine für Thyroxin von KENDALL gefundene Farbreaktion allgemein von Orthodijodphenolen gegeben wird; dann gab das Thyroxin in der Kalischmelze Andeutungen der Bildung eines Pyrogallolderivats. Also konnte man schon die Haftstellen zweier Jodatome im phenolischen Kern vermuten. Daß die anderen zwei aber am „inneren“ Benzolkern an entsprechenden Stellen hafteten, schien wahrscheinlich mit Hinblick auf die Jodgorgosäure, ein Dijodtyrosin, welches in Schwämmen und Weichkorallen vorkommt. In diesem Falle könnte man sich das Thyroxin aus zwei Molekülen Dijodtyrosin entstanden denken, von denen das eine seine Seitenkette verloren hatte.

Es wurde also eine solche Verbindung synthetisiert.

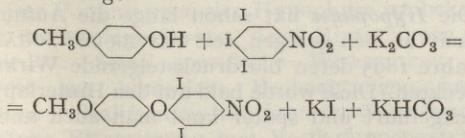
Sie erwies sich als identisch mit dem Thyroxin, und damit war die Struktur des Hormons endgültig festgelegt.



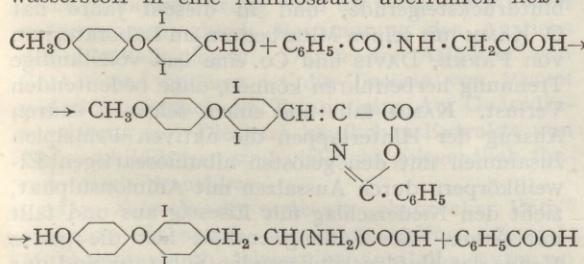
Die direkte Einführung von Jod in das Desjodothyroxin war nur beim phenolischen Benzolkern möglich. Im inneren Kern versagte auch die indirekte Einführung, etwa durch die SANDMEYERSche Reaktion. Es blieb also nichts übrig als von



einer Verbindung auszugehen, welche schon die zwei inneren Jodatome an Ort und Stelle trug. Es gelang nicht, Orthodijodphenole zu Diphenyläther zu kondensieren, und deshalb wurde eine Trijodverbindung herangezogen. Dann mußte die Bildung des Diphenyläthers so erleichtert werden, daß sie bei niederer Temperatur verläuft, weil sonst Jod an unerwünschten Stellen abgespalten wird. Diese zwei Überlegungen führten schließlich zur Anwendung des 3:4:5-Trijodnitrobenzols, worin die Nitrogruppe das Parajodatom beweglich macht, so daß die Kondensation mit Hydrochinon-monomethyläther schon im siedendem Methyläthylketon quantitativ verläuft, nach folgender Gleichung:



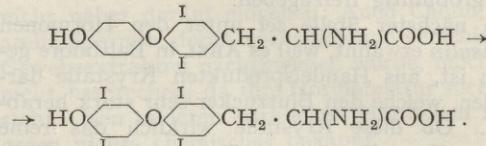
Die Nitrogruppe wurde zunächst gegen Wasserstoff ausgetauscht, aber leider ließ sich dann keine Aldehydgruppe mehr einführen. Die GATTERMANNSCHE Reaktion, welche bei der Darstellung des Desjodothyroxins mit Erfolg angewandt worden war, versagte bei der jodierten Verbindung völlig. Wir waren also wieder auf einen Umweg angewiesen. Durch Reduktion und Diazotierung gewannen wir das Cyanid, woraus über die Säure der Aldehyd in ganz geringer Menge erhalten werden könnte, später viel besser direkt aus dem Cyanid nach einer neuen, sehr brauchbaren Reaktion von STEPHEN. Mit dem Aldehyd war der Weg zur ERLENMEYERSCHEN Synthese gebahnt; dieser Körper wurde mit Hippursäure zu einem Azlakton kondensiert, welches sich mittels Jodwasserstoff in eine Aminosäure überführen ließ:



Anfangs war die Ausbeute schlecht; schließlich ließ sie sich auf mehr als 80 % steigern durch Zusage von Acetanhydrid. Selbstverständlich muß bei einer so langen Synthese, welche hier etwa 10 Etappen umfaßt, bei jeder Reaktion auf die Ausbeute achten. Beispielsweise wäre ohne der oben erwähnten Verbesserung das synthetische Thyroxin teurer gewesen als das natürliche, nach dem neuen Verfahren von HARRINGTON gewonnene. Jetzt kostet das synthetische nur etwa halb so viel, etwa 50 RM. pro Gramm. Die Gesamtausbeute war anfangs etwa 5 % der Theorie (auf p-Nitroanilin, das Ausgangsmaterial für die Darstellung des Triiodnitrobenzols, berechnet).

Mit weiterer Erfahrung und besonderer Sorgfalt ließ sie sich neuerdings auf fast 10 % der Theorie steigern.

Durch die ERLMAYERSCHE Methode war also eine Aminosäure mit zwei Jodatomen erhalten; die anderen zwei ließen sich in den phenolischen Benzolkern durch Jodstickstoff einführen.



Wir waren uns sofort klar darüber, daß die letzte Verbindung mit dem natürlichen Thyroxin identisch ist, was mein Kollege MURRAY LYON in Edinburgh alsbald durch die klinische Prüfung bestätigte. Er fand nämlich, daß das synthetische Produkt den Grundumsatz bei Myxödem quantitativ ebensoviel erhöht wie das Schilddrüsenthyroxin. An Kaulquappen ist die Wirkung ebenfalls die gleiche, wie besonders von GADDUM gezeigt wurde.

Wir müssen aber bedenken, daß sowohl das aus Schilddrüsen hergestellte Thyroxin, wie das synthetische, Razemkörper sind, während im Thyreoglobulin der Schilddrüse das Thyroxin wahrscheinlich in optisch aktiver Form vorliegt. Bei den Darstellungsmethoden von KENDALL und von HARINGTON, welche beide auf alkalische Hydrolyse beruhen, wird es aber razemisiert. Nun hat sich bekanntlich zwischen den Antipoden des Adrenalin ein sehr großer Unterschied an Wirksamkeit ergeben, und deshalb hat HARINGTON neuerdings auch die zwei optisch aktiven Thyroxine dargestellt. Zur direkten Aufspaltung sind die Salze des Thyroxins mit vier Jodatomen gar zu wenig löslich, aber HARINGTON gelangte auf einem Umwege zum Ziel. Die unmittelbare Vorstufe des Thyroxins, die Aminosäure mit nur zwei Jodatomen, gibt löslichere Derivate. Das α -Phenyläthylaminsalz der Formylverbindung wurde gespalten, und durch Jodierung der Antipoden gelangte HARINGTON zum l- und d-Thyroxin mit ziemlich geringen, entgegengesetzten Drehungen. An Kaulquappen ist ersteres ungefähr dreimal so wirksam als letzteres.

Ich lege Wert darauf, bei dieser Gelegenheit klarzustellen, daß man die Konstitutionsermittlung des Thyroxins fast ausschließlich meinem Schüler Dr. C. R. HARRINGTON verdankt. Zwar haben er und ich die Synthese gemeinschaftlich veröffentlicht, aber mein Anteil daran war ein recht bescheidenes. Es freut mich besonders, daß es Dr. HARRINGTON in diesen Tagen möglich gewesen ist, nach Hamburg zu kommen und an der Naturforscherversammlung teilzunehmen. Weiter möchte ich erwähnen, daß auch Dr. H. D. DAKIN in New York mit sehr geringen Mengen von käuflichem Thyroxin eine Einsicht in die Struktur bekommen hatte; er erhielt nämlich aus

dem Thyroxin durch Erhitzen mit Jodwasserstoff-säure. Tyrosin und hatte darüber schon eine vorläufige Notiz an das *Journal of Biological Chemistry* gesandt, als ich ihm HARINGTONS vollständigere Resultate vor deren Veröffentlichung brieflich mitteilte. Darauf zog DAKIN seine Notiz zurück um das Arbeitsgebiet dem jüngeren For-scher großmütig freizugeben.

An nächster Stelle sei unter den Hormonen das *Insulin* erwähnt, weil es ABEL in Baltimore gelungen ist, aus Handelsprodukten Krystalle darzustellen, welche den Blutzucker sehr stark herab-setzen. Ob diese Krystalle wirklich das reine Hormon darstellen, ist viel umstritten. ABEL selbst hat die Möglichkeit erörtert, daß sie ihre Wirksamkeit kleinen Mengen einer adsorbierten hochaktiven Substanz verdanken, „von fast unglaublicher Wirksamkeit“, wie er schreibt.

Erfahrungen mit Hypophysepräparaten, mit Vitaminen und mit anderen hochaktiven Substanzen mahnen hier zur Vorsicht, und ich muß gestehen, daß es mir anfangs sehr fraglich erschien, ob das krystallisierte Insulin einheitlich sei, umso mehr, als das Umkrystallisieren nur aus Wasser gelingt bei einer genau bestimmten Wasserstoff-ionenkonzentration. Das Umkrystallisieren erfolgt also unter genau denselben Bedingungen wie die ursprüngliche Krystallisation. Lag bei der ersten Krystallisation eine Adsorption vor, so blieben die Bedingungen für die Adsorption auch bei dem Umkrystallisieren bestehen. Seitdem habe ich aber in ABELS Laboratorium eine ganze Anzahl Präparate von krystallisiertem Insulin gesehen, und ich möchte betonen, daß sie auf mich einen viel besseren Eindruck machten als die veröffentlichte Mikrophotographie. Wenn es sich nicht um eine so wirksame Substanz handelte, würden die meisten organischen Chemiker, glaube ich, eine so gut krystallisierte Verbindung als einheitlich be-trachten.

Jedenfalls ist der Körper recht kompliziert; der geringe Schwefelgehalt verlangt ein Äquivalentgewicht von etwa 1000. Neuere Unter-suchungen von ABELS Schülern DU VIGNEAUD, JENSEN und WINTERSTEINER haben gezeigt, daß die Hydrolyse der Krystalle eine ganze Anzahl Aminosäuren liefert, einige in kleiner Menge, so daß das Molargewicht wohl mindestens auf 6000 zu veranschlagen ist. Ein hohes Molargewicht ent-spricht übrigens auch dem, was man aus den Löslichkeitsverhältnissen und aus dem sonstigen Verhalten weniger reiner amorpher Insulinpräparate schon geschlossen hatte. Das Insulin ist eiweißartig, wohl eine Albumose, und wird durch eiweiß-spaltende Enzyme, durch Säuren und besonders durch Alkalien leicht zerstört. Dennoch haben FREUDENBERG und DIRSCHERL es durch schonende Acetylierung inaktivieren und dann durch sehr verdünnte Kalialauge bei 0° wieder regenerieren können. Sie glauben, daß eine Hydroxylgruppe acetyliert wird. Das Insulin ist bekanntlich sehr leicht adsorbierbar; so wurde seine Adsorption

an einen in seiner Lösung erzeugten Niederschlag von Benzoesäure schon früher zur Anreicherung benutzt. Ein sachliches Argument gegen der Einheitlichkeit des ABELSchen Insulins ist der Umstand, daß Fräulein DINGEMANSE im Laborato-rium von Prof. E. LAQUEUR in Amsterdam über die Darstellung eines amorphen Insulins berichtet hat, das etwa dreimal so wirksam sein soll als die ABELSchen Krystalle. Das Präparat wurde dar-gestellt durch wiederholte Adsorption an Tier-kohle, von welcher es jedesmal mit Phenol weg-gelöst wurde. In letzterer Zeit hat man in ABELS Laboratorium die Krystalle an Kohle adsorbiert und das Produkt wieder krystallisieren können ohne aber ihre Wirksamkeit zu ändern.

Die *Hypophyse* hat schon lange die Aufmerk-samkeit an sich gezogen, seit OLIVER und SCHÄFER im Jahre 1895 deren blutdrucksteigernde Wirkung entdeckten. Diese wurde bald auf den Hinterlappen zurückgeführt und später fand man auch andere Wirkungen des Hinterlappens, wie die antidiu-retische bei Diabetes insipidus und die von DALE entdeckte Uteruswirkung, wodurch die Hypo-physe therapeutisch wichtig wurde. Es hat dann auch nicht an Versuchen zur Isolierung der wirk-samen Substanzen gefehlt, die aber wegen deren großer Unbeständigkeit und Adsorbierbarkeit so-wie wegen der Kostspieligkeit des Ausgangs-materials, immer gescheitert sind. Man war nicht einmal darüber einig, ob eine oder mehrere Substanzen vorhanden seien. Die „unitarische“ Auf-fassung, welche besonders von ABEL vertreten wurde, scheint mir jetzt aber völlig widerlegt. Es wurde schon von DUDLEY und von SCHLAPP, dann neuerdings von DRAPER gezeigt, daß das uterus-erregende Prinzip sich leichter durch Butylalkohol aus wässriger Lösung extrakieren läßt als das blutdrucksteigernde, und in diesem Jahre hat O. KAMM mit seinen Mitarbeitern im Laboratorium von PARKE, DAVIS und Co. eine fast vollständige Trennung herbeiführen können, ohne bedeutenden Verlust. KAMM fällt aus einem schwach sauren Auszug der Hinterlappen die aktiven Prinzipien zusammen mit den gelösten albumoseartigen Ei-weißkörpern durch Aussalzen mit Ammoniumsulphat, zieht den Niederschlag mit Eisessig aus und fällt mit Äther. Die Fällung enthält fast die ganze Menge der blutdrucksteigernden Substanz und nur einige Prozente der uteruswirksamen. Im Filtrat läßt sich letztere durch Petroläther fällen und ist dann von nur geringen Mengen des pressorischen Prinzips begleitet. Durch wiederholtes frak-tionierte Umfällen gelang eine weitere Steigerung der Wirksamkeit. Das pressorische Prinzip wurde so 80 mal so wirksam erhalten als die internationale Standardhypophysensubstanz, das uteruserregende etwa 150 mal. Es scheint, daß die antidiuretische Substanz mit der pressorischen identisch ist. Durch diese schonende Fällung mit indifferenten Lösungs-mitteln wird die Totalwirksamkeit fast ganz über zwei Präparate verteilt, welche als Vasopressin und Oxytocin in den Handel kommen sollen. Kli-

nisch wurde bei Diabetes insipidus nur ersteres wirksam gefunden.

Wir wissen indessen kaum etwas über die chemische Natur dieser Substanzen. Man nimmt meistens an, daß wenigstens die uterusrwirksame Substanz, welche besonders von ABEL in hochaktiver Form dargestellt wurde, ein Polypeptid sei, weil sie durch Trypsin (auch lipasefreies) zerstört wird. Sie ist aber nicht so hochmolekular wie das Insulin. KAMM schließt aus dem Umstand, daß die zwei Hinterlappenprinzipien etwa halb so schnell diffundieren als das Adrenalin auf ein viermal größeres Molargewicht, etwa 600. Er nimmt weiter an, daß beide wirksame Substanzen Basen seien.

Der Vorderlappen der Hypophyse ist bekanntlich embryologisch von dem Hinterlappen verschieden. Seine spezifische Wirksamkeit ging zuerst aus klinischen Beobachtungen hervor. EVANS in Kalifornien hat dann durch andauernde tägliche Einspritzung von Vorderlappenextrakten wahren Riesenwuchs bei Ratten erzeugen können; zugleich wird der Östrus gehemmt.

Aus den Versuchen von EVANS geht hervor, daß der Hypophysenvorderlappen zwei wirksame Substanzen enthält, welche hochmolekular sind und viel zersetzlicher erscheinen als die meisten Hormone. In neuester Zeit haben ASCHHEIM und ZONDEK über die Anwesenheit eines Hypophysenvorderlappenhormons im Harn berichtet, und darauf eine Schwangerschaftsdiagnose gegründet.

Das aktive Prinzip der *Epithelkörper* oder *Nebenschilddrüsen* ist hauptsächlich in Amerika untersucht worden, in erster Linie von COLLIP. Es besitzt wie Insulin albumoseartige Eigenschaften, und läßt sich wie dieses, durch Fällung beim isoelektrischen Punkt einigermaßen reinigen. Seine Standardisierung wird an normalen Hunden vorgenommen durch Bestimmung des Anstiegs des Blutkalkspiegels. Durch die Arbeiten von COLLIP und anderen ist die Theorie von PATON widerlegt, wonach die Tetanie eine Art Guanidinvergiftung sei. Die jetzt käuflichen Extrakte von Nebenschilddrüsen sind vielleicht gelegentlich therapeutisch brauchbar.

Das *Sekretin*, die erste als „chemischer Bote“ erkannte Substanz, wurde neuerdings von J. MELLANBY durch Adsorption an Gallensäuren so weitgehend gereinigt, daß Bruchteile eines Milligramms eine mächtige Sekretion von Pankreasaff hervorrufen, ohne den Blutdruck zu erniedrigen, wie es die ursprünglichen Präparate taten. MELLANBY nimmt an, daß das Sekretin durch den sauren Mageninhalt nicht chemisch aus einer Muttersubstanz freigemacht wird, wie BAYLISS und STARLING glaubten, sondern einfach eluiert wird. Das Sekretin von MELLANBY ist noch nicht einheitlich

und hat Albumosenatur, wie Insulin und das Hormon der Nebenschilddrüse.

Der Vollständigkeit halber erwähne ich noch das *Ovarialhormon*, das in einer Sonderklasse zu stehen scheint, weil es destillierbar und stickstofffrei sein soll. Da über dieses Thema von berufener Seite Sonderreferate folgen sollen, will ich jetzt nicht näher darauf eingehen: Auch Cholin, Histamin, Spermin, deren Vorkommen in verschiedenen Gewebsextrakten nachgewiesen wurde, möchte ich nicht besprechen, da ihre Hormonnatur nicht feststeht. Von anderen wirklichen Hormonen ist dagegen nichts chemisches bekannt.

Nur möchte ich schließlich noch eine Substanz erwähnen, die man wahrscheinlich auch zu den Hormonen rechnen muß und die in neuester Zeit zu großer therapeutischer Bedeutung gelangt ist. Es wurde vor einigen Jahren von MINOT in Boston festgestellt, daß die perniziöse Anämie sich durch Verabreichung größerer Mengen *Leber* (und auch Niere) sehr günstig beeinflussen läßt. Diese Wirkung röhrt von einer anscheinend spezifischen Substanz her, welche man bis jetzt nur in ganz unreiner Form hat darstellen können. Sie wurde am eingehendsten von COHN in Boston untersucht. Ihre Wirkung ist am schnellsten dadurch zu erkennen, daß die Zahl der jungen roten Blutkörperchen, die sog. Retikulocyten, von etwa dem fünften bis zehnten Tag der Behandlung schnell ansteigt.

Dann werden diese Retikulocyten allmählich in gewöhnliche Erythrocyten verwandelt, deren Anzahl nach mehrmonatlicher Behandlung auf die Norm steigt. Die Andeutungen sind, daß man hier mit einer relativ einfachen Base zu tun hat, in absolutem Alkohol unlöslich, fällbar durch Quecksilberacetat, aber nicht durch Silbernitrat. Gerade der Umstand, daß Patienten sich ohne Gefahr selbst durch reichlichen Lebergenuß behandeln können, hat ihre Zahl so sehr herabgesetzt, daß die Forschung dadurch gehemmt wird. Natürlich ist es ziemlich umständlich, sich über die Wirkung verschiedener Fraktionen klinisch zu orientieren und eine Laboratoriumsmethode wäre willkommen; vielleicht läßt sich eine solche finden durch die Verfolgung der Blutbildung im Hühnerei. Hier scheinen die segenreichen Erfolge von MINOTS Entdeckung ganz festzustehen, aber ihre wissenschaftliche Erklärung steht noch aus.

Ich habe versucht, in der mir zur Verfügung stehenden Zeit, Ihnen eine möglichst vollständige Übersicht über das chemisch bekannte aus dem Gebiet der Hormone zu geben. Ich danke Ihnen für die Aufmerksamkeit, die Sie mir geschenkt haben, und dem Vorstand für die ehrenvolle Einladung, die er an mich hat ergehen lassen.

Weibliche Sexualhormone.

Von BERNHARD ZONDEK, Berlin.

Bei der Fülle des vorliegenden Materials wird es in der Kürze der mir zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich sein, Ihnen ein erschöpfendes Referat zu erstatten, einige sehr interessante Details überhaupt zu erwähnen. Ich will mich bemühen, mein Referat nach zwei Gesichtspunkten zu erstatten: 1. das hervorzuheben, was mir wichtig zu sein scheint in allgemein naturwissenschaftlicher Hinsicht und 2. das zu betonen, was in praktisch-ärztlicher Hinsicht bemerkenswert ist. Dabei muß ich im voraus um Entschuldigung bitten, wenn es mir nicht möglich ist, die Namen aller Autoren zu nennen, die sich besonders in den letzten Jahren mit so wichtigen Nachuntersuchungen beschäftigt haben. Mit den Wirkstoffen des Eierstocks, mit dem weiblichen Sexualhormon hat man sich systematisch seit dem Jahre 1911 beschäftigt. ISCOVESCO und FELLNER und alle Autoren nach ihnen bedienten sich als Testwirkung der wachstumssteigernden Wirkung des Uterus infantiler Kaninchen. Wohl konnten mit dieser Methode schon grundlegende Tatsachen festgestellt werden, aber die Wachstumssteigerung des Uterus allein ist, wie ich experimentell zeigen konnte, als Testobjekt nicht ausreichend, weil das Wachstum des Uterus nicht nur von hormonalem, sondern auch von exogenen Faktoren abhängig ist. Es war daher ein großes Verdienst der amerikanischen Autoren STOCKARD und PAPANICOLAOU, LONG und EVANS, sowie ALLEN, in der Scheidenbrunstreaktion der Nagetiere ein neues Testobjekt für das weibliche Sexualhormon gefunden zu haben. Wohl waren die rhythmischen vaginalen Auf- und Abbauvorgänge und deren Abhängigkeit von der Eierstocksfunction bei den Nagern schon vorher bekannt. Die Franzosen LATASTE, MOREAU sowie RETTERER haben sie schon in den neunziger Jahren beschrieben. Ich sehe das Hauptverdienst der Amerikaner aber darin, erkannt zu haben, daß nicht nur das Scheidenepithel, sondern auch das von der Scheide abgesonderte Sekret am ovariellen Rhythmus beteiligt ist, so daß man nur einen Scheidenabstrich zu machen braucht, um damit ein Spiegelbild der Ovarialfunktion zu erhalten.

Die Erforschung eines Hormons steht und fällt mit dem Testobjekt, mit der Einfachheit und Exaktheit des Testobjektes. Daß das Testobjekt einfach ist, habe ich schon gesagt. Man braucht nur einen Scheidenabstrich zu machen, diesen zu fixieren und zu färben, um über die Sexualfunktion orientiert zu sein. Daß das Testobjekt auch exakt ist, kann ich hier bestätigen, nachdem wir selbst Hunderttausende von Einzeluntersuchungen im Laufe der Jahre gemacht haben. Die morphologischen Grundlagen des Testobjektes sind folgende: Die Brunst ist durch einen Aufbau charakterisiert, durch einen Aufbau der Uterusschleimhaut, bei den Nagetieren — und das ist das Wichtige — auch durch einen Aufbau der Scheidenschleimhaut. In der Brunst sehen wir in der Scheide auf der

Basalzellenschicht aufgebaut 10—12 Reihen polygonaler Zellen, deren oberste Lagen verhornt sind. Diese verhornten Zellen stoßen sich in das Scheidenlumen ab, so daß wir im Scheidensekret des brüinstigen Nagetieres eine Menge kernloser, scharfrandiger, mit Eosin gut färbarer scholliger Gebilde finden, weshalb wir dieses Stadium als das Schollenstadium bezeichnet haben. Ruht die Sexualfunktion — zwischen zwei Brunstphasen (Dioestrus) — oder fehlt die Sexualfunktion (Kastration), so kommt es niemals zum Aufbau der Scheidenschleimhaut. Jetzt enthält die Scheide auf den Basalzellen nur eine Schleimzellenschicht, jetzt finden wir im Sekret im wesentlichen Schleim, vermischt mit Leukocyten und einigen Epithelien. Will man einen Stoff als weibliches Sexualhormon identifizieren, dann muß er imstande sein, den Aufbau der Scheidenschleimhaut bis zur Verhornung auszulösen und das Schleimsekret in das Schollensekret umzuwandeln. Diejenige Hormonmenge, die ausreicht, um diese biologischen Reaktionen bei der kastrierten Maus oder Ratte auszulösen, nennt man eine Mäuse- bzw. eine Rattenheit.

Will man ein Gewebe auf Sexualhormon untersuchen, so muß man aus dem Gewebe ein Extrakt herstellen und dieses der kastrierten Maus oder Ratte injizieren. Diese Methode ist aber nicht ausreichend, wenn es gilt feinere Gewebsuntersuchungen zu machen, wenn es gilt, z. B. Zellgruppen im Ovarium auf ihren Hormongehalt zu untersuchen. In Gemeinschaft mit Herrn ASCHHEIM bin ich nun folgendermaßen vorgegangen: Wir haben das zu untersuchende Gewebe in die einzelnen Gewebschichten zerlegt und dann kleine Gewebsstücke in die Oberschenkelmuskulatur der kastrierten Maus implantiert. Wir machen, das sei besonders unterstrichen, eine Implantation, nicht, wie man fälschlich in der Literatur von uns gesagt hat, eine Transplantation. Wir wollen nicht, daß das implantierte Gewebe funktionell einheilt, im Gegenteil, das körperfremde Gewebe soll möglichst schnell zerfallen, damit das Hormon frei wird und die Maus das Hormon sich selbst extrahiert. Wollen wir z. B. die Follikelwand auf den Hormongehalt prüfen, so zerlegen wir sie in vier Teile. Teil 1 wird der kastrierten Maus implantiert, Teil 2 wird morphologisch untersucht, Teil 3 histochemisch und der Rest des Gewebes bleibt der chemischen Extraktion überlassen. Auf diese Weise können wir die hormonal-funktionelle mit der morphologischen, histochemischen und chemischen Untersuchung verbinden und dadurch die Hormonforschung der Spekulation entheben.

Zunächst interessiert folgende Frage: Wie ist die Lokalisation und die Produktion des Hormons im Ovarium selbst, vor allem im menschlichen Ovarium? Wir untersuchten die einzelnen Gewebsanteile des menschlichen Eierstocks, der uns bei

unseren WERTHEIMSchen Operationen zur Genüge frisch zur Verfügung steht, und kamen zusammenfassend zu folgendem Ergebnis: Das Hormon befindet sich nicht im Keimepithel, nicht im Stroma des Ovariums, wohl aber kann es regelmäßig im follikulären Apparat nachgewiesen werden. Im Postmenstrum ist das Hormon in dem wachsenden Follikel erst in *statu nascendi*, im Intervall aber finden wir das Hormon im reifenden Follikel, und zwar sowohl in der Follikelwand wie in dem von der Wand abgesonderten Follikelsaft. Beim Follikelsprung wird der hormonhaltige Follikelsaft in die Bauchhöhle entleert, daneben findet aber die Hauptsekretion auf dem hämatogenen Wege statt, nachdem der Follikel vascularisiert ist. In der prägraviden Phase ist der gelbe Körper der Träger des Hormons. Jetzt ist die Konzentration des Hormons im menschlichen Ovarium am stärksten. Entledigt sich der Organismus des Hormons, fällt der Reiz auf die Uterusschleimhaut fort, dann bricht die zwecklos aufgebaute Schleimhaut zusammen und der Uterus entledigt sich ihrer durch eine Blutung. Diese Blutung ist die Menstruation. So finden wir denn auch nach der Menstruation im Corpus luteum postmenstruale niemals mehr Hormon.

Aus diesen Untersuchungen lernen wir dreierlei: 1. daß das Hormon in seiner Produktion im Ovarium streng gebunden ist an den follikulären Apparat; 2. daß die Hormonproduktion cyclisch erfolgt; 3. daß sie in quantitativ steigendem Maße erfolgt. Mensch und Tier verhalten sich hierbei nicht in jeder Beziehung identisch. Wohl konnte im Follikelsaft aller bisher untersuchten Säugetiere das Hormon nachgewiesen werden, im gelben Körper der Tiere ist es aber weder von ALLEN und DOISY, noch von uns selbst, sowie KAUFMANN und GUTHMANN gefunden worden.

Das weibliche Sexualhormon dient dem Aufbau der Uterusschleimhaut. Der Aufbau der Uterusschleimhaut dient der Einnistung des befruchteten Eies. Wie ist nun die Hormonfunktion, wenn das Ei befruchtet ist, in dieser Höchstphase der weiblichen Sexualfunktion, in der Schwangerschaft? — Grundlegend verändert, qualitativ und quantitativ. Qualitativ, denn wir finden das Hormon jetzt nicht nur im gelben Körper, sondern wir konnten es auch, wie niemals außerhalb der Schwangerschaft, in der Ovarialrinde nachweisen, und zwar in den theca-zellreichen, atresierenden Follikeln der Rinde. Ferner finden wir das Hormon jetzt auch in den fetalen Teilen, und zwar, wie wir schon seit FELLNER, HERRMANN, ADLER und ASCHNER wissen, in großen Mengen in der Placenta. Noch immer ist experimentell nicht sichergestellt, ob die Placenta nur eine Sammelstelle oder auch eine Produktionsstätte des Hormons ist. Nach unseren eigenen Untersuchungen möchte uns scheinen, daß die Placenta auch das Hormon produziert, was für die HALBANSche Auffassung spricht, daß die Placenta eine Stätte eigener innerer Sekretion sei. — Quantitativ verändert, denn wir finden das zirkulierende

Blut jetzt überschwemmt mit Hormon, so daß man schon durch Injektion von 2 ccm Schwangerenserum die Hormonreaktion an der kastrierten Maus auslösen kann, wie dies zuerst R. T. FRANK in New York, dann FELS und wir haben nachweisen können. Das weibliche Sexualhormon ist ein Aufbauhormon für die Schwangerschaft. Wie immer, wenn es sich um die Fortpflanzung handelt, arbeitet der Körper mit Luxus, mit Überproduktion. So konnten ASCHHEIM und ich nachweisen, daß das für die Schwangerschaft gebildete, aber vom schwangeren Organismus nicht verwertete Sexualhormon fast während der ganzen Dauer der Schwangerschaft in großen Mengen im Harn ausgeschieden wird. Wir finden pro Liter Harn in den letzten Schwangerschaftsmonaten 10 000, manchmal sogar 20 000 Mäuseeinheiten Hormon. Diese Massenausscheidung im Harn ist nicht nur von biologischer, sondern auch von großer praktischer Bedeutung; denn wir besitzen nunmehr im Schwangerenharn ein eiweißfreies, leicht zugängliches, billiges Ausgangsmaterial zur Darsellung des Hormons, vor allem aber zum Studium der chemischen Eigenschaften des Hormons. Seit ASCHHEIM und ich vor 1½ Jahren diese Harnbefunde publizierten, wurde der Schwangerenharn, der bis dahin ein unbeachteter Stoff war, eine in Frauenkliniken sehr beliebte und geschätzte Flüssigkeit.

Im Gegensatz zu den anderen Hormonen hielt man das weibliche Sexualhormon für einen Fettkörper, löslich in Lipoidlösungsmittern, aber unlöslich in Wasser. Diese Unlöslichkeit in Wasser verhinderte die klinische Verwendung. Die histochemischen Befunde des Vorkommens von Lipoiden, gerade im gelben Körper der Blüte, also einer funktionellen Hochphase des Ovariums, unterstützten die anschauung der Lipoidnatur des Hormons. Nun haben unsere vergleichend funktionell-morphologischen Untersuchungen uns folgendes gelehrt: Wir implantierten Corpora lutea des Menschen aus verschiedenen funktionellen Phasen. Sie waren in ihrem Lipoidgehalt sehr ähnlich, im Hormongehalt erwiesen sie sich uns völlig different. Daraus mußten wir schließen, daß Hormon und Fettgehalt nicht einander identisch sind, auch nicht parallel gehen, daß der nachweisbare Fettgehalt garnichts über die Hormonkonzentration aussagt. Wohl — so mußten wir weiter schließen — bedient sich der Körper des Fettes zur Konzentration des Hormons, aber das Hormon selbst kann nur an das Lipoid gekettet sein.

Ich hebe diese Untersuchungen hervor, weil sie uns den Weg gewiesen haben, der in der chemischen Darstellung des Hormons weitergeführt hat. Wenn das Hormon nur an das Lipoid gekettet ist, dann mußte versucht werden, das Hormon aus dem Lipoid frei zu machen, um es in Lösung überzuführen. Die unter diesem Gesichtspunkt in Gemeinschaft mit BRAHN ausgeführten chemischen Untersuchungen bestätigten diese Annahme. Es gelang uns, das Hormon aus dem Lipoid frei zu machen, in wasserlöslicher Form darzustellen und

damit dem klinischen Gebrauch zugänglich zu machen. In der Literatur hat sich eine lebhafte Diskussion entwickelt, ob und wie weit man das Hormon als wasserlöslich bezeichnen kann. FELLNER bestreitet noch die Löslichkeit im Wasser. Nachdem E. LAQUEUR gezeigt hat, daß das Hormon dialysabel ist, nachdem wir selbst gesehen haben, daß das TYNDALLSche Phänomen auch in konzentrierten Hormonlösungen negativ ist, nachdem ASCHHEIM und ich gezeigt haben, daß das Hormon in der Schwangerschaft in großen Mengen im Harn ausgeschieden wird und aus dem Harn leichter dialysiert als viele anderen Harnbestandteile, müssen wir die Wasserlöslichkeit annehmen. Unsere Befunde sind von BIEDL, STEINACH, HEYN, BROUHA und SIMMONET bestätigt worden. Ich habe das wasserlösliche Hormon nach seinem Entstehungsort im follikulären Apparat des Ovariums „Folliculin“ genannt und unter dieser Bezeichnung dürfte es Ihnen bekannt sein.

Über die Darstellung des Folliculins aus den verschiedenen Ausgangsstoffen, aus Follikelsaft, Placenta und dem Harn der Schwangeren habe ich im Laufe der letzten Jahre ausführlich berichtet. Heute kann ich hinzufügen, daß es mir in Gemeinschaft mit van EWEYK nach einem neuartigen Verfahren gelungen ist, das Hormon weitgehend zu konzentrieren, so daß in 1 ccm Wasser ohne Schwierigkeiten 5000 Mäuseeinheiten Hormon gelöst werden können. Ich glaube, daß man erst durch diese Konzentrationen, die zweifellos noch weiter gesteigert werden können, in der Erforschung der Chemie des Hormons wird weiter kommen können. Zur Bezeichnung des Hormons sei betont, daß die Franzosen COURRIER sowie BROUHA und SIMMONET den Namen „Folliculin“ beibehalten, während andere Autoren andere Bezeichnungen eingeführt haben. So hat FELLNER, der als erster das Hormon in einem Lipoideextrakt dargestellt hat, das Hormon „feminines Sexuallipoid“ genannt. LAQUEUR nennt das Hormon „Menformon“ BIEDL „Hormovar“, LOEWE „Thelykinin“, PARKES „Oestrin“, STEINACH „Progynon“.

Kommt das Hormon auch außerhalb des weiblichen Organismus vor? Diese Frage ist zu bejahen. So wie andere Hormone, z. B. Insulin, ist auch das weibliche Sexualhormon in Pflanzen gefunden worden. Wir wissen dies durch die Untersuchungen von LOEWE sowie POLL, DOHRN, BLOOTEGOEL und FAURE. POLL und seine Mitarbeiter konnten zeigen, daß man mit den aus Pflanzen (z. B. Hefe) gewonnenen Lipoidextrakten nicht nur die Scheidenbrunstreaktion auslösen, sondern daß man auch eine Vermehrung der chrombraunen Zellen des Ganglion cervicale herbeiführen kann, eine sehr interessante sexualphysiologische Reaktion. Man kann das weibliche Sexualhormon aber auch nicht streng geschlechtsspezifisch nennen, da das Hormon, wenn auch in geringen Mengen, im männlichen Organismus vorkommt, was für die STEINACHSche Auffassung von der doppelten Keimdrüsenwirkung spricht. So hat schon FELL-

NER das Hormon im Hoden nachweisen können, und jüngst haben HIRSCH und LAQUEUR das Hormon im zirkulierenden Blut und im Harn in geringen Mengen gefunden. Und dabei hat das weibliche Sexualhormon eine merkwürdige Eigenschaft, es kommt im männlichen Organismus vor und wirkt antimaskulin! Injiziert man das Hormon einem männlichen Tier, so wirkt es rückbildung auf die Hoden und die sexuellen Anhangsorgane, was wir in allen Einzelheiten schon aus den Arbeiten von HERRMANN und MARIANNE STEIN wissen. Die Befunde sind neuerdings von LAQUEUR und STEINACH bestätigt worden. Hierbei sei aber betont, daß LOEWE die antimaskuline Wirkung nicht auf das Hormon, sondern auf verunreinigende Beigleitstoffe der Hormonlösungen zurückführt.

Nun eine praktisch-klinisch wichtige Frage: Ist der Brunststoff, ist das Folliculin mit dem im menschlichen Eierstock produzierten Hormon identisch? Als Kliniker können wir uns nicht damit begnügen, einen Stoff zu besitzen, der kastrierte Mäuse brünnig macht. Nun ist folgendes schon auffallend: Das Folliculin hat genau dieselbe biologische Wirkung wie der menschliche Follikelsaft. Durch Implantation von menschlichem Corpus luteum erzielen wir dieselbe Wirkung wie durch Injektion von Folliculin. Also schon weitgehende Analogie. Trotzdem war erst der klinische Beweis von der Wirksamkeit des Hormons beim Menschen zu erbringen. Bei klinischen Untersuchungen spielt die subjektive Anschauung eine nicht unbedeutliche Rolle. Es gibt meines Erachtens nur eine objektive Prüfung für die Wirkung des weiblichen Sexualhormons, es gibt, nur ein klinisches Testobjekt, das ist, wie ADLER zeigte, der Aufbau der Uterusschleimhaut in einem kastrierten Organismus. Es mußte also der Beweis erbracht werden, daß man bei einer Frau, die einen Uterus, aber keine Ovarien hat, den Schleimhautaufbau auslösen kann. Ich selbst konnte bei einer Patientin, der ich zwei Jahre zuvor beide Adnexe wegen doppelseitiger Dermoide exstirpiert mußte, durch Folliculin die Menstruation mehrmals auslösen. Ich habe mich mit der Feststellung der Blutung nicht begnügt, sondern die Schleimhaut mit der Curette entfernt und zeigen können, daß durch das Folliculin ein Aufbau der Schleimhaut bis zum Beginn der prägraviden Phase erreicht wurde. In den Schleimhautdrüsen der Kastrierten konnte unter dem Einfluß des Folliculins Glykogen nachgewiesen werden, das, wie wir aus den Untersuchungen von ASCHHEIM und WEGELIN wissen, nur in der funktionierenden Uterusschleimhaut vorkommt. Der Aufbau der menschlichen Uterusschleimhaut unter der Wirkung von Folliculin ist durch JOSEPH bestätigt worden. Erwähnen will ich noch, daß auch beim Affen die Wirkung des Hormons auf den Aufbau der Uterusschleimhaut festgestellt wurde, und zwar durch die Amerikaner PRATT und ALLEN, sowie durch EHRHARDT aus der SEITZSchen Klinik. Es konnte gezeigt werden, daß beim Maca-

cus rhesus durch die Kastration der menstruelle Zyklus aufhört, und daß wochenlang nach der Kastration die Menstruation durch das Hormon wieder ausgelöst werden konnte.

Wer praktisch die Hormontherapie treiben will, muß sich ihrer Grenzen bewußt sein. Man darf, um ein Beispiel anzuführen, nicht bei jeder Amenorrhoe reflektorisch Folliculin injizieren, da das Hormon nicht bei allen Fällen indiziert ist. Wir haben bisher gelernt, daß die Amenorrhoe auf einem Zuwenig oder Fehlen des Hormons beruht. Gestützt auf operative Klärung derartiger Fälle konnte ich vor kurzem zeigen, daß es auch eine „hyperhormonale Amenorrhöe“ gibt, d. h. eine Amenorrhoe, die durch ein Zuviel an Hormon im Organismus bedingt ist. Durch monocystische Veränderung des Ovariums kommt es zu einem Dauerstrom des Hormons, der einen Dauerreiz auf die Uterusschleimhaut ausübt, dadurch den Abbau verhindert und den Blutungstermin hinausschiebt. Bei einer derartigen Amenorrhoe ist das Folliculin natürlich kontraindiziert. Angewandt werden darf es nur bei der hypo- und ahormonalen Amenorrhoe. Die Differentialdiagnose wird, wie wir zeigen konnten, durch die Harnanalyse gestellt. Bei der hyperhormonalen Amenorrhoe wird das Hormon im Harn ausgeschieden, so daß es durch direkte Harninjektion nachweisbar ist. Dieses Beispiel möge genügen, um Ihnen zu zeigen, daß in jedem Fall nicht nur eine genaue gynäkologische, sondern auch eine exakte endokrinologische Analyse notwendig ist. Bei richtiger Auswahl der Fälle, bei exakter Diagnostik und richtiger Dosierung wird meines Erachtens auch der klinische Erfolg nicht ausbleiben.

Im Tierversuch kann man mit dem Hormon alle sexualphysiologischen Wirkungen erzielen. Das infantile Tier wird brünnig, Dauerinjektion führt zur Dauerbrunst. Die Uterusmuskulatur nimmt an Masse zu, es kommt zum Uteruswachstum mit Verdickung der Uterusschleimhaut. Beim trächtigen Tier wirkt das Hormon, wie PARKES zuerst gefunden und wir bestätigen konnten, nicht, d. h. es wird die Brunstreaktion in der Scheide nicht ausgelöst. Das Hormon wird, wie wir in bisher nicht publizierten Versuchen beweisen konnten, zum Aufbau des Fetus gebraucht. Bei höheren Hormondosen (über 10 Einheiten, wobei die Dosis von der Zahl der Feten abhängig ist) kommt es fast regelmäßig zum Abort. Das Hormon wirkt ferner anregend auf die Brustdrüse, und zwar, wie wir seit FELLNER wissen, nicht nur auf die Brustdrüse des weiblichen Tieres, sondern auch auf die des kastrierten männlichen. Diese Befunde konnten LAQUEUR und wir für das wasserlösliche Hormon bestätigen. Der Stoffwechsel wird dahin beeinflußt, daß eine geringe Steigerung des Gesamtumsatzes herbeigeführt wird.

Die Untersuchungen über das weibliche Sexualhormon führten uns zur Kenntnis eines neuen Hormons. Injiziert man einem infantilen Tier Folliculin, so wird das Tier brünnig, Dauer-

injektion führt zur Dauerbrunst. Als wir nun die Ovarien solcher künstlich in sexuelle Frühreife gebrachten Tiere untersuchten, mußten wir zu unserem Erstaunen feststellen, daß das Ovarium selbst durch das Hormon gar nicht oder nur wenig beeinflußt wird. Als wir diese Befunde immer wieder bestätigt sahen, mußten wir einsehen, daß hier ein biologisches Gesetz vorliegt; daß das Sexualhormon die Eireifung auszulösen nicht imstande ist. Der Impuls für die Ovarialfunktion liegt also nicht im Ovarium, er mußte an anderer Stelle gesucht werden. Da war es naheliegend, an die endokrinen Drüsen zu denken, die miteinander in enger funktioneller Gemeinschaft stehen. So wissen wir, daß im menstruellen Zyklus die Schilddrüse Volumenveränderungen durchmacht. Sie alle kennen das Krankheitsbild der Dystrophia adiposo-genitalis. LONG und EVANS sahen durch intraperitoneale Zuführung von Hypophysenvorderlappensubstanz allgemeines Riesengewachstum, die Uteri waren verkleinert, wobei die Ovarien eine starke Vermehrung des luteinösen Gewebes zeigten. Ich erinnere an die bekannten Versuche von ASCHNER und BIEDL, die an Hunden nach Exstirpation der ganzen Hypophyse einen Stillstand des Wachstums und Atrophie der Genitalien fanden. Bei Nebennierentumoren hat man bei ganz jungen Mädchen sexuelle Reife beobachtet. Also allerlei Beziehungen der Drüsen zum Ovarium. Hat hier nun eine Drüse eine führende Stellung? In den Jahren 1924 und 1925 machten wir Versuche. Wir injizierten alle möglichen unspezifischen Eiweißkörper, biogenen Amine, tierische und menschliche Körperflüssigkeiten, wir implantierten die verschiedenartigsten Gewebe. Niemals gelang es, durch diese unspezifischen Stoffe die Ovarialfunktion des infantilen Tieres in Gang zu bringen. Dann untersuchten wir mittels des Implantationsverfahrens die endokrinen Drüsen. Auch hierbei nur negative Resultate. Wir fanden nur eine einzige Ausnahme. Implantiert man einem infantilen Tier ein Stückchen ($1/100$ g) Hypophysenvorderlappen — der Hinterlappen ist unwirksam —, von Mensch oder Tier, aus einem männlichen oder weiblichen, aus einem jugendlichen oder alternden Organismus, so gehen in den nächsten 100 Stunden so starke Veränderungen in dem Generationsapparat des infantilen Tieres vor sich, daß man jedesmal von neuem wieder über diesen Impuls erstaunt ist. Das infantile Tier wird sexuell reif, wird brünnig. Ich habe vorhin auseinandergesetzt, daß man durch Folliculin die Brunstreaktion am infantilen Tier auslösen kann. Jetzt sage ich dasselbe vom Hypophysenvorderlappen, d. h. vom Hormon des Hypophysenvorderlappens. Besteht nun zwischen diesen beiden Hormonen ein Unterschied? — Ein ganz spezifischer. Das Vorderlappenhormon wirkt niemals in einem kastrierten Organismus, es wirkt nur, wenn das Ovarium vorhanden ist, es wirkt nur auf dem Wege über das Ovarium. Das Hypophysenvorderlappenhormon ist der Motor der Sexualfunktion, das

Vorderlappenhormon ist das allgemeine, das übergeordnete, das geschlechtsunspezifische Sexualhormon. Das Hypophysenvorderlappenhormon ist das Primäre, das Sexualhormon das Sekundäre. Das Vorderlappenhormon bringt den follikulären Apparat zur Reife und mobilisiert erst hier das Folliculin, das sekundär an den Erfolgsorganen (Uterus, Scheide) die Brust auslöst. Diese spezifische Wirkung des Vorderlappenhormons auf das Ovarium haben wir zu einem Testobjekt für das Vorderlappenhormon ausgearbeitet, wodurch es uns möglich wurde, die Bedeutung dieses Hormons für den menschlichen und tierischen Organismus zu studieren. Am Testobjekt kann man eine Trias von morphologischen und funktionellen Wirkungen feststellen und zwar: Hypophysenreaktion I: Follikelreifung, Ovulation, Brunstauslösung. Hypophysenreaktion II: Massenblutungen in erweiterter Follikel (Blutpunkte). Hypophysenreaktion III: Luteinisierung (echte Corpora lutea und Corpora lutea atretica).

An der Richtigkeit der Ergebnisse kann nicht gezweifelt werden, nachdem SMITH, ein Schüler von EVANS, ein halbes Jahr nach uns und unabhängig von uns an der Ratte zu gleichartigen Ergebnissen gekommen ist. Inzwischen sind unsere Versuche von verschiedenen Seiten nachgeprüft und bestätigt worden, so von BIEDL, FELS, MAHNERT und SIEGMUND, SCHULTZE-RHONHOF u. a.

Aus den mit unserem Testobjekt gemachten Untersuchungen möchte ich hier nur diejenigen mitteilen, die mir von allgemeiner Bedeutung zu sein scheinen.

Ich habe vorhin auseinandergesetzt, daß das weibliche Sexualhormon ein Aufbauhormon für die Schwangerschaft sei. Dies gilt in noch viel höherem Maße für das Hypophysenvorderlappenhormon. Die Schwangerschaft ist geradezu dadurch charakterisiert, daß gleich nach der Eieinbettung eine explosivartige Überschüttung des Organismus mit dem Vorderlappenhormon einsetzt, daß das Blut mit Hormon überflutet wird, so daß das Hormon schon in den ersten Tagen der Schwangerschaft in großen Mengen im Harn ausgeschieden wird. Diese Massenausscheidung des Vorderlappenhormons im Harn, die bei sonstigen funktionellen Störungen der Frau nicht vorkommt, benutzten wir zu unserer biologischen Frühdiagnostik der Schwangerschaft. Das Problem, die Schwangerschaft auf biologischem Wege zu erkennen, hat seit jeher Physiologen und Gynäkologen in gleichem Maße beschäftigt. Die meisten Methoden sind serologischer Natur; ich möchte nur die Namen von ABBERHALDEN, ferner von LÜTTGE und v. MERTZ nennen. Unsere Methode beruht auf einem neuen Prinzip. Die Reaktion wird nicht im Blut, sondern im Harn angestellt. Wir weisen nicht irgendwelche unbekannten, hypothetischen Stoffe nach, sondern unsere Methode beruht auf dem Nachweis des in jedem Organismus gebildeten, in der Schwangerschaft aber um das Vieltausendfache vermehrten Hormons des Hypo-

physenvorderlappens. Unsere Methode ist einfach. 1—2 ccm Frühurin werden, auf 6 Portionen verteilt, im Verlaufe von 48 Stunden infantilen Mäusen injiziert. Nach 100 Stunden werden die Tiere getötet, und die Wirkung des injizierten Harns auf die Ovarien festgestellt. Die Methode ist exakt, denn sie läßt dem subjektiven Ermessen des Beobachters keinen Spielraum. Sie beruht auf dem Nachweis von Blutpunkten und Corpora lutea im Ovarium, also auf dem Nachweis von neu gebildeten anatomischen Substraten! Wir haben bisher 700 Harn untersucht und hierbei eine Gesamtfehlerquelle von 2—3 % festgestellt, was wohl das Optimum für eine biologische Diagnosedarstellt. Bei klinisch schwierigen Fällen, z. B. der Differentialdiagnose zwischen erhaltener Extrauterin gravidität und Ovarialcyste, Gravidität und weichem Myom, habe ich mich bei der Operation stets von der Richtigkeit unserer Reaktion überzeugen können. Um sicher zu gehen, haben wir uns von der Universitäts-Frauenklinik in der Artilleriestraße in Blindversuchen kontrollieren lassen. Bei 46 Fällen der STOECKELSEN Klinik haben wir 45 richtige Diagnosen gestellt, nur in einem Fall konnten wir eine sichere Diagnose nicht stellen. Inzwischen ist unsere Reaktion in über 200 Fällen an anderen Frauenkliniken nachgeprüft und bestätigt worden. Dabei muß betont werden, daß die Reaktion gerade zur Frühdiagnostik besonders geeignet ist, daß man schon 5 Tage nach Ausbleiben der Menses feststellen kann, ob eine Gravidität vorliegt oder nicht. Naturwissenschaftlich interessant ist die Tatsache, daß die Reaktion nur beim Menschen und beim Affen auszulösen ist, was vielleicht auf die besondere Art der Placentation (hämochorial) zurückzuführen ist. Jedenfalls war die Reaktion bei anderen von uns untersuchten trächtigen Säugetieren negativ.

Durch die liebenswürdige Unterstützung des Berliner Zoologischen Gartens erhielten wir Harnproben von verschiedenen Affenarten. Der Harn vom Orang-Utangweibchen ergab im November vorigen Jahres eine positive Schwangerschaftsreaktion. Unsere Mitteilung, daß das Orang-Utanweibchen trächtig sei, wurde mit großer Skepsis aufgenommen, da das Tier keinerlei äußere Schwangerschaftsveränderungen erkennen ließ und Orang-Utans in unserem Klima kaum konzipieren. Eine nochmalige Harnuntersuchung im Dezember fiel wiederum positiv aus. Mitte Januar 1928 bestätigte das Orang-Utanweibchen selbst unsere Diagnose. Es brachte ein lebendes Junges zur Welt, das leider nachher gestorben ist. Wir erhielten ferner eine Harnprobe aus dem Zoologischen Garten in Dresden, wo ein Orang-Utanweibchen wegen seines dicken Leibes der Gravidität verdächtigt wurde. Unsere Reaktion fiel negativ aus. Die weitere Beobachtung ergab, daß das Tier nur einen Fettleib hatte.

Das zweite Ergebnis, das mir von allgemeiner Bedeutung zu sein scheint, ist die Darstellung des Hormons. Es war für uns naheliegend, mit

unserem Testobjekt an die Erforschung des Stoffes zu gehen, der im Hypophysenvorderlappen gebildet wird und die intensiven Reaktionen am Sexualapparat auslöst, der ferner im Harn der Schwangeren in so großen Mengen ausgeschieden wird und die Schwangerschaftsreaktion gibt. Ohne mich auf Einzelheiten einzulassen, möchte ich nur sagen, daß es uns auf dem Wege der Dialyse und der Fällung gelungen ist, das Hormon des Hypophysenvorderlappens darzustellen, und zwar in einer von störenden Verunreinigungen befreiten Trockensubstanz, die in Wasser löslich ist. Wir haben das Hormon des Hypophysenvorderlappens „Prolan“ genannt. Das Prolan erfüllt alle Forderungen, die wir nach unserer Definition an das Hypophysenvorderlappenhormon stellen in seiner Eigenschaft als übergeordnetes, allgemeines, geschlechtsunspezifisches Sexualhormon. SMITH hat schon zeigen können, daß das Vorderlappenhormon in analoger Weise wie beim weiblichen auch beim männlichen Organismus wirkt. Injiziert man das Prolan einem kastrierten Bock, so ist es unwirksam. Das Prolan wirkt eben nur, wenn Hoden vorhanden sind, es wirkt, ebenso wie es beim Ovarium der Fall ist, nur auf dem Wege über die Hoden. Injiziert man das Prolan infantilen Böcken 10—14 Tage, dann wachsen die Genitalien, der Penis und die Hoden, vor allem aber wachsen die Prostata und noch mehr die Samenblasen.

Vielgestaltiger sind die Wirkungen im weiblichen Organismus. Injiziert man das Prolan ganz jungen Tieren, so wird das Ovarium vorzeitig zur Funktion gebracht, d. h. es wird eine sexuelle Frühreife ausgelöst. Die Uterusschläuche werden vergrößert und füllen sich mit Sekret, die Follikel und die Eier reifen, der Follikel springt und die reifenden Eier gelangen bei diesen jungen Tieren in die Tuben. Daneben kommt es zur Blutung in die Follikel (Blutpunkte) und zur Bildung von echten Corpora lutea oder von gelben Körpern mit eingeschlossenem Ei (Corpora lutea atretica).

Injiziert man das Prolan alten, sexuell degenerierten Tieren, die schon monatelang nicht mehr brünnig waren, so wird das Ovarium zu neuem Leben erweckt und die Brunst tritt von jetzt an wieder rhythmisch auf. Hier haben wir also ein Hormon, das spezifisch am Sexualapparat angreift, hier können wir von einem reaktivierenden, neu belebenden Einfluß sprechen.

Injiziert man das Prolan chronisch (10—14 Tage) infantilen Tieren, so erhält man ganz ungeheure Wirkungen. Die Uteri sehen aus, als ob die Tiere trächtig sind, die Ovarien sind in geradezu monströse Gebilde umgewandelt. Gewachsen auf das 10—15fache, ist ihre Oberfläche überragt von Blutpunkten,

die umkränzt sind von einer Fülle von gelben Körpern. Die chronische Wirkung unterscheidet sich wesentlich von der akuten Wirkung. Durch die überstürzte Luteinisierung der chronischen Darreichung können wir die Ovulation geradezu verhindern, wir können also eine hormonale Sterilisierung im Sinne HABERLANDTS erreichen.

Jetzt noch die Wirkungen beim graviden Organismus. In der Gravidität ruht die Ovarialfunktion, eine Neureifung von Eiern findet nicht statt. Durch das Prolan können wir das Gesetz der ruhenden Ovarialfunktion durchbrechen. Im Uterus sehen wir die Feten und die Placenta und oben im Ovarium geht neues Leben vor sich. Eier reifen und treten in die Tuben des trächtigen Tieres aus. Daß diese Neureifung für die Frage der Überschwängerung von Bedeutung ist, soll nur kurz erwähnt werden.

Führt man einem trächtigen Tier große Prolandosen zu, so tritt ein katastrophaler Effekt auf. Die Feten sterben in utero, es kommt zum Abort, oder die toten Feten bleiben maceriert im Uterus liegen.

Zum Schluß einige Bemerkungen über die Wirkung des Hypophysenvorderlappenhormons beim Menschen. Eine sehr wichtige Analogie zwischen Mensch und Tier hat G. A. WAGNER festgestellt. Bei einer Frau mit einem Hypophysentumor fand WAGNER Ovarialtumoren, die morphologisch daselbe Bild boten (Luteincysten), das wir experimentell beim Tier durch Implantation von Hypophysenvorderlappen auslösen konnten. Besonders bemerkenswert ist, daß im WAGNERSchen Fall eine monatelange Amenorrhoe mit Schwangerschaftsveränderungen der Gebärmutter bestand, ohne daß eine Schwangerschaft vorlag. Also auch hier analoge Veränderungen, wie wir sie experimentell durch Prolan im Tierversuch bewirkt haben.

Wir haben das Prolan seit mehreren Monaten in unserer Klinik angewandt und konnten uns objektiv von der spezifisch hyperämisierenden Wirkung des Hormons auf die weiblichen Genitalien überzeugen. Die Spermaticae sind strotzend mit Blut gefüllt, Tuben und Uterus sind saftreich, livide verfärbt, kurz, die Genitalien sehen aus wie bei einer jungen Schwangerschaft. Über weitere klinische Beobachtungen möchte ich heute noch nicht berichten, da diese Untersuchungen in unserer Klinik noch im Gange sind. Hierbei wird aber die Mitarbeit weiterer ärztlicher Kreise notwendig sein, zumal das Indikationsgebiet für das Hypophysenvorderlappenhormon über das Spezialfach der Gynäkologie hinausreicht. Wir können das Prolan für klinische Zwecke zur Verfügung stellen, da das Hormon jetzt fabrikatorisch hergestellt wird.

Über weibliche Sexualhormone.

Von FRITZ LAQUER, Elberfeld.

1. Einleitung und Historisches.

Nachdem Sie soeben eine kurze Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Hormonchemie erhalten haben, soll es nunmehr Aufgabe von Herrn ZONDEK und mir sein, Ihnen über ein einzelnes Hormon bzw. eine einzelne Gruppe von Hormonen Bericht zu erstatten. Aus verschiedenen Gründen wurden hierzu die *weiblichen Sexualhormone* gewählt. Zunächst deswegen, weil dieses Gebiet gerade in den letzten Jahren stark bearbeitet worden ist, ohne daß die hier erzielten Fortschritte schon allgemein bekannt geworden sind.

Daß ferner von allen hormonalen Regelungen, die sich im Ablauf des Lebens geltend machen, den endokrin bedingten Sexualfaktoren besonders auch außerhalb der wissenschaftlichen Forschung das größte Interesse entgegengebracht wird, braucht wohl nicht besonders betont zu werden. Hier liegt aber eine große Gefahr. Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, nachdrücklichst darauf hinzuweisen, daß die Hormonforschung auf dem Sexualgebiete mit der gleichen nüchternen Sachlichkeit, wie sie auf anderen Wissenschaftsgebieten üblich ist, betrieben werden kann und auch betrieben werden muß, wenn man zu zuverlässigen Ergebnissen kommen will. Man darf sich gerade hier durch sensationelle Entdeckungen, „Verjüngungen“ und ähnliche Schlagworte, die oft leider an hierzu völlig ungeeigneten Stellen verkündet werden, nicht beeinflussen lassen.

Ganz kurz seien daher die *wissenschaftlichen Grundlagen* angegeben, von denen, wie ich glaube, die Erforschung eines jeden Hormons auszugehen hat. Wir sehen gerade bei den Sexualhormonen, bei dem männlichen sowohl, wie bei dem weiblichen, daß die Feststellung hormonaler Wirkungen allein zur Weiterarbeit nicht genügt. Obgleich die experimentelle Entfernung der Keimdrüsen, die *Kastration*, seit Jahrhunderten bei Menschen und Tieren geübt wird, ist die chemische Erforschung der hier gebildeten Stoffe bei den männlichen Keimdrüsen überhaupt noch nicht planmäßig in Angriff genommen worden. Und auch bei den weiblichen Drüsen steht man, wie noch genauer zu schildern sein wird, erst ganz im Anfang.

Wie kommt es, daß man von dem Endziel der Hormonforschung, nämlich der chemischen Isolierung und wenn möglich Reindarstellung des in der betreffenden Drüse gebildeten wirksamen Stoffes, bei den Sexualdrüsen noch so weit entfernt ist?

Meines Erachtens liegt es daran, daß es offenbar kaum möglich ist, auf Grund von Versuchen an großen, lebenden Tieren, denen die entsprechenden Drüsen entfernt worden sind, die in ihnen gebildeten Inkrete chemisch zu erfassen. Neben die klinische Beobachtung und die üblichen Tierversuche der experimentellen Pathologie, die zunächst natürlich wegweisend sind für das Vorhandensein hormonaler

Einflüsse überhaupt, muß als dritte Grundlage das *Testobjekt* treten.

Unter einem Testobjekt versteht man ein einfaches Kriterium, das in verhältnismäßig kurzer Zeit den Nachweis gestattet, ob in einer aus der zu untersuchenden Drüse hergestellten Fraktion das gesuchte Hormon vorhanden ist oder nicht. Dieses Testobjekt kann eine einfache *chemische Reaktion* sein. Es ist sicher kein Zufall, daß die beiden ersten Hormone, die, wie sie in dem vorangehenden Vortrag gehört haben, in reiner Form isoliert und später auch synthetisch dargestellt werden konnten, *Adrenalin* und *Thyroxin* sind. Denn *Adrenalin* kann mittels der Eisenchloridfarbreaktion leicht nachgewiesen werden, und für das *Thyroxin* ist der von BAUMANN aufgefundene Gehalt an organisch gebundenem Jod Richtschnur für die allerdings erst ein Menschenalter später mit Erfolg gekrönte Reindarstellung gewesen. Fehlt dieses chemische Testobjekt, so kann ein *physiologisches* an seine Stelle treten. Die innersekretorische Funktion der Bauchspeicheldrüse war zwar schon von v. MERING und MINKOWSKI im Jahre 1889 bewiesen worden. Das *Insulin* konnte aber erst geschaffen werden, als es die Möglichkeit gab, die verschiedenen aus der Bauchspeicheldrüse gewonnenen Fraktionen mittels der charakteristischen Blutzuckersenkung am Kaninchen auf ihren Hormongehalt zu prüfen.

Dementsprechend sieht man auch bei einem kurzen Überblick über die Forschungsgeschichte der weiblichen Sexualhormone, daß die wissenschaftliche Bearbeitung dieses Gebietes erst richtig in Fluß kam, als auch hier ein *biologisches Testobjekt* gefunden war. Beim männlichen Sexualhormon fehlt uns zur Zeit noch dieses Nachweisverfahren. Es besteht daher vorläufig wenig Aussicht, der chemischen Natur der hier gebildeten Stoffe näherzukommen.

Das ist der Hauptgrund dafür, daß wir uns heute im wesentlichen auf das weibliche Sexualhormon beschränken werden. Hierzu kommt noch, daß nach allgemeiner ärztlicher Auffassung der Sexualfaktor beim weiblichen Geschlecht aus biologischen Gründen eine größere Rolle spielt als beim männlichen. Ich darf hier einen Satz aus der kürzlich erschienenen Schrift des bekannten Freiburger Psychiaters HOCHE über „die Wechseljahre des Mannes“ anführen, der das scharf beleuchtet: „Das Weib ist dreißig Jahre lang dauernd in irgend einer Weise, in den Vorboten der Menses, in der Menstruation selbst, mit Schwangerschaft oder Stillgeschäft auf dem Keimdrüsengebiete beschäftigt. Es ist der eigentliche Inhalt seines Lebens, während der Mann neben seinen erotischen Dingen, die er ab und zu gewissermaßen im Nebenamt betreibt, sonst noch allerhand zu tun hat.“

Dem soeben kurz Angeführten entsprechend, kann man daher auch im Rückblick auf die Entwick-

lung, welche bisher die Lehre von der inneren Sekretion der weiblichen Keimdrüsen genommen hat, zwei deutlich voneinander zu trennende Abschnitte unterscheiden. Der erste reicht bis zur Aufstellung eines geeigneten Testobjektes, der zweite umfaßt alle Arbeiten, die man auf dieser gesicherten Grundlage ausführen konnte.

Über diesen ersten Abschnitt, dessen Ergebnisse zum Teil nur noch historisches Interesse haben, werde ich Ihnen zunächst kurz berichten. Im Anschluß hieran wird Herr ZONDEK das Testobjekt selbst schildern, die mit ihm möglichen Prüfungen von hormonhaltigen Fraktionen und die klinische Bedeutung der genannten Befunde. Zum Schluß werde ich dann noch kurz den Stand der physiologisch-chemischen Arbeiten darlegen, die sich auf den Eichungsverfahren aufbauen konnten.

Wir können uns hierbei nicht auf die *Ovarien* allein beschränken. Abgesehen davon, daß auch in anderen Organen in gleicher Weise wirksame Stoffe vorhanden sind, ist gerade durch die Arbeiten von EVANS, ZONDEK und ASCHHEIM noch eine andere Hormondrüse in engen Zusammenhang mit den Sexualhormonen getreten, und das ist der *Hypophysenvorderlappen*. Auch hierüber werden Sie anschließend Genaueres hören.

Dagegen wollen wir die Frage, ob neben dem brunstauslösenden Hormon, das in Ovarien, Placenten und zahlreichen Körperflüssigkeiten aufgefunden wurde, noch andere Stoffe vorhanden sind, die möglicherweise eine entgegengesetzte Wirkung haben, hier nicht weiter erörtern. Es finden sich verschiedentliche Mitteilungen darüber, daß man vor allem aus dem *Corpus luteum*, dem gelben Körper, Extrakte gewinnen könnte, die einen hemmenden und sogar sterilisierenden Einfluß ausüben sollen. Ein Teil dieser Angaben konnte aber nicht bestätigt werden, so daß diese ganzen Ergebnisse zu unsicher und unbestimmt erscheinen, um hier eine ausführlichere Schilderung finden zu können.

Betrachten wir also zunächst den *ersten Abschnitt* der Erforschung der weiblichen Sexualhormone, der bis zur Aufstellung eines biologischen Nachweisverfahrens reicht. Auch bei diesem Hormon ging der erste Versuch, das materielle Substrat der längst bekannten innersekretorischen Wirkung der Keimdrüsen zu erfassen, von Klinikern aus. Die berühmten Versuche des alten BROWN-SÉGUARD, mit seinem „liquide testiculaire“ praktische Organtherapie zu treiben, reichen in das Jahr 1889 zurück. Einige Jahre später wurde Ähnliches beim weiblichen Geschlecht versucht, wenn auch hier der Verlauf weit weniger dramatisch war, als die denkwürdige Sitzung der Pariser Akademie, in der die Angaben des verdienstvollen alten Gelehrten über die verjüngende Wirkung seiner im Selbstversuch angewandten Hodenextrakte nicht ernst genommen wurden.

Die Beurteilung klinischer Ergebnisse ist aber gerade bei der inneren Sekretion der Keimdrüsen in höherem Maße subjektiven und suggestiven Einflüssen und Täuschungen unterworfen als bei

den meisten anderen endokrinen Drüsen. Ich erinnere nur daran, wie genau im Gegensatz hierzu bei einem gut eingestellten und beobachteten Diabetiker die Wirkungsstärke von Insulinpräparaten nachgeprüft werden kann.

Um diese besonders ungünstige Konstellation zu umgehen, hat die innersekretorische Forschung auch bei den weiblichen Keimdrüsen sich bald dem *Tierversuch* zugewandt. Man hat die verschiedensten Erfolgsorgane, wie Brustdrüse und Uterus, in den Kreis der Betrachtung gezogen. Man suchte auf diesem Wege, teilweise ohne es klar auszusprechen, ein Testobjekt, das objektive Antworten hinsichtlich der qualitativen und auch annähernd quantitativen Wirksamkeit der hergestellten Präparate geben könnte. Es ist natürlich unmöglich, auch nur auszugsweise alle diese Arbeiten hier durchzugehen und allen Autoren gerecht zu werden, die wertvolle Pionierarbeit auf diesem Gebiete geleistet haben. Von Namen seien in erster Linie genannt: ADLER, ASCHNER, FAUST, FELLNER, FRÄNKEL mit HERRMANN und FONDA, ISCOVESCO, SCHICKELE, SCHRÖDER und GÖRBIG, SEITZ, WINTZ und FINGERHUT.

Als Gesamtergebnis dieser im wesentlichen vor dem Kriege abgeschlossenen Forschungsarbeiten läßt sich das Folgende feststellen: Mit den verschiedensten Lipoidlösungsmitteln, mit Alkohol, Äther, Chloroform, Aceton usw. wurden aus Ovarien und Placenten Stoffe herausgelöst, die, anderen Tieren eingespritzt, eine deutliche Wirkung auf die Genitalorgane entfalten. In erster Linie wurde fast stets ein beschleunigtes Wachstum des *Uterus* beobachtet. Diese Vergrößerungen traten oft schon nach wenigen Tagen in Erscheinung. Mikroskopische Untersuchungen ergaben ebenfalls Bilder, die für eine gesteigerte Tätigkeit der Schleimhaut sprechen. Ganz entsprechende Veränderungen wurden auch an den *Brustdrüsen* festgestellt. Sie nahmen nicht nur äußerlich an Volumen zu, sondern auch im mikroskopischen Bilde ließen sich deutlich Zeichen gesteigerten Wachstums und vermehrter Tätigkeit erkennen, wie sie sonst nur bei trächtigen Tieren beobachtet werden.

Man nahm an, daß die wirksamen Stoffe lipoidlöslicher Natur seien und der Gruppe der *Sterine* und *Phosphatide* angehören. Hierfür schienen auch Analysen zu sprechen, die man mit den, wie man glaubte, weitgehend gereinigten Präparaten vorgenommen hatte. Auch in verschiedenen *Patentanmeldungen* sind diese Verfahren niedergelegt worden. Im wesentlichen handelt es sich auch hierbei darum, daß Ovarien oder Placenten mit flüchtigen, fettlösenden Stoffen ausgezogen werden, und diese Auszüge dann unter gewissen abgeänderten Bedingungen mit anderen Lipoidlösungsmitteln in weitere Fraktionen zerlegt werden. Daneben finden sich allerdings, sowohl in der Patentliteratur, als auch in rein wissenschaftlichen Abhandlungen, wozu man die Patente nicht immer zählen kann, vereinzelte Angaben, daß auch

wässrige Auszüge aus den genannten Organen in ähnlicher Weise wirkten.

Aber, wie gesagt, zu klaren eindeutigen Ergebnissen ist man nicht gekommen. Die beobachteten Veränderungen von Uterus, Ovar, Brüstdrüse sind nicht unbedingt spezifisch, so daß ein strenger Beweis für die hormonale Wirksamkeit der hergestellten Fraktionen nicht recht gelingen wollte. So erklären sich am einfachsten die vielen Widersprüche, die sich bei aufmerksamem Studium dieser Arbeiten ergeben. Es besteht für mich kein Zweifel darüber, daß viele der damals beschriebenen Fraktionen auch nach unseren heutigen Anschauungen hormonhaltig gewesen sind. Bei den späteren chemischen Erörterungen wird hierauf noch einmal kurz zurückzukommen sein. Aber festen Boden hatte man erst unter den Füßen, als ein sicheres *Testobjekt* vorlag, über das Ihnen nunmehr Herr ZONDEK berichten wird.

Von BERNHARD ZONDEK, Berlin.
II. Biologie und Klinik.

Von FRITZ LAQUER, Elberfeld.
III. Physiologische Chemie.

Im Anschluß an die Schilderung der Methoden, die es ermöglichen, sowohl in Ovarien, Placenten und anderem biologischem Ausgangsmaterial das *Brunsthormon*, als auch einen vom *Hypophysenvorderlappen* gebildeten inkretorisch wirksamen Stoff nachzuweisen und annähernd quantitativ auszuwerten, bleibt mir nunmehr noch die Aufgabe, kurz den Stand der *biochemischen* Arbeit zu schildern, die auf dieser Grundlage aufgebaut werden konnten.

Aber auch hier muß ich Sie bitten, Ihre Erwartungen nicht zu hoch zu schrauben. Die Methode des Vaginalausstriches zum Nachweis des Brunsthormons kennen wir seit etwa 6 Jahren, das Verfahren für das Hormon des Vorderlappens seit knapp 2 Jahren. Das ist eine kurze Zeit, wenn man bedenkt, daß es 20 Jahre gedauert hat, ehe man von der Auffindung des Jods in der Schilddrüse an gerechnet, den wirksamen Stoff als *Thyroxin* erfassen konnte. Auch die Reindarstellung des *Insulins* hat trotz angestrengter 6jähriger Arbeit, die in zahlreichen Laboratorien fast aller wissenschaftlich arbeitenden Länder geleistet wurde, noch nicht zu allgemein anerkannten Ergebnissen geführt.

Wie ich einleitend schon erwähnt habe, war man zunächst der Ansicht, daß die in Ovarien und Placenten gebildeten spezifischen Stoffe nur in Lösungsmitteln, wie Äther, Chloroform usw. löslich seien, und demnach der großen, etwas unbestimmten Gruppe der *Lipoide* zugerechnet werden müßten. Ein Teil der Ihnen bereits genannten Autoren scheint auch heute noch an dieser Auffassung festzuhalten. So ist beispielsweise erst kürzlich von FRÄNKEL in Wien ein Patent veröffentlicht worden, dessen Verfahren eine Fortsetzung der schon vor 12 Jahren beschriebenen Extraktionen mit den genannten Lipoidlösungsmitteln darstellt.

Es wird dann verseift und schließlich ein kristalliner Körper von der Bruttoformel $C_{16}H_{28}O_2$ erhalten. Es soll sich hierbei um das *Lacton* einer Fettsäure handeln, die zwischen dem 12. und 13. Kohlenstoffatom eine doppelte Bindung besitzt. Nähere biologische und chemische Eigenschaften fehlen zur Zeit noch.

Auch ALLEN und DOISY, die Entdecker des bereits geschilderten Nachweisverfahrens mittels des Scheidenausstriches kastrierter Tiere, benutzten noch ausschließlich Extrakte, die durch Behandlung des hormonhaltigen Ausgangsmaterials mit Lipoidlösungsmitteln gewonnen waren. Eine weitere Reinigung konnten sie noch dadurch erzielen, daß der wirksame Stoff in Petroläther unlöslich ist, wie das auch GLIMM und WADEHN gefunden und bei ihren Darstellungsmethoden benutzt hatten.

Erst ZONDEK und ASCHHEIM gelangten auf Grund ihrer Untersuchungen zu der bereits ausführlich entwickelten Vorstellung, daß das Lipoid nur Trägersubstanz sei, das Hormon selbst aber in eine wässrige Lösung übergeführt werden könne. Dementsprechend erwies es sich als vorteilhaft, das Ausgangsmaterial zunächst so zu behandeln, als wolle man die Gesamtlipoide extrahieren. Auch eine Verseifung, am besten in alkoholischer Lösung, schädigt das Brunsthormon nicht, was übrigens ausschließt, daß es sich um ein Lacton handelt. Demnach findet sich das Brunsthormon ebenso wie die jetzt in der Vitaminforschung stark in den Vordergrund des Interesses gerückten fettlöslichen Vitamine A, D und E im „*Unverseifbaren*“.

Von da ab kann die Darstellung aber ganz andere Wege einschlagen. Es ist nämlich möglich, dem unverseifbaren Anteil der fettlöslichen Fraktion durch Behandlung mit Wasser, am besten unter Zusatz verdünnter Säuren, wie verschiedentlich angegeben wird, das Brunsthormon zu entreiben und es in eine anscheinend echte wässrige Lösung überzuführen. Nach diesen in den ersten Veröffentlichungen enthaltenen Vorschriften sind noch zahlreiche andere, meist ähnliche Verfahren angegeben worden, nach denen die Überführung des Hormons aus den verschiedenen in Betracht kommenden Ausgangsmaterialien in eine wässrige Lösung gelingt.

Ob der *reine* Stoff allerdings leicht oder schwer löslich ist, oder gar zu den praktisch unlöslichen Substanzen gerechnet werden muß, darüber wird man erst sichere Angaben machen können, wenn reinere, und vor allem konzentriertere Lösungen des Brunsthormons vorliegen als bisher. Denn, wie vor einiger Zeit von einem chemischen Bearbeiter dieser Fragen (SLOTTA) sehr richtig bemerkt wurde, sind die bisher vorliegenden absoluten Mengen des Hormons noch so gering, daß man wirksame wässrige Lösungen erhalten könnte, selbst wenn es sich um einen Körper handeln sollte, dessen Löslichkeit in Wasser nicht größer ist, als etwa die von *Strontiumsulfat* oder ähnlichen Substanzen,

die doch nach allgemeinem Sprachgebrauch als wasserunlöslich gelten. Ferner könnte auch der jeweilige *Dispersitätsgrad* des Hormons, wie das von anderen Stoffen her bekannt ist, seine Löslichkeit je nach den äußersten Bedingungen ganz verschieden gestalten.

Die ungeheure Verdünnung, in der auch in, der Wirksamkeit nach, anscheinend konzentrierteren Lösungen das Brunsthormon zur Zeit noch vorliegt, behaftet auch alle anderen Angaben, die bisher über die *chemischen Eigenschaften* dieser Substanz gemacht worden sind, mit einem großen Unsicherheitsfaktor. Die biologische Mäuse- oder Ratten-einheit ist nämlich meiner Auffassung nach eine viel zu klein gewählte Größe für die chemische Erforschung der Substanz und verwirrt unsere Vorstellungen durch die astronomischen Zahlen, die auftreten, sobald man zu den etwas handgreiflicheren Mengen vordringen will, die man zum chemischen Arbeiten braucht.

Nehmen wir einmal an, man hätte auch beim *Adrenalin* zunächst eine „biologische“ Einheit festgelegt und sie als die kleinste Menge definiert, die gerade noch imstande ist, an einem isolierten, künstlich hypodynam gemachten Froschherzen eine Frequenzzunahme hervorzurufen. Durch die Untersuchungen von SCHLOSSMANN jr. wissen wir, daß an solchen Herzen noch Adrenalkonzentrationen von 1 : 10¹⁸ genügen, um einen deutlichen Ausschlag hervorzurufen. In absoluten Mengen ausgedrückt, wäre dann etwa in 100 ccm Durchströmungsflüssigkeit der zehntausendste Teil eines Milliardstel Milligramms Adrenalin vorhanden. Ein Milligramm Suprarenin, eine für chemische Untersuchungen immer noch ganz unzureichende Menge, enthielte nach dieser Definition ungefähr 10000 Milliarden biologische Einheiten. Anders ausgedrückt: Zehn Millionen Adrenaleineinheiten entsprächen, in absoluten Mengen umgerechnet, nur $1/1000 \gamma$ ($1 \gamma = 1/1000 \text{ mg}$) reinen, krystallisierten Suprarenins. Ich glaube, daß selbst geübte Analytiker keine bestimmten Angaben darüber machen können, ob in einer Lösung, die zwar 10 Millionen Einheiten, in Wirklichkeit aber nur $1/1000 \gamma$ Suprarenin enthält, *Stickstoff* vorhanden ist, oder nicht.

Das gleich gilt, mutatis mutandis, von den bisher veröffentlichten Mitteilungen über das Fehlen von *Stickstoff*, *Phosphor* usw., in den, wie man glaubte, weit gereinigten Lösungen des Brunsthormons. Es ist durchaus möglich, daß die Empfindlichkeit des ALLEN-DOISY-Testes sich in der gleichen Größenordnung bewegt, wie ich das an dem willkürlich herausgegriffenen Beispiel des Adrenalins vorgerechnet habe. Jedenfalls sind die absoluten Mengen des Ovarialhormons, die sich mit biologischen Methoden nachweisen lassen, immer geringer geworden. Mit 0,07 γ eines Präparates, neuerdings sogar mit 0,003 γ , hat E. LAQUER an verschiedenen Tieren noch hormonale Wirkungen erzielen können. Es liegt kein Anhaltspunkt dafür vor, daß hiermit schon die unterste Grenze erreicht ist.

Aber selbst, wenn die Empfindlichkeit für das Ovarialhormon mehrere Zehnerpotenzen geringer sein sollte, als das beim Adrenalin der Fall ist, würden die analytisch-chemischen Daten für das Brunsthormon erst zuverlässig werden, wenn viele Millionen Einheiten in den zu untersuchenden Proben vorhanden sind. Ob das bei den bisher nur sehr kurz veröffentlichten Arbeiten der Fall war, ist sehr zweifelhaft. Nähere Mitteilungen hierüber fehlen.

Etwas bestimmter lauten die Angaben, die über sein Verhalten gegenüber äußeren Einflüssen vorliegen. Wir erwähnten bereits, daß das Brunsthormon auch energetischer *Verseifung* widersteht, wie FRANK, ZONDEK und BRAHN fanden, also das Kochen mit Laugen verträgt. Auch konzentrierte *Mineralsäuren* schädigen, selbst bei höheren Temperaturen das Hormon nicht nennenswert, wie E. LAQUER festgestellt hat. Dagegen soll es durch starke *Oxydationsmittel* zerstört werden. Gegen den Luftsauerstoff ist es ziemlich unempfindlich, jedenfalls verträgt es das Eindampfen auf offenem Wasserbade ohne Wirksamkeitsverlust. Eine Behandlung mit Wasserdampf bei etwa 100° führt dagegen eine recht deutliche Verminderung der hormonalen Wirksamkeit herbei. *Fermente*, die imstande sind, das Hormon abzubauen oder unwirksam zu machen, wurden bisher nicht aufgefunden. Je weiter das Hormon gereinigt wird, um so empfindlicher scheint es zu werden. Offenbar beeinflussen die *Beigemische* weitgehend sein chemisches Verhalten, worauf besonders E. LAQUER aufmerksam machte. Hier liegen interessante Analogien zu den *Fermenten* vor, auf die ich aber nicht näher eingehen kann.

Ferner besitzt das Brunsthormon eine *physikalische* Eigenschaft, die sich bei der technisch-präparativen Darstellung, wenn es sich also um die Erzielung möglichst großer Ausbeuten aus einem gegebenen Ausgangsmaterial handelt, leider sehr störend bemerkbar macht. Das ist seine leichte *Adsorbierbarkeit*. Ob diese Leichtigkeit, mit der das Brunsthormon adsorbiert wird, und zwar nicht nur an allen in den betreffenden Lösungen absichtlich oder spontan entstandenen Niederschlägen, sondern mitunter auch an den gewöhnlichen Filtern, nur durch die ungeheure Verdünnung bedingt ist, in der es, wie erwähnt, bisher noch immer vorliegt, darüber kann man zweifeln. Auf Grund von Erfahrungen mit anderen biologisch aktiven Substanzen, beispielsweise den *Vitaminen* oder den *Klimaallergenen*, deren absolute Konzentrationen in den Lösungen, die man bisher in der Hand gehabt hat, vielleicht auch nicht größer gewesen sind, glaube ich aber annehmen zu können, daß es sich hier um eine spezifische Eigenschaft handelt. Sie dürfte in der Struktur seines uns vorläufig noch ganz unbekannten Moleküls bedingt sein. Mehr läßt sich darüber im Augenblick nicht sagen. Jedenfalls ist diese leichte Adsorbierbarkeit für die technische Darstellung sehr lästig und hinderlich, vor allem deswegen, weil die

Bedingungen, unter denen sie eintritt, noch nicht klar zu übersehen sind. Fällt man beispielsweise einen hormonhaltigen Harn mit Bleisalzen, so kann man unter Umständen das Hormon fast quantitativ niederschlagen. Aber fast ebenso häufig, auch wenn man glaubt, unter genau den gleichen Bedingungen zu arbeiten, findet man es im Filtrat wieder, ohne jedesmal den Grund für das wechselvolle Verhalten angeben zu können.

Hiermit haben wir bereits den *Harn* als Ausgangsmaterial für die Darstellung größerer Mengen des Brunsthormons erwähnt. Während man es zunächst lediglich in Ovarien und Placenten gesucht und auch gefunden hat, konnte zuerst von FRANK in Amerika gezeigt werden, daß während der Schwangerschaft das Brunsthormon in großer Menge im Blute kreist. Des hierbei offenbar in starkem Überschuß gebildeten Stoffes entledigt sich der Organismus, wie ZONDEK und ASCHHEIM fanden, mit dem Harn, in dem besonders gegen Ende der Schwangerschaft bis zu 10000 Einheiten pro Liter und mehr anzutreffen sind.

Es ist anzunehmen, daß die verhältnismäßig großen Mengen von Ovarialhormon, die im mütterlichen Organismus kreisen, für die Entwicklung der Frucht nützlich oder notwendig sind. Aus diesem zuerst von ASCHHEIM geäußerten Gedankengang heraus hat MARTIN die Behandlung von *Frühgebärun*, denen doch ein Teil des von der Mutter gelieferten Hormons entgeht, mit wässrigen Lösungen des Ovarialhormons erfolgreich in Angriff genommen. Über seine bisherigen Ergebnisse hat Herr MARTIN auf der Ärztekonferenz zur Bekämpfung der Frühsterblichkeit vor einigen Tagen berichtet.

Daß das Brunsthormon mit dem Harn ohne weiteres ausgeschieden werden kann, spricht natürlich auch wieder für eine gewisse Wasserlöslichkeit, ebenso wie sein Vermögen zu dialysieren, das zuerst von E. LAQUEUR festgestellt wurde, während BIEDL das Hormon mittels Electrodialyse dargestellt hat. Auch aus dem Harn dialysiert das Hormon ohne weiteres in Wasser hinein (ZONDEK). Es treten aber auch hier erhebliche Verluste auf, die offenbar auf Adsorption an der Dialysiermembran zurückzuführen sind.

Kürzlich wurde von Frau GSSELL-BUSSE festgestellt, daß sich auch mit *Gallensäuren* die ALLEN-DOISYsche Reaktion am kastrierten Nagetier auslösen läßt. Da aber auch in der unverarbeiteten *Galle* bis zu 800 Einheiten Ovarialhormon pro Liter vorhanden sind, ist anzunehmen, daß es bei der Reindarstellung der Gallenbestandteile an diesen haften bleibt. Hiermit findet die auffallende Wirkung des käuflichen *Natrium taurocholicum*, die man aber nicht bei allen Handelspräparaten antrifft, eine einfache Erklärung.

Auch aus *Hefe* und verschiedenen *Pflanzen* sind Auszüge hergestellt worden, die mit dem erwähnten Testobjekt positiv reagieren.

Alle diese Quellen für das Brunsthormon haben natürlich die Möglichkeit, es in größerem Maßstabe

zu gewinnen, sehr erleichtert. Auch in unserem Elberfelder Laboratorium haben wir die technische Herstellung aufgenommen.

Solange die Entscheidung darüber noch nicht gefallen ist, ob in der *Dosierungsfrage* die minimalistische oder die maximalistische Richtung sich durchsetzen wird, müssen diejenigen Stellen, die das Ovarialhormon technisch gewinnen, die Präparate sehr verschieden stark konzentrieren. Es bestehen keine größeren Schwierigkeiten mehr, die Dosis von 5—25 Einheiten auf 100 Einheiten und darüber zu steigern. Die Wahl der in jedem Falle anzuwendenden Einzelgaben muß man den klinischen Erfahrungen der Zukunft überlassen.

Wie Sie sehen, konnten in den 6 Jahren, die seit der Aufstellung des *Allen-Doisy-Testes* verflossen sind, in der chemischen Erforschung des Brunsthormons schon erhebliche Fortschritte erzielt werden, die auch als Grundlage für die therapeutische Anwendung sehr wertvoll sind, den Chemiker aber nicht befriedigen können. Denn von der erstrebenswerten Reindarstellung ist man natürlich noch sehr weit entfernt.

Das analoge Testobjekt für den *Hypophysenvorderlappen* ist sehr viel jünger Datums. Die erste Veröffentlichung ZONDEKS und ASCHHEIMS stammt aus dem Januar 1926. Dementsprechend sind auch bei diesem Hormon unsere chemischen Kenntnisse noch wesentlich geringer als bei dem Brunsthormon.

Einschalten möchte ich hier, daß während des Krieges in Amerika von ROBERTSON eine Substanz aus dem Hypophysenvorderlappen dargestellt wurde, die in spezifischer Weise die Gewichtszunahme junger Tiere beschleunigen soll. Sie wurde analysiert und erhielt den Namen „*Tethelin*“. Offenbar handelt es sich um ein keineswegs einheitliches Lipoidgemisch.

Wenn auch zweifelsohne das Hormon des Hypophysenvorderlappens das Wachstum reguliert, so wissen wir doch, daß Wachstumskurven von jungen Tieren noch von anderen Faktoren, in erster Linie vom Vitamingehalt der Nahrung, abhängig sind, also kein spezifisches Testobjekt für das Vorderlappenhormon liefern können. Außerdem wurden auch die einzelnen Angaben ROBERTSONS von Nachprüfern nicht bestätigt, so daß man vom Tethelin in den letzten Jahren nichts mehr gehört hat. Wir können uns also auf die Untersuchungen beschränken, die an Hand des neuen, Ihnen bereits geschilderten Testobjektes vorgenommen werden konnten.

Zunächst war festzustellen, in welcher Weise sich das Vorderlappenhormon denn eigentlich vom Ovarialhormon unterscheidet, vor allem deswegen, weil die beiden Nachweisverfahren untereinander gewisse Ähnlichkeiten besitzen, wenn sie auch, wie Sie bereits gehört haben, grundsätzlich von einander verschieden sind. Um so wichtiger sind die Feststellungen darüber, nach welcher Richtung hin sich die beiden Hormone auch chemisch unterscheiden und trennen lassen, vor allem deswegen,

weil auch das *Ausgangsmaterial*, aus dem sie hergestellt werden können, bei beiden Hormonen oft übereinstimmt. Kurz seien daher die wichtigsten Unterschiede aufgezählt, die zwischen dem *Brunsthormon* und dem nunmehr „*Prolan*“ genannten *Vorderlappenhormon* bestehen.

Am auffallendsten ist zunächst das Verhalten gegenüber äußeren, chemischen und physikalischen Einflüssen. Während das *Brunsthormon* Erhitzen auf recht hohe Temperaturen, sowohl in neutraler, als auch in stark saurer oder alkalischer Lösung verträgt, gehört das Inkret des *Vorderlappens* wieder zu den empfindlichsten Hormonen, die wir kennen. Nach unseren bisherigen Feststellungen scheinen schon Erwärmen auf 80° und höher, sowie geringe Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration, besonders nach der sauren Seite hin, zu genügen, um es fast unwirksam zu machen oder ganz zu vernichten. Das *Prolan* dürfte also noch leichter zu zerstören sein als das *Insulin*, das bisher als das labilste unter den bekannten Hormonen gilt.

Aber auch hinsichtlich der Löslichkeitsverhältnisse finden sich charakteristische Unterschiede zwischen dem *Brunsthormon* und dem *Prolan*. Während es, besonders aus unreinen Lösungen, leicht gelingt, das *Ovarialhormon* in Alkohol, Äther und anderen Lipoïdlösungsmitteln aufzunehmen, ist das *Prolan* in den genannten Stoffen praktisch unlöslich. Dies erleichtert seine Abscheidung und die Trennung der beiden Stoffe, sowie die Beseitigung von Verunreinigungen. Erschwert wird das technische Arbeiten aber auch hier, in ähnlicher Weise wie bei dem *Ovarialhormon*, durch die starke Adsorptionsfähigkeit, so daß unter Umständen schon beim Filtern Verluste auftreten, die eine Darstellung größerer Mengen zunächst recht erschweren.

Nach längeren Versuchen ist es aber gelungen, das *Prolan* zunächst in fester Form abzuscheiden. Es läßt sich so ein Pulver gewinnen, welches das Hormon zwar noch lange nicht in reiner, aber doch in einer genau dosierbaren Form enthält. An Ratten läßt sich durch Verfütterung der Substanz die von ZONDEK beschriebene charakteristische hormonale Reaktion auslösen. Bei anderen Tieren erwies sich die orale Verabreichung nach

unseren bisherigen Feststellungen als unwirksam. Ob beim Menschen per os eine Wirkung zu erzielen ist, darüber liegen ebenfalls noch keine sicheren Beobachtungen vor.

Aus diesem Grunde war es notwendig, das *Prolan* in eine wässrige Lösung überzuführen, die auch seine subcutane Anwendung gestattet. Dies ist soweit geglückt, daß jetzt Lösungen hergestellt werden können, die im Kubikzentimeter 10 Einheiten enthalten. Die Auswertung geschieht, wie Ihnen bereits ausführlich geschildert wurde, an infantilen Mäusen und Ratten. Zur Kontrolle werden mitunter auch noch Meerschweinchen und Kaninchen herangezogen. Bei allen Tieren treten, in erster Linie an den Ovarien, die charakteristischen Veränderungen auf.

Da diese Lösungen einige Monate haltbar sind — eine längere Beobachtungszeit liegt noch nicht vor — besteht die Möglichkeit, genügendes Material für klinische Versuche zu beschaffen.

Daß die Arbeiten noch keineswegs abgeschlossen sind und nur zu vorläufigen Ergebnissen geführt haben, darüber sind wir uns alle im klaren. Daß wir uns weiter um die chemische Aufklärung des *Vorderlappenhormons* bemühen und versuchen werden, reinere und, falls es sich als notwendig erweisen sollte, auch stärker konzentrierte Präparate herzustellen, braucht wohl nicht besonders betont zu werden.

Aber selbst, wenn dies gelingen sollte, stehen wir auch bei dem *Prolan* noch in den ersten Anfängen der Forschung. Wie Sie von dem ersten Redner des heutigen Nachmittags gehört haben, ist man auch bei manchen anderen Hormonen noch nicht viel weiter gekommen. Auch hier ist das Endziel, die chemische Reindarstellung, noch lange nicht erreicht.

Wer es aber als eine der ersten und wichtigsten Aufgaben der *Hormonforschung* betrachtet, zunächst einmal Fraktionen herzustellen, welche die gesuchten Substanzen in einer praktisch brauchbaren, von schädlichen Verunreinigungen freien, und vor allem gut dosierbaren Form enthalten, für den ist sowohl beim *Ovarialhormon*, als auch bei dem Hormon des *Hypophysenvorderlappens* dieses erste Ziel erreicht.

Über den Jodgehalt der Milch und seine Abhängigkeit von dem Jodgehalt der Futterpflanzen und des Erdbodens, sowie die Beziehungen zum Kropf.

Von F. KIEFERLE, Weihenstephan.

Auf anorganischem Substrat sitzt gleichsam als Parasit das organische Leben und unterwirft auch die anorganischen Stoffe chemischen Umwandlungen, bis sie entweder selbst Bestandteile der lebenden Substanz geworden oder ihre Reste wieder ausgeschieden worden sind. Was Wunder, daß nicht nur die geläufigen Elemente Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Chlor und Phosphor als zu dem normalen Stoffwechsel gehörend betrachtet werden, sondern darüber hinaus noch eine Reihe

weiterer Elemente, wie Kupfer, Zink, Aluminium, Eisen, Arsen, wenn auch oft nur in minimalen Mengen, so doch als regelmäßige Bestandteile des tierischen und pflanzlichen Organismus nachgewiesen worden sind. Damit ist aber die Liste dieser Elemente sicher noch nicht abgeschlossen, denn wir stehen erst am Anfang der intensiven Erforschung des Mineralstoffwechsels, die fortwährend neue Überraschungen zeitigt. Wir werden noch ganz anders über diese Bioelemente denken lernen, wenn

erst einmal die Vorstellung von zufälligen, belanglosen Ablagerungen, weil oft nur in winzigen Mengen vorkommend, der klaren Erkenntnis Platz gemacht hat, daß diese Mineralstoffe genau so unentbehrlich für den Ablauf der normalen Lebensvorgänge sind, wie z. B. die Eiweißstoffe. In dem Maße wird dann auch unsere Achtung vor den Leistungen dieser kleinen und kleinsten Mengen Mineralsubstanz steigen.

Im Gefolge dieser lebensnotwendigen Bioelemente sehen wir mit täglich wachsender Bedeutung ein neues, das Jod. Nicht etwa, daß uns dessen Vorkommen in der lebenden Substanz unbekannt geblieben wäre, ich verweise auf die längst bekannte Tatsache des Vorkommens von Jod in Seepflanzen und Seetieren, neu ist nur die Erkenntnis seiner Unentbehrlichkeit und seines Einflusses auf den Stoffwechsel. Wenn auch unser Wissen über Jod als Milchbestandteil erst während der letzten Jahre befestigt und erweitert werden konnte, so erwähnt doch bereits FLEISCHMANN, der Almeister der deutschen Milchwirtschaft, das Vorkommen von Jod in geringen Mengen in Milch, die in Seegegenden gewonnen wurde. Heute kann als sicher erwiesen gelten, daß jede unter normalen Bedingungen sezernierte Milch Jod enthält. Vorausgeschickt sei, daß der Jodgehalt der Milch in Anlehnung an den täglichen Jodumsatz im Organismus des Milchspenders nicht mehr nach Milligramm bemessen werden kann, sondern hierfür eine noch kleinere Einheit, das Millionstel Gramm gewählt werden muß, das man mit dem griechischen Buchstaben γ bezeichnet.

Auf Trockensubstanz bezogen ist der Jodgehalt der Milch zum Teil gegenüber anderen Nahrungsmitteln merklich hoch und durchaus dem Jodvorkommen in der Umwelt der Milchkuh angepaßt. Bei Stallhaltung und Winterfütterung ermittelten wir den Jodgehalt der Milch der Kühe Weihenstephaner Herden durchschnittlich zu 24 γ pro Liter, bei Weidegang durchschnittlich zu 30 γ pro Liter. Es zeigt also die bei Grünfütterung gewonnene Milch analog ihrem höheren Gehalt an Ergänzungsnährstoffen, an Vitamin, auch einen höheren Jodgehalt, sie muß als biologisch vollwertiger bezeichnet werden. Für Schweizer Verhältnisse gibt FELLENBERG 40—70 γ pro Liter als normalen Jodgehalt der Milch an.

Bemerkenswert ist dann der höhere Jodgehalt der direkt nach der Geburt abgesonderten Milch, der Kolostralmilch. Diese Tatsache unterstreicht die ernährungsphysiologische Bedeutung des Jods, nachdem Colostrum mit zu den Lebensnotwendigkeiten des Neugeborenen gehört. Was vom Kuhcolostrum gesagt werden kann, trifft auch für Frauencolostrum zu. Weiterhin zeigt auch die während des Rinderns der Kuh abgeschiedene Milch erhöhten Jodgehalt, der auf den gesteigerten Jodgehalt des Blutes während dieser Periode erhöhter inkretorischer Tätigkeit der Ovarien zurückgeführt werden kann.

Von besonderem Interesse dürften Angaben

über den Jodgehalt einer Reihe von Milchproben aus dem Gebiete der Nordseeküste sein. Unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Jodgehaltes von 30 γ pro Liter der Weihenstephaner Milch bei Weidegang erwies sich der Jodgehalt der Milch bei Kühen bei Weidegang auf der Marsch bzw. bei Verfütterung von dort gewonnenem Heu etwa zweimal so hoch. Da die Marschweiden weder eine direkte Bewässerung durch das Meer erfahren, noch durch das Grundwasser erhebliche Mengen Jod zugeführt bekommen, so kann der höhere Jodgehalt der dort erzeugten Milch auf Anreicherung der Marschweiden mit Jod durch die Meeresluft zurückzuführen sein. Es wird durch die Niederschläge nicht nur mehr Jod aus der reichlich Jod enthaltenden Meeresluft ausgewaschen und dem Boden zugeführt, sondern auch die direkte Aufnahme elementaren Jods aus der Luft durch die Blätter der Gräser ist eine reichlichere. Eine noch beträchtlich höhere Jodierung konnte dann bei Milch von Kühen und Schafen auf Überflutungsweiden des Nordseegebietes festgestellt werden. So zeigte z. B. auf einer Halligweide die Milch einer Kuh mit 240 γ Jod pro Liter ungefähr das 8fache, die Milch von Schafen mit 450 γ Jod pro Liter sogar das 15fache des Jodgehaltes oberbayrischer Kuhmilch bei Grünfütterung. Die Ursache einer derartig hohen Jodierung der Milch ist in der mit der Überflutung der Halligweiden durch das Meer verbundenen leichten Joddüngung des Bodens zu suchen. Bei Schafmilch ist allerdings der an und für sich höhere Gehalt der Milch an Trockenmasse und damit auch an Mineralsubstanz noch zu berücksichtigen.

Da nun Weidegang oder Grünfütterung oder sonst günstige regionale Bedingungen eine jodreiche Milch zu liefern vermögen, ist folglich der Jodgehalt der Milch nicht nur von der Eigenart des Milchspenders, sondern auch von anderen Faktoren, im besonderen aber von dem Jodgehalt des aufgenommenen Futters abhängig. Bevor ich auf den Jodhaushalt der Pflanze zu sprechen komme, möchte ich aber nicht unterlassen, auch des Jodhaushaltes des Bodens als Standort der Pflanze gebührend Erwähnung zu tun.

Das Urgestein dürfte Jod in einer Menge enthalten, wie diese bei der Erstarrung der Erdkruste im flüssigen Magna vorhanden war. Bei Sedimentgesteinen und auch bei Salzen kann entweder durch Auslaugung Jodverarmung oder auch Jodanreicherung durch Einschluß jodhaltiger organischer Stoffe eingetreten sein. Geht das Gestein durch Verwitterung immer mehr in Erde über, so nimmt es vorzüglich durch Zufuhr von Jod aus den atmosphärischen Niederschlägen und aus Pflanzenresten sehr stark an Jod zu. Wo intensive Bodenkultur getrieben wird und wo an sich schon infolge der geologischen Verhältnisse ein jodärmer Boden vorhanden ist, kann die Gefahr der Jodverarmung des Bodens bestehen. Als die deutsche Landwirtschaft den Stickstoffbedarf ihrer Kulturböden noch vorwiegend durch Zufuhr von Chilisalpeter

deckte, führte sie damit dem Boden automatisch auch reichliche Mengen von Jod zu, von dem Chilesalpeter im Durchschnitt etwa 200 mg pro Kilogramm enthält. Seitdem die Verwendung des Chilesalpeters als Düngemittel nur noch eine sehr beschränkte ist, will man verschiedentlich eine Abnahme des Jodgehaltes bestimmter Kulturpflanzen, namentlich der Knollengewächse beobachtet haben. Ob man mit diesem Umstand die vielfach in Deutschland beobachtete Zunahme des Kropfes in Zusammenhang bringen darf, dies zu entscheiden sind wir heute noch nicht in der Lage. Es hängt Jod-anreicherung bzw. Jodverarmung wie überhaupt das Vorkommen von Jod in den verschiedensten Böden nicht allein von einer geregelten natürlichen oder künstlichen Jodzufuhr ab, sondern von Bedeutung für den Jodgehalt eines Bodens ist auch sein sog. Jodabspaltungsvermögen, die Fähigkeit des Bodens ionisiertes Jod in elementares Jod überzuführen. Da letzteres infolge seiner hohen Dampfspannung beim Freiwerden im Boden in Dampfform überzugehen vermag, so teilt es sich der Luft mit, die als Transportmittel für elementares Jod auf der Erdoberfläche von allergrößter Bedeutung ist.

Man war nun zunächst versucht, die jodabspaltende Eigenschaft der Böden in Verbindung mit Mikroorganismen des Bodens zu bringen im Hinblick auf deren vielseitige umformende Tätigkeit. Es kann jedoch heute als sicher erwiesen gelten, daß die jodabspaltende Eigenschaft der Böden weder durch Bakterien noch durch Bakterienenzyme, sondern wesentlich durch anorganische Katalysatoren bedingt wird und an die Gegenwart von Luftsauerstoff gebunden ist. Im allgemeinen ist das Jodabspaltungsvermögen der Böden um so größer, je saurer die Reaktion und je beträchtlicher der Gehalt an Bodenkolloiden, insbesondere an Eisen- und Manganverbindungen ist. Nach den Untersuchungen von SCHARRER vermag ein Boden mit einer p_{H} -Zahl von 7 und darüber, also mit einer Wasserstoffionenkonzentration, die nahe am Neutralpunkt liegt, kein Jod mehr abzuspalten. Ein derartiger Boden hat nicht mehr die Fähigkeit, Jodkalium in Jodwasserstoff umzusetzen, der andererseits wieder sehr leicht zu elementarem Jod oxydiert wird, das, wie wir bereits gehört haben, in die Atmosphäre entweicht.

Die Größe des Jodabspaltungsvermögens verschiedener Böden sei durch einige Angaben erläutert. Humoser, poriger Lehm mit einer $p_{\text{H}} = 3,7$ vermochte nach SCHARRER innerhalb 24 Stunden 368 γ Jod abzuspalten, humoser, sandiger Lehm mit einer $p_{\text{H}} = 3,8$ innerhalb derselben Zeit 123 γ. Beide Böden dürften wohl der Bodenzusammensetzung der Marsch am ehesten gleichkommen. Sandboden des Myozäns, ein ausgesprochen neutraler und inaktiver Boden, vermochte nur Spuren von Jod freizumachen. Bei Böden, die reich an organischen Substanzen sind, wie z. B. Moorböden, läßt der hohe Gehalt dieser Böden an humosen Bestandteilen die Jodabspaltung nicht zur Auswirkung

kommen, da primär abgespaltenes Jod durch organische Substanzen wieder sekundär gebunden wird. Aus diesem Grunde entwickelt auch mit Stallmist gedüngte Erde weniger Jod als ungedüngte, das abgespaltene Jod wird teilweise durch die organische Substanz des Düngers aufgenommen.

Der Anschauung, daß Bakterien bei der Jodabspaltung keine Rolle spielen, kann STOKLASA nicht ganz zustimmen. Nach seinen Beobachtungen nimmt bei bakterienreichen Böden die Menge des entweichenden Jodes zu.

Eng mit dem Jodgehalt der Erde hängt nun jener der Gewässer zusammen. Und ähnlich wie aus der Erde entweicht auch aus den verschiedenen Wässern Jod. Bei Meerwasser aus der Nähe von Capri mit einem ursprünglichen Jodgehalt von ca. 13 γ pro Liter stellte FELLENBERG innerhalb 21 bis 26 Tagen einen Verlust von 6–8 % fest, bei Wasser aus der Nähe der Südküste von England mit einem ursprünglichen Gehalt an Jod von ebenfalls ca. 13 γ pro Liter innerhalb 16 Tagen nur 2 %. Offenbar wird der Prozeß durch die Reaktion des Wassers beeinflußt. Stärker alkalische Wasser geben geringere Verluste.

Die Anreicherung der Meeresluft an Jod infolge der Jodabgaben des Meerwassers spiegelt sich im Jodgehalt der Niederschläge in den Küstengebieten wieder. So enthielten Regenwässer von der holländischen Küste durchschnittlich 5,2 γ Jod, Regenwässer von Bern in der Schweiz nur 0,9 γ Jod pro Liter.

Als der natürliche Vermittler der Jodzufuhr für Mensch und Tier tritt uns die Pflanze entgegen. Im allgemeinen kann man sagen, daß grüne Pflanzen wie Gräser, Salate oder Gemüse reicher an Jod sind als Wurzelgewächse, Getreide, Leguminosensamen und Ölsamen. Selbst die Verteilung des Jods in den verschiedenen Pflanzenteilen ist keine gleichmäßige. Am jodreichsten sind die Blätter, weniger jodreich Stengel und Blumen, jodarm Wurzeln und Knollen. Auch der Standort der Pflanzen ist durchaus nicht gleichgültig für deren Jodgehalt. So überragen Süßwasserpflanzen ganz bedeutend die Landpflanzen an Jodgehalt, der in der Regel bei Meerespflanzen noch um ein Vielfaches gesteigert ist. Die Ihnen wohlbekannte Brunnenkresse enthält z. B. nach Angaben von FELLENBERG ca. 450 γ Jod pro 1 kg frischer Substanz, eßbare Meeresalgen, wie sie in Japan zu Hause sind und dort vielfach konsumiert werden, können getrocknet bis zu 2600000 γ = 2,6 g Jod pro Kilogramm enthalten.

Abweichend von dem üblichen Schema der Mineralstoffaufnahme der Pflanze verfügt letztere über eine Art von „Jodassimilation“, die einer direkten Aufnahme des elementaren Jods aus der Luft durch die Blätter während der ganzen Wachstumsperiode gleichkommt. Wo die Luft jodreicher ist, sind es auch die Pflanzen. Erwiesenermaßen ist dabei der Jodgehalt der nahe am Boden befindlichen Pflanzenteile oder Pflanzen beträchtlicher als der höher gelegenen Pflanzenteile. Die hohe Dampfdichte

des Jods, die höchste aller bei gewöhnlicher Temperatur flüchtigen Elemente, bedingt eben eine Anreicherung der Joddämpfung direkt über dem Boden. Auch das durch Niederschläge aus der Atmosphäre herausgewaschene Jod ist direkt durch die Blätter der Pflanze aufnehmbar. HILTNER spritzte Jod auf Pflanzen und bewies, das letzteres leicht aufgenommen und sich in den Geweben der Pflanzen stark anreicherete.

Neben der Aufnahme elementaren Jods durch die Blätter deckt die Pflanze ihren Bedarf an Nahrungsjod durch Entnahme von ionisiertem Jod aus dem Boden mittels ihres Wurzelsystems. Diese Art der Jodaufnahme bringt die Möglichkeit mit sich, den Jodgehalt der Pflanze auf natürliche Weise zu steigern, sofern durch Zugaben von anorganischem Jod zu dem Boden, also durch Joddüngung eine Anreicherung des Jods in jodgedüngten Böden erfolgt. Daß letzteres, wenn auch nicht unter allen Umständen, wie wir später noch sehen werden, zutrifft, geht *eo ipso* aus der Tatsache der Jodanreicherung in jodgedüngten Pflanzen hervor. Das Agrikulturchemische Institut Weihenstephan führte Joddüngungsversuche zu Zuckerrüben auf Freiland mit Jodgaben von 0,251–2,511 kg Jod als Natriumjodat pro Hektar auf einem schweren, schwach sauren Lehmboden mit einem Jodgehalt von 35% durch. Bei den mit Jod gedüngten Parzellen wurden im Vergleich zur Grunddüngung sowohl bei den Wurzeln als insbesondere bei den Blättern der Zuckerrüben ein Vielfaches an Jod festgestellt, bei der höchsten Jodgabe fast das 20fache des Jodgehaltes der Grunddüngung.

Ein Joddüngungsversuch zu Spinat im Freiland auf einem schweren Lehmboden bei einer Gabe von 80 mg Jod als Kaliumjodid pro Quadratmeter Anbaufläche gab einen interessanten Einblick in den Chemismus der pflanzlichen Jodaufnahme. Die Jodzugabe erfolgte erst als der Spinat bereits vollkommen schnittreif war, geerntet wurde staffelweise. Es zeigten sich erhebliche Unterschiede im Jodgehalt der mit und ohne Jod gedüngten Pflanzen. Der Jodgehalt des jodgedüngten Spinates betrug ungefähr das 10fache des ohne Jod gedüngten. Der Versuch war insofern sehr lehrreich, als er zeigte, daß selbst an und für sich jodreiche Pflanzen wie Spinat (der Normalspinat enthielt pro 100 g Trockensubstanz 330 γ Jod) durch Joddüngung noch weitere Mengen dieses Elementes aufzuspeichern vermögen. Der Maximalwert der Jodanreicherung konnte bei der nach Verlauf von 8 Tagen nach erfolgter Düngung genommenen Ernte mit 3460 γ Jod pro 100 g Trockensubstanz festgestellt werden; von diesem Zeitpunkt an zeigte sich bei den weiteren Ernten wieder ein Rückgang des Jodgehaltes.

Bei Joddüngungsversuchen in Vegetationsgefäßen zu verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, wie Sommergerste, Hafer, Erbsen, Rotklee usw. war im Vergleich zur Volldüngung ohne Jod ebenfalls eine bedeutende Erhöhung des

Jodgehaltes der Pflanzen zu beobachten. Durchwegs war dabei die Jodaufspeicherung in dem Stroh von Gerste, Hafer und Erbsen merklich höher als in dem Samen genannter Pflanzen. Beispielsweise war bei Haferstroh der Jodgehalt von 36% auf 60% bzw. auf 205% bei doppelter Jodgabe angestiegen; der Haferdienst wies dagegen nicht nur einen wesentlich niedrigeren Jodgehalt auf als das Stroh, sondern auch eine dem niedrigeren Wert angepaßte geringere Steigerung des Jodgehaltes bei Joddüngung. Von 13% war der Jodgehalt auf 19% bzw. 32% angestiegen. Ganz ähnlich lagen die Verhältnisse bei Erbsen. Am jodaufnahmefähigsten hatte sich bei den Versuchen Wiesenhafer erwiesen. Auch STOKLASA gelang es durch Düngung mit Jodkalium eine Anreicherung des Jods namentlich in den Blättern von Zuckerrüben zu erzielen.

FELLENBERG verwendete bei Joddüngungsversuchen als Kulturpflanze Runkelrüben. Das Ergebnis dieser Versuche ist insofern bemerkenswert, als es das Jodanreicherungsvermögen der Pflanze von dem Jodaufspeicherungsvermögen des Bodens nach erfolgter Joddüngung abhängig zeigt. Trotz reichlicher Düngung der Versuchsparzellen mit Jodkalium ergaben die Bodenuntersuchungen nur eine geringe Anreicherung der Erde an anorganischem Jod. Die energisch oxydierende Diluvialerde bei FELLENBERGS Versuchen hatte das zugegebene Jodid nahezu vollständig zu elementarem Jod zersetzt, das, soweit es nicht durch organische Stoffe des Bodens gebunden, in die Atmosphäre entweichen konnte. Da aber durch die Wurzeln nur anorganisches Jod aufgenommen werden kann, so betrug naturgemäß die Mehraufnahme der Pflanzen an Jod nur einen kleinen Bruchteil des zugegebenen Jodids. Dagegen war die Jodanreicherung in den Rübenblättern gegenüber jener in den Wurzeln eine unverhältnismäßig höhere, eine Erscheinung, die zweifelsohne ihre Erklärung in der direkten Aufnahme von elementarem Jod durch die Blätter finden kann, das bei der Eigenart des betreffenden Bodens in besonders reichlicher Menge in die Luft abgestoßen worden war.

FELLENBERG schlug nun die Brücke, die von der Aufspeicherung anorganischen Jods im Boden durch vorausgegangene Joddüngung über jodangereicherte Futterpflanzen zur Erzeugung einer jodreicher Milch führt. Wenn der Erfolg seiner diesbezüglichen Versuche auch nicht ganz den Erwartungen entsprach, so war doch immerhin ein positives Ergebnis zutage getreten. Bei Verfütterung von jodgedüngten Runkelrübenblättern an Milchkühe konnte er eine deutliche Erhöhung des Jodgehaltes der Milch feststellen, die aber relativ weniger ausmachte als die gleichzeitige Erhöhung des Jodgehaltes in Harn und Kot. Anscheinend ist der Gehalt des Rübenkrautes, aber auch jener des Grases, wie sich gezeigt hatte, an nicht resorbierbaren Jodverbindungen unverhältnismäßig groß. Diese gehen mit dem Kot unverdaut ab, eine Beobachtung, die man auch bei Versuchen

an Menschen nach Genuß von stark jodhaltigen Gemüsen mit Brunnenkresse und Spinat gemacht hat. Eingehendere Versuche werden wohl weiteren Aufschluß über dieses bisher leider noch sehr wenig geklärte Gebiet zu geben vermögen.

Neben dem soeben erwähnten Weg der Anreicherung der Milch mit Jod ist mit Erfolg noch ein anderer beschritten worden, nämlich Erhöhung des Jodgehaltes der Milch durch direkte Verfütterung von anorganisch gebundenem Jod an die Milchtiere. SCHARRER und STROBL führten zunächst eine Reihe von Versuchen mit Milchziegen durch, denen Jod in Form von Jodkali in steigenden Mengen gegeben wurde. Bei den mit Jod gefütterten Ziegen trat unter der Wirkung höherer Jodgaben eine beträchtliche Vervielfachung des natürlichen Jodgehaltes der Milch zutage. Der Gesundheitszustand der Tiere wurde durch die jeweiligen Jodgaben nicht beeinflußt. Der Übertritt des Jods in die Milch war schon in dem nach den ersten 30 Minuten entnommenen Teigemelk zu erkennen. Die Rückkehr zu dem normalen Jodgehalt der Milch vollzog sich bei erst raschem, dann langsamem Sinken innerhalb 4 Tagen. Die Versuche erfuhren dann auch eine Ausdehnung auf Milchkühe. Bei Verabreichung von 2 bzw. 5 mg Kaliumjodid pro Tier und Tag konnte eine beträchtliche Steigerung des Milchjodgehaltes erzielt werden. Einen anderen Weg zur natürlichen Jodanreicherung der Milch beschritt die Forschungsanstalt für Milchwirtschaft in Weihenstephan. Wir verabreichten den Kühen pro Tier und Tag etwa 50 g jodiertes Kochsalz, sog. Vollsalz, das pro Kilo Kochsalz 5 mg Kaliumjodid enthält, also 1 Teil Kaliumjodid auf 200000 Teile Kochsalz. Die mit diesen Vollsalzgaben den Tieren verabreichte äußerst geringe Menge Jod, etwa 430 γ, bewirkte eine durchschnittliche Erhöhung des Milchjodgehaltes um etwa 50 %. Hinsichtlich der Intensität der Ausscheidung des beigefütterten Jods durch die Milch verhielten sich die Tiere unterschiedlich. Bei einigen stieg die Jodmenge in der Milch nur sehr wenig, bei anderen etwas kräftiger an. Bei richtiger Dosierung der Jodgaben, namentlich bei Verabreichung von Vollsalz mit seiner genau bemessenen, prophylaktisch wirksamen Jodmenge, können jedoch auch die bei reichlichem Milchgenuß mit der Jodmilch aufgenommenen Jodmengen niemals schädlich wirken. Ich möchte hierfür das Urteil einer berufenen Stelle sprechen lassen. Jodmilch von Kühen, die pro Tag 5 mg Jodkali, also beträchtlich mehr Jod als durch 50 oder 100 g Vollsalz mit dem Futter zugeführt bekamen, wurde den Säuglingen der Kinderpoliklinik München verabreicht. Nach den Ausführungen des leitenden Oberarztes wurde derartige durch mäßige Jodfütterung der Milchkühe mit Jod angereicherte Milch von den Säuglingen anstandslos vertragen.

Wenn ich noch weiterhin mitteilen kann, daß die Verabreichung kleiner Jodgaben an milchende Kühe außer der Jodanreicherung in der Milch auch noch außerordentlich günstig auf den Milch-

bildungsprozeß im Sinne einer erkennbaren Steigerung der Milchabsonderung einzuwirken vermag, so können wir auch in dieser Tatsache die Bedeutung des Jods für die Funktionssteigerung tierischer Organe, in diesem Falle für die Milchdrüse, erkennen.

Welche Bedeutung kommt nun dem Jodgehalt der Milch im Jodhaushalt des Organismus des Menschen zu?

Nach den bisherigen Beobachtungen braucht der Mensch täglich etwas weniger als $\frac{1}{10}$ mg Jod, im ganzen Jahr etwa 20 mg. Es mag diese Menge als ungemein geringfügig erscheinen, sie unterstreicht aber um so mehr die Bedeutung dieses Bioelementes. Im Blute zirkuliert nun eine bestimmte Menge des aus der Nahrung und aus der Luft aufgenommenen Jods. Von diesem zirkulierenden Jod halten gewisse Organe eine bestimmte Menge zurück, im Vergleich zu ihrem Gewicht am meisten die Schilddrüse, der VEIL eine entscheidende Rolle hinsichtlich der automatischen Regulierung des Jodgehaltes, des Jodspiegels des Blutes beimitzt. Die Tatsache nun, daß das Blut seinen Jodspiegel zäh festhält, läßt darauf schließen, daß der Jodstoffwechsel in ähnlicher Weise geregelt wird, wie beispielsweise der Kohlehydratstoffwechsel. Die letzten Ursachen, welche eine Störung dieses Jodstoffwechsels bedingen und damit den Zwang der Natur zur Schilddrüsenvergrößerung auslösen, sind uns noch unbekannt. Denn keine der bisher aufgestellten Kropftheorien ist vollkommen, weder die Jodmangeltheorie, welche in der Verarmung des Wassers, des Bodens, der Nahrungs- und Futtermittel an Jod die Ursache des Kropfes erblickt, noch die toxische Theorie, welche noch unbekannte pathogene Keime oder deren Stoffwechselprodukte für den Kropf verantwortlich macht. Die Wahrheit mag vielleicht in einer verständigen Verbindung der beiden angeführten Ursachen liegen.

Daß aber der Kropf eine Ernährungskrankheit ist, bestreitet heute niemand mehr, STINER geht in dieser Hinsicht schon so weit, daß er die Beziehungen des endemischen Kropfes zum Jod und zum Vitaminmangel aus der Qualität der tischfertigen Speisen — nicht der Nahrungsmittel — erklärt. Durch unsachgemäße Zubereitung der Speisen können große Mengen von wertvollen Bestandteilen der Nahrung, wie Jod und andere Mineralstoffe, derselben entzogen werden; andere Bestandteile, wie z. B. ein großer Teil der Vitamine, deren Fehlen nach den Versuchen von MAC CARRISON und STINER bei der Entstehung des Kropfes eine mindestens ebenso große Rolle spielen dürfte, wie das relative Joddefizit, können vernichtet werden. Auf der Internationalen Kropfkonferenz zu Bern 1927 wurden diese Verhältnisse ausführlich diskutiert.

Es liegt nun im Zuge der Zeit, daß auch für den endemischen Kropf als Schädling der Volksgesundheit nicht nur Behandlung, sondern vor allem Verhütung angestrebt wird. Nachdem man die Heilwirkung, welche das Jod beim Kropf entfaltet, kennengelernt hat, ist es sehr naheliegend, hiervon

bei der Kropfprophylaxe Gebrauch zu machen und diese zweckmäßig so zu gestalten, daß auch die ernährungsphysiologischen Momente, welche STINER und MACCARRISON in den Mittelpunkt ihrer Anschaufungen über die krankhafte Schilddrüsenvergrößerung stellen, berücksichtigt werden. Als geeignetster Weg erscheint mir, insbesondere wenn es sich um die Kropfprophylaxe beim Säug-

ling und Kleinkind handelt, die Verabreichung von Jodmilch, welche das Jod über die jodgedüngte Pflanze in natürlicherer, weil vielleicht vorwiegend organischen Bindung, zum mindestens aber dem heranwachsenden Menschen in einer Form zuführt, die durch den pflanzlichen und tierischen Lebensprozeß gleichsam veredelt, physiologisch höherwertig gemacht worden ist.

Die Entstehung des Echolots.

Von A. BEHM, Kiel.

Durch die Titanic-Katastrophe im Jahre 1912, die durch Zusammenstoß des Schiffes mit einem Eisberge entstand, wurde in der Öffentlichkeit lebhaft die Frage erörtert, was man zur Verhinderung solcher Schiffszusammenstöße tun könne. Besonders der Vorschlag, die Reflexion von Schallwellen am Eisberge zur Warnung der Schiffe zu benutzen, fand damals lebhafte Erörterung. Die Beschäftigung mit diesem Problem führte mich bald auf das viel wichtigere Gebiet der akustischen Tiefenmessungen und damit auf die Idee des „Echolots“.

Ohne Kenntnis davon zu haben, daß die Idee der „Echolotung“ schon sehr alt war — denn schon der Amerikaner MAURY berichtet in seiner 1855 erschienenen „Physischen Geographie des Meeres“ über allerdings vollkommen ergebnislos vorgenommene Versuche —, begann ich in Wien mit den theoretischen Vorarbeiten zum „Echolot“. Da zur Anstellung praktischer Versuche jedoch unbedingt tieferes Wasser erforderlich war, verlegte ich meine Tätigkeit nach Kiel, wo im Kieler Hafen, wie sich im Laufe der Entwicklung zeigte, allerdings die denkbar ungünstigsten Wasserverhältnisse für Echolotungen gegeben waren. Meine Arbeit begann mit einer gründlichen Untersuchung der akustischen Verhältnisse im Wasser, da bis dahin die Existenz eines Echos im Wasser von keiner Seite nachgewiesen war. Ja, es wurde an ihr sogar in Fachkreisen gezweifelt, weil der Meeresboden zumeist stark von Wasser durchsetzt ist, so daß ein kontinuierlicher Übergang vom Wasser zum festen Boden stattfindet. Ganz besonders wurde ein solches Verhalten vermutet bei stark schlickigem Grund, wie im Kieler Hafen. Dies war jedoch nicht das einzige Bedenken in bezug auf die Ausführbarkeit einer akustischen Lotung. Auch auf die große Schallgeschwindigkeit im Wasser, die etwa $4\frac{1}{2}$ mal so groß als in Luft ist und in der Sekunde $1\frac{1}{2}$ km beträgt, wurde als besonders erschwerend hingewiesen, denn sie bedingt eine sehr hohe Meßgenauigkeit der Echozeit.

Bedenkt man, daß ein für die Schiffahrt brauchbares Lotverfahren die Wassertiefe mindestens auf 1 m genau angeben muß, für welche die Echozeit $1/750$ Sekunde beträgt, so ergibt sich, daß die Zeit auf $1/10000$ Sekunde genau zu messen ist, wenn man noch $1/2$ m Wassertiefe sicher loten will. Da meine Arbeiten nicht nur auf die theoretische

Lösung der Frage abzielten, ob ein Bodenecho von merklicher Intensität im Wasser vorhanden ist, sondern ich von vornherein das Ziel im Auge hatte, ein praktisch brauchbares Echolot für wissenschaftliche Zwecke und vor allem für die Zwecke der Schiffahrt zu schaffen, so traten, besonders durch letzteres bedingt, zu den erwähnten Schwierigkeiten noch andere hinzu.

Das „Echolot“ für Schiffahrtszwecke mußte mit der theoretischen Lösung auch gleich seine praktische finden, und diese war erheblich erschwert dadurch, daß vom Schiffspersonal Echolotungen überhaupt nur dann auszuführen waren, wenn zu ihrer Durchführung ein Apparat geschaffen wurde, der von ungeübten Matrosenhänden ohne weiteres bedienbar war und nicht etwa an sich schon ein kleines wissenschaftliches Laboratorium darstellte mit dem zugehörigen wissenschaftlich geschulten Personal. Aber abgesehen davon, mußten Echolotungen auch bei jedem Wetter, also auch bei starkem Seegang, Stampfen und Schlingern des Schiffes möglich sein. Gerade diese Frage stand der praktischen Durchführung von Echolotungen als besonders erschwerend entgegen, denn, wenn überhaupt mit einem Echo zu rechnen war, so konnte dieses nur sehr schwach sein. Das aber hatte zur Folge, daß empfindliche Empfangsgeräte zur Anwendung gelangen mußten, wobei natürlich zu befürchten war, daß Messungen mit solchen kaum unter den geschilderten Umständen durchführbar sein würden.

Ein praktisch brauchbares „Echolot“ nun mußte aber gerade unter diesen Verhältnissen besonders zuverlässig arbeiten, weil bei stürmischer See häufig die Existenz des Schiffes und das Leben der Besatzung von Lotungen abhängig werden können. Weiter aber war die Schiffahrt in erster Linie gerade an dem Erloten der kleinen Wassertiefen interessiert. Auf diesen aber besteht für ein „Echolot“ die größte Schwierigkeit, weil es hier ganz besonders auf die Exaktheit der Zeitmessung und außerdem auch noch auf das Messen sehr kleiner Zeiten an sich ankommt. Soll beispielsweise mit dem „Echolot“ eine Wassertiefe von 3 m gemessen werden, so beträgt die gesamte Lotzeit nur $1/250$ Sekunde. Dies ist also die Zeit, in der sich die ganze „Echolotung“ abzuspielen hat. Alles in allem ist es daher wohl verständlich, daß selbst in Fachkreisen, wie schon gesagt, an der

Ausführbarkeit von „Echolotungen“ gezweifelt wurde, und daß man erst recht der Schaffung eines für die Schiffahrt brauchbaren „Echolots“ skeptisch gegenüberstand.

Würde ich damals alle diese Schwierigkeiten in ihrer vollen Größe vorausgesehen haben, hätte ich mich kaum an die Lösung des „Echolotproblems“ herangewagt. Dies um so mehr, wenn ich Kenntnis von den zahlreichen, in aller Welt vergeblich angestellten Versuchen in gleicher Richtung gehabt hätte.

Wenn ich heute, wo es keine Tiefe des Weltmeeres gibt, die man nicht durch eine „Echolotung“ bestimmen könnte, so ausführlich auf die Schwierigkeiten eingegangen bin, die der Verwirklichung der Idee des „Echolotes“ entgegengestanden, so geschah dies in der Hauptsache deshalb, weil gerade die Überwindung der vermeintlichen Schwierigkeiten mehr Arbeit machte als die wissenschaftlich-technische Lösung des Problems, wie dies ja oft bei Erfundenen der Fall ist.

Die ersten praktischen Versuche zeigten aber doch, daß das Echoloten nicht so ganz einfach war, und so blieb mir, wie schon anfänglich gesagt, nichts anderes übrig, als die akustischen Verhältnisse im Wasser einer gründlichen Untersuchung zu unterziehen. Dies geschah dann zunächst in der Weise, daß ich eine Methode zur Sichtbarmachung und photographischen Wiedergabe der Schallwellen im Wasser ausbildete, die in ganz einfacher Weise arbeitete. Mehr als Kuriosität mag hier erwähnt sein, daß mir die ersten Echolotungen in einem Goldfischaquarium von den Dimensionen $27 \times 25 \times 12$ cm gelangen, das man wohl als klein ansprechen darf gegenüber der Schallgeschwindigkeit von $1\frac{1}{2}$ km in der Sekunde.

Trotzdem das Wasser eine so geringe Zusammendrückbarkeit besitzt, daß man es praktisch schon als fast unzusammendrückbar bezeichnet hat, gelang die Wiedergabe der Wasserschallwellen mit einer ganz bemerkenswerten Exaktheit und Schärfe. (Fig. 1 und 2) Es war mir sogar möglich, Schallwellen im Wasser sichtbar zu machen, die einander in einem Zeitabstand in $1\frac{1}{2}$ Millionstel Sekunde folgten, und auf dieser Tatsache eine Zeitmeßmethode zu begründen, die mit einer Genauigkeit von ebenfalls $1\frac{1}{2}$ Millionstel Sekunde arbeitet, die für praktische Echolotungen aber nicht erforderlich ist und nur für wissenschaftliche Zeitmessungen in Frage kommt.

Nachdem somit erstmalig die Existenz eines Echos im Wasser nachgewiesen und damit gleichzeitig der Nachweis dafür erbracht war, daß das Echo im Wasser nicht, wie die Zweifler meinten, ein akustisch sehr unexaktes, sondern im Gegen teil ein zeitlich äußerst scharf begrenztes Gebilde ist, wenn man nur die richtige Schallquelle zur Anwendung bringt, war damit auch wahrscheinlich gemacht, daß die Echolotmethode auch praktisch anwendbar sein müßte.

Wenn ich heute das Prinzip des Echolotes vielleicht bei einem Teile der Leser auch als bekannt

voraussetzen darf, so will ich es hier doch trotzdem kurz streifen. Seine Grundlage bildet die Bestimmung der Echozeit, das ist die Zeit, die zwischen Abgabe eines Schallsignales und der Rückkehr des Echos desselben vergeht. Auf großen Tiefen bietet die Bestimmung dieser Echozeit, wie sich gezeigt hat, keine erheblichen Schwierigkeiten, Anders ist dies allerdings auf den kleinen Tiefen, wie sie mir bei meinen anfänglichen Lotungen nur zur Verfügung standen. Hier beträgt die Echozeit oft nur $1/100$ Sekunde und weniger, und es ist aus mehreren Gründen schwierig, den direkten Schall vom Echo zu trennen, was aber andererseits wiederum die Voraussetzung für die Echozeitbestimmung ist. Ich kam nun auf die Idee, den Schiffskörper selbst zur Erzeugung eines Schallschattens zwischen Schallquelle und Echoempfänger zu legen, indem auf der einen Seite des Schiffes eben unter der Wasseroberfläche eine Schallwelle ausgesandt und das Echo auf der entgegengesetzten Seite des Schiffes an ungefähr gleicher Stelle empfangen wurde (Fig. 7). Bei meinen ersten Echolotungen diente ein Ton als Schallquelle. Später ging ich zur Benutzung von Lotpatronen über, die in einfacher Weise durch Entzünden einer Ladung von $0,3-2$ g Sprengstoff einen scharf einsetzenden Knall zu erzeugen gestatten. Auch ein Schlag gegen die Bordwand wurde auf kleinen Tiefen von mir als Schallquelle benutzt. An sich ist natürlich die Art der Schallerzeugung nebensächlich, nur ist Bedingung, daß die entstehende Schallwelle einen möglichst scharfen und zeitgenauen Einsatz besitzt, damit ein Echo mit gleichen Eigenschaften entsteht. Erst dadurch, daß ich nun die Abschirmung des Echoempfängers gegenüber der Schallquelle zur Anwendung brachte, wurde jede beliebige Echozeit, auch die kleinste, meßbar. Das Wesen der Abschirmung liegt darin, daß der Schall nur auf dem Wege der Beugung um den Schiffskörper herum zu laufen vermag, während das aus der Tiefe zurückkehrende Echo auf geradlinigem Wege und (ungeschwächt) ohne Beugung auf den Echoempfänger trifft. Erschwerend für die Durchführung dieses Verfahrens war allerdings die Tatsache, daß mein Versuchsschiff, das ehemalige Kanonenboot „Otter“, das in ein schwimmendes Laboratorium verwandelt war, und auf dem ich die ersten Echolotungen ausführte, nur einen Tiefgang von 80 cm besaß, was einer nutzbaren Abschirmung von etwa 40 cm entspricht. Nach dieser Methode gelangen mir dann auch bald die ersten praktischen Echolotungen in der Heikendorfer Bucht des Kieler Hafens, wo allerdings nur die geringe Wassertiefe von 8-10 m zur Verfügung stand. Zur Ausführung dieser Lotungen diente mein photographisch registrierendes Sonometer (Fig. 3). Bemerkenswert ist hierbei vielleicht noch, daß schon bei den ersten Echolotungen Tiefen von nur 3 m unter Kiel gemessen werden konnten. Auch die Genauigkeit, die dabei erzielt wurde, war eine recht erhebliche, sie betrug schon damals etwa $1/4$ m Wassertiefe.

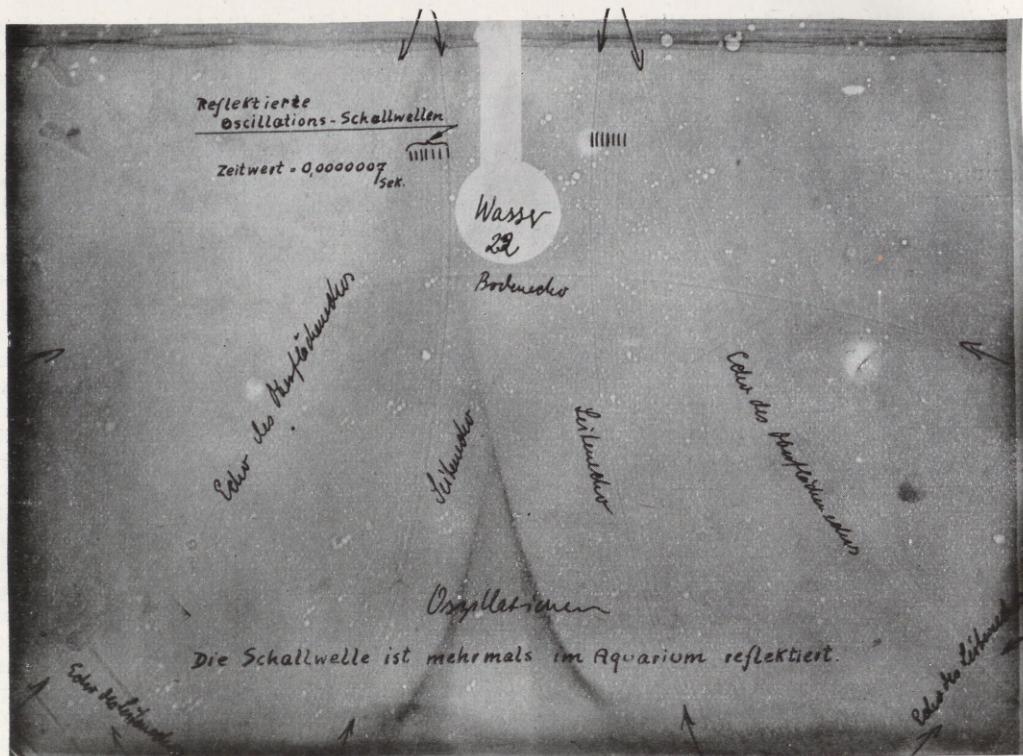
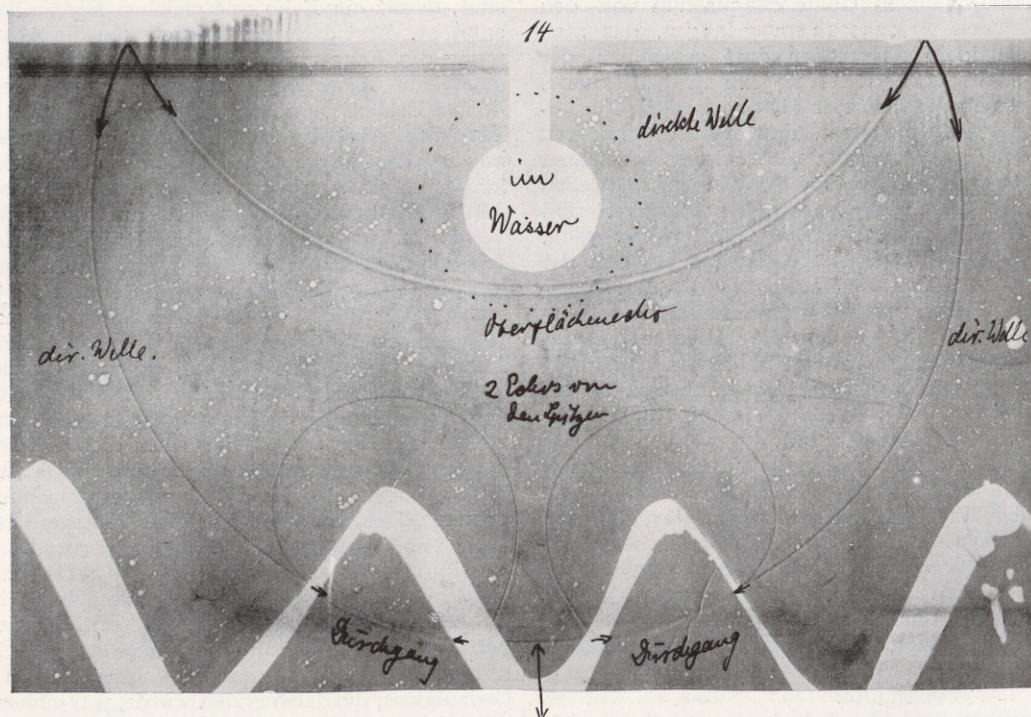
Fig. 1. Oszillations-Wasserschallwelle Zeitwert $1/1435\,000$ Sekunde.

Fig. 2. Wasserschallwelle mit Oberflächenecho und 2 Echos von den Spitzen eines wellenförmig gebogenen Metallstreifens.

So sehr natürlich die schlechten akustischen Verhältnisse des Kieler Hafens und die geringen Tiefen, die in der Heikendorfer Bucht zur Lotung zur Verfügung standen, die Lösung des Echolotproblems erschwerten, so wertvoll war aber andererseits dieser Umstand, indem er wesentlich zur

Durchbildung und Verwirklichung der Lottypen beitrug. Hätten von vornherein große Wassertiefen für die Versuche zur Verfügung gestanden, so wäre die Lösung des Problems weniger schwierig gewesen, hätte aber nicht zu einer gründlichen Erforschung der akustischen Verhältnisse im Wasser

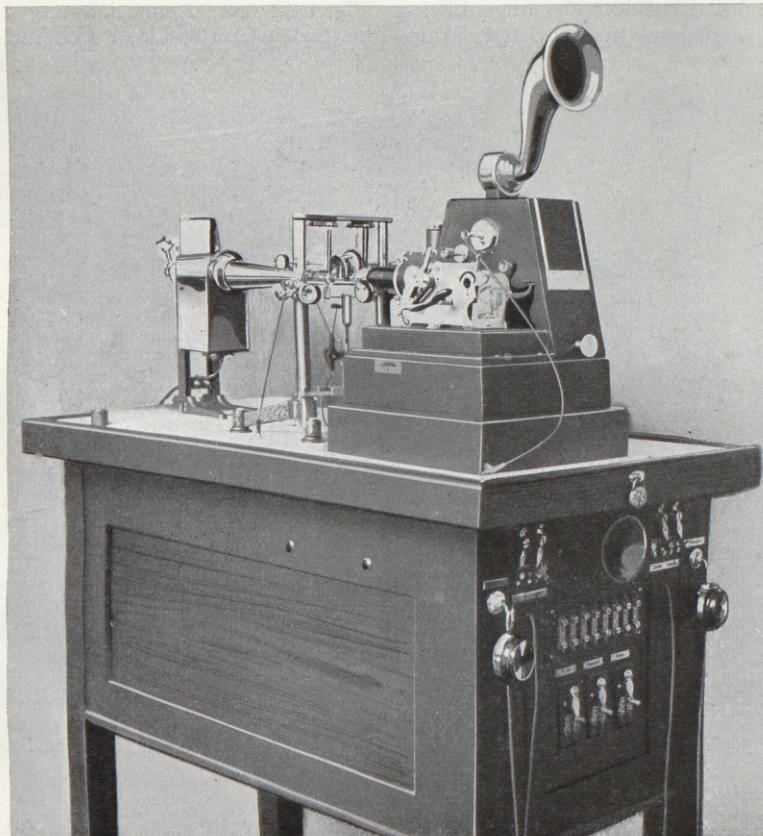


Fig. 3. Photographisch registrierendes Behmlot, mit dem die ersten „Echolotungen“ ausgeführt wurden.

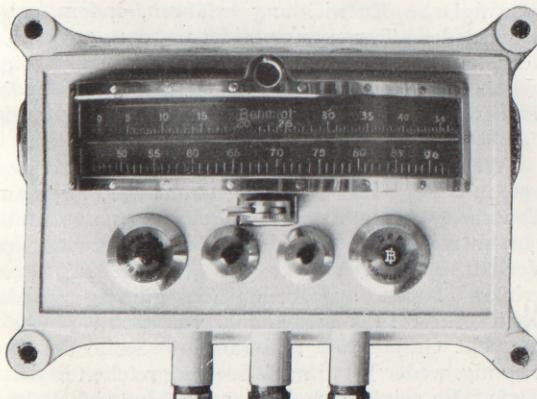


Fig. 4. Behmlot Type I, das die Wassertiefe an einer in Metern geeichten Skala direkt anzeigt (Außenansicht).

sowie zur Durchbildung der Geräte geführt. In dieser Beziehung haben es die anderen Nationen, die sich nach Bekanntwerden des „Echolots“ ebenfalls lebhaft damit beschäftigten, leichter gehabt, weil sie die großen Wassertiefen sozusagen vor der Tür hatten, wogegen in der Nähe von Kiel solche nicht vorhanden sind, und in deutscher Küstennähe nur in der Danziger Bucht hundert Meter Tiefe zur Verfügung standen.

Mit meinem ältesten, photographisch registrierenden Echolot, mit dem es damals immerhin möglich war, in 10—11 Sekunden das entwickelte, fixierte und ausgewertete Photogramm zu erhalten, war natürlich der praktischen Schiffahrt noch nicht gedient. Es setzten nun meine Bemühungen ein um die Schaffung eines auch praktisch brauchbaren Lotapparates, die dann zur Konstruktion des „Behmzeitmessers“ führten, einem außerordentlich

einfach und zeitgenau arbeitenden mechanischen Zeitmesser (Fig. 4 und 5). Das auf dieser Basis durchgebildete Lotgerät für die praktische Schifffahrt war außerordentlich einfach und ließ sich durch einfaches Niederdrücken von 3 außen am Gerät angebrachten Druckknöpfen betätigen. Die Tiefen waren nach Niederdrücken des zur Entzündung der Lotpatrone dienenden Druckknopfes augenblicklich an einer in Tiefenmetern geeichten Skala

dauernd abzulesen. Das Loten mit einem solchen Gerät ist jedem Matrosen fast ohne Vorkenntnis und Übung möglich und die erzielte Genauigkeit ebenfalls $\frac{1}{4}$ m Wassertiefe.

Da das von mir zur Kennzeichnung meiner Lotmethode geprägte Wort „Echolot“ bald in den allgemeinen Sprachgebrauch überging und ganz allgemein zur Kennzeichnung akustischer Lotmethoden diente, die durch mein „Echolot“ an-

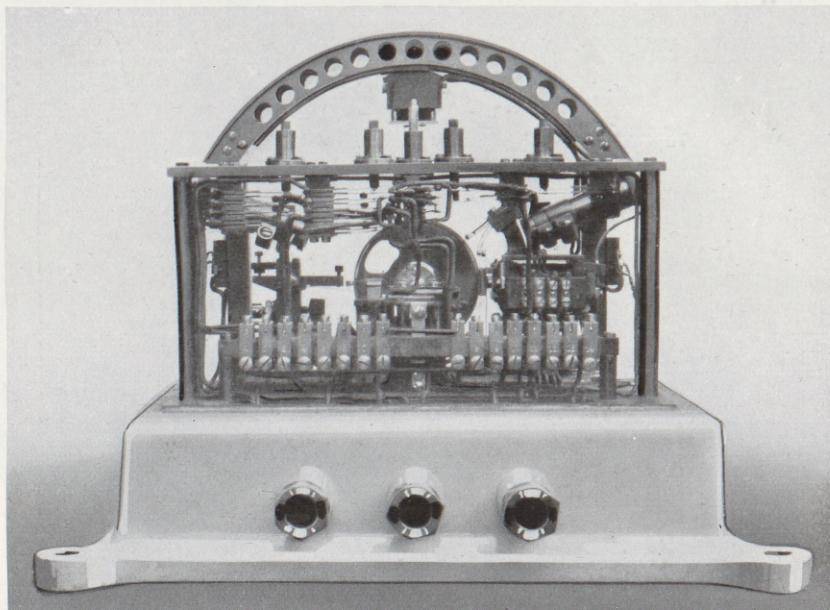


Fig. 5. Behmlot Type I, das die Wassertiefe an einer in Metern geeichten Skala direkt anzeigt (Innenansicht).

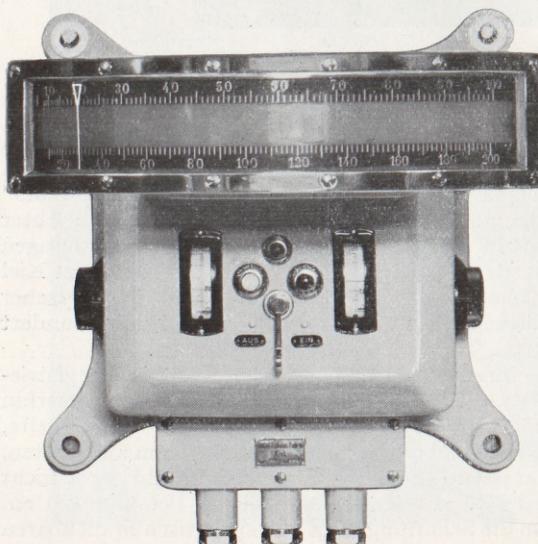


Fig. 6. Behmlot Type V, direkt anzeigend bis 200 m.

geregt, entstanden, ist neuerdings an Stelle dieser Bezeichnung das Wort „Behmlot“ getreten.

Das „Behmlot“ hat im Laufe der Zeit eine mannigfache Entwicklung erfahren, indem acht verschiedene Typen ausgebildet wurden, auf deren Konstruktionseinzelheiten hier nicht näher eingegangen werden kann. Sie zeigen teilweise die Tiefe direkt an, teilweise wird sie unter Benutzung des menschlichen Ohres ermittelt (Fig. 6).

Wenn natürlich zu Beginn meiner Arbeiten von mir nicht schon daran gedacht war, auch auf Tausende von Metern Tiefe Echolotungen auszuführen, so zeigte sich doch bald, daß die akustischen Verhältnisse im Wasser der „Echolotung“ auf großen Tiefen außerordentlich günstig waren, denn schon in Wassertiefen von 20 m abwärts herrscht Grabesstille und absolute Ruhe der Bewegung, weder Wind noch Seegang reichen in diese Tiefe. Es zeigte sich denn auch, daß sich Behmlotungen bis zu 200 m Tiefe bei direkter Anzeige ausführen ließen, wenn man eine Patrone von etwa 2 g Ladung zur Entzündung brachte. Mit

200 m Wassertiefe war aber durchaus nicht die Grenze für Echolotungen gegeben, besonders, wenn man von einer direkten Tiefenanzige absieht, und das menschliche Ohr zu ihrer Ausführung benutzt. Die hier zu messenden größeren Zeiten gestatten auch die Anwendung ganz einfacher Zeitmeßgeräte, wie es beispielsweise eine einfache Stoppuhr ist.

Versuche, die alsdann von fast allen Kulturstaaten angestellt wurden, zeigten, daß es keine Tiefen im Weltmeere gibt, die nicht durch das Echolot gemessen werden kann. So hat erst kürzlich der Kreuzer „Emden“ nach dieser Methode die bisher größte Tiefe des Weltmeeres von über 10000 m festgestellt. Hunderttausende von Echolotungen haben uns eine wesentliche bessere Kenntnis der Gestaltung des Meeresbodens vermittelt, als alle Drahttiefeelotungen dies bis dahin vermochten, denn die Zahl der bis heute angestellten Echolotungen geht in die Hunderttausende und übertrifft damit um ein Vielfaches die Zahl der Drahtlotungen. Die Vermessung der Weltmeere aber ist durch das Echolot auf eine neue Basis gestellt, denn Echolotungen können auch in voller Fahrt des Schiffes vorgenommen werden, während bei einer Drahtlotung von über 200 m Tiefe das Schiff unbedingt stoppen und auf der gleichen Stelle verbleiben muß, was bei Tiefseelotungen bis zu 2 Stunden für eine Lotung dauern kann. Aber auch dadurch hat das Echolot neue Verhältnisse geschaffen, daß zur Vermessung der Weltmeere nicht besondere Expeditionen, wenigstens soweit es sich um die Schiffahrtsstraßen handelt, notwendig sind, denn mit dem Echolot ausgerüstet, ist jedes Handelsschiff in der Lage, seine Fahrtroute ohne Störung des normalen Schiffsbetriebes auch dann auf das genaueste zu vermessen, wenn sie über Tiefsee führt. Das erste Ozeanprofil dieser Art habe ich auf dem größten französischen Passagierdampfer S. S. „Paris“ zur Ausführung bringen lassen (Fig. 8).

Wenden wir uns nun von den ganz großen Tiefen der Weltmeere den bescheidenen Tiefen unserer Binnenseen zu, so ist hier zu erwähnen, daß ich im Augenblick ein direkt anzeigenches Behmlot für solche Lotungen ausgebildet habe, bei dem statt der durch eine Lotpatrone erzeugten Knallwelle eine Schallwelle ausgesandt wird. Dies Gerät ist zufolge seiner Einfachheit besonders geeignet, um auf Expeditionen mitgenommen zu werden. In gleicher Weise, wie dies bei der Type IVA des Behmlothes der Fall ist, mit der AMUNDSEN (Fig. 9) und der amerikanische Flieger Kapt. WILKINS im Auftrage der American Geographical Society auf ihren Polflügen in die Arktis die ersten Tiefseeecholotungen ausführten und die bis dahin größte Tiefe der Arktis von 5625 m fanden.

Doch nicht nur die Seeschiffahrt und die Tiefseeforschung suchten seit langem nach einer bequemen Lotmethode, auch die Luftfahrt ist an der Höhenbestimmung von fahrenden Luftschiffen und vom Flugzeuge aus durch das Echolot inter-

essiert. Schon nach Ausführung der ersten „Echolotungen“ ist man an mich herangetreten mit der Aufforderung, die Echolot-Methode auch zur Anwendung auf Luftschiffen brauchbar zu machen.

Wenn die Schwierigkeiten der Ausführbarkeit von „Echolotungen“ im Wasser schon als erheblich geschildert wurden, so trifft das gleiche auch auf die „Echolotungen“ vom Luftschiff, ganz besonders aber vom Flugzeug aus zu. Hier sind es vornehmlich die große Eigengeschwindigkeit des Flugzeuges, die starken Erschütterungen desselben,

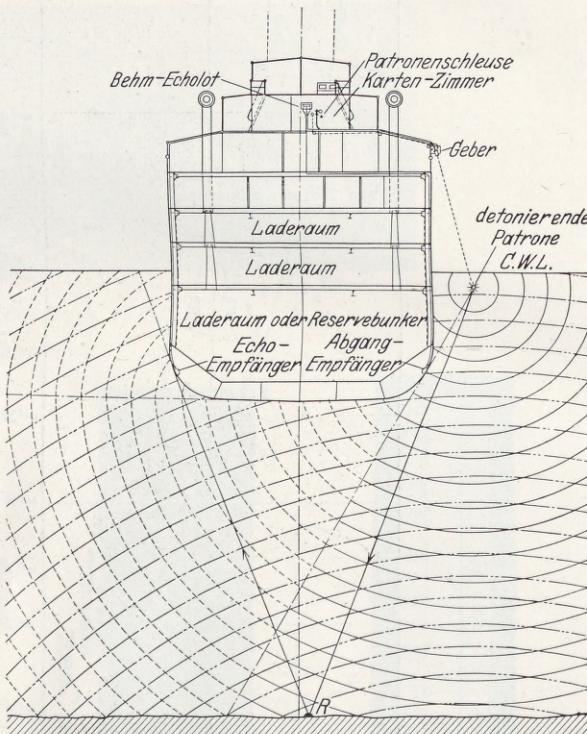


Fig. 7. Schematische Darstellung des Schallwellen-Verlaufs bei einer Behm-Echolot-Anlage.

das Schütteln und Knattern der Motoren sowie das Auspuffgeräusch, die auch in der Luft „Echolotungen“ auf Flugzeugen unmöglich erscheinen ließen. Es wurden daher meine ersten Versuche, um diese nicht zu sehr zu erschweren, auf einem Luftschiff, und zwar dem bekannten Zeppelin-Luftschiff Z.R. III mit gutem Erfolg zur Ausführung gebracht.

Unter Überwindung von erheblichen Schwierigkeiten und Schaffung von Anzeigegeräten, auf anderer und ganz neuer Basis als das Wasserlot, sind mir dann auch später Lotungen vom Flugzeug aus gelungen. Dabei war es sogar möglich, noch ein drittes Echo wahrzunehmen, das entsteht, wenn das erste Erdecho von den Flügeln des Flugzeuges auf die Erde zurückgeworfen und von

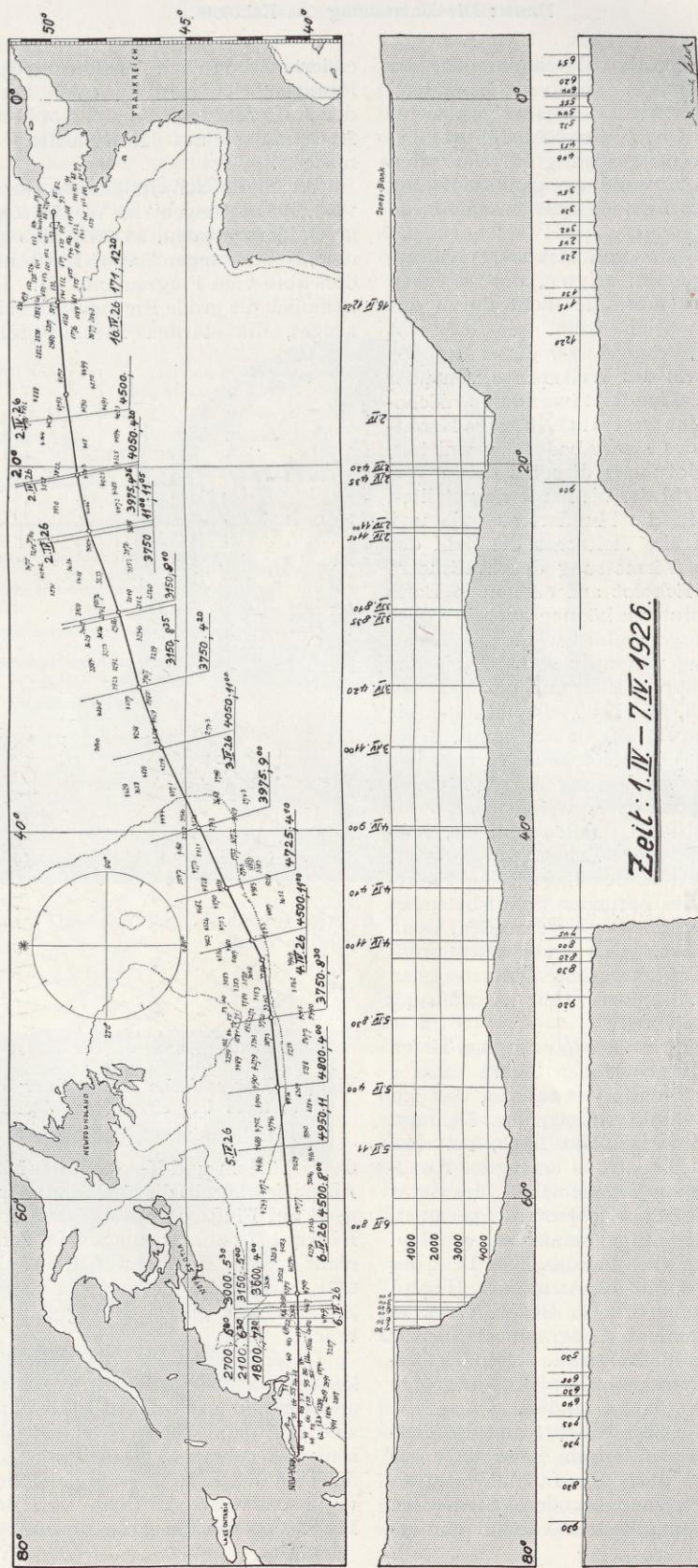


Fig. 8. Erste Profillotung des Nordatlantik mit dem Behmplot vom 1. bis 7. April 1926 an Bord der „Paris“ der Cie Générale Transatlantique bei 21 Seemeilen Fahrt.

dort nochmals als zweites Erdecho auf dem Flugzeug empfangen wird.

An dieser Stelle möge noch einiges über die Notwendigkeit von Echolotungen auf Flugzeugen gesagt werden. Es könnte scheinen, als ob der Luftfahrer für alle Fälle einen sehr einfachen und zuverlässigen Höhenmesser im Barometer besäße. Dem ist jedoch nicht so, denn dies Gerät reagiert nur auf den Luftdruck. Dieser ist aber in 100 m über dem Meere genau der gleiche wie in 50 m Höhe über einer 50 m hohen Küste. Der Flieger kann sich daher nicht unter allen Umständen auf

Auch in der Luftfahrt kommt, wie beim Wasserlot, außer dem Loten der kleinen Höhen auch die Echolotung auf ganz großen Höhen in Frage, die beispielsweise für den transozeanischen Flugverkehr, zur Barometerkontrolle zwecks Wettervorhersage wichtig ist und auch militärische Bedeutung haben kann.

Schließen möchte ich mit dem Hinweis darauf, daß die Entwicklung des Echolots noch nicht vollendet ist, und daß wir sowohl beim Behmlot fürs Wasser wie für Luft noch eine Erweiterung des Anwendungsbereites erwarten dürfen.

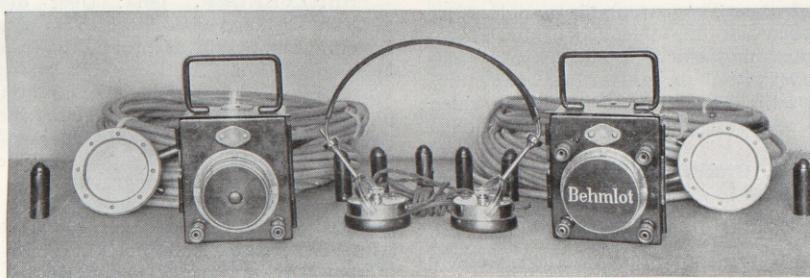


Fig. 9. Behmlot Type IV A.

die Höhenangaben des Barometers verlassen und aus ihr auf seinen Erdabstand schließen. Das Behmlot für Flugzeuge (Fig. 10) dagegen zeigt immer den Abstand von der höchsten gelegenen Reflexionsfläche an. Dies ist für den Flieger in Nacht und Nebel und auf Flügen über Häuser, felsigem Grund usw. wichtig, ganz besonders beim Landen. Auch die Intensität des Echos kann bei Echolotungen, sowohl für Wasser wie für Luft, vielleicht später noch einmal zur Erkennung der Bodenbeschaffenheit herangezogen werden und eine akustische „Grundprobe“ liefern.

Es steht zu hoffen, und es ist die Aussicht dafür vorhanden, daß die weitere Entwicklung des „Behmlotes“ für Flugzeuge auch noch solche Fragen lösen wird, wie z. B.: Befinde ich mich bei Nacht oder im Nebel über Wasser oder Land?, was wichtig ist sowohl für Wasser- wie für Landflugzeuge. Die Frage, ob sich ein Flugzeug über einem einzelnen Gebäude oder über einer Ortschaft befindet, ist heute schon durch das Behmlot gelöst, indem in solchem Falle nicht nur das Erdecho, sondern noch eine Anzahl weiterer Echos beobachtet und gemessen werden, die durch Reflexion des Schalles an den einzelnen Häuserdächern entstehen, ja es läßt sich unter Umständen sogar die Höhe der Häuser aus den Echolotungen ermitteln.

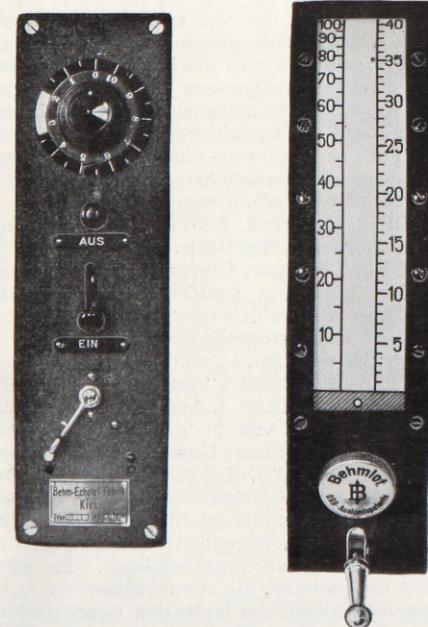


Fig. 10. Behmlot für Flugzeuge; rechts Anzeigegerät, links Schaltkasten.

Referate der Vorträge in den naturwissenschaftlichen Hauptgruppen.

Abteilung I: Mathematik und Astronomie.

Dienstag, den 18. September, 9 Uhr: Hörsaal M der Universität.

HAMBURGER, Köln: Zur Theorie der sphärischen Abbildung im großen.

W. FENCHEL, Berlin: Krümmung und Windung geschlossener Kurven. Durch Anwendung eines Satzes über die kleinste konvexe Hülle zusammenhängender Punktmenge auf das Tangentenbild geschlossener Raumkurven ergeben sich die folgenden beiden Sätze: 1. Die Gesamtkrümmung einer geschlossenen Raumkurve ist größer oder gleich 2π . 2. Hat das Tangentenbild einer geschlossenen Raumkurve höchstens einen Doppelpunkt, so muß die Windung das Vorzeichen wechseln.

K. REINHARDT, Greifswald: Über die Zerlegung der Euklidischen Ebene in kongruente Bereiche. Nach einer von HILBERT ausgesprochenen Vermutung ist jeder Bereich mit der Eigenschaft, daß die (Euklidische) Ebene in zu ihm kongruente Stücke zerlegt werden kann, Fundamentalbereich einer Bewegungsgruppe, d. h. falls die Ebene überhaupt zerlegt werden kann, so kann sie auch in „regelmäßiger“ Weise zerlegt werden. Der Vortrag soll ein Beitrag zum Beweis dieser Vermutung sein. Es wird gezeigt, daß jeder „Zerlegungsbereich“, der von einer JORDANKurve begrenzt ist, „im Grunde genommen“ ein Zerlegungspolygon ist. Dadurch wird die Frage auf die Betrachtung von Zerlegungspolygonen zurückgeführt, zu der ebenfalls Ansätze vorhanden sind. Die benutzte Methode beruht auf der Einführung einer Grundkonstruktion, und auf dem Nachweis, daß JORDANbögen mit gewissen Eigenschaften zunächst Kreisbögen, und dann sogar geradlinige Strecken sein müssen.

VIETORIS, Innsbruck: Zum Homöomorphieproblem der kombinatorischen Topologie.

F. LÖBELL, Stuttgart-Cannstatt: Eigenschaften der geodätischen Linien in Clifford-Kleinschen Flächen. Eine Geodätische einer CLIFFORD-KLEINSCHEN Fläche \mathcal{G} mit positiver Charakteristik ist entweder offen oder geschlossen; ist sie offen, so wird sie durch jeden ihrer Punkte p in zwei „Strahlen“ zerlegt. Ein Strahl läuft entweder ins Unendliche („Außenstrahl“) oder liegt (bei passender Wahl von p) ganz in einem von geschlossenen Geodätischen begrenzten endlichen Gebiet \mathcal{G} („Binnenstrahl“). Ist \mathcal{G} und eine endliche Anzahl geschlossener Geodätischen g_i gegeben, so gibt es Binnenstrahlen, die alle geschlossenen Geodätischen, die ganz in \mathcal{G} liegen, unendlich stark und jede der g_i in vorgegebenem Maß approximieren. Es gibt geschlossene Geodätische, die alle Strecken, die in keiner Richtung ins Unendliche laufenden Geodätischen angehören und deren Längen eine gegebene obere Schranke haben, in vorgeschriebenem Maß approximieren. Ist \mathcal{G} offen, so kann es im sog. Binnenteil Bereiche geben, durch die keine geschlossene Geodätische geht. Diese Ergebnisse hängen mit älteren Untersuchungen von HADAMARD zusammen und ergänzen neuere Forschungen von J. NIELSEN.

16 Uhr: Hörsaal M der Universität.

THOMSEN, Hamburg: Differentielle Kugelgeometrie. Es wird gezeigt, wie sich die Geometrie von MÖBIUS und

die Geometrie von LAGUERRE in äußerst einfacher Weise einbauen lassen in die höhere Kugelgeometrie von LIE und wie man aus diesen Verhältnissen Nutzen ziehen kann für die Behandlung differentialgeometrischer Probleme.

HAACK, Stuttgart: Affine Differentialgeometrie der Strahlensysteme.

HERZBERGER, Jena: Über die Eigenschaften 1. Ordnung längs eines Strahles im allgemeinen Strahlensystem. Für Strahlensysteme, die in der Form $a + \lambda s$ gegeben sind, ist der Rang der beiden quadratischen Formen $(a' \times \mathfrak{s})^2$ und $(\mathfrak{s}' \times \mathfrak{s})^2$ charakteristisch. Es werden die verschiedenen Möglichkeiten für ein-, zwei- und dreiparametrische Geradenscharen diskutiert (Regelflächen, Kongruenzen, Komplexe). Es ergibt sich u. a., daß eine ausgearbeitete Kongruenz $-(\mathfrak{s}' \times \mathfrak{s})^2$ habe den Rang Eins — aus allen Regelflächen besteht, die in einem Punkt, dem Mittelpunkt, die in der Kongruenz enthaltene zylindrische Regelfläche berühren und dort einen konstanten Drehungswinkel φ haben, der der Winkel zwischen der zylindrischen und der in der Kongruenz enthaltenen abwickelbaren Regelfläche ist. Es ergibt sich, daß sich in jedem Punkt eines Komplexes eine ausgearbeitete Kongruenz obiger Art befindet, und daß der Drehungswinkel η dieser Kongruenz auf dem Strahl gemäß der Formel $\mathfrak{N} = M t g \eta$ sich ändert. \mathfrak{N} ist die einzige Komplexkonstante entlang dem Strahl. Es werden Formeln entwickelt, die einen Überblick über die in einer Kongruenz bzw. einem Komplex enthaltenen Regelflächen bzw. über die in einem Komplex enthaltenen Kongruenzen ermöglichen.

O. MÜHLENDYCK, Charlottenburg: Kinematische Einteilung der reellen analytischen Somenmannigfaltigkeiten. Study hat das Soma in die Geometrie eingeführt, den starren Körper, von dessen Begrenzung man absieht und den man sich durch ein rechtwinkliges Achsenkreuz vertreten denken kann. Jeder Lage des Achsenkreuzes im Raum entspricht ein Soma. In dem Vortrag werden die reellen analytischen Somenmannigfaltigkeiten in 22 Familien eingeteilt. Jede Familie ist durch kinematische Eigenschaften, d. h. durch Eigenschaften hinsichtlich der zwölfgliedrigen Gruppe, der eigentlich orthogonalen Somentransformationen erklärt. Die Einteilung ist überdies so gewählt, daß sich für jede Familie ein System von Grundgrößen angeben läßt, das für alle Somenmannigfaltigkeiten der Familie kinematisch kennzeichnend ist, was den Sinn hat, daß zwei Somenmannigfaltigkeiten einer Familie, die in den entsprechenden Grundgrößen übereinstimmen, durch eine eigentlich orthogonale Somentransformation ineinander übergeführt werden können.

K. HAGGE, Kiel: Die Grundlagen der Brocardschen Geometrie des Dreiecks und die Erweiterung auf das Vieleck. Der Wunsch, das CREELLE-BROCARDSche Dreiecksproblem auf das Vieleck zu erweitern, ist bisher nur durch TUCKER im Falle des harmonischen Sehnenvierecks befriedigt. Beim Versuch des Vortragenden, die einfachsten Grundlagen der Ergebnisse aufzudecken, zeigte sich eine Übertragungsmöglichkeit unter Voraussetzung einer Erweiterung des Begriffs der harmonischen Punkte. Den harmonischen Strahlen stehen eigenartige verwandte und doch grundverschiedene Strah-

lengruppen zur Seite, die zur Konstruktion der Vielecke mit BROCARDschen Eigenschaften führen. Derartige Gebilde treten in einfacher Form bei den Tangenten an APOLLONISCHEN Polen auf und können apollonisch genannt werden. Ein auf APOLLONISCHEN Strahlen liegendes Kreisvieleck ist brocardal, wenn der Kreis durch den Scheitel geht. Die Zirkel- und Linealkonstruktion brocardaler Vielecke ist an die GAUSSsche Kreisteilungsgleichung gebunden; denn alle zirkulär-perspektiven Bilder der regelmäßigen Polygone — und auch nur diese — sind brocardal. Das Problem der äquibrocardalen Vielecke führt auf eine verallgemeinerte Theorie der Kreise von BROCARD, LEMOINE, TUCKER und NEUBERG.

REHBOCK, Berlin-Charlottenburg: Eine Abbildung des R_3 auf nichteuklidische ebene Bewegungen. Der Vortrag soll zeigen, in welcher Weise sich die von BLASCHKE angegebene sog. kinematische Abbildung einordnen lässt in ein allgemeineres Abbildungsprinzip des Strahlenraumes, bei dem den Strahlenbündeln und Strahlenfeldern eindeutig die Bewegungen oder Umlegungen einer nichteuklidischen Geometrie zugeordnet werden.

Mittwoch, den 19. September, 9 Uhr: Hörsaal M der Universität.

A. HAMMERSTEIN, Berlin: Über nicht-lineare Integralgleichungen und die damit zusammenhängenden Randwertaufgaben. Die Frage nach der Lösbarkeit von Randwertaufgaben der Form $L(u) = f(x, y, u)$, wobei $L(u)$ einen sich selbst adjungierten Differentialausdruck bedeutet und $f(x, y, u)$ eine gegebene Funktion von x, y und u ist, sowie die Gleichung der erzwungenen Schwingungen führt durch Vermittlung der GREENSchen Funktion auf nichtlineare Integralgleichungen der Gestalt $S(x) = \int K(x, y) f(y, \varphi(y)) dy$. Diese besitzen nicht bei jeder Wahl der Funktion f eine Lösung. Es wird untersucht, für welche Klassen von Funktionen eine Lösung existiert, wobei insbesondere das Verhalten von $f(y, u)$ bei großen Werten von u ausschlaggebend ist. Weiterhin folgen Betrachtungen über die Eindeutigkeit sowie Anwendungen.

D. KAMKE, Tübingen: Zur Theorie der Differentialgleichungen. Für die Differentialgleichung $y' = f(x, y)$ ist die Existenz von Integralkurven bekanntlich schon gesichert, wenn die rechte Seite in einem beliebigen Gebiet stetig ist. Darüber hinaus kann gezeigt werden, daß sich dann jede Integralkurve bis an den Rand des Gebiets fortsetzen lässt. Ferner gelten, wenn die Differentialgleichung durch einen Punkt x_0, y_0 nur eine Integralkurve schickt, wieder die üblichen Sätze über stetige Abhängigkeit der Integrale von den Anfangsbedingungen und von der rechten Seite der Differentialgleichung. Auch der Begriff der singulären Lösung lässt sich einführen, wenn, was überhaupt notwendig erscheint, dieser Begriff schärfer gefaßt wird. Setzt man über die rechte Seite überdies die Stetigkeit der partiellen Ableitung nach y voraus, so lassen sich die Integrale durch Auflösung einer Gleichung $g(x, y) = c$ nicht nur, was bisher allein bekannt war, in einer kleinen Umgebung eines Punktes x_0, y_0 finden, sondern in jedem abgeschlossenen Teilgebiet des Ausgangsgebietes.

A. KORN, Charlottenburg: Mathematische Probleme, die in der Wellenmechanik auftreten. Der Vortragende beschäftigt sich mit der Wellengleichung und der Gleichung der gedämpften Welle, in welcher zu den üblichen linearen Gliedern Glieder zweiten Grades in bezug auf die ersten Ableitungen der unbekannten Funktion hinzugefügt sind. Nach Einführung einer neuen unbekannten Funktion durch eine geeignete Substitution

ergibt sich für die neue unbekannte Funktion eine partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung, welche die Form der SCHRÖDINGERSchen Wellengleichung hat. Die mechanische Interpretation der zu der Wellengleichung hinzugenommenen Glieder zweiten Grades, wie sie von dem Vortragenden in einer früheren Untersuchung (die in den Sitzungsber. d. Berliner Math. Ges. erscheint) gegeben wurde, führt nicht zu einer vollkommenen mechanischen Analogie zu den in der Wellenmechanik behandelten Erscheinungen, vielmehr zu einer Art inversen Analogie. Durch eine glückliche Modifikation der in der Wellengleichung hinzuzunehmenden Glieder ist der Vortragende jetzt zu einer vollständigen Analogie gelangt, so daß einer mechanischen Interpretation der SCHRÖDINGERSchen Wellengleichung keine Schwierigkeiten mehr im Wege stehen.

STEFAN BERGMANN, Berlin: Über unendliche Hermitesche Formen, mit Anwendungen auf die Abbildung durch Paare von Funktionen von zwei komplexen Veränderlichen. Unter zu einem Bereich \mathfrak{B} (des vierdimensionalen Raumes) gehörigen Orthogonalsystem wird ein Funktionensystem $A_s(x, z)$ [$s = 1, 2, \dots$] von zwei komplexen Veränderlichen x, z verstanden, das die Eigenschaft besitzt, daß

$$\int \int \int \int \int A_s(x, z) \overline{A_k(x, z)} d\omega = 1 \quad s = k \\ = 0 \quad s \neq k$$

ist, $d\omega$ bedeutet dabei das (vierdimensionale) Volumenelement. Es gelten die Sätze:

I. Jede in \mathfrak{B} reguläre Funktion $h(x, z)$ mit endlichen

$$\int \int \int \int |h(x, z)|^2 d\omega$$

lässt sich in der Form

$$\sum_{s=1}^{s=\infty} A_s(x, z) \int \int \int \int h(\xi, \zeta) \overline{A_s(\xi, \zeta)} d\omega$$

darstellen.

II. Bildet das „normierte“ Funktionenpaar

$$v(x, z), w(x, z)$$

den Bereich \mathfrak{B} auf den REINHARDTSchen Kreisbereich ab, so ist:

$$\frac{\partial(v, w)}{\partial(x, z)} = \frac{\sum_{s=1}^{s=\infty} A_s(x, z) \overline{A_s(0, 0)}}{\sum_{s=1}^{s=\infty} A_s(0, 0) \overline{A_s(0, 0)}}.$$

III. Die Ausdrücke

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sum_{s=1}^{s=\infty} A_s(a, b) \overline{A_s(a, b)}} \\ & \left| \frac{\sum_{s=1}^{s=\infty} A_s(a, b) \overline{A_s(a, b)}}{\sum_{s=1}^{s=\infty} A_s(a, b) \overline{A_s(a, b)}} \right| \\ & \left| \frac{\sum_{s=1}^{s=\infty} A_s(a, b) \overline{A_s(a, b)}}{\sum_{s=1}^{s=\infty} \frac{\partial A_s(a, b)}{\partial a} \overline{A_s(a, b)}} \right| \\ & \left| \frac{\sum_{s=1}^{s=\infty} \frac{\partial A_s(a, b)}{\partial a} \overline{A_s(a, b)}}{\sum_{s=1}^{s=\infty} \frac{\partial A_s(a, b)}{\partial a} \frac{\partial A_s(a, b)}{\partial a}} \right| \end{aligned}$$

sind bei einer Transformation durch ein in bezug auf den Punkt a, b normiertes Funktionenpaar invariant.

IV. Die Koeffizienten der Funktionselemente der Funktionen, die die Abbildung eines Bereiches \mathfrak{B} auf den Bereich \mathfrak{B}' vermitteln, lassen sich durch die vollständigen Orthogonalfunktionensysteme A_s und φ_s , die

zu \mathfrak{B} bzw. zu \mathfrak{B}' gehören, und deren Ableitungen in einer einfachen Weise ausdrücken.

V. Man kann zu jedem Bereich \mathfrak{B} eine unendliche HERMITESCHE Form bilden, wobei der Abbildung eines Bereiches auf den anderen eine lineare Transformation der zugehörigen Formen entspricht. [Vgl. Sitzungsber. d. Berliner Math. Ges. 26, S. 178–184 (1927)].

L. KOSCHMIEDER, Brünn: Über die C-Summlbarkeit gewisser Verallgemeinerungen der Laplaceschen Reihe. Es werden Summlbarkeitsseigenschaften zweier Reihen angegeben, die nach den Polynomen eines von HERMITE aufgestellten Biorthogonalsystems fortschreiten. Die Ergebnisse kommen zustande als Sonderfälle von Aussagen, die man bei Entwicklung von Funktionen auf der Überkugel des R_4 den bekannten Sätzen über die Summlbarkeit der LAPLACESCHEN Reihe an die Seite stellen kann.

HERM. SCHMIDT, Jena: Neue Verallgemeinerung der LEGENDRESCHEN Funktionen. Die LEGENDRESCHEN Funktionen einer komplexen Veränderlichen z lassen sich als bestimmte Integrale

$$\int \tau^{\lambda+l} f_2^{-\frac{1}{2}}(\tau, z) d\tau \quad (0 \leq \Re(\lambda) < 1; l \text{ ganz}; \\ f_2(\tau, z) = \tau^2 - 2z\tau + 1)$$

definieren (SCHLÄFLI, HOBSON), die im allgemeinen über JORDAN-POCHHAMMERSCHE Doppelschleifen geführt werden. Wir ersetzen $f_2^{-\frac{1}{2}}(\tau, z)$ durch $f_n^{n+m}(\tau, z)$; $f_n = \tau^n - nz + n - 1$, wodurch an Stelle der Abbildung $f_2(t, z) = 0$ die allgemeine „hypozykloïdische“ Abbildung tritt: $f_n(t, z) = 0$. Durch arithmetische Betrachtung der Differentiale $\tau^{\lambda+l} f_n^{n+m} d\tau$ ergibt sich 1. eine lineare Differenzengleichung für die zu $l, l+1, \dots, l+n$ gehörigen Funktionen, 2. eine lineare Differentialgleichung vom FUCHSSCHEN Typus hinsichtlich z . Die Methode der veränderlichen Integrationswege ermöglicht die Bestimmung der Gruppe dieser Differentialgleichung, die sich als von l unabhängig erweist. Asymptotische Abschätzungen im Anschluß an Methoden von DARBOUX und PERRON zeigen schließlich die Entwicklungbarkeit analytischer Funktionen nach den für $\lambda = 0$ u. a. entstehenden Polynomen in von Hypozykloïden begrenzten Gebieten.

SÜSS, Greifswald: Relative Differentialgeometrie und MINKOWSKIS Theorie von Volumen und Oberfläche. Elementare und affine Differentialgeometrie lassen sich in gleicher Weise in die Relativegeometrie im Sinne von H. MINKOWSKI und E. MÜLLER einordnen. So erhält man einige Kennzeichnungen der mehrdimensionalen Ellipsoide. Auch gestaltet diese Relativgeometrie einen kurzen und übersichtlichen Aufbau von MINKOWSKIS Theorie von Volumen und Oberfläche.

16 Uhr: Hörsaal M der Universität.

v. NEUMANN, Berlin: Über eine Widerspruchsfreiesfrage in der allgemeinen Mengenlehre.

NEDER, Münster: Über die Grundlagen der Arithmetik.

JACOB, Berlin: Beitrag zu den Fundamentalsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Ausgehend von der Theorie der verallgemeinerten Fourierintegrale sollen zwei, vollständig im reellen verlaufende Beweise für den Fundamentalsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung erbracht werden.

SCHOLZ, Berlin: Anwendung der Klassenkörpertheorie auf die Konstruktion von Körpern mit vorgeschriebener Gruppe.

E. HAENTZSCHEL, Berlin-Tempelhof: Über ein kubisches diophantisches Problem. In der Arithmetik des DIOPHANT finden sich schon zwei Beispiele für die

Aufgabe, es sollen für die Unbekannte x der kubischen Form $a_0 x^3 + 3 a_1 x^2 + 3 a_2 x + a_3$ mit rationalen Koeffizienten solche rationalen Werte ermittelt werden, die für x eingesetzt einen vollen Kubus ergeben. Wenn DIOPHANT von *einem* Werte spricht, so lehrt FERMAT deren unendlich viele finden, wofür a_0 eine Kubikzahl ist. Nun läßt sich zeigen: das vorgelegte Problem zerfällt in *drei Typen* von Aufgaben. *Erstens* in solche, deren Lösungen aus *einer* Grundlösung hervorgehen; sie haben eine *einzig* FERMATSche Kette von Lösungen. *Zweitens* in solche mit *zwei Grundlösungen*; sie haben unendlich viele FERMATSche Ketten, nämlich eine *zweifache* Mannigfaltigkeit von Einzellösungen. Zu ihnen gehören die von FERMAT betrachteten, aber auch diejenigen, denen EULER seine Abhandlung gewidmet hat: die Summe dreier Kuben soll wiederum ein Kubus sein. Endlich kann man aus *drei Grundlösungen* Aufgaben mit einer *dreifachen* Mannigfaltigkeit von Einzellösungen bilden; solche hat man bis jetzt noch nicht betrachtet. Die einzelnen Lösungen unterscheiden sich voneinander durch die zu ihnen gehörigen Argumente von elliptischen Funktionen, in deren Mittelpunkt die WEIERSTRASSsche p -Funktion steht.

BRAUER, Berlin: Über die Approximation algebraischer Zahlen durch algebraische.

Mittwoch, den 19. September, 15 Uhr: Hörsaal H der Universität.

Gebiet: Hydrodynamik.

KEMPF, Hamburg: Reibungsmessungen bei hohen Reynoldschen Zahlen.

A. BUSEMANN, Göttingen: Zeichnerische Ermittlung von ebenen Strömungen mit Überschallgeschwindigkeit. Betrachtet man ein stationäres Strömungsproblem z. B. die Umströmung eines Körpers bei allmählich steigender Zustromgeschwindigkeit, so ändern sich die Stromlinien bei Annäherung der Zustromgeschwindigkeit an die Schallgeschwindigkeit des strömenden Mediums, weil sich die Kompressibilität bei größeren Geschwindigkeiten wegen der damit verbundenen größeren Druckunterschiede bemerkbar macht. Beim Zustrom mit Schallgeschwindigkeit entartet die Strömung, und sie bekommt bei Überschreitung der Schallgeschwindigkeit einen anderen Charakter. Bei Unterschallgeschwindigkeit ist für die Strömung an jeder Stelle die Kenntnis aller Grenzbedingungen erforderlich. Bei Überschallgeschwindigkeit haben dagegen nur solche Grenzbedingungen Einfluß auf die Strömung an einer Stelle, die in einem kegelähnlichen Raum von dieser Stelle aus rückwärts zur Strömung liegen. Es läßt sich daher eine Überschallströmung verfolgen, wenn man in einem Querschnitt alle Geschwindigkeiten kennt und die Stromlinien von hier aus zeichnet, indem man die Grenzbedingungen nach und nach hinzunimmt in dem Augenblick, wo der bereits gezeichnete Strömungsbereich sie erfaßt. Für zweidimensionale Potentialströmungen läßt sich diese Überlegung, wie im Vortrag gezeigt wird, zu einer brauchbaren Konstruktion ausarbeiten, um Überschallströmungen durch Kanäle oder um Körper usw. graphisch zu behandeln.

J. NIKURADSE, Göttingen: Turbulente Strömungen in keilförmig erweiterten und verengten Kanälen. In diesem Bericht wird turbulente Flüssigkeitsströmung in erweiterten und verengten Kanälen untersucht, und zwar wurden die Untersuchungen mit Wasser in einem Kanal, dessen Querschnitt ein schmales Rechteck war, vorgenommen; die schmale Seite war dabei veränderlich, die breite konstant. Bei dieser Gestalt der Kanäle kann man darauf rechnen, daß im mittleren Teile des Querschnittes eine zweidimensionale Strömung herrscht. In diesem Kanal wurden die Geschwindigkeitsverteil-

lungen in zwei hintereinanderliegenden Querschnitten und die statische Druckverteilung längs der Kanalachse gemessen. Die Geschwindigkeit wuchs in der Nähe der Wand nach der $1/7$ -Potenz des Wandabstandes. Um den durch die turbulenten Nebenbewegungen erzeugten Impulsaustausch zu erfassen, wurden die Schubspannung τ , die Austauschgröße ε und der Mischungsweg l in ihrer Verteilung über dem Kanalquerschnitt für alle Kanalstellungen ermittelt. Die Geschwindigkeitsverteilungen der turbulenten Strömungen, die von DÖNCH bei anderen REYNOLDSchen Zahlen in Luft gemessen wurden, sind mit unseren Geschwindigkeitsverteilungen verglichen. Die beiden Geschwindigkeitsverteilungen ergeben bei einer Zuordnung nach dem Parameter $\alpha \sqrt{R}$ eine befriedigende Übereinstimmung.

HOPF, Aachen: Über die Geschwindigkeitsverteilung an einer Platte und an einem Rohr. W. FRITSCH und M. HANSEN haben systematische Messungen der Geschwindigkeitsverteilung an einer angestromten Platte und in einem rechteckigen Rohr mit Hilfe feiner Capillar-Stauröhrchen durchgeführt; dabei wurde glatte Wandung und solche von verschiedener Rauigkeit benutzt. Die Verteilung lässt sich mit sehr guter Näherung durch Potenzgesetze darstellen, die mit der Abhängigkeit des Druckabfalles von der REYNOLDSchen Zahl systematisch zusammenhängen. In der Mitte der Rohrströmung ist die Geschwindigkeitsverteilung die gleiche, wenn die Schubspannung an der Wand die gleiche ist, unabhängig von der Wandbeschaffenheit.

TH. TROLLER, Aachen: Zur Wirbeltheorie der Luftschauben. Zur richtigen Formgebung der Luftschauben wie zur Bestimmung der Wirksamkeit einer gegebenen Schraube muß man die Geschwindigkeiten an der Schraube selbst kennen. Im Innern der Schraube genügt es, über einen Kreisring konstante Verhältnisse anzunehmen. Dann kann aus den Impuls- und Energiebetrachtungen der Strahltheorie auf die Geschwindigkeiten am Blatt geschlossen werden. Für die Verhältnisse in der Nähe der Spitzen hat PRANDTL eine Zirkulationsverteilung angegeben, die längs des Blattes konstanten Abwind gibt. Um auch zu einer beliebigen gewünschten Zirkulationsverteilung die Form der Schraube oder zu einer gegebenen Blattform die erzeugten Abwinde bestimmen zu können, werden die induzierten Geschwindigkeiten aus den abgehenden schraubenförmigen Wirbelfäden bestimmt. Die Wirbelintegrale, die nicht in geschlossener Form angegeben werden können, werden graphisch ermittelt für die praktisch vorkommenden Fortschrittsgrade und für verschiedene Verhältnisse der Radien von Aufpunkt und Bezugspunkt. Mit den nun bekannten Integralwerten kann der Abwind und damit die richtige Form des Blattes in allen Fällen leicht gefunden und auch die umgekehrte Aufgabe durch Annäherung gelöst werden. — Die Zusammenstellung der Integralwerte gibt auch für die praktisch vorkommenden Fälle eine gute Bestätigung der PRANDTLSchen Annahme.

EISNER, Berlin-Westend: Physikalisches zur Vereinigung der Grenzschichttheorie mit der asymptotischen Widerstandstheorie. Die ZEILONSche Erweiterung der OSEENSchen Theorie führt für einen langen Kreiszylinder zu einer verblüffend guten Übereinstimmung zwischen Theorie und neuen Versuchen des Vortr. hinsichtlich Körperwiderstand und Druckverteilung längs der Körperoberfläche. Sie ergibt aber im Kielwasser — zumindest in Körernähe — einen physikalisch unrichtigen und impulsmäßig nicht zu verstehenden Stromlinienverlauf. Eine Vereinigung dieser Theorie mit der Grenzschichttheorie derart, daß die

von der Grenzschichttheorie benötigte Druckverteilung rechnerisch geliefert wird von der auf den Außenraum $r > a + \delta$ des von einer Grenzschicht δ umgebenen Körpers $r = a$ auf der hydrodynamischen Vorderseite (d. h. bis zur Ablösungsstelle) und auf den Raum in einiger Entfernung hinter dem Körper im Kielwasser beschränkten OSEEN'-ZEILONSchen Theorie, wird aus den Voraussetzungen der OSEENSchen Theorie begründet. An die Stelle der ZEILONSchen Gleitintervalle tritt in physikalisch anschaulicher Weise die Grenzschichtdicke an der Ablösungsstelle; impulsmäßig ist die vereinigte Theorie in Ordnung. Approximativer Lösungsweg wegen bisher unüberwindlicher mathematischer Schwierigkeit einer geschlossenen Lösung der vereinigten Theorien.

LAGALLY, Dresden: Strömung im Außenraum zweier Kreise.

Donnerstag, den 20. September, 9 Uhr: Hörsaal M der Universität.

H. KNESER, Greifswald: Geschlossene Flächen in dreidimensionalen Mannigfaltigkeiten. Abkürzungen: E^k : k -dimensionaler Elementarraum; M^k : k -dimensionale Mannigfaltigkeit (nicht notwendig zusammenhängend); S^k : k -dimensionale Sphäre. *Henkeln* bedeute die folgende Änderung einer M^2 in einer M^3 . M^2 habe mit E^3 genau zwei getrennte, dem Rande von E^3 angehörende E^2 gemein. Man lasse diese von M^2 weg und ersetze sie durch den Rest des Randes von E^3 . *Verlagern* bedeute dasselbe, nur daß an Stelle der beiden E^2 ein einziger tritt. Alle M^2 in einer M^3 lassen sich aus endlich vielen unter ihnen durch Henkeln und Verlagern ableiten. *Reduktion* einer M^3 bedeute das Folgende: Man schneide M^3 auf längs einer, in M^3 keinen E^3 berandenden S^2 und schließe die beiden entstehenden Rand- S^2 durch je einen E^3 . Jede M^3 lässt sich durch endlich viele Reduktionen in eine irreduzible verwandeln. Diese (sowie die Anzahl der Reduktionen) ist durch M^3 eindeutig bestimmt und bestimmt M^3 endlich-vielleicht. Ist die Fundamentalgruppe einer M^3 das freie Produkt zweier Gruppen, so wird M^3 durch eine S^2 in zwei Teile zerlegt, deren Gruppen den Faktoren isomorph sind.

MAYRHOFER, Hamburg: Über Kurvensysteme.

REMBS, Berlin: Eine Verbiegung der Vollkugel.

BRAUER, Königsberg: Über Systeme hyperkomplexer Zahlen.

HOPF, Berlin: Ein Beitrag zur Theorie der elliptischen Differentialgleichungen.

CREMER, Leipzig: Über das Zentrumproblem.

9 Uhr: Hörsaal H der Universität.

Gebiet: Statistik und Versicherung.

W. DOBBERNACK, Berlin-Steglitz: Die Einwirkungen von Krieg und Inflation auf die mathematischen Grundlagen der deutschen Sozialversicherung. Das Anschwellen der Aufwendungen für die deutsche Sozialversicherung von der Vorkriegszeit bis zur Gegenwart ist vorwiegend auf die Veränderungen der versicherungs-mathematischen Grundlagen zurückzuführen. Diese Veränderungen lassen sich in folgenden Stichworten zusammenfassen: 1. Zunahme der Erwerbstätigen und Versicherten, insbesondere der weiblichen Versicherten. 2. Altersanhäufung der Versicherten. Verlängerte Lebensdauer der Versicherten. 3. Zunahme der Schadenswahrscheinlichkeiten. 4. Abnahme der Ausscheidewahrscheinlichkeiten der Rentner. 5. Entwertung der Versicherungskapitalien. An Hand dieser mit Hilfe mathematisch-statistischer Methoden gewonnenen Ergebnisse lassen sich Angaben über die finanzielle Entwicklung der deutschen Sozialversicherung nach

ihrem gegenwärtigen Rechtszustande für die Zukunft herleiten. Diese Herleitung geschieht nach Grundsätzen der Versicherungsmathematik, die sich aber von denjenigen der Privatversicherung, die in Fachkreisen bekannter sind, unterscheiden. Da zwischen der Sozialversicherung und der allgemeinen Volkswirtschaft enge Zusammenhänge bestehen, stellen die Ausführungen des Vortragenden auch einen Beitrag nicht nur für die Versicherungs-, sondern auch für die Wirtschaftsmathematik dar.

W. DOBBERNACK, Berlin-Steglitz: Die versicherungsmathematischen Grundlagen der deutschen Arbeitslosenversicherung. Im Gegensatz zu der bis zu einem gewissen Abschluß gelangten Lebensversicherungs- und zu der sich noch im Fluß befindlichen Sachversicherungsmathematik ist die Mathematik der Arbeitslosenversicherung auf einer Methodik aufgebaut, die sich aus den neuesten wirtschaftsmathematischen und konjunkturmathematischen Forschungen ergibt. Es handelt sich für den Mathematiker vorwiegend darum, die Arbeitslosigkeit in ihrem zeitlich verschiedenen starken Auftreten zu ergründen und Klarheit über die jeweilige Stärke der einzelnen die Arbeitslosigkeit beeinflussenden Faktoren zu gewinnen. Mit dem Studium dieser Faktoren beginnt man sich in das Gebiet der angewandten dynamischen Statistik. Die Arbeitsmarktkurven sind in folgende vier Komponenten zu zerlegen: 1. Saisonmäßige Schwankungen. 2. Säkulare Schwankungen. 3. Konjunkturmäßige Schwankungen. 4. Durch sonstige Ursachen bedingte Schwankungen. Die Saison Schwankungen können mit Hilfe des PERSONSchen Verfahrens ermittelt werden. Die säkularen Schwankungen werden durch mathematische Erfassung parabolischer Trendkurven ermittelt. Die konjunkturmäßigen Schwankungen sind durch Vergleich mit Hilfe von dynamischen Korrelationskoeffizienten gegenüber anderen Wirtschaftskurven zu ergründen. Die übrigen, noch unaufgeklärten Schwankungen ergeben sich durch Ausschaltung der ersten drei.

BURRAU, Kopenhagen: Prämienrückgewähr bei Unfallversicherungen. Da die technischen Formeln dieser Versicherungsart — wenigstens nach dem Wissen des Verf. — gar nicht in der Literatur vorkommen, wird der hierher gehörende Formelapparat entwickelt und einige in der Praxis vorkommende Fragen technisch beleuchtet.

A. BASCH, Wien: Fehlertensoren und Fehlerübertragung. Die Genauigkeit eines Vektors im n -dimensionalen Raum wird durch einen Tensor dieses Raumes, den „mittleren Fehlertensor“ T gekennzeichnet. Die $\frac{1}{2}n(n+1)$ skalaren Glieder dieses Tensors sind die n mittleren Fehlerquadrate und die $\frac{1}{2}n(n-1)$ mittleren Fehlerrechtecke der rechtwinkligen Komponenten des Vektors. Das mittlere Fehlerquadrat der Komponente des Vektors in einer beliebigen Richtung ergibt sich durch präfaktorielle und postfaktorielle Multiplikation des mittleren Fehlertensors mit dem Einheitsvektor der betreffenden Richtung. Der mittlere Fehler erscheint aber auch als Normalabstand der zu der betreffenden Richtung senkrechten Tangentialhyperebene an das mittlere Fehlerhyperellipsoid $\mathfrak{H} ko T \mathfrak{H} - R = 0$ gegeben. (\mathfrak{H} , Ortsvektor; R Determinante des Tensors T). Eine affine Raumtransformation Φ wandelt den mittleren Fehlertensor T in $\Phi T \Phi_e$ um, (Φ_e , der zu Φ konjugierte Affinor), während das mittlere Fehlerhyperellipsoid bloß die Transformation Φ erfährt. Diese Beziehungen ermöglichen die Aufstellung einfacher Regeln für den Fehlertensor einer Linearerkombination fehlerhafter Vektoren und den mittleren Fehler eines Skalarproduktes, ebenso auch für den

Fehlertensor des Vektorproduktes im dreidimensionalen Raum, sowie für die Konstruktion des mittleren Fehlerellipsoides des Vektorproduktes. Ein Beispiel für die praktische Anwendung ist die Bestimmung des mittleren Flächenfehlers eines Polygonzuges mit ungenau bestimmten Eckpunkten.

F. BAUR, Berlin-Falkensee: Probleme der Mehrfachkorrelation. Die Ausdehnung der Korrelationsrechnung auf mehr als 2 stochastisch verbundene Veränderliche (Mehrfachkorrelation) ist von entscheidender Bedeutung für die Lösung des Problems der Vorhersage im Bereich der nichtfunktionellen Zusammenhänge. Aus den Lehrsätzen der Determinantentheorie lassen sich einfache Beziehungen zwischen den einzelnen Korrelationskoeffizienten, den Beziehungskoeffizienten und den totalen Korrelationskoeffizienten linearer Beziehungsgleichungssysteme ableiten. Daraus ergeben sich weiterhin Größen, welche ausdrücken, zu welchem Bruchteile der Schwankungen einer Veränderlichen jede einzelne der mit ihr stochastisch verbundenen Veränderlichen beiträgt. Der nächste Schritt ist die Aufstellung von Maßzahlen zur Kennzeichnung der Strammheit und des Abhängigkeitsgesetzes nicht-linearer stochastischer Mehrfachzusammenhänge. Die Bestimmung der Fehler von Maßzahlen, die aus empirischen Wertereihen gewonnen wurden, darf nicht, wie bisher, an die Voraussetzung gebunden werden, daß die Veränderlichen nach dem Gaußschen Gesetz verteilt seien.

BÖHM, München: Einige Bemerkungen über die Theorie des Preises und über die damit zusammenhängenden Fragen des Grenznutzens in der theoretischen Nationalökonomie.

15 Uhr: Hörsaal H der Universität.

Mechanik u. a.

WAGNER, Danzig: Über die Zugdiagonalfelder in dünnen Blechen.

POLLACZEK-GEIRINGER, Berlin: Zur Praxis der Lösung linearer Gleichungen in der Statistik.

MÜLLER, Hannover: Zur hydrodynamischen Deutung der elliptischen Funktionen.

MALKIN, Berlin: Zur Stabilitätsfrage rotierender elastischer Stäbe.

M. HERZBERGER, Jena: Geometrische Optik und differentielle Liniengeometrie. Die geometrische Optik kennt ein Integralgesetz, den Satz von FERMAT, und ein Differentialgesetz, als welches man das Brechungsgesetz ansehen kann. Durch letzteres wird die Variationsrechnung in Beziehung zur geometrischen Optik gebracht, durch letzteres die Differentialgeometrie. Es werden in dem Vortrag durch geeignete Koordinatenwahl mit Hilfe vektoralgebraischer Methoden aus dem Brechungsgesetz die optischen Gesetze erster, zweiter, dritter Ordnung abgeleitet und gezeigt, welche Aufgaben hier einer differentiellen Liniengeometrie gestellt werden. Für einen Teil der hier auftretenden Probleme werden Lösungen angegeben.

BERGMANN, Berlin: Über die Berechnung des magnetischen Feldes in einem Transformator.

H. GRAF, Karlsruhe i. B.: Geodätische Vierecksnetze inhaltsgleicher Felder. Dem Problem, Geradsysteme in der Ebene zu finden, welche ein infinitesimales Rhombennetz bilden, läßt sich ein ähnliches an die Seite stellen, nämlich die Frage nach Geradsystemen, welche infinitesimale Vierecksnetze inhaltsgleicher Felder ergeben. Durch Verallgemeinerung des ersten Problems auf Flächen gelangt man bekanntlich zu den LIONVILLESCHEN Flächen. Analog wird eine besondere Flächenklasse durch die Forderung definiert, daß auf der Fläche ein infinitesimales geodätisches

Vierecksnetz inhaltsgleicher Felder liegt. Als Beispiele führe ich besondere Dreh- und Spiralfächen an; die Meridiane der Drehflächen lassen sich durch Quadraturen bestimmen. Abbildungen eines Holzmodells werden im Vortrag gezeigt.

R. SAUER, München: Eine geometrische Ableitung der Codazzischen Gleichungen und des Bonnet-Gaußschen Satzes. Die Grundgleichungen der Flächentheorie von CODAZZI und GAUSS lassen sich unter Vermeidung des analytischen Begriffs der Integrabilitätsbedingungen auch auf rein geometrischem Wege ableiten. Um zu den CODAZZischen Gleichungen zu kommen, betrachtet man ein von Krümmungslinien begrenztes rechteckiges Flächenelement, dazu in den 4 Eckpunkten die Flächennormalen und die Tangenten der Krümmungslinien. Aus der Figur können dann durch elementare Überlegungen 2 Bedingungen zwischen den Hauptkrümmungen und den geodätischen Krümmungen der Krümmungslinien entnommen werden, welche nach Einsetzen der Fundamentalgrößen die CODAZZischen Gleichungen liefern. Der BONNET-GAUSSsche Integralsatz geht durch einen Grenzprozeß aus einem elementaren Satz über Polyeder mit dreieckigen Seitenflächen hervor. Wendet man den Integralsatz auf ein rechteckiges Flächenelement an, so ergibt sich die GAUSSsche Gleichung in der LIONVILLESchen Form.

Abteilung 2: Physik.

Abteilung 3: Technische Physik u. Elektrotechnik.

Montag, d. 17. Sept., 15 Uhr: Aula d. Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor 24.

I. Schwachstrom- und Starkstromtechnik.

A. MEISSNER, Berlin: Erzeugung und Untersuchung nichtkristalliner piezoelektrischer Stoffe. Bestimmung des pyro-elektrischen Momentes von Substanzen in Pulverform. Ausrichten des Pulvers in einem elektrischen Feld. Bestimmung des Einflusses der Korngröße, der Formierungsspannung und Temperatur. Untersuchung verschiedener Stoffe auf Pyro-Elektrizität. Bindung des formierten Pulvers. Bestimmung der piezoelektrischen Eigenschaften der Bindemittel allein nach dem Formieren bzw. der Bindemittel mit Quarzzusatz. Verwendung der nichtkristallinen Platten für Mikrophonzwecke.

R. HOLM, Siemensstadt: Über Kontaktwiderstände. Die Leitung zwischen technisch reinen Metallstücken ist wesentlich metallisch, d. h. der Kontakt hat einen Siebwiderstand. Den Beweis hierfür liefern vor allen Dingen Volt-Widerstands-Charakteristiken der Kontakte. Diese lassen sich mit den spezifischen Leitfähigkeiten der Elektrizität und der Wärme als Parameter berechnen. Die Beobachtungen bestätigen die Theorie sehr gut. Aus der Theorie folgt eine eindeutige Zuordnung der Temperatur im Kontakt zur Kontaktspannung. Die Rekristallisationstemperatur verursacht einen ersten Widerstandsabfall der Charakteristik, die Schmelztemperatur bestimmt einen zweiten bei einer für das Material charakteristischen höchsten Kontaktspannung. Nur bei spezifischen Drucken von der Größe des Fließdruckes erhält man eine zusammenhängende Kontaktfläche. Sog. ebene Metallflächen berühren sich meistens nur in einzelnen Punkten und zeigen dann einen Kontaktwiderstand, der ebenso wie die Reibung nur vom Gesamtdruck und nicht von der Größe der scheinbaren Berührungsfläche abhängt.

HARTMANN und DOSSMANN, Berlin-Siemensstadt: Über einen neuen Kohlewiderstand. Es wird ein Widerstand beschrieben, der sich durch besonders einfachen Aufbau, hohe Belastbarkeit und große Konstanz aus-

zeichnet und mit Werten zwischen 10 und 10^7 Ohm hergestellt werden kann. Derartige Widerstände sind nicht nur in der üblichen Weise in Elektronenröhrenschaltungen aller Art, sondern auch mit Vorteil in Gleich- und Wechselstrommeßanordnungen, auch für Hochspannung, verwendbar, vor allem dann, wenn es auf besonders kleinen Phasenwinkel ankommt. — Als leitendes Widerstandsmaterial wird eine sehr dünne Schicht eines reinen kristallinen Kohlenstoffes der Glanzkohlenreihe verwendet. Nach der Beschreibung der hier interessierenden physikalischen Eigenschaften des Leiters: des spezifischen Gewichtes, der Schichtdicke und des spezifischen Widerstandes, sowie seines Temperaturkoeffizienten werden noch nähere Mitteilungen über die technischen Eigenschaften des Widerstandes: Belastbarkeit, Oberflächentemperatur und Verhalten bei Gleich- und Wechselstromspannungen gemacht.

THIERBACH, Berlin-Siemensstadt: Ein Gerät zur Messung von Maximalspannungen in Fernsprechübertragungssystemen.

H. STARKE, Aachen: Demonstration statischer Hochspannungsvoltmeter. Das elektrische Feld zwischen zwei Hochspannungselektroden wirkt drehend auf einen an einem gespannten Faden befestigten kleinen Flügel, der in seiner Nullage sich in der Oberfläche der einen Elektrode in einer kleinen schlitzförmigen Öffnung derselben befindet. Das Charakteristische des Instruments ist es, daß der Flügel so klein dimensioniert ist, daß die bei seiner Drehung auftretenden Feldverzerrungen sich nur auf seine unmittelbare Nachbarschaft erstrecken. Es wird dadurch erreicht, daß die Eichkurve für alle praktisch benutzten Elektrodenabstände, die Skala also für alle Meßbereiche dieselbe ist. Es braucht das Instrument daher nur auf seinem niedrigsten Meßbereich mit wenigen Kilovolt (z. B. 3—10) geeicht zu werden und liefert dann bis zu den höchsten Spannungen, d. h. bis zu seiner Überschlagsgrenze, exakte Meßwerte für Gleich- und Wechselspannungen. An den kleineren Instrumenten bis 200 kV oberer Meßgrenze ist die objektive Spiegelablesung, Skala und Lampe, fest angebracht. Die Bezifferung der Skala für vier Meßbereiche ist durch Drehen eines Vierkantstabes direkt einstellbar. Der Ausschlag erfolgt aperiodisch in 1,5 Sekunden. Anwendungsgebiete: Hochspannungsprüffelder, Röntgenlaboratorien u. a.

R. VIEWEG, Charlottenburg: Ein Meßkondensator für Höchstspannungen (nach Versuchen gemeinsam mit H. Schering, Hannover). Es wird ein Prägegaskondensator für sehr hohe Spannungen beschrieben, bei dem die Elektroden unter Vermeidung eines Durchführungsisolators in ein dem Druck des Prägegases standhaltendes Isoliergehäuse eingebaut sind. Durch eine einfache Abschaltung der Niederspannungselektrode werden Verlustfreiheit und definierte Kapazität erreicht. Der erste derartige Kondensator hat 350000 Volt einwandfrei ausgehalten und ist bereits bis zu 300000 Volt zu Meßzwecken benutzt worden. Damit ist nunmehr der Spannungsbereich, für den Meßkondensatoren zur Verfügung stehen, etwa verdoppelt. Das Prinzip des Meßkondensators im Isoliergehäuse wird aber gestalten, auch Kondensatoren für noch erheblich höhere Spannungen in günstiger Weise zu bauen.

J. BRENTANO, München: Der Gebrauch von Verstärkerröhren zur Messung kleiner Energiebeträge. Es werden die Eigenschaften einer Anordnung diskutiert, in welcher Verstärkerröhren in einer Brückenschaltung Verwendung finden. Die Bedingungen, die erfüllt sein müssen, um Störungsfreiheit von äußeren Ein-

wirkungen, Empfindlichkeit und Irreversibilität der Relaywirkung zu erzielen, werden untersucht.

C. MÜLLER, Berlin-Charlottenburg: Registrierendes Präzisionsgerät für sehr schwache Ströme (Lichtintensitäten, Ionisationsvorgänge usw.).

P. SELENYI, Budapest: Über die durch Kathodenstrahlen bewirkte Aufladung des Glases und deren praktische Verwendung.

P. SELÉNYI, Budapest: Kathodenoszillograph. Verfasser hat kürzlich [Z. Physik 47, 895 (1928)] eine prinzipielle Neuerung am Kathodenoszillographen beschrieben. Läßt man das Kathodenstrahlenbündel statt des phosphoreszierenden Schirmes (BRAUNSche Röhre) bzw. statt der lichtempfindlichen Platte (Kathodenoszillograph von DUFOUR, GÁBOR, ROGOWSKY) auf einer isolierenden Auffangschirm, insbesondere auf die Glaswand der Röhre, auffallen, so erhält man darunter eine mit negativer Ladung geschriebene Kurve, die man nach Art der LICHTENBERGSchen Figuren durch Bestauben von außen mit einem elektroskopischen Pulver (z. B. Schwefel-Mennige) sichtbar machen kann. Es konnten zuerst nur stehende Figuren — z. B. eine durch ein magnetisches Drehfeld erzeugte Ellipse — aufgenommen werden (Lichtbild); sobald es aber gelungen ist, die negative Ladung auf der Röhrenwand zu fixieren, konnten auch nur einmal überfahrene Kurven — z. B. die Stromkurve einer 500-Perioden/sec-Maschine — aufgenommen werden (Lichtbild). Dabei wurde die erwartungsgemäße Schreibgeschwindigkeit — etwa 4000 cm/sec — bei einer Kathodenstrahlstärke von 1 Mikroampère — ohne weiteres erreicht, als Beweis dafür, daß unter solchen Umständen die Elektronen quantitativ an der Glaswand haftenbleiben. Infolgedessen sollte die anwendbare Schreibgeschwindigkeit einfach mit der Intensität der Kathodenstrahlbündel proportionell zunehmen und bei einer Strahlintensität von 1 Milliampère bereits 40 km/sec betragen. Verfasser hofft die noch bestehenden technischen Schwierigkeiten überwinden zu können, und weist auf die großen zu erwartenden Vorteile dieses Verfahrens hin: Die Röhre ist abgeschmolzen, tragbar, und die Aufnahmen können innerhalb einiger Sekunden wiederholt werden. Zuletzt erwähnt er die bei diesen Versuchen unter gewissen Umständen beobachteten, den LICHTENBERGSchen Figuren ähnliche Zeichnungen, die auf der von dem Strahlbündel getroffenen inneren Wandfläche mit verfolgbarer Geschwindigkeit entstehen und auch ohne Bestaubung in dem Fluoreszenzlichte des Glases zu sehen sind.

F. W. MEYER, Braunschweig: Einfluß von Selbstinduktivität, Kapazität, Massenträgheit und Elastizität bei durch die Mittel der technischen Elektronik gesteuerten elektrischen Maschinen- und Kraftübertragungssystemen. Die Umformungs-, Regel- und Steuerelektronik hat für höchste Spannungen statt der sonst verwendeten Dampf- und Gasentladungsapparate, gegebenenfalls zusammenwirkend mit Elektronenemissionsapparaten, um hohe Leistung und Steuerempfindlichkeit zu vereinigen, nur die letzteren, die mit höherer Spannung steigende Wirkungsgrade aufweisen, gleichzeitig aber die Dämpfungen verringern, so daß Pendelungen und Stabilität untersucht werden müssen, und zwar hier unter Berücksichtigung der Leitungs- und Apparatkapazitäten, oft auch der elastischen Wirkungen der Maschinen. Im Beispielsfalle der Kraftübertragung durch Gleichstrom und des Betriebes von Nebenschlußmotoren mit Regelung und Kommutierung durch Elektronenrelais ergeben sich gegenüber dem be-

kannten Fall der alleinigen Berücksichtigung von Massenträgheit und Selbstinduktion in den Schwingungsgleichungen Zusatzglieder, und zwar ist die Kapazität mit dem Spannungsverstärkungsverhältnis multipliziert, während die Selbstinduktivität dadurch dividiert wird, hingegen das elastische wie das Trägheitsglied unverändert eingeht. Im einfachsten Fall ist starke Erhöhung der Schwingungszeit und Erniedrigung des Drehzahlabfalls die Folge.

F. STENZL, Zwittau (Mähren): Über die Vorgänge im Kraftfeld bei der Entstehung des Induktionsstromes. Wird ein homogenes Magnetfeld von einem Strom senkrecht durchflossen, so besteht das zusammengesetzte Feld in der Nähe des Stromes aus Schlingen, sonst aus in der Richtung des homogenen Feldes fortlaufenden Linien, von denen ein großer Teil dem Strom im Bogen ausweicht. Dabei sind die Linien auf der einen Stromseite am dichtesten und auf der gegenüberliegenden Seite am schüttersten. Hier gibt es sogar einen linienfreien Raum, gegen den die dichter gelagerten Linien den Strom drücken. Bewegt man diesen gegen die Stelle größter Liniendichte, so wird auf der gegenüberliegenden Seite der linienfreie Raum vergrößert. In diesen kräftefreien Raum treibt dann der Querdruck die zunächst gelegene fortlaufende und am meisten ausgebogene Linie, welche den Strom schon von vornherein großteils umgab, von beiden Seiten so weit hinein, daß sie jetzt den Strom ganz umschließt und sich von ihr zwei getrennte Linien abschnüren, und zwar: eine neue Schlinge, welche alle ursprünglichen Schlingen neu umschließt, und eine fortlaufende Linie. Die Zugspannung der neu abgeschnürteten Schlinge quetscht dann die dem Strom zunächst gelegene innere Schlinge in ihn hinein, wodurch er verstärkt wird. Die weiterentwickelten Vorstellungen über die Kraftfelder, welche die Trägheit elektrischer Ladungen bedingen und auch in der „Kraftfeldlehre“ des Vortragenden erörtert sind, erschließen dann das weitere Verständnis hierfür.

Mittwoch, d. 19. Sept., 14^{1/2} Uhr: Aula d. Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor 24.

II. Elektronen und Ionen.

K. RAMSAUER, Berlin-Reinickendorf: Über die Wirkungsquerschnitte der Atome und Moleküle gegenüber Elektronen verschiedener Geschwindigkeit. Wesen und Messung von Molekülquerschnitten gegenüber Elektronen. — Die ersten Messungen absorbierender Querschnitte bis 4 Volt abwärts. Vermutungen über den weiteren Verlauf der Kurven unterhalb 4 Volt. — Die Entdeckung der abnormen Durchlässigkeit des Argons bei 1 Volt. Die Wirkungsquerschnittskurven der Edelgase. — Die Wirkungsquerschnittsanomalien als Allgemeinerscheinung. — Die Wirkungsquerschnittskurven als Kennzeichen des Molekülbaues. — Ausblick auf weitere Probleme.

BRÜCKE, Berlin: Wirkungsquerschnitt und Molekülbau in der Pseudoedelgasreihe Ne—Hf—H₂O—NH₃—CH₄.

R. KOLLATH, Berlin-Reinickendorf: Über den Anteil der „Reflexion“ an der Gesamtwirkung neutraler Gasmoleküle gegenüber langsamen Elektronen. Es besteht die Aufgabe, den gesamten Wirkungsquerschnitt der Moleküle gegenüber langsamen Elektronen in seine Teilsummanden zu zerlegen, d. h. festzustellen, welches der Anteil der „Reflexion“ (ohne Geschwindigkeitsverlust), der „Absorption“ (dauernd oder zeitweilig) und des „Geschwindigkeitsverlustes“ (mit oder ohne Richtungsänderung) ist. Zu dieser Aufgabe liefert die vorliegende Arbeit einen Beitrag, der in erster Linie die „Refle-

xions“-Frage behandelt. Die Ergebnisse sind folgende: Der erste Anstieg der Wirkungsquerschnittskurven (von kleinen Geschwindigkeiten her) bei der Ar-Gruppe und das ganze erste Maximum bei der N_2 - und bei der CO_2 -Gruppe beruhen bei allen untersuchten Gasen auf „Reflexion“ (ohne Geschwindigkeitsverlust). Nach größeren Geschwindigkeiten hin treten an Stelle der „Reflexionen“ „Geschwindigkeitsverluste“ (mit oder ohne Richtungsänderung). „Absorptionserscheinungen“ konnten in dem bearbeiteten Gebiet nicht nachgewiesen werden.

BEHNKEN, Berlin-Charlottenburg: Über die Auslösung von Elektronen durch Röntgenstrahlen (nach gemeinsamen Versuchen mit R. Jaeger).

E. RUPP, Göttingen: Versuche zur Elektronenbeugung. Die früheren Versuche des Verf. [Ann. Physik 85, 981 (1928)] über den Durchgang langsamer Elektronen durch dünne Metallhüte werden mit elektrischer Nachweismethode der gebeugten Elektronen durchgeführt. Dabei wird die Geschwindigkeitsverteilung der gebeugten Elektronen mit der Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen im Zentralkegel aufgenommen. Ferner wird über Versuche berichtet, Elektronenbeugung an einem optischen, auf Metall geritzten Gitter unter Verwendung einer abbildenden Magnetspule nachzuweisen.

H. GEIGER, Kiel: Neue Messungen mit dem Elektronenzählrohr. Ein dünner Draht, welcher mit einer gleichmäßigen, halb isolierenden Schicht bedeckt ist, wird axial in einem Metallrohr ausgespannt. Bei geeignetem Gasdruck läßt sich dann das elektrische Feld zwischen Draht und Rohr so einregulieren, daß jedes Elektron, welches das Rohr an beliebiger Stelle durchsetzt, mit Hilfe des von ihm ausgelösten Stromstoßes registriert werden kann. Gegenüber dem Spitzenzähler, bei dem der Durchmesser der Eintrittsöffnung wenige Millimeter nicht übersteigen kann, lassen sich mit dem Zählrohr Flächen von 100 cm^2 und mehr auszählen. Die Empfindlichkeit für Elektronenstrahlung ist daher außerordentlich groß, so daß im allgemeinen nur unter dem Schutz von dicken inaktiven Metallpanzern gearbeitet werden kann; andernfalls macht sich die kosmische Strahlung sowie die Strahlung der Erde und des Mauerwerks allzu stark geltend. Über die ersten Versuche, welche die Härte und Intensität der Höhenstrahlung sowie die Strahlung extrem schwach aktiver Substanzen betreffen, wird berichtet.

THALLER, Hamburg: Über das Dosieren von Kathodenstrahlen an Lenard-Hochleistungsröhren.

SCHMITZ, Bonn: Eine neue Meßanordnung zur Bestimmung der durch Elektronenstrahlen verursachten Ionisation.

V. F. HESS, Graz: Die mittlere Lebensdauer der Ionen in der Luft über dem Meere (nach neuen Messungen auf Helgoland 1928). Der Vortragende hat seine Untersuchungen über den Ursprung der Ionisation der Luft (Ionisierungsbilanz) über dem Meere fortgesetzt und eine Reihe von Messungen der mittleren Lebensdauer der leichten Ionen, der Ionisierungsstärke und der Zahl der Kondensationskerne auf einer eigens errichteten luftelektrischen Station ausgeführt, welche an der Nordspitze der Insel Helgoland sich befindet. Es wird ein vorläufiger Bericht über die neuesten Ergebnisse dieser Messungen gegeben.

EHRENHAFT, Wien: Die Beweglichkeit einzelner submikroskopischer Probekörper bei hohem Gasdruck.

E. FUES, Feuerbach b. Stuttgart: Über Stoßübergangswahrscheinlichkeiten. Die Frage, ob durch Wahl

von Stoßrichtung und -geschwindigkeit einzelne Niveaus eines engen Multipletts bevorzugt angeregt werden können, wäre zu bejahen, wenn ein gerichteter Elektronenstrom gegen gerichtete Atome (gegen einen Strahl aus dem Stern-Gerlach-Versuch) stoßen könnte. Sie ist zu verneinen, sofern die Stoßanregung, wie praktisch wohl immer, durch Elektronen mit regellos verteilter Spinrichtung und an regellos orientierten Atomen erfolgt. Ein Einfluß der Stoßgeschwindigkeit findet (immer im Grenzfall eines sehr engen Multipletts, dessen Energiedifferenzen zu vernachlässigen sind) nicht statt. Für Stoßübergänge, einschließlich derjenigen Stöße, bei denen freies und gebundenes Elektron sich austauschen, gilt ein ähnlicher Summensatz wie für Übergänge unter Ausstrahlung: Die Summen aller Übergänge zu den einzelnen Multiplettiveaus verhalten sich wie die zugehörigen Quantengewichte $(2j+1)$. Die Intensitätssummen kommen aber in beiden Fällen in völlig verschiedener Weise zustande.

L. GILBERT, Wien: Beruht das Elektron auf einem Irrtum? usw. Die aufsehenerregenden Experimente von Prof. DAVISSEN und GERMERS in New York haben die heutige Auffassung des Elektrons in Frage gestellt. Eine Diskussion der zugrunde liegenden Phänomene wäre deshalb sehr förderlich, wenn sich ein oder zwei Physiker fänden, die die Zusammenhänge beherrschen. Beim Eindringen in das Problem der auftretenden Schwingungen kommt das wichtige *Plancksche Wirkungsquantum* in erster Linie in Betracht. Richtig erfaßt, erklärt es die ganze Situation. Der Fachmann ist gewohnt, die bekannte Rydbergzahl, weil sie empirisch, tastend, gefunden wurde, als eine isolierte Zahl anzusehen, die für sich allein dasteht und in keine Beziehung zu irgendeinem anderen bekannten Faktor zu bringen ist. Es ist nun Aufgabe des Vortragenden, den eigentlichen Sinn und die Bedeutung des PLANCKSchen Quantums, soweit sie noch heute unbekannt sind, darzutun und die Einordnung unter die *allgemeine Mechanik* durchzuführen. Ferner nachzuweisen, daß die Rydbergzahl $R = 3,3 \cdot 10^{15}$ aus der AVOGADRO-LOSCHMIDTSchen Zahl $L = 6 \cdot 10^{23}$ zu entwickeln ist, was jedem Physiker schon rein zahlen-

mäßig in die Augen springt. Es ist nämlich $R = \frac{L^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{3}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{2}$.

Überhaupt steht R nicht isoliert da, sondern ist *gewissermaßen* das, was PLANCK als eine „universelle Konstante“ zu bezeichnen pflegt. So erscheint die sog. „absolute Gaskonstante A “ der GAY-LUSSAC-

MARIOTTESchen Gasformel als $A = \frac{3}{2} \sqrt{R}$. Demgemäß ist die kinetische Energie eines Gas-Mols für $1^\circ C$, nach dem BOLTZMANN-DRUDESchen Ansatz, $E = \left(\frac{3}{2}\right)^2 \sqrt{R}$. Und die PLANCKSche Strahlungs-

konstante $K = \frac{1,346}{10^{16}} = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)^2}{R}$ [Erg pro Grad]. — Es

stellt die Rydbergzahl R den schärfsten Beweis dar für die von PLANCK in längerem wissenschaftlichen Kampf vertretene Behauptung von der Existenz der sog. „wirklichen“ Atome. — Die Rydbergzahl liefert eine wichtige Basis für die Diskussion des Elektrons.

Donnerstag, d. 20. Sept., 9 $\frac{1}{2}$ Uhr: Aula d. Techn. Staatslehranstalten.

III. Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie.
BÖHM, Berlin: Die Bündelung der Energie kurzer Wellen.

MOSER, Berlin: Die Übertragung der Energie vom Sender zur Antenne auf kurzen Wellen.

GOTHE, Berlin: Über Drahtreflektoren.

HAHNEMANN, Berlin: Über die neue Entwicklung des Maschinensenders für kleine Wellenlängen.

LEITHÄUSER, Berlin: Ein Kurzwellen-Empfängsgerät für Messung der Feldstärke.

DUCKERT: Fehlweisung der Funkpeilung in Abhängigkeit von der Wetterlage.

SCHINDELHAUER, Berlin: Über elektromagnetische Luftstörungen.

SCHRÖTER, Berlin: Fortschritte in der Bildtelegraphie.

KÜPFMÜLLER, Berlin-Siemensstadt: Über die Stabilität von unmittelbaren Reglern.

MAYER, Berlin-Siemensstadt: Amplitudenbegrenzer für Programmübertragung.

ESAU, Jena: Reichweitenversuche und Dämpfungs-messungen im Gebiet sehr kurzer Wellen.

15 Uhr: Aula der Technischen Staatslehranstalten.

III. Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie. (Fortsetzung).

K. KOHL, Erlangen: Über kurze ungedämpfte elektrische Wellen.

PFAFFENBERGER, Berlin-Reinickendorf: Neues zum Barkhausen-Effekt. Mit empfindlicher Apparatur wird der Barkhausen-Effekt untersucht und die quantitative Verteilung der Effekte auf der Hysteresekurve angegeben sowie eine gewisse Parallelität mit der Wärmeentwicklung gezeigt. Die magnetische „Nestlänge“, d. h. der Raum, über den sich eine spontane gleichzeitige Induktionsänderung erstreckt, wird gemessen und zu etwa 3 mm bestimmt. Diese Bestimmung macht es unmöglich, den Barkhausen-Effekt als Ausgleich der durch Magnetostriktion bewirkten Spannungen zu erklären.

16 Uhr: Aula der Technischen Staatslehranstalten.

IV. Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten.

M. WIEN, Jena: Über die Abweichungen der Elektrolyte vom Ohmschen Gesetz. Das Verhalten der Elektrolyte in sehr hohen Feldern kann zur Klärung unserer Vorstellungen über das Wesen der Lösungen, insbesondere über den Dissoziationsgrad starker Elektrolyte beitragen. Es wird eine Methode zur Messung der Leitfähigkeit mit sehr kurzen Stromstößen beschrieben, die die Messung bis zu Feldern von 300000 V/cm gestattet. Es zeigte sich, daß die Leitfähigkeit der Elektrolyte mit der Feldstärke zunimmt, und zwar zunächst proportional dem Quadrat der Feldstärke. Diese Erhöhung der Leitfähigkeit wächst mit dem Produkt der Wertigkeit der Ionen der Lösung, ferner mit der Verdünnung und der Dielektrizitätskonstante des Lösungsmittels. Bei sehr starken Feldern strebt die Leitfähigkeit einem Grenzwert zu, der bei sehr verdünnten Lösungen erreicht wurde. Dieser Grenzwert stimmt innerhalb der Beobachtungsfehler mit der Äquivalentleitfähigkeit für unendliche Verdünnung überein, so daß die Ursachen, welche die Äquivalentleitfähigkeit bei wachsender Konzentration verringern, durch sehr starke Felder aufgehoben werden. Inwieweit die Theorie diese neuen Erscheinungen zu erklären vermag, wird in dem folgenden Vortrag besprochen werden.

JOOS, Jena: Die theoretische Deutung der Spannungs- und Frequenzabhängigkeit der elektrolytischen Leitfähigkeit. Die Spannungs- und Frequenzabhängigkeit der elektrolytischen Leitfähigkeit läßt sich erklären auf Grund der neueren Theorie der Elektrolyte, wie sie von DEBYE, HÜCKEL, ONSAGER und FALKEN-

HAGEN entwickelt wurde. In ihr wird der gegenseitigen Behinderung der Ionen infolge der elektrostatischen Kräfte zwischen ihren Ladungen Rechnung getragen. Die Berechnung weiterer Näherungslösungen der DEBYE- bzw. ONSAGERSchen Differentialgleichungen führt zu einer Spannungsabhängigkeit der Leitfähigkeit, die in bester Übereinstimmung mit den WIEN-schen Versuchen ist. Die endliche Ausbildungszeit der für die Ionenkräfte maßgebenden Verteilung bedingt, daß sowohl für sehr schnelle Wechselfelder als für sehr hohe Spannungen diese Ionenkräfte abnehmen bzw. ganz verschwinden. Damit ist der Weg gewiesen zu einer genauen Bestimmung des wahren Dissoziationsgrads, während der aus der klassischen Dissoziations-theorie ermittelte verhältnismäßig kleine scheinbare Dissoziationsgrad zum großen Teil durch die Ionenkräfte vorgetäuscht ist.

E. LANGE, München: Neue thermochemische und refraktometrische Untersuchungen auf dem Gebiete der starken Elektrolyte. Die DEBYE-HÜCKELSche Theorie hat sich hinsichtlich der Verdünnungswärme im Grenzgebiet ($< 0,01$ m KCl-Lösungen) nach Messungen mit einem auf 10^{-6} genau arbeitenden Calorimeter zum Teil (+ Vorzeichen; \sqrt{m} -Proportionalität; Absolut-betrag, so genau er berechnet werden kann) bestätigt gefunden. Oberhalb 0,01 molar treten theoretisch nicht unerwartete Abweichungen von den einfacheren Grenzverhältnissen auf. Eine mögliche Deutung findet NERNST in Resten undissoziierter Anteile. — Die Untersuchungen von FAJANS, KOHNER und GEFFKEN zeigen, daß die Molrefraktion gelöster starker Elektrolyte allgemein (> 2 normal) von der Konzentration abhängig ist. Das Vorzeichen und die relative Stärke der bei verschiedenen Elektrolyten bei steigender Konzentration auftretenden Effekte spricht dafür, daß sie in erster Linie durch die Bildung solcher Kombinationen entgegengesetzt geladener Ionen bedingt sind, welche ohne Zwischenschaltung von Wassermolekülen in direktem Kontakt miteinander stehen, d. h. als undissoziert aufzufassen sind.

A. SMEKAL, Wien: Über die elektrolytische Leitung der Gläser. Der Mechanismus des Ionenleitvermögens von Gläsern, Porzellan und ähnlich gebauten Stoffen ist, nach der Temperaturabhängigkeit zu schließen, qualitativ und quantitativ von der gleichen Art wie jener des Leitvermögens der Ionenkristalle im Temperaturgebiete überwiegender Lockerionenleitung; ein Analogon zur Gitterionenleitung fehlt, was Rückschlüsse auf die Verteilung der Leitungssionen in der Glassubstanz zuläßt. Aus den vom Verf. seinerzeit gefundenen Gesetzmäßigkeiten der Lockerionenleitung ergeben sich zutreffende Voraussagen über die Abhängigkeit des Leitvermögens der Gläser von ihrer chemischen Zusammensetzung, ferner über den Unterschied zwischen dem Leitvermögen gespannter und entspannter Glasproben, sowie die Möglichkeit der Entspannung durch Stromdurchgang. Die Analyse der Temperaturabhängigkeit des Leitvermögens unterhalb und oberhalb des Transformationspunktes lehrt, daß sprödes Glas auch im ungespannten Zustande hohe innere Spannungen enthalten muß, allerdings innerhalb amikroskopischer Raumgebiete; die geringe Veränderlichkeit der Dichte und des Brechungsvermögens unterhalb des Transformationspunktes stehen damit in nahem Zusammenhang.

A. SMEKAL, Wien: Über die Feldstärkenabhängigkeit des Leitvermögens isolierender Ionenkristalle (teilweise nach Versuchen von F. Quittner). Aus dem vom Verf. im Vorjahr geklärten Mechanismus der Ionen-

leitung in Krystallen folgt, daß die Zunahme des Leitvermögens mit der Feldstärke auf dem Zusammenwirken zweier Effekte beruht: eine exponentielle Vermehrung der Anzahlen der thermisch beweglich werdenen Leitungseionen durch die angelegte Feldstärke, und eine Verringerung der Ionenbeweglichkeiten durch das innere Gegenfeld, dessen Entstehung mit den Zahl- und Beweglichkeitsunterschieden der Ionenarten beiderlei Vorzeichens zusammenhängt. Für chemisch reine Ionenleiter folgt daraus ein linearer Spannungsabfall und eine exponentielle Zunahme des „Dauer“-Leitvermögens mit der angelegten Feldstärke, was sich am natürlichen und künstlichen Steinsalzkristall bestätigt findet. An Mischstoffen und Verunreinigungsleitern erhält man qualitativ dieselben Leitfähigkeitszunahmen, jedoch in Verbindung mit inhomogenen inneren Gegenfeldern, in Übereinstimmung mit den Befunden an Gläsern, Kalkspat, Quarz usw. Im Gegensatz zur bisherigen Meinung (JOFFE) kommt demnach weder ausschließlich den Gegenfeldern noch ihrer Inhomogenität für den Mechanismus der Erscheinung eine grundsätzliche Bedeutung zu.

A. NIKURADSE, München: **Elektrizitätsleitung und Entladung in dielektrischen Flüssigkeiten.** Durch die Erforschung der Ausbildung der Stromspannungsverhältnisse von niedrigen Spannungen bis zur Entladung, insbesondere kurz vor der Entladung wurde versucht, einen experimentellen Beitrag zur Klärung der Entladungssphänomene zu liefern. Es wurde studiert, welcher Zusammenhang zwischen Stromspannungskurven, Zähigkeit, Temperatur, Druck und Durchschlagsspannung besteht. In Mineralöl (Transformatoröl) sind die Ionenkonstanten bestimmt. Die bisherigen Arbeiten untersuchten die Leitfähigkeit der dielektrischen Flüssigkeiten nur beim Normaldruck. Hier wurde studiert, in welcher Abhängigkeit die Leitfähigkeit und Ionenkonstanten von Druck und Temperatur stehen.

J. MALSCH, Köln: **Über die Messung der Dielektrizitätskonstanten von Flüssigkeiten bei hohen elektrischen Feldern.** Es wird eine bereits früher ausgearbeitete Methode, die es gestattet, die Dielektrizitätskonstanten von leitenden Flüssigkeiten in sehr hohen elektrischen Feldern zu messen, soweit verfeinert, daß eine Meßgenauigkeit von etwa 0,6 Promille erreicht wird. Die Hauptfehlerquelle bildet die Änderung der elektrolytischen Leitfähigkeit mit der Feldstärke (M. Wien-Effekt). Die Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten von der elektrischen Feldstärke E wird für Wasser, Nitrobenzol und Alkohol untersucht. Es zeigt sich, daß eine Darstellung in der Form $\varepsilon = \varepsilon_0(1 - \alpha E^2)$ möglich ist in Übereinstimmung mit der DEBYESCHEN Theorie. Der Absolutwert des Effektes beträgt bei

250000 V/cm für Wasser $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} = 0,7\%$, für Nitrobenzol $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} = 1,0\%$ und für Alkohol $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} = 1,5\%$. Er

ist also um so größer, je kleiner die Dielektrizitätskonstante ist. Nach der einfachen DEBYESCHEN Theorie (unter Benutzung der CLAUSIUS-MOSOTTISCHEN Hypothese zur Berechnung des inneren Feldes und ohne Berücksichtigung von Assoziationserscheinungen) wären wesentlich größere Werte zu erwarten.

Freitag, d. 21. Sept., 9 Uhr: Aula d. Techn. Staatslehranstalten.

V. Optik.

O. PROCHNOW, Berlin-Lichterfelde: **Über die Photographie von Blitzen und einige neue Ergebnisse.** Wie bei der Himmelsphotographie enthüllt uns auch bei den Blitzen das Lichtbild mehr als der unmittelbare Anblick. Doch kann der Forscher auf das Eintreffen

eines so seltenen Naturereignisses, wie es z. B. ein Kugelblitz ist, nicht warten; und da es mehr Laien als Forscher gibt, ist die Wissenschaft hier auf die Mitarbeit der Laien angewiesen. Es gilt, diese in höherem Maße zu gewinnen als bisher, zumal die letzte Zeit einige sehr beachtliche Ergebnisse der Laienphotographie solcher Erscheinungen gezeigt hat. Vorgelegt werden drei Aufnahmen von Kugelblitzen bzw. Kugelblitzbahnen, die zufällig gewonnen wurden, sowie im Vergleich zu früheren sog. Bandblitzbildern eine Aufnahme eines Linienblitzes des Met. Obs. Potsdam aus geringer Entfernung, dazu Teilvergrößerungen und verschieden starke Durchlichtungen dieser Aufnahmen. An Hand dieser Bilder werden dann die bisherigen Auffassungen von der Natur des Blitzes sowie die daraus zu entnehmenden Änderungen besprochen.

G. JAECKEL, Berlin: **Die Blendung durch farbiges Licht.** Einige Farben und Farbfilter (wie Selenrubin- und Gelbfilterglas) wirken unangenehm blendend auf das Auge. Obwohl ein solches Farbfilter Licht absorbiert, erscheint ein dadurch betrachtetes Landschaftsbild grelle und blendender als in seinen natürlichen Farben. — Diese Erscheinung wird angeschlossen an das allgemeine Problem der Blendung, welche hervorgerufen wird durch einen allzu raschen Übergang von schwachem zu starkem Lichteindruck. Das Auge führt beim Betrachten eines größeren Objektes Drehbewegungen aus, bildet also nacheinander verschiedene Objektteile auf demselben lichtempfindlichsten Teil der Netzhaut, dem gelben Fleck ab. Bei der Drehbewegung wird die Blendung an Übergangsstellen von dunklen zu hellen Objektteilen vermieden durch die chromatischen Fehler der Augenlinse, die sanfte Intensitätsübergänge an Randpartien schaffen. Die „blendenden Farbfilter“ sind nur solche, die spektral scharf abschneiden mit ihrer Absorptionskurve und daher die Unschärfe der Randpartien zwischen Hell und Dunkel herabsetzen.

G. JAECKEL, Berlin: **Die Abhängigkeit der Farbe eines Filters von der Schichtdicke und Beleuchtungsstärke.** Einige farbige Substanzen zeigen in verschiedener Schichtdicke verschiedene Farbe: ein bestimmtes Blauglas z. B. wirkt in geringer Schicht blau, in großer Dicke violett. Ein anderes Glas in geringer Dicke graugrün, in großer Schichtdicke rot. Die Erklärung dieser Vielfarbigkeit ist die ungleiche spektrale Breite und ungleiche prozentische Durchlässigkeit der einzelnen Durchlässigkeitsgebiete. Ein sehr schmales aber 100 proz. Durchlässigkeitsgebiet tritt bei geringen Schichtdicken fast gar nicht in Erscheinung bei der Bildung der physiologischen Mischfarbe, setzt sich aber bei großen Schichtdicken durch gegen ein breites Gebiet von 50% Durchlässigkeit bei 1 mm, das bei 16 mm Schichtdicke nur $100 \cdot 0,5^{16} = 0,0015\%$ Licht durchläßt. Die Tatsache, daß einige Farbfilter bei großen Beleuchtungsstärken versagen (z. B. schlechtes Signalgrün) und scheinbar weißes Licht durchlassen, wird durch die erreichte Sättigung im Wahrnehmungsvermögen für alle Farben erklärt. Diese Abhängigkeit der Filterfarbe von der Beleuchtungsstärke tritt nicht ein bei Filtern, die spektral scharf abschneiden, sondern nur bei solchen mit allmählich auslaufenden Durchlässigkeitskurven, die in allen Spektralgebieten eine, wenn auch geringe, Durchlässigkeit haben.

I. RUNGE, Charlottenburg: **Ein optisches Mikrometer für dünne Drähte.** Zur Messung der Durchmesser dünner Drähte kann die Beugungerscheinung benutzt werden, die bei Beleuchtung des Drahtes mit einem schmalen Lichtbündel hinter dem Draht entsteht, da

die Abstände der Beugungsminima umgekehrt proportional dem Drahtdurchmesser sind. Hierauf beruht der vorgeführte Apparat. Der Beobachter bringt sein Auge dicht hinter den Draht, so daß die Interferenz der abgebeugten Strahlen auf der Netzhaut stattfindet, und die Beugungsfransen auf einem zwischen Lichtquelle und Draht befindlichen Schirm zu liegen scheinen. Wird nun eine auf diesem Schirm angebrachte Marke mit einem bestimmten Minimum zur Deckung gebracht und ihre Stellung abgelesen, so kann hieraus der Durchmesser bestimmt werden. Statt des Auges kann auch eine photographische Kamera hinter den Draht gebracht werden, so daß man die Beugungsbilder objektiv erhält. Der Apparat ist für Drahtstärken von etwa $10-80 \mu$ brauchbar und gibt bei mittleren Drähten eine Genauigkeit von etwa $1/4\%$.

GERHARDT, Berlin: Ein Zusatzapparat zum Ultramikroskop zur interferometrischen Messung größerer Submikronen mit Versuchen. Bekanntlich ist die MICHELSONSche Interferenzmethode zur Bestimmung der Winkeldistanz der Komponenten eines Doppelsterns auf die Messung im Ultramikroskop sichtbar gemachter Teilchen übertragen worden. Der dazu notwendige Doppelpalt variabler Spaltdistanz war bisher in einem besonderen Aufbau untergebracht. Nunmehr ist er jedoch als Zusatzapparat zum Ultramikroskop ausgebildet, der in einfacher Weise am Tubus befestigt wird. Projektionsbilder zeigen die Interferenzen im Beugungsbilde eines Teilchens und das durch Veränderung der Spaltdistanz einzustellende Undeutlichwerden dieser Interferenzen sowie ferner den Apparat, der auch nach dem Vortrag im Gebrauch vorgeführt wird. Seine Herstellung ermöglicht es nunmehr jedem Ultramikroskopiker, ohne Schwierigkeiten und weitere besondere Vorrichtungen sich der interferometrischen Meßmethode zu bedienen. Die kleinsten mit dem Verfahren bisher gemessenen Teilchen hatten einen Durchmesser von 200μ . Eine Kohärenz des von den Teilchen abgebeugten Lichtes stört die Messungen in keiner Weise.

W. BOTHE, Berlin-Charlottenburg: Anregung von Röntgenspektren durch α -Strahlen (nach gemeinsamen Versuchen mit H. FRÄNZ). Die beim Auftreffen von α -Strahlen auf Materie entstehende sehr schwache Röntgenstrahlung wurde mit einem sehr empfindlichen Spitzenzähler näher untersucht. An Hand der Absorptionskurven wurden die K -Strahlungen von Al, Ca, Cr, Fe, Zn und die L -Strahlungen von Sb, Ta, Ir, Au identifiziert. Ferner wurde die Anregungsfunktion, d. h. die Intensität der Röntgenstrahlen, als Funktion der α -Reichweite für einige Elemente aufgenommen. Diese hängt eng mit der Ionisierungskurve („BRAGGSche Kurve“) für die inneren Atomelektronen zusammen. In keinem der untersuchten Fälle reichte die Energie der Polonium- α -Strahlen aus, um bis zum Maximum der differentialen Ionisation vorzudringen, obwohl beim Al bereits das Umbeigen der Kurve zum Maximum erkennbar ist. Im übrigen stehen die Resultate im Widerspruch zu der THOMSONSchen Theorie der Ionisation, nicht aber zu der BORNNSchen Quantenmechanik der Stoßvorgänge.

P. EWALD, Stuttgart: Der Übergang von der Lichtoptik zur Röntgenoptik. Die optischen Gesetze für die Ausbreitung von Licht und von Röntgenstrahlen in Krystallen unterscheiden sich in wesentlichen Punkten: reguläre Reflexion bei Licht, selektive unter den Bedingungen des BRAGGSchen Gesetzes bei Röntgenstrahlen; verschiedene Größenordnung der optischen Dichte (1 bzw. 10^{-6}); langsame Veränderlichkeit mit der Richtung beim Licht (Doppelbrechung), abrupte

bei Röntgenstrahlen (Interferenzen). Die Fortschritte in der Meßgenauigkeit im eigentlichen Röntgengebiet sowie die Eroberung des Zwischengebiets durch die Vakuumspetrographie fordern die Untersuchung des Überganges. Um hierbei zu der richtigen Fragestellung zu kommen, muß man einen genaueren Einblick in die Art der Annäherung suchen, mit der einerseits die optische Dispersionstheorie, andererseits die dynamische Theorie der Röntgeninterferenzen behandelt werden ist. Es zeigt sich, daß der Übergang von der selektiven zur regulären Reflexion *kein* Problem ist, da beide Arten von Reflexion auch im reinen Röntgengebiet vorhanden sind (die reguläre nur wegen der geringen optischen Dichte sehr schwach). Die Probleme lassen sich vielmehr so aussprechen: Wie entstehen einerseits bei abnehmender Wellenlänge durch Doppelbrechung höherer Ordnung Abweichungen von den gewöhnlichen krystalloptischen Gesetzen (Indexfläche)? und andererseits: Gibt es für einen isolierten (d. h. keine Interferenzstrahlen abspaltenden) Röntgenstrahl eine Doppelbrechung bzw. optische Aktivität? Der Übergang von der langsamen zur abrupten Richtungsabhängigkeit läßt sich durch eine Erweiterung der seitherigen Hilfsflächen im reziproken Gitter (Dispersionssfläche, Indexfläche) überblicken. Mit diesen Überlegungen sind die begrifflichen Grundlagen für eine rechnerische Durchführung des Übergangs geschaffen.

J. BRENTANO, München: Intensitätsmessungen von an Krystallpulvern gestreuten Röntgenstrahlen. Die Interpretation der Intensität der von Krystallen gestreuten Röntgenstrahlen läßt sich wesentlich vereinfachen, wenn Messungen bei kleinen Ablenkungswinkeln herangezogen werden und wenn die Krystalleinheiten hinreichend klein sind, um hierbei Extinktionseffekte vernachlässigen zu können. Es wird eine Methodik beschrieben, die gestattet, quantitative Messungen der an Krystallpulverteilchen gestreuten Strahlung zu machen. Bei der Auswertung ergeben sich bemerkenswerte Vereinfachungen gegenüber den Messungen, die von ausgedehnten Krystallflächen erhalten sind. Die Ergebnisse solcher Bestimmungen werden mitgeteilt.

SCHERRER und STÄGER, Zürich: Experimentelle Bestimmung der Zerstreuung von Röntgenstrahlen durch Hg-Atome,

BEUTLER, Berlin-Dahlem: Resonanz bei Stößen zweiter Art. Ein Gemenge von Natrium mit Quecksilberdampf emittiert bei Einstrahlung der Linie 2537 des Quecksilbers ein Natriumspektrum als „sensibilisierte Fluoreszenz“. Dabei werden verschiedene Intensitätsmaxima ($7S-2D$ bzw. $5S-2D$) des Natriumspektrums beobachtet, je nachdem ob das Quecksilber im 2^3P_1 - oder 2^3P_0 -Zustand zum Stoß auf das Natrium gelangt. Na ist also ein Indicator für diese Umwandlung und zeigt an, daß beim Argon jeder gaskinetische Stoß diesen Übergang verursacht. Stickstoff mit etwa 30fachem Querschnitt wirksam ist. Na selbst übernimmt die Energie mit dem 600fachen Querschnitt infolge „Resonanz“ der Anregungsenergiebeträge.

RAUSCH VON TRAUBENBERG, Prag: Über das optische Verhalten der Wasserstoffatome in sehr starken elektrischen Feldern. Die zeitliche Anpassung der Wasserstoffatome bei plötzlichen elektrischen Feldänderungen wurde gemeinsam mit Herrn R. GEBAUER weiter untersucht, und zwar jetzt in der STARKSchen Anordnung mit getrenntem Feld. Es zeigte sich auch hier eine allmähliche Anpassung an den Feldzustand. Hierbei wurden Feldstärken bis zu 420000 V/cm er-

reicht und infolgedessen konnte auch der Starkeffekt zweiter Ordnung an den Balmerlinien deutlich beobachtet und ausgemessen werden. Die Proportionalität zum Quadrate der Feldstärke wurde bei allen Komponenten (von $H\gamma$) genau bestätigt. Die Mittelkomponente ergab eine gute Übereinstimmung mit der SCHRÖDINGERSchen Theorie entsprechend den Berechnungen von G. WENTZEL und IVAR WALLER, während die höheren Komponenten systematische Abweichungen nach oben aufwiesen.

H. O. KNESER, Marburg: Über die Natur des aktiven Stickstoffes. Mit einer einfachen Photometriermethode (Lummerwürfel) wurden genaue Messungen der Abklingung des Stickstoffnachleuchtens angestellt, und zwar bei verschiedenen Drucken und Edelgaszusatz. Die Ergebnisse stimmen weitgehend überein mit Folgerungen, die sich aus der SPONERSchen Auffassung von der Natur des aktiven Stickstoffes (Atome, Rekombination im Dreierstoß mit einer neutralen Partikel) auf Grund eines einfachen Ansatzes ergeben, sobald man die entaktivierende Wirkung der Gefäßwände berücksichtigt. Auch die nach dieser Auffassung zu erwartende Aufhellung des Nachleuchtens bei Vermehrung der Anzahl neutraler Teilchen (Dreierstoßversuch) wurde beobachtet und gemessen. Mit der Auffassung, daß aktiver Stickstoff aus metastabilen Stickstoffmolekülen bestehe, sind die Ergebnisse unvereinbar. Auch mit der Hypothese von CARIO und KAPLAN, daß die Entaktivierung durch Zusammenstoß metastabiler Atome mit metastabilen Molekülen erfolge, dürften die Resultate, insbesondere der Dreierstoßversuch, nicht in Einklang zu bringen sein.

SKAUPY, Berlin-Lichterfelde: Ökonomische Lichterzeugung. Um einen glühenden Körper auf einer gewünschten Temperatur zu halten, ist zur Deckung der Strahlungsverluste ein bestimmter Energiebetrag nötig. Dieser Betrag läßt sich sehr stark vermindern, wenn man den Körper mit feuerfesten Hüllen umgibt. Die Abhängigkeit dieser Wirkung von Art, Form und Zahl der Hüllen wird an einfachen Beispielen rechnerisch behandelt und die Anordnung der gewonnenen Ergebnisse auf technische Probleme, insbesondere auf die ökonomische Lichterzeugung, dargelegt.

VOEGE, Hamburg: Ein Universalphotometer zur Messung der Lichtstärke, Beleuchtung und Leuchtdichte, der Lichtfarbe, der Reflexionsfähigkeit farbiger Wände sowie der Durchlässigkeit von Gläsern jeder Art. Es handelt sich um einen nach den Angaben des Vortragenden von der Firma A. Krüß, Hamburg, hergestellten kleinen tragbaren Apparat für die Praxis, mit welchem die genannten Messungen ohne Schwierigkeit auch von dem Ungeübten vorgenommen werden können. Wesentlich ist eine neue photometrische Vergleichsvorrichtung, die selbst bei großem Farbenunterschied der Vergleichsflächen eine relativ sehr gute Einstellbarkeit ermöglicht. Der Meßbereich als Beleuchtungsmesser erstreckte sich von 0 bis 10000 Lux. Die Leuchtdichte wird in „Stilb“ (H_k/qcm) abgelesen und die Durchlässigkeit von Gläsern usw. wird direkt in Prozenten ohne jede Rechnung erhalten.

9 Uhr: Aula des Lyzeums auf dem Lübecker Torfeld, Westphalenweg.

VI. Wärme.

W. H. KEESEOM, Leiden: Über die spezifische Wärme des Bleies bei Temperaturen des flüssigen Heliums (nach Messungen zusammen mit J. N. van den Ende). Die neuen Messungen bilden eine Wiederholung und Weiterführung der 1926 zusammen mit ANDREWS ausgeföhrten Messungen. Es wurden verschiedene Verbesserungen angebracht. Demzufolge waren die Er-

gebnisse jetzt sehr regelmäßig. Wie im Gebiete des flüssigen Wasserstoffs schließen die Werte der spezifischen Wärme des Bleies zwischen $6,5^\circ$ und 3° K. sich der DEBYESchen Kurve mit $\theta = 88$, die in diesem Gebiet in das T^3 -Gesetz übergeht, an. Die in diesem Gebiet 1926 gefundenen Abweichungen wurden jetzt nicht wiedergefunden. Wohl zeigt die Kurve der spezifischen Wärmen eine merkwürdige Abweichung bei $6,8^\circ$ K. Es sieht aus, als ob die spezifische Wärme da einen Sprung erfährt in dem Sinne, daß die Atomwärme bei wachsender Temperatur plötzlich um etwa 0,09 cal. abnimmt. Das ganz oder nahezu Zusammenfallen der Temperatur dieses Sprunges mit der des Verschwindens der Supraleitung weist vorläufig auf einen innigen Zusammenhang mit dieser Erscheinung. Die Abweichung im Verhalten der Atomwärme scheint analog (wenn auch in anderer Größenordnung) der beim Curiepunkt von ferromagnetischen Substanzen auftretenden. Es sollte dies sprechen zugunsten einer Theorie, wie der J. J. THOMSONSchen Dipoltheorie, in der die Supraleitfähigkeit abhängt von der Existenz von Gebilden, deren allmähliche Zerstörung durch die Wärmebewegung einen Aufwand von Energie bedingt.

MEISSNER, Berlin-Charlottenburg: Messungen mit Hilfe von flüssigem Helium.

L. SCHILLER, Leipzig: Untersuchungen zum Wärmeübergangsproblem. Während für den Wärmeübergang zwischen Luft oder anderen Gasen, die ein Rohr durchströmen, und der Rohrwand, insbesondere durch die klassischen Untersuchungen von NUSSELT, gesicherte und theoretisch-systematisch wohl geordnete Grundlagen vorhanden sind, ist dies bisher für tropfbare Flüssigkeiten — im ursächlichen Zusammenhang mit dem stärkeren Wärmeübergang — durchaus nicht der Fall. Der Verf. hat, zusammen mit TH. BURBACH, neue ausführliche Messungen mit Wasser angestellt, die sich von den früheren vor allem dadurch unterscheiden, daß der Wärmeübergang längs des Rohres vom Einlauf bis zum Auslauf stückweise untersucht wurde. Auf diese Weise wurden Unklarheiten, die von Mittelbildungen über große Strecken herühren, beseitigt und ein zuverlässiges Zahlenmaterial gewonnen. Außerdem wurde auf Grund theoretischer Überlegungen eine neue einfache Gleichung für den Wärmeübergang aufgestellt, die für beliebige Flüssigkeiten oder Gase Geltung beansprucht. Die Versuche sind mit dieser Gleichung in befriedigender Übereinstimmung.

SCHREBER, Aachen: Die Temperatur des von einer Lösung abziehenden Dampfes.

R. HASE, Hannover: Spezialfragen über Wärmestrahlung.

R. SÄNGER, Zürich: Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante des Wasserdampfes. In Ergänzung früherer Messungen ist eine neue Apparatur gebaut worden, die gestattet, mit größerer Genauigkeit den Temperaturgang der Dielektrizitätskonstante eines Dampfes zu bestimmen. In Anbetracht der großen Bedeutung des Wassers sind zunächst Messungen an Wasserdampf ausgeführt worden. Sie bestätigen bei höheren Temperaturen das DEBYESche Gesetz vollkommen. Gegen den Siedepunkt zeigt sich eine leichte Verschiebung assoziativer Natur. Der temperaturunabhängige Teil der Dielektrizitätskonstante stimmt innerhalb der Meßfehlergrenze überein mit dem Quadrate des auf Wellenlänge ∞ extrapolierten Brechungsindex. Für das Wassermolekül ergibt sich ein elektrisches Moment von der Größe $\mu = 1,84(7) \cdot 10^{-18}$ e. s. e. Zusammen mit den aus den ultraroten Eigenfrequenzen

hergeleiteten Trägheitsmomenten des Moleküls lässt sich eine spitzwinklige Gestalt des Wassermoleküls folgern.

J. DEJMEK, Brünn: Über das logarithmische Mischungsgesetz. Die logarithmische Mischungsformel, die vor langer Zeit zur Berechnung der inneren Reibung verdünnter Lösungen und binärer Flüssigkeitsgemische vorgeschlagen und vor einigen Jahren von K. LICHTENECKER zur Berechnung der elektrischen Leitfähigkeit binärer mischkristallfreier Aggregate bzw. der Dielektrizitätskonstanten und des Brechungsexponenten binärer nichtleitender Gemische angegeben wurde, wird diskutiert. Es wird ferner gezeigt, wie das logarithmische Mischungsgesetz aus dem Mischungsgesetz in seiner allgemeinen Form für Aggregate bei Abwesenheit sekundärer Erscheinungen erwächst, wenn man seine Invarianz gegenüber einer bestimmten Transformation (Eigenschaftsrelation) fordert. Damit zusammenhängende Fragen werden diskutiert. An Lichtbildern wird die Anwendbarkeit des logarithmischen Mischungsgesetzes — in seiner einfachen, nicht durch eine Räumlichkeitskorrektur modifizierten Form — auf die Berechnung der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit von Legierungen bzw. der inneren Reibung von Flüssigkeitsgemischen usw. demonstriert.

VII. Verschiedenes.

O. von AUWERS, Berlin-Siemensstadt: Zur Frage des Einflusses der Korngröße auf die magnetischen Eigenschaften. Die Frage nach dem Einfluß der Korngröße auf die Wattverluste von Eisenblechen beschäftigt die Forscher seit einer Reihe von Jahren lebhafter. Nachdem man anfänglich annahm, daß die Wattverluste mit zunehmender Korngröße abnähmen, haben sich in den letzten Jahren die Arbeiten gehäuft, die einen direkten Einfluß der Korngröße auf die magnetischen Eigenschaften leugneten. Die wichtigsten werden einer Kritik unterzogen und der Versuch gemacht, die widersprechenden Ergebnisse unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte verständlich zu machen. Verf. kommt an Hand neuen experimentellen Materials zu der Auffassung, daß die Korngröße nur dann einen entscheidenden Einfluß auf die magnetischen Eigenschaften ausübt, wenn sich an den Grenzen magnetisch schädliche Stoffe ausscheiden. Werden diese Ausscheidungen jedoch durch Reinheit oder entsprechende thermische Behandlung unterbunden, ist ein Einfluß der Korngröße nicht mehr nachweisbar.

THALLER, Hamburg: Bei vollkommenem Strahlenschutz einseitig geerdete Metallröhre.

E. REICHENBÄCHER, Wilhelmshaven: Der Elektromagnetismus und die fünfte Weltdimension. Die Versuche, die elektromagnetischen Erscheinungen ebenso wie die Gravitation durch die geometrischen Eigenschaften der Raumzeitwelt zu erklären, sind gescheitert. Erst die Hinzunahme einer fünften Dimension zu der Raumzeitmannigfaltigkeit, wie zuerst von TH. KOLUZA vorgeschlagen, hat zu formell befriedigenden Ergebnissen geführt. Im wesentlichen deckt sich diese Erweiterung mit der vom Vortragenden vorgeschlagenen Annahme eines komplexen Linienelementes, das der vereinigten elektromagnetischen und Gravitationswirkung entspricht, innerhalb der vier raumzeitlichen Ausdehnungen, wenn man das vierdimensionale Bogenelement dem Differential der fünften Koordinate proportional setzt.

W. WALTE, Hamburg: Der Weg, die Bewegungsgesetze aus dem Energieprinzip abzuleiten. Werden auf eine ruhende Masse m gleichzeitig 2 translatorische

Energien $E_1 = \frac{1}{2} m v_1^2$ und $E_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$ übertragen, so ist die an m haftende Energie unabhängig von dem α , den die Richtungen der Energien miteinander bilden; dagegen hängt die Größe der resultierenden Geschwindigkeit außer von v_1 und v_2 auch von α ab. Der Grund dieser Abhängigkeit ist in dem Umstand zu finden, daß, abgesehen von dem Fall $\alpha = 90^\circ$, stets ein Teil dieser Energien in Wärme umgesetzt wird und die Menge dieser Wärme, die Menge der restierenden translatorischen Energie wie auch die resultierende Geschwindigkeit von α mitbestimmt wird. Verfasser leitet die Formeln für alle 3 Größen ab, geht auf die Versuche ein, deren Richtigkeit zu stützen und stellt fest, daß die „resultierende Kraft“ nichts anderes als die um die entstandene Wärme verminderte Gesamtenergie ist. Gleichzeitig erweist sich das Prinzip der virtuellen Verschiebungen als die Rechnungsregel, um die bei den Bewegungsvorgängen entstehende Wärme aus den Bewegungsgleichungen auszuscheiden.

15 Uhr: Aula der Technischen Staatslehranstalten.

VIII. Angewandte Mathematik und Mechanik.

E. SCHWERIN, Berlin-Halensee: Über Schüttelschwingungen gekoppelter Systeme. Es werden die Schüttelschwingungen gekoppelter elastischer Systeme nach Art der Zweistangenantriebe elektrischer Lokomotiven näher untersucht, und zwar unter der Voraussetzung, daß die periodischen Schwankungen der Elastizität und Kopplung sowie auch der zeitliche Mittelwert der letzteren klein gegen den zeitlichen Mittelwert der Elastizität sind, sonst jedoch die Schwankungen einen ganz beliebigen zeitlichen Verlauf aufweisen. Der auch für große Elastizitätsschwankungen streng lösbarer Fall stückweise konstanter, entgegengesetzt gleicher Elastizitätsschwankungen bei zeitlich unveränderlicher Kopplung wird vollständig durchgeführt und die gewonnene strenge Lösung zur Nachprüfung der Näherungslösung für einen allgemeinen Verlauf des elastischen Feldes benutzt. Schließlich wird durch Untersuchung der Stabilität für den einfachen Fall kleiner, für beide Massen entgegengesetzte gleicher Elastizitätsschwankungen sowie zeitlich unveränderlicher Kopplung ein Überblick über die Stabilität der hier untersuchten Schwingungsvorgänge gewonnen.

G. REUTLINGER, Darmstadt: Mechanische Schwingungsmesser hoher Empfindlichkeit. Die Hauptforderungen, welche an ein Gerät zur Aufzeichnung mechanischer Schwingungen gestellt werden müssen, sind die Wiedergabe der Schwingungsbewegung, die Änderung der Empfindlichkeit in weiten Grenzen und die gleichzeitige Aufzeichnung mehrerer Komponenten auf einem Streifen. Die Schwingungsmesser des Ref. verwenden, wie die meisten Schwingungsmesser ein schwingungsfähiges System aus Masse und Rückstellkraft. Die Aufzeichnung der Massenbewegung erfolgt elektrodynamisch-optisch mittelst eines Saiten- oder Schleifenoszillographen. Die Geräte sind den technischen Anforderungen entsprechend durchgebildet. Das Vertikal-Gerät hat ein Gewicht von etwa 30 kg und einen Rauminhalt von etwa 14 cdm. Das Universalgerät (Meßdose) für beliebige Schwingungsrichtung hat ein Gewicht von etwa 3 kg und einen Rauminhalt von etwa 1,5 cdm. Die Empfindlichkeit beider Geräte ist leicht in weitesten Grenzen zu verändern. Die Brauchbarkeit der Geräte wird durch Vorführungen belegt.

H. BACHHAUS, Berlin-Siemensstadt: Über Strahlungs- und Richtwirkungseigenschaften von Schall-

strahlern. Die Leistung, die ein Schallstrahler abzugeben vermag, ist abhängig von der Schwingungsform der strahlenden Oberfläche. Für Kugelstrahler lassen sich diese Tatsachen theoretisch übersehen. Aus den Resultaten werden Schlüsse allgemeinerer Art für Strahler komplizierterer Form gezogen. Die experimentelle Ermittlung der Schwingungsformen gelingt mittels eines Abtastkondensators, der sich in einem Hochfrequenzkreis befindet. Eine weitere Möglichkeit, auf die Schwingungsformen von Flächenstrahlern zu schließen, liegt in der Aufnahme von Richtwirkungsdiagrammen. Es werden Resultate solcher Versuche an Streichinstrumenten mitgeteilt.

J. TRENDELENBURG, Berlin: Über Herztöne und Herzgeräusche.

E. W. SCRIPTURE, Wien: Über die physikalische Natur der Vokale nach den neuesten Untersuchungen. Die FOURIERSCHE Analyse einer zusammengesetzten Kurve liefert: 1. richtige Koeffizienten für alle tatsächlich vorhandenen und Null für alle anderen nicht-abklingenden harmonischen Elemente; 2. gruppenweise angeordnete Koeffizienten für alle Elemente, selbst wenn nur ein einzelnes unharmonisches oder ein einzelnes abklingendes Element vorhanden ist. Alle Analysen aller Forscher stimmen damit überein, daß alle Koeffizienten gruppenweise vertreten sind, und daß das Element für die Grundperiode fehlt. Die Analysen beweisen: 1. bei einer Vokalwelle kommt eine Schwingung mit der Grundperiode niemals vor; 2. die Vokalwellen werden von einer Reihe plötzlicher Luftstöße erzeugt; 3. abklingende nichtharmonische Schwingungen sind immer vorhanden; 4. die Perioden dieser Schwingungen sind unabhängig von der Periode der Luftstöße. Eine Reihe von plötzlichen Luftstößen vom Kehlkopf erzeugt abklingende Eigenschwingungen der Vokalräume. Die Basilarmembran folgt als Ganzes im dreidimensionalen Raum den eindimensionalen Bewegungen der Vokalwellen und macht keine Analyse. Die Obertontheorie der Vokalerzeugung und die Resonanztheorie des Hörens entbehren jeder Grundlage.

CAUER, Göttingen: Über Vierpole und Siebketten.

K. POHLHAUSEN, Berlin-Halensee: Fragen aus der Physik der Hochspannungsventilröhren. Bei Glühventilröhren mit zylindrischer Anode und mehreren der Achse des Zylinders parallel angeordneten Glühdrähten werden die Glühdrähte mechanisch durch Kräfte beansprucht, die dem Quadrat der Spannung proportional sind. Bei hohen Spannungen kann durch diese Kräfte ein Bruch der Glühfäden verursacht werden. Es wird eine Anordnung der Glühfäden berechnet, bei der mit Hilfe einer an bestimmter Stelle angeordneten Halterung die Kräftefreiheit der Glühdrähte erreicht wird. Dabei besitzt die Halterung dasselbe Potential wie die Glühkathode. Für diese Anordnung wird die Kapazität berechnet und die Verteilung der Feldstärke auf der Oberfläche der Kathode ermittelt, woraus sich der Gütegrad der Anordnung ergibt. Durch die zwischen Glühdrähte und Anode angebrachte Halterung werden jedoch nicht alle Teile der Anode von den vom Glühdraht ausgesandten Elektronen getroffen, sondern es werden Teile der Anode abgeblendet. Hierdurch entsteht eine ungleiche Temperaturverteilung auf dem Anodenzyylinder, die ihrerseits Wärmespannungen im Zylinder hervorruft. Die statioäre Temperaturverteilung, die für die Berechnung dieser Wärmespannungen grundlegend ist, wird angegeben.

15^{1/2} Uhr: Aula des Lyzeums auf dem Lübecker Torfeld.

II. Elektronen und Ionen (Fortsetzung).

ROOTHER, Leipzig: Über ein Verfahren zur Auslösung von Elektronen und dessen Anwendung.

Derselbe: Experimentelles über den Elektronenaustritt aus Metallen.

L. NORDHEIM, z. Z. Cambridge (Engl.): Zur Theorie der Elektronenemission der Metalle. Die PAULI-SOMMERFELDSCHE Elektronentheorie der Metalle ermöglicht ein prinzipielles Verständnis aller Emissionsvorgänge von Elektronen von Metallen durch Berechnung einerseits der Zahl und Geschwindigkeitsverteilung der von innen auf die Oberfläche auftreffenden Elektronen und andererseits ihres Emissionskoeffizienten. Man erhält so die Gesetze der Emission, verursacht durch die folgenden Energiequellen: 1. Wärmebewegung (Glühelektronen), 2. starke elektrische Felder (kalte Emission), 3. Lichtwellen (Photoeffekt). Auch der Einfluß von Oberflächenschichten läßt sich, zum wenigsten qualitativ, erklären.

J. KOENIGSBERGER, Freiburg i. Br.: Über die Erklärung der Thermokräfte nach der Theorie von Sommerfeld auf Grund von Fermi's Statistik. Die neue Elektronentheorie der Metalle von A. SOMMERFELD, W. V. HOUSTON und C. ECKART auf Grund der FERMISCHEN Statistik und der Wellenmechanik hat den Widerspruch zwischen der Temperaturabhängigkeit der Metalleitung und dem Fehlen eines Elektronenbeitrags zur spezifischen Wärme aufgeklärt. In den Formeln hierfür und für die thermo- und magneto-elektrischen Effekte treten auf die angenähert der Elektrondichte proportionalen der Broglie-Wellenlängen λ und die von der Geschwindigkeit und der Temperaturabhängigkeit der Weglänge im Entartungsfall abhängigen Λ . Die neue Theorie kann auch die meist vorhandene Abnahme der Thermokraft τ mit sinkender Temperatur erklären; die wellenmechanische Erweiterung durch HOUSTON gibt für kubische Gitter den Wert von Λ . Auch daß die absolute Größe von τ mit zunehmendem Widerstandsverhältnis zunimmt, wird erklärt mit anderer Funktionalabhängigkeit als die klassische, wobei aber letztere, wie das Verhalten der variablen metallischen Leiter zeigt, besser stimmt. Noch nicht erklärt wird die Zeichenänderung, die (wie K, Ni, Fe_2O_3 , MoS_2 , $\text{Si}_{(b)}$ negativ gegen Au und Li, Fe, FeTiO_5 , CuO_2 , $\text{Si}_{(a)}$ positiv bei teilweise gleichen Raumgittern und ähnlichen Widerständen bei verschiedenen Zeichen beweisen) nicht durch Werte von λ oder Λ gedeutet werden kann. Dasselbe gilt für den Halleffekt. Die Wirkungen der inneren magnetischen Felder auf die Elektronen und (vgl. $\text{Si}_{(a)}$ und $\text{Si}_{(b)}$) wohl auch die Richtungsquantelung der Magnetonen sind zu berücksichtigen. Das gestaltet dann das wellenmechanische Problem sehr kompliziert.

HUND, Rostock: Molekülbau und chemische Bindung.

KALLMANN, Berlin: Thema unbestimmt.

Abteilung 4a: Chemie.

Montag, den 17. September, 3 Uhr: Universität, Hörsaal A.

H. FREUNDLICH, Berlin-Dahlem: Über die Struktur der Kolloidteilchen und über den Aufbau von Solen und Gelen. Röntgenogramme geben Auskunft über die Formart der Kolloidteilchen. Diese erweisen sich vielfach als krystallinisch, in manchen Fällen als amorph. Sehr verschiedenartige optische Verfahren, die namentlich auf das Verhalten des Tyndall-Lichtes und auf der Strömungsdoppelbrechung beruhen, erlauben Schlüsse auf die Gestalt der Kolloidteilchen, wenigstens insoweit, daß sie zu entscheiden gestatten, ob sie kugelig, blätter- oder stäbchenförmig sind. Die Kraftwirkungen zwischen den Kolloidteilchen äußern sich vor allem in konzentrierten Solen und Gelen. Es wird einmal die

isotherme umkehrbare Sol-Gel-Umwandlung betrachtet, die sog. Thixotropie, bei der Gele durch bloße mechanische Einwirkung verflüssigt werden und dann von selbst wieder zu Gallerien erstarren. Ferner die freiwilligen Strukturbildungen in konzentrierten Solen mit nichtkugeligen Teilchen. Auffallend ist in allen diesen Fällen, daß sich die Kräfte zwischen den Teilchen über große Abstände von vielen $\mu\mu$ äußern. Schließlich wird die biologische Bedeutung der Struktur der Teilchen und der Kraftwirkungen in konzentrierten Solen und Gelen erörtert.

16 $\frac{1}{2}$ Uhr: Universität, Hörsaal A.

A. SIMON, Stuttgart: Über die Konstitution und den stabilen Endzustand von Hydrogelen. Um die Konstitution von Hydrogelen und die Art der Wasserbindung bei diesen zu studieren, wurden tensimetrische und röntgenographische Methoden verwandt. An den Oxyhydraten des Antimons, des Eisens und des Chroms läßt sich zeigen, daß die primär ausfallenden Hydrogele, variable Systeme dauernder Veränderung, das Wasser in osmotischer Bindung enthalten, im stabilen Endzustande aber stöchiometrisch, wohl definierte Hydrate der Formeln:

$\text{Sb}_2\text{O}_5 \cdot 1,66 \text{ H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, und $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ausbilden, während das Bleidioxyd als stabilen Endzustand (ebenso wie das Zinndioxyd) nur anhydrische Produkte liefert. Im Endzustand erreichen die Systeme stets ein potentielles Minimum, d. h. sie krystallisieren. Der Satz, daß die Primärprodukte der Oxyhydrate mit der Zeit einem kristallisierten Endzustand zustreben, dessen potentielle Energie ein Minimum darstellt, und der entweder ein stöchiometrisches Hydrat oder aber das Anhydrid sein kann, wird durch Lichtbilder von Zustandsdiagrammen und Röntgenaufnahmen demonstriert.

E. WEITZ, Halle/Saale: Indirekte Analyse von Bodenkörpern. Ist der aus einer Lösung (oder Schmelze) ausgeschiedene feste Bodenkörper ein einheitliches chemisches Individuum, so müssen die auf g-At. bzw. g-Mol. umgerechneten Mengen der in dem Bodenkörper enthaltenen Einzelbestandteile zueinander in einem ganzzahligen Verhältnis stehen, während für den Gehalt der Lösung diese Bedingung natürlich im allgemeinen nicht erfüllt ist. Analysiert man daher erstens die Lösung, zweitens ein Gemisch von Lösung und Bodenkörper, so läßt sich die Zusammensetzung des letzteren, der ja die Differenz von Gemisch und Lösung ist, folgendermaßen finden: Die Zahlenwerte für die Mengen der einzelnen Bestandteile des *Gemisches* werden vermindert um Beträge, die sich wie die in der *Lösung* enthaltenen Mengen der betreffenden Bestandteile verhalten, derart, daß die verbleibenden Restbeträge zueinander im Verhältnis von (kleinen) ganzen Zahlen stehen. Eine einfache geometrische Lösung dieser Aufgabe und die experimentelle Anwendbarkeit der Methode wird gezeigt.

J. N. FRERS, Hamburg: Ein neues System der Nebenvalenzverbindungen. Auf Grund der Arbeitshypothese, daß die sog. unpolaren Bindungen durch Kräfte elektromagnetischer Natur bedingt sind, wird der Versuch unternommen, ein natürliches periodisches System der Nebenvalenzverbindungen, und zwar zunächst hauptsächlich der Halogeno- und Oxokomplexe aufzustellen. Die auf Grund dieser Arbeitshypothese durchgeführte Systematik führt zu Verbindungs-gattungen, die jeweils eine bestimmte maximale Koordinationszahl sowohl für die Halogenokomplexe, wie auch eine andere bestimmte maximale Koordinationszahl für die Oxokomplexe zeigen. Es wird erhofft, daß diese

natürliche Systematik im Gegensatz zu der doch recht künstlichen, etwa der LINNÉSchen Systematik in der Botanik nach der reinen Zahl der Staubfäden entsprechenden Systematik nach der Koordinationszahl als heuristisches Prinzip der Forschung Dienste leisten wird.

F. HAHN, Frankfurt a. M.: Fortschritte in der Verwertbarkeit potentiometrischer Titrierungen. Differenzierung der früher entwickelten Potentialformeln lehrt: Nur wenn sich Stoff und Reagens im Molarverhältnis 1:1 umsetzen (symmetrische Titrationen), fällt das

Maximum des Differentialquotienten $\frac{d\varepsilon}{d\nu}$ mit dem

Äquivalenzpunkt zusammen; die bisherige Art der Endpunktsbestimmung ist daher bei sehr kleinen Reagenszusätzen im allgemeinen fehlerhaft. Es wird der Weg gewiesen, wie bei größeren Reagenszusätzen der Endpunkt durch graphisches Interpolieren rascher und genauer als bisher bestimmt werden kann. — Fortschreitende Verkleinerung der Reagenszusätze führt dagegen, zunächst bei symmetrischen Titrationen, zu einer einfachen und genauen Bestimmung von

$$\left(\frac{d\varepsilon}{d\nu} \right)_{v=0} = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\Delta \varepsilon_{\max}}{\Delta v};$$

praktisch ist dieser Wert erreicht, wenn die größten Potentialschritte nur noch etwa 5 Millivolt betragen. ($v = 0$ ist der Äquivalenzpunkt, c_0 die Äquivalenzkonzentration an Reagens.) Die Differenzierung der Potentialformel ergibt

$$c_0 = 12,6 \cdot \frac{\Delta v}{\Delta \varepsilon_{\max}};$$

es kann also aus den durch kleinste Reagenszusätze hervorgerufenen Potentialänderungen c_0 und damit die Gleichgewichtskonstante der Titrierreaktion bestimmt werden. Das Verfahren kommt den besten bisher bekannten an Genauigkeit gleich und ist wesentlich einfacher. Die Bestimmung einer Dissoziationskonstante erfordert etwa die gleiche Zeit und Übung, wie eine Molekulargewichtsbestimmung.

Mittw., d. 19. Sept., 15 Uhr: Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor, Zeichensaal, 1. Stock.

SCHWARZ, Frankfurt: Über aktiven Schwefel.

R. FRICKE, Münster i. W.: Neues aus der Chemie amphoterer Oxyhydrate. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$ und $\text{BeO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ existieren beide in verschiedenen krystallisierten Modifikationen, deren Entstehungsbedingungen und gegenseitige Stabilitätsverhältnisse besprochen werden. Anschließend werden gezeigt die Zustandsdiagramme des Systems $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}(\text{K}_2\text{O})\text{-H}_2\text{O}$ bei 30° und 60° (nach Versuchen zusammen mit F. JUCAITIS) und des Systems $\text{BeO}\text{-Na}_2\text{O}\text{-H}_2\text{O}$ bei 30° (nach Versuchen zusammen mit H. HUMME). Die Alkalialze, deren Existenzgebiete aus den Zustandsdiagrammen hervorgehen, krystallisieren sehr schön in charakteristischen Formen.

F. KRAUSS, Braunschweig: Die Typen der Alaune. Durch Untersuchung von Alaunen des Aluminiums, Chroms und Rhodiums wurden bisher zwei verschiedene Typen dieser Verbindungen festgestellt. Typus A umfaßt den Caesium-, Rubidium- und Kalium-Aluminiumalaun, zum Typus B gehören die entsprechenden Alaune des Chroms und des Rhodiums. Eigenartigerweise scheint der Natrium-Aluminiumalaun dem Typus B zugezählt werden zu müssen, dem ebenfalls der Natrium-Chromalaun angehört. Beim Typus A zeigt sich beim isobaren Abbau ein 12-, 3- und o-Hydrat, während beim Typus B ein 12-, 6-, 2- und o-Hydrat in Erscheinung tritt. Wird die Dichte der genannten Hydrate be-

stimmt, so fallen beim Typus A zuerst die Werte, um dann anzusteigen, während sie sich beim Typus B mit fortschreitender Entwässerung von Anfang an vergrößern. Weitere Unterschiede zwischen den beiden Alauntypen wurden festgestellt bei der Berechnung der Bildungswärmen der Hydrate nach NERNST und bei der Auswertung von Röntgenaufnahmen. Die Komponenten der erwähnten Alaune wurden ebenfalls zur Richtigstellung widerspruchsvoller und unsicherer Literaturangaben untersucht und hierbei eine weitgehende Analogie zwischen den Sulfaten des Chroms und Rhodiums festgestellt. Es sei noch erwähnt, daß sämtliche aufgeführten Alaune und Sulfate, mit Ausnahme von denen des Rhodiums, sich entgegen den bisherigen Ansichten völlig entwässern lassen, ohne daß SO_3^- -Abgabe eintritt.

FEIGL, Wien: Über erhöhte Reaktionsfähigkeit durch Komplexbildung.

L. DEDE, Bad Nauheim: Die Isothermen der relativen inneren Reibung und der spezifischen Leitfähigkeit konzentrierter Lösungen. Die große Temperaturabhängigkeit der inneren Reibung des Wassers ist bedingt durch den hohen Polymerisationsgrad bei tiefen Temperaturen. Außerdem ergibt sich aus den anomalen thermischen Ausdehnungsverhältnissen, daß das Wasser im Zustand seiner stärksten Polymerisation (Molekülart I des Wassers) einen größeren Raum einnimmt als im Zustand geringerer Polymerisation. Da durch Auflösen von Elektrolyten die Polymerisation des Wassers abgebaut wird, sollte die Temperaturempfindlichkeit der inneren Reibung von Lösungen kleiner sein als die des Wassers. Sehr häufig ist aber das Umgekehrte der Fall. Diese Abweichung ist bedingt durch die Vergrößerung der Ionen durch die sie umgebende Wasserhülle, so daß somit der Verlauf der Isothermen den relativen Grad der Hydratation und dann Verschiebung mit der Temperatur anzeigen. Die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung ist bedingt durch die Anzahl freier Ionen in der Raumeinheit und deren Beweglichkeit; letztere hängt ab 1. von der gegenseitigen elektrostatischen Beeinflussung (Debye-Effekt) und 2. von der inneren Reibung. Aus letzterem Grunde werden die Isothermen der relativen inneren Reibung zu denen der spez. Leitfähigkeit in Beziehung gebracht.

Donnerstag, d. 20. Sept., 9 Uhr: Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor, Zeichensaal, 1. Stock.

K. HESS, Berlin-Dahlem: Über die Acetolyse der Cellulose. Eine eingehende Fraktionierung der bei der Einwirkung von Essigsäureanhydrid-Schwefelsäure auf Cellulose entstehenden Präparate hat zu der lückenlosen Isolierung aller Reaktionsprodukte geführt. Es wurden außer Acetylcellulose erhalten: Ein Hexacetylbiosan, Oktacetylcellobiose, α - und β -Pentacetylglucose und das Acetat einer Anhydroglucose vom Typus der Chitose. Hexacetylbiosan entsteht in der zweiten Reaktionsphase nahezu quantitativ aus der in der ersten Reaktionsphase gebildeten Acetylcellulose. In der dritten Reaktionsphase wird das Biosan zu etwa 51 bis 52% d. Th. Oktacetylcellobiose, etwa 25% d. Th. von α - und β -Pentacetylglucose und 10–14% d. Th. an dem Acetat der Anhydroglucose gespalten. Die bisher als einheitliche Reaktionsprodukte beschriebenen Isocellobiose, Procellose, Cellotriose und Isocellotriose wurden als Mischpräparate nachgewiesen. Nach diesen Versuchen bietet die Acetolyse der Cellulose keinen Anhalt mehr für die Auffassung der Cellulose als eine gleichförmige glucosidische Verkettung einer großen Anzahl von Glucoseresten.

SCHLUBACH, Hamburg: Über Hetero-Fructose.

G. ZEMPLÉN, Budapest: Beiträge zur Konstitution des Solanins. Über die Knüpfungsart der drei

Monosen: Glykose, Galaktose und Rhamnose mit dem Solanidinrest sowie untereinander im Solanin konnten bisher nur Vermutungen geäußert werden, die meistens ohne annehmbare Begründung erfolgten. Das vollständig acetylierte Solanin konnte jetzt bei der Behandlung mit Bromwasserstoff in Eisessiglösung in acetyliertes Solanidglykosid sowie die Acetylverbindung einer aus Rhamnose und Galaktose aufgebauten Biosäure zerlegt werden. Letztere erwies sich als eine Rhamnosidogalaktose. In dem Solanin ist demnach das Solanidin mit einem Trisaccharid so verknüpft, daß die Glykose direkt an dem Solanidinrest haftet; diese Glykose ist gleichzeitig an die Galaktose gebunden, letztere dann an die Rhamnose.

L. ZECHMEISTER, Pécs (Ungarn): Zur Kenntnis der carotinartigen Farbstoffe. Nachdem die (gemeinsam mit L. CHOLNOKY und V. VRABÉLY) auf das Carotin angewandte Methode der katalytischen Hydrierung 11 Doppelbindungen anzeigte und so einen Schritt tat zur Aufklärung dieses Naturstoffes, wurde das Verfahren auf zwei weitere Pigmente übertragen, die sich gleichfalls als aliphatische Körper erwiesen. Xanthophyll zeigt (nach Versuchen mit P. TUZSON) ein dem Carotin sehr ähnliches Verhalten, was eine Diskussion über den Zusammenhang der beiden Farbstoffe anregt. Ferner gehört der Hauptbestandteil des Paprika-Rots, Capsanthin, zu den aliphatischen Polyenen; es enthält 9 Doppelbindungen. Der Verlauf der colorimetrischen Hydrierungskurve wird für die genannten Farbstoffe besprochen und die Frage nach der Bildungsweise von carotinartigen Pigmenten in der Pflanze gestreift.

H. MEYER, Prag: Über die Alkylierung aromatischer Verbindungen. Die Alkylierung aromatischer Verbindungen läßt sich überraschend gut mit verdünnter Schwefelsäure und Alkoholen aller Art durchführen, ausgenommen Methyl- und Äthylalkohol. Da die Reaktion schon bei niedriger Temperatur verläuft, ist sie viel schonender als bei den bisher angewandten Methoden und erlaubt die bequeme Darstellung vieler neuer Verbindungen. Primäre aliphatische Alkohole liefern dabei Derivate der sekundären, sekundäre der tertiären Alkohole. Besonders leicht werden Kohlenwasserstoffe, Phenole, Oxsäuren, Sulfosäuren, Monochlor-, vielfach Mononitroverbindungen, Tetralinderivate, Carbazol usw. alkyliert. Nitrobenzol, Anthracen, Anthrachinon und Polyhalogenverbindungen reagieren unter den üblichen Reaktionsbedingungen nicht. Je nach den gewählten Umständen werden Mono- bis Tetraalkylderivate erhalten.

H. BUCHERER, München: Neue Ergebnisse auf dem Gebiet der Sulfitreaktionen. A. Synthesen auf dem Gebiet der Indamine und Thiazine. Der auffallende Unterschied im Verhalten der Schwefligsäureester der α - und β -Naphtholreihe zeigt sich vor allem darin, daß die ersten nicht, wie die letzteren, mit primären aromatischen Monaminen zu reagieren vermögen. Auf fälligerweise aber verschwindet dieser Unterschied, falls man an Stelle der Monamine p-Diamine verwendet. Als einfachstes p-Diamin kommt das p-Phenyldiamin in Betracht und ferner das p-Aminodimethylanilin. Von besonderem Interesse ist die aus letzterem erhältliche Thiosulfonsäure, die bekanntlich seit langen Jahren für die Synthese des Methylenblaus Verwendung findet. Die durch Bisulfit in glatter Weise ermöglichte Kondensation dieser Thiosulfonsäure mit Schwefligsäureestern der α -Naphtholreihe führt unmittelbar zu neuen Thiazinfarbstoffen, die in Form ihrer Leuko-Verbindungen eine überraschende Affinität für die tierische Faser (Wolle, Seide) aufweisen. — B. Synthesen auf dem Gebiete der Carbazolchinone. Wie bereits aus

früheren Untersuchungen bekannt, kondensieren sich die Arylhydrazine unter der Einwirkung des Bisulfits mit Azofarbstoffen der β -Naphtholreihe zu o-Hydrazino-Azofarbstoffen, die in naher Beziehung zu den Glykosazonen bzw. Osotetrazonen stehen. Diese werden besonders leicht durch salpetrige Säure in Osotriazole übergeführt. Zu einem wesentlich verschiedenen Reaktionsverlauf gelangt man, wenn man die o-Hydrazino-Azofarbstoffe der oben gekennzeichneten Konstitution mit Säuren am Rückflußkühler erhitzt. Es findet eine mit Carbazolbildung verbundene durchgreifende Umlagerung statt. Gleichzeitig beobachtet man einen weitgehenden Reduktionsvorgang, der mit einem entsprechenden Oxydationsvorgang verkuppelt ist. Als Ergebnis dieser eigenartigen Disproportionierung erhält man die ursprüngliche Diazoverbindung in Form des aromatischen Amins + Ammoniak und das Naphthalinmolekül in Form des dem Hydrazin entsprechenden Carbazolnaphthochinons. Die Carbazolchinone bilden eine neue Klasse von Kupenfarbstoffen für Wolle.

P. LIPP, Aachen: Studie zum Additionsproblem an einem Fall aus der Camphenreihe. Bekanntlich sind wir über die Gesetzmäßigkeiten, welche die Additionsreaktionen von Äthylenlücken beherrschen, noch recht unvollständig unterrichtet. Die wesentlichen Faktoren, welche bei solchen Additionen eine Rolle spielen, dürften der elektrochemische Charakter der aktiven und der passiven Additionskomponente, die Additions geschwindigkeit an die beiden Äthylen-Kohlenstoffatome und schließlich die räumlichen Verhältnisse sein, welche an diesen durch verschiedenartige Substitution zustande kommen. Beschränkt man sich zunächst auf die Addition von Sauerstoffsäuren, so fällt hier auf, daß sich diese zum Teil in zwei Formen — sie seien Ionenform und Radikalform genannt — zu addieren vermögen: z. B. Äthyl-Schwefelsäure und Isäthionsäure. Auch die Essigsäure zeigt Anzeichen der doppelten Additionsform: unter dem Einfluß geringer Mengen H_2SO_4 vermag sie sich unter Bildung eines Acetats an Äthylenlücken zu addieren, in Form von „sulfoessigsäure“-haltigem Essigsäureanhydrid aber, das nach seiner Herstellung stets auch freie Essigsäure enthält, p-Acetyl-Derivate von Phenoläthern zu liefern, eine Reaktion, deren primäre Phase wohl die Addition von Essigsäure mit ihren Radikalen OH und $COCH_3$ in 1, 4-Stellung eines Benzolkerns bildet. Vortragender hat zusammen mit Frl. HOLL versucht, diese letztere Additionsform auch bei der semicyclischen Äthylenlücke des Camphens zu erzwingen, die unter den Bedingungen der BERTRAM-WALBAUMSchen Reaktion Essigsäure bekanntlich unter Bildung von Isobornylacetat addiert. Durch Auflösen von Schwefeltrioxyd in Eisessig versuchte man die günstigsten Bedingungen für die Radikaladdition zu schaffen, erhielt aber wider Erwarten neben Isobornylacetat kein Acetyl-Borneol, sondern eine Verbindung $C_{10}H_{16}O_3S$, die durch Aufspaltung zu einer Oxy-Sulfonsäure verwandelt und umgekehrt durch Reduktion von REYCHLERS Campher-Sulfosäure aufgebaut und damit als Sulton der 2-Oxy-camphan- ω -sulfosäure charakterisiert werden konnte. Die Addition von Essigsäure in Radikalform läßt sich also beim Camphen nicht erzwingen, sondern führt zu einer „Ausweich“-Reaktion.

K. H. SLOTTA, Breslau: Über die Einführung höherer Alkyle (nach Versuchen mit W. Franke). Für die Methylierung stehen der Technik verschiedene gute Verfahren zur Verfügung. Auch die Äthylierung (Schwefelsäureester) und die Einführung von Benzyl (Benzylchlorid) bereitet keine Schwierigkeit. Höhere Alkyle werden technisch kaum eingeführt, da die Alkyl-

bromide, die fast ausschließlich als Ausgangsmaterial in Frage kommen, durch den Ballast des schweren Broms unverhältnismäßig teuer sind. Nun stehen für die Einführung des Methyl- und Äthylrestes schon lange die entsprechenden Ester der p-Toluol-sulfinsäure zur Verfügung, während die höheren Ester dieser Säure nur im allerkleinsten Maßstabe und auf technisch nicht brauchbaren Wegen gewonnen wurden. Da das p-Toluol-sulfinsäurechlorid ein Abfallprodukt der Saccharin darstellung ist, untersuchten wir, unter welchen Bedingungen sich auch die höheren Ester billig und einfach gewinnen lassen. Das Auftreten von freier Sulfinsäure und die Bildung von Dialkyläther können dabei vermieden werden, wenn man bestimmte Bedingungen innehält. Man bekommt dann Ester-Rohprodukte von ungefähr 95 proz. Reinheit, mit denen sich nach neu durchgeprobten Methoden ohne Anwendung von Druck und höheren Temperaturen und mit fast quantitativen Ausbeuten am Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Kohlenstoff vortrefflich alkylieren läßt. Der n-Propyl- und n-Butyl-p-toluol-sulfinsäureester wird von der Technik bald in größerem Maßstabe hergestellt werden.

15 Uhr: Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor, Zeichensaal, 1. Stock.

K. HELLER, Prag: Über Halogenbestimmungen nach der Methode von Gasparini. In dem von GASPARINI zur Bestimmung von Schwefel angegebenen Apparat wird Brom in organischen Substanzen entweder als Silberbromid oder maßanalytisch nach VOLHARDT bestimmt. Auf die gleiche Weise kann Jod titriert werden, wenn das sich bildende freie Jod in Jodid verwandelt wird. Die Bestimmung von Chlor nach dieser Methode gestaltet sich durch die Bildung von Perchlorlron umständlich.

F. v. KONEK-NORWALL, Budapest: Über einige neue Derivate der (meta- und para-Oxybenzoësäure). Der Vortragende hat im weiteren Verfolg seiner synthetischen Versuche zur Darstellung cocainähnlich wirkender Moleküle auch die para-Oxybenzoësäure in den Kreis seiner Untersuchung gezogen und in einen „meta-Amino-para-Benzoyloxybenzoësäuremethylester bzw. in einen „para-(meta-aminobenzoyl)-Oxybenzoësäuremethylester“ übergeführt. Während die entsprechenden Derivate der Salicylsäure eine ausgesprochene lokalanaesthetische Wirkung zeigen, ist dieser physiologische Effekt in den neuen Isomeren vollkommen erloschen. Redner schreibt diesen — schon durch andere experimentelle Befunde erwiesenen — Umstand der gegenseitigen Entfernung der wirksamen Benzoyloxy- und Carboxymethylgruppen über die Cocaindistanz — das ist die Ortho-Stellung — hinaus zu.

G. SCHIEMANN, Hannover: Studien über aromatische Fluorverbindungen. Dem Vortr. ist die systematische Bearbeitung der aromatischen Fluorverbindungen ermöglicht durch das mit Herrn BALZ (1927) gefundene Verfahren zu ihrer Darstellung, das allen bisherigen überlegen ist. Es beruht auf der trockenen Zersetzung der festen Diazonium-Borfluoride, die unter Abgabe von Stickstoff und BF_3 die Fluoraryle bilden. Es ist nun gelungen, den gleichzeitigen Zerfall des Kations und des Anions in völlig analoger Weise beim „Zinn-Doppelsalz“ nach GRIESS (1866) zu verwirklichen: $[C_6H_5N_2]_2[SnCl_4] \rightarrow 2 C_6H_5Cl + 2 N_2 + SnCl_4$. Auf diese Weise werden eine Reihe beständiger Diazoniumsalze als Komplexsalze erkannt, und es wird versucht, eine energetische Erklärung für die große Beständigkeit derartiger Verbindungen zu geben. Auch eine Möglichkeit zum Verständnis der SANDMEYERSchen Reaktionen scheint hiermit gegeben. Die Frage nach der dirigierenden Kraft des Fluors bei Substitutionen

wird der Klärung nähergebracht durch die Mono-Nitrierung der Fluortoluole. Auf Grund der erhaltenen Isomeren Fluor-nitro-toluole wird geschlossen, daß die dirigierende Wirkung des Fluors neben der des Methyls entscheidend ist. Schließlich wurde der leichte Übergang des 4, 4'-Difluor-3-nitrodiphenyl in ein Dimethoxy-Dinitro-Benzerythren, d. h. die Verwandlung eines Zweikernsystems in ein solches von 4 Kernen unter dem Einfluß von methylalkoholischem Kali festgestellt.

A. ALBERT, München: Organische Arsenverbindungen. In früheren Abhandlungen des Vortragenden ist die Forderung der unbedingten Haltbarkeit der bei der Bekämpfung der Spirochäten und Trypanosomen verwendeten Arsenobenzole aufgestellt worden. Diese Forderung ist nicht die einzige maßgebende bei der Beurteilung chemotherapeutisch wertvoller Präparate. Als wesentliche zweite Bedingung muß stets die unbedingte Reinheit der zur Behandlung dienenden Substanz gestellt werden, die nur durch Krystallisation der in Betracht kommenden Arsenobenzole gewährleistet wird. Bisher sind in dem Schrifttum nur vereinzelte, im Benzolkern unsubstituierte Arsenobenzole als krystallisiert beschrieben worden, die aber therapeutisch bedeutungslos sind. Es ist nun gelungen, Präparate darzustellen, die die genannte Bedeutung besitzen und sich durch eindeutige Krystallisation auszeichnen.

M. EHRENSTEIN, München: Über zwei neue Alkaliole des Tabaks. Von den Tabakalkaloiden kann nur das Nicotin als genügend geklärt gelten. Von den bislang beschriebenen Nebenalkaloiden ist bei keinem einwandfrei erwiesen, daß es sich um wirklich einheitliche Individuen handelt. Der Vortragende hat unter Berücksichtigung dieses Gesichtspunktes die systematische Isolierung der Nebenalkaloide erneut aufgenommen. Zuerst wurde die Hauptfraktion der flüssigen Nebenalkaloide, deren Siedepunkt ungefähr dem des zuerst von PICTET beschriebenen „Nicotine“ entspricht, in die Untersuchung einbezogen. Diese Fraktion wurde in mindestens zwei, nunmehr völlig einheitliche Alkaliole zerlegt. Das eine stellt das Nor-Nicotin dar, welches bislang noch nicht aus der Pflanze isoliert war. Das zweite, etwas höher als das Nor-Nicotin siedend, ist ein Isomeres des Nicotins; nach den bisherigen Versuchsergebnisse handelt es sich wahrscheinlich um ein Pyridyl-Piperidin.

O. BEHAGHEL, Gießen: Über die Spaltung der Selencyanessigsäure. Nach den Angaben in der Literatur führt die Spaltung von Selencyanessigsäure-abkömmlingen in alkalischer Lösung zu Selendiglykolsäurederivaten und zu den Salzen der Selenglykolsäure und des Selenwasserstoffs, die Spaltung in saurer Lösung dagegen primär zu Selenglykolsäureabkömmlingen unter Bildung von Cyansäure. Durch Versuche an der Selencyanessigsäure selbst konnten die Ergebnisse der Spaltung ihrer Derivate in alkalischer Lösung bestätigt werden. Die saure Spaltung der Selencyanessigsäure verläuft jedoch anders, als man bei ihren Derivaten beobachtet hat. In mineralsaurer wie in essigsaurer Lösung entsteht keine freie Selenglykolsäure unter gleichzeitiger Bildung von Cyansäure, sondern man erhält Dicyan und Diselendiglykolsäure.

Freitag, d. 21. Sept., 9 Uhr: Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor, Zeichensaal, 1. Stock.

B. REWALD, Hamburg: Über Vorkommen, Bestimmung und Veränderungen von pflanzlichen und tierischen Lipoiden. Pflanzliche und tierische Lipoide sind äußerst verbreitet, besonders in tierischen Organen kommen sie in recht erheblichen Mengen vor. Es werden genaue Angaben über diese Vorkommen an

Hand von langen Versuchsreihen gebracht. Die bisherigen Daten sind kaum verwertbar, da keine einheitlichen Methoden existierten, und besonders keine Rücksicht genommen wurde auf die verschiedenen Löslichkeiten der tierischen und pflanzlichen Produkte. Es wird eine Methode angegeben, die allgemein anwendbar ist. Man sollte in Zukunft nicht mehr eine bestimmte Formel angeben, sondern nur den Lipoidphosphor, da dieser allein maßgebend ist, so lange keine stets gültigen Formeln existieren. Es wird anschließend der Einfluß von küchenmäßiger Zubereitung (Kochen, Backen, Braten usw.) auf die Lipoide festgestellt.

F. F. NORD, Berlin: Zum Mechanismus der Enzymwirkung. Aus amerikanischen Unterheften wurden Zymaslösungen gewonnen, die bei Peptisation — verglichen mit der üblichen — eine höhere CO_2 -Menge aus Glucose entwickelten. Entsprechend sank anfänglich ihre Viscosität und stieg die Oberflächenspannung. Bei absoluter Zellfreiheit erwiesen sie sich als haltbar, zeigten jedoch raschere Aktivitätsabnahme; letztere verlangsamte sich durch Adsorbierung geeigneter Verbindungen auf der Enzymoberfläche. Dieser Adsorptionsfilm, der auch auf in den Zellen befindlichen Enzymen entstehen kann, verhält sich wie ein Protektor gegen schädliche Stoffwechselprodukte. Diese Tatsachen ergeben folgende Schlüsse: 1. Die Verschiebung des idealen Quotienten von 1 zwischen wirksamer und unwirksamer Enzymmenge kann sich verlangsamen. 2. Die Unwahrscheinlichkeit der Annahme, das Reactant-Enzym-Complex sei auch bei Zymasen eine echte Molekülverbindung, nimmt zu. 3. Sogenannte Aktivatoren dürften eher als Protektoren angesehen werden, welche Enzyme befähigen, länger ihre Wirksamkeit unter den den hypothetischen näherstehenden Bedingungen zu entwickeln.

O. AMBROS, Oppau: Über die Wirkungen von Proteasen pflanzlicher Milchsäfte (nach Versuchen mit Fr. Harteneck). Die Blausäureaktivierung, welche sich enzymchemisch in einer Wirkungssteigerung und Spezifitätserweiterung äußert, ist ein Charakteristikum einer großen Reihe pflanzlicher Proteasen. Wegen der Bedeutung, den eine derartige Beeinflussung einer Enzymreaktion für physiologische Vorgänge haben muß, wurden die Aktivierungsversuche an verschiedenen frischen pflanzlichen Milchsäften durchgeführt und gefunden, daß die Pflanze selbst einen Milchsaft mit wechselnd aktivierter Protease bilden kann. Demnach muß im pflanzlichen Organismus die Entstehung eines Aktivators getrennt neben der inaktiven Protease vor sich gehen. An der Frucht der *Carica Papaya* konnte ein charakteristisch inaktiver, d. h. peptolytisch unwirksamer Milchsaft isoliert werden, der durch einen proteolytisch unwirksamen, aber stark aktivierenden inneren Zellsaft zu der vollen Wirkung des mit Blausäure aktivierte Papains gebracht werden konnte. Ein derartiger Aktivator ist auch in Milchsäften anderer Früchte wirksam und hat die Natur einer Kinase. Der Aktivierungsvorgang steht mit den physiologischen Veränderungen in der Pflanze, wie z. B. der Reife der Früchte, in Beziehung, indem die Kinase regulierend in den Stoffwechsel des pflanzlichen Organismus eingreift.

W. GRASSMANN, München: Über die proteolytischen Enzyme der Hefe. Die proteolytischen Enzyme der Hefe lassen sich gemäß früheren Arbeiten durch fraktionierte Adsorption in zwei Komponenten aufteilen, von denen die eine (Hefe-Dipeptidase) ausschließlich Dipeptide, die andere (Hefe-Trypsin) synthetische Polypeptide vom Tripeptid aufwärts, sowie Proteine und Peptone spaltet. Da so gewonnene Hefe-

Trypsin ist jedoch nicht einheitlich. Es werden neue, nicht auf Adsorption beruhende Verfahren mitgeteilt, mit deren Hilfe einerseits die proteinaspaltende Komponente (Hefe-Protease) frei von jeder Wirkung gegenüber den bisher geprüften Polypeptiden und Dipeptiden, andererseits die polypeptidspaltende Komponente (Polypeptidase) frei von Protease und von Dipeptidase erhalten wird. Die Protease stimmt hinsichtlich ihrer p_H -Abhängigkeit mit dem Papain und verwandten Proteasen völlig überein; das p_H -Optimum ist wie beim Papain veränderlich mit der Natur des Substrates. Sie ist wie das Papain durch HCN und H_2S aktivierbar. In den Proteaselösungen wird beim Stehen ein natürlicher Aktivator gebildet, der die Blausäure in ihrer Wirkung ersetzt¹. Die Polypeptidase und die Dipeptidase werden dagegen durch Blausäure und Schwefelwasserstoff stark gehemmt. Die Abgrenzung des Spezifitätsbereiches dieser beiden Enzyme ist nicht durch die Molekulargröße des Substrates gegeben. Vielmehr spaltet die Dipeptidase nur solche $-CO-NH-$ -Bindungen, denen gleichzeitig eine freie α -Amino- und eine COOH-Gruppe benachbart ist, die Polypeptidase nur solche, denen eine freie α -Aminogruppe, aber keine COOH-Gruppe benachbart ist. Die einfachsten Substrate der Polypeptidase sind demnach die Amide der α -Aminosäuren. Dagegen ist das gereinigte Enzym unwirksam gegenüber Acetamid und Asparagin. Die Asparaginase der Hefe läßt sich frei von der Dipeptidase und von der Polypeptidase erhalten. Sie ist unwirksam gegenüber Acetamid sowie gegenüber allen solchen Derivaten des Asparagins, deren Aminogruppe besetzt ist, wie z. B. im Glycylasparagin. Für den Angriff der Asparaginase scheint also die Anwesenheit einer freien Aminogruppe wesentlich, die sich in β -Stellung zur $-CO-NH-$ -Gruppe befindet.

¹ Vgl. dazu auch Vortrag AMBROS, S. 987.

WALDSCHMIDT-LEITZ, Prag: Neuere Untersuchungen über die Spezifität von Trypsin, Erepsein.

G. LUNDE, Oslo: Kreislauf des Jods im Meer. Das Jod der Eruptivgesteine wird durch das Verwittern derselben teilweise in Freiheit gesetzt und mit den Flüssen ins Meer geführt. Das Meer hat seinen Jodgehalt teils in dieser Weise, teils aus der ersten Uratmosphäre des erstarrenden Erdballs erhalten. Das Jod des Meeres wird in den Meerespflanzen stark angereichert — in dem Phyto-Plankton 1000fach. Das Jod des Pflanzenplanktons liegt zum überwiegenden Teile in organischer Bindung vor. Das Pflanzenplankton dient als Nahrung für die Meeresfauna, insbesondere für das Zooplankton. Das Zooplankton dient wieder als Nahrung für die Vertebraten, die je nach der Art außerordentlich verschiedene Jodgehalte aufweisen können. Die Invertebraten der Tiefen-Fauna weisen ebenfalls schwankende, teilweise sehr hohe Jodgehalte auf. Beim Absterben der Meeresorganismen gelangt ein großer Teil des Jods in die Sedimente. Die Sedimente können in späteren geologischen Perioden gehoben, der Verwitterung ausgesetzt werden und das Jod somit wieder in den Kreislauf eingezogen werden.

K. KÜRSCHNER, Brünn: Vanillin aus Sulfitablauge. Beitrag zur Konstitutionsermittlung von Ligninen. Die stete Bildung von Vanillin (+ Vanillinsäure + Guajacol) beim Sublimieren der verschiedensten Ligninpräparate und -derivate, auch die eigenartigen Löslichkeitsverhältnisse der Lignine und die nahen Beziehungen zu den Coniferylakkomplexen weisen, ebenso wie die Unmöglichkeit des üblichen stufenweisen Abbaues der Ligninkörper, eindringlich auf einen polymeren Coniferylkomplex „im Lignin“ hin. Neuere Unter-

suchungen ergaben, daß schon die bloße Kochung alkalisch gemachter Sulfitablauge auf dem Rückflußkühler zu reichlichen Mengen von Vanillin führt, die vorteilhaft mittels Trichloräthylen auf sehr einfache Weise extrahiert und aus den Auszügen durch Sublimieren rein dargestellt werden können. Anschließend werden Versuche besprochen, durch Überführung des Vanillins in Nitrovanillin zu einer brauchbaren Vanillinbestimmungsmethode zu gelangen.

K. BORNHAUER, Prag: Über Zuckerersetzung durch Wasserstoffsuperoxyd. Es wurde beobachtet, daß in Gegenwart von $CaCO_3$ recht rascher Zuckerzerfall bei 37° stattfindet. Bei dieser Versuchsanordnung ließen sich im Gegensatz zu BUCHNER, MEISENHEIMER und SCHADE Essigsäure sowie Acetaldehyd in einwandfreier Weise identifizieren. Diese können neben Formaldehyd und Ameisensäure als Zerfallsprodukte des Methylglyoxals aufgefaßt werden, das wohl aus dem 3, 4-Hexoseendiol entsteht. Außerdem findet unter den Versuchsbedingungen wohl auch Bildung des 1, 2- und 3, 4-Endiols statt, als deren Zerfallsprodukte Ameisensäure und Pentosen sowie Oxal- und Traubensäure aufgefunden wurden. Beim Zerfall des Glycerins wurden Ameisen- und Essigsäure beobachtet, außerdem aber auch als direkte Oxydationsprodukte Glycerin- und Tartronsäure. Ca-Gluconat zerfiel in ähnlicher Weise wie Glucose; aus Zuckersäure wurde keine Essigsäure gebildet. Ohne $CaCO_3$ entstanden aus Glucose die gleichen Produkte, wie in Gegenwart desselben, jedoch viel langsamer. Bemerkenswert ist, daß demnach das 3, 4-Endiol auch im sauren p_H -Gebiet vorhanden zu sein scheint.

Abteilung 4b: Physikalische Chemie.

Donnerstag, d. 20. Sept., 9 Uhr: Techn. Staatslehranst., Hörsaal 8.

J. WEICHHERZ, Berlin: Zur Kenntnis der Emulsionen. Kohlenwasserstoffe bilden mit Alkaliseifen Öl-Wassermulsionen. Phasenumkehr konnte nur durch Metallsalze hervorgerufen werden. Es wurde bewiesen, daß der Seifengehalt des dispersen Systems die Emulsionsart beeinflußt. Bei kleiner Konzentration entstehen Öl-Wassermulsionen, bei hoher Wasser-Ölemulsionen. Diese Seifen lösen sich entgegen der bisherigen Annahme in Kohlenwasserstoffen. Zwischen den Phasen entsteht ein Verteilungsgleichgewicht, welches von einem Adsorptionsgleichgewicht überlagert wird. Die Phasenumkehr erfolgt bei einem kritischen Seifengehalt des dispersen Systems und kann durch Verdünnen mit Wasser oder Kohlenwasserstoffen hervorgerufen werden. Ein Ionenantagonismus im Sinne CLOWES besteht nicht. NaCl ruft ebenso Phasenumkehr hervor wie $McCl_2$.

I. TRAUBE, Charlottenburg: Reibungskonstante und Wandschicht. Es wurde die Ausflußgeschwindigkeit von Wasser in einer Capillarröhre aus Glas, welche in einem bestimmten Winkel zur Horizontalebene geneigt war, untersucht, und dieselbe verglichen mit der Ausflußgeschwindigkeit von Wasser durch dieselbe Röhre, nachdem auf der Glaswand eine dünne Wandschicht aus Ölen und anderen Stoffen erzeugt war. Es zeigte sich bei Verwendung von polaren Stoffen zur Bildung der Wandschicht, daß die Ausflußgeschwindigkeit oft in hohem Maße sich erhöhte, allerdings nur, wenn der Ausfluß des Wassers nicht unter Druck erfolgte. Die von HELMHOLTZ erweiterte Formel von POISEUILLE und die Theorie von LANGMUIR-HARKINS erklärten die Beobachtungen. Die Feststellungen dieser Arbeit führten zu mannigfachen biologischen und technischen Ergebnissen und zeigten, daß die Gleichungen von EIN-

STEIN und SMOLUCHOWSKY betreffend die Brownsche Bewegung und ebenso die STOKESSCHE Gleichung einer Korrektion bedürfen.

BENNEWITZ, Jena: Ein Satz über den kritischen Punkt und die Assoziation der Gase.

M. VOLMER, Charlottenburg: Überschreitungerscheinungen bei zweidimensionalen Phasen. Zu den merkwürdigsten Ergebnissen der neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Capillarität gehört die Erkenntnis, daß es auf Oberflächen fester oder flüssiger Körper Absorptionsschichten verschiedener Dichte gibt, die miteinander im Gleichgewicht stehen können. Man nennt sie zweidimensionale Phasen und kann unterscheiden zwischen zweidimensionalen gasförmigen, flüssigen und festen Phasen. Genau wie bei den gewöhnlichen dreidimensionalen Phasen treten auch bei jenen Überschreitungerscheinungen auf, wenn die Zweiphasenbildung einsetzen sollte. Diese Überschreitungerscheinungen bilden die Erklärung für eine Reihe bekannter Erscheinungen bei Katalyse, Passivität, Polarisation, Krystallwachstum und -auflösung u. a.

SIMON Berlin: Spezifische Wärme von Metallen bei Heliumtemperaturen.

F. WEVER, Düsseldorf: Zur Systematik der Eisenlegierungen. Der langdauernde Streit über die Allotropie des Elementes 26 Eisen wurde durch das Eingreifen der Röntgenstruktur-Analyse dahin entschieden, daß nur 2 polymorphe Umwandlungen auftreten: der Übergang einer kubisch-raumzentrierten α - in eine kubisch-flächenzentrierte γ -Kristallart bei 906° und die Rückverwandlung dieser Form in die raumzentrierte α -Phase bei 1401° C. Für die Systematik der Eisenlegierungen ergeben sich damit neue Gesichtspunkte. Man wird dazu geführt, die Legierungszusätze hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Eisen in zwei Gruppen einzuteilen, von denen die erstere den Existenzbereich der α -Phase erweitert, während die andere Gruppe die Stabilität des γ -Eisens erhöht. Eine Durchmusterung der heute bekannten Zweistoff-Systeme des Eisens führt zu der Feststellung, daß das Atomvolumen von entscheidender Bedeutung für das Verhalten ist. Die Legierungselemente mit kleinerem Atomvolumen als das Eisen erhöhen die Stabilität der Eisenphase mit dem kleineren Atomvolumen, γ -Eisen, während die Elemente mit größerem Atomvolumen eine Stabilisierung der raumzentrierten α -Form bewirken.

v. KELTSCH, Berlin: Das periodische System (einschließlich der Gruppe der radioaktiven Elemente) axial entwickelt.

E. L. LEDERER, Hamburg: Anwendung der Fourier-Funktionen auf physikalisch-chemische Probleme. Es wird die Anwendung der vom Vortragenden als Fourier-SIN (COS) und deren Integralwerte bezeichneten analytisch definierten Funktionen auf die Probleme der Diffusion, Quellung und Entquellung, Sedimentation (PERRINS Versuche) gezeigt, ferner ihre Verallgemeinerung auf die Probleme der sog. auto-katalytischen Prozesse. Als wesentliches Ergebnis findet der Vortragende, daß die mit Hilfe der Fourier-Funktionen berechneten Diffusionskoeffizienten etwas größer sind, als die nach den bisherigen Formeln berechneten, so daß sie sich mehr den von der Theorie verlangten Werten nähern. Die Untersuchungen sollen auf die Probleme der Koagulation, Adsorption usw. ausgedehnt werden.

F. WRATSCHKE, Wien: System einer Volumchemie der homogenen Flüssigkeiten. Es werden die zahlenmäßigen Beziehungen zwischen der Dichte und der chemischen Konstitution organischer Flüssigkeiten

untersucht und in ein System gebracht. Vor- und Nachteile der Betrachtung bei übereinstimmenden Zuständen und bei bestimmten Temperaturgraden. Ableitung der Grundformel. Die Homologencharakteristik (R) und die Strukturkonstante (A). Konstruktion einer Verwandtschaftstafel mit Hilfe der Koordinaten $x = A$ und $y = R$. Die Ergänzungswerte „ E “ der fremden Elemente. Beziehungen der Homologencharakteristik zum Kovolumen nach TRAUBE. Die „Assoziation“ als mathematisches Mißverständnis. Volumchemische Bedeutung der „Sterne“. Die Typentafel. Abnorme (R)-Werte. Einbeziehung der bei gewöhnlicher Temperatur festen Körper in das System. Die nächsten Probleme. Ausblick.

SCHALL, Leipzig: Thema vorbehalten.

H. BEUTLER und B. JOSEPHY, Berlin (Vortragender: B. JOSEPHY): Energievervielfachung bei Elementar-Prozessen. Zu jeder Konzentration energiereicher Teilchen in einem Gase gehört im Gleichgewichtszustand eine gewisse Konzentration von Teilchen mit der doppelten Energie. Es stoßen durch Einstrahlung angeregte Hg-Atome so aufeinander, daß eines von ihnen die gesamte Energie erhält. Der so in Resonanz erreichte Term wird an seiner spezifischen Strahlung erkannt. Werden in chemischer Reaktion energiereiche Moleküle erzeugt, welche die Reaktionsenergie des Elementarprozesses tragen, so kann ein Hg-Atom die Energie zweier Teilchen im Stoß infolge Resonanz zu einem Anregungstern aufnehmen. Mit dem Wechsel der Reaktionspartner erscheinen verschiedene Hg-Niveaux in Emission. Ist der Resonanztern metastabil, so kann die Stoßwirkung zweier so angeregter Atome aufeinander beobachtet werden (wie im obigen Strahlungsversuch): die Energie eines Teilchens führt nunmehr aus 4 Elementarprozessen her.

Abteilung 5a:

Angewandte und technische Chemie.

Freitag, d. 21. Sept., 9 Uhr: Techn. Staatslehranst., Hörsaal 8.

LISSNER, Brünn: Zur Entschwefelung fester Brennstoffe.

A. KÖNIG, Karlsruhe: Einige elektrochemische Gasreaktionen. Die Ausbeuten elektrochemischer Gasreaktionen im Siemensrohr leiden mehr oder weniger unter dem Übelstand, daß die Reaktionen vorzugsweise an der Wand des Entladungsraumes stattfinden, die Produkte dort haften bleiben und durch die weitere Einwirkung der Entladung wieder zerstört werden. Rasche Gasströmung ist hier wirkungslos, es muß ein flüssiges Lösungsmittel angewandt werden, mit dem die Wandung abgespült wird. Damit vermeidet man Krustenbildungen an der Wand, und die Ausbeute, z. B. an HCOH aus CO und H_2 , wird wesentlich verbessert.

P. LEVY, Aachen: Über Analyse des Bienenwachses. Eine Nachprüfung der bekannten Analysenmethoden ergab, daß die LEVYSCHE Methode, welche es gestattet, den Gehalt an Wachs-Kohlenwasserstoffen durch Wägung festzustellen, gegenüber der BUCHNERSCHEN Acetylierungsmethode einen größeren Genauigkeitsgrad zeigt. Mit A. STOCKEM wurde eine neue gravimetrische Bestimmung der freien Wachssäuren ausgearbeitet, die eine gute Beurteilung eines Wachses zuläßt und auf der Bestimmung der Säurezahl der isolierten freien Wachssäuren beruht. Die Methode ist sehr genau und deswegen empfehlenswert.

V. SCHWARZKOPF, Hamburg: Herstellungsweisen und Anwendungsgebiete aktiver Kohlen. Die Schilderung der Herstellung der aktiven Kohlen muß mit dem

Kapitel der Holzkohlen einsetzen, hinaufreichend bis zu den höchst aktiven Kohlen, die in der Praxis meist durch Glühen von kohlenstoffhaltigen Materialien in Gegenwart von Gasen, Dämpfen, Salzen, Säuren oder Alkalien usw. gewonnen werden. Zahlreich sind die Patente, welche die Herstellung der aktiven Kohlen beschreiben, und ebenso groß ist die Zahl der wissenschaftlichen Arbeiten, welche die Wirkungsweise dieser Kohlen behandeln, die man sich als eine Ab- bzw. Adsorptionswirkung zu denken hat. Verwendung finden die aktiven Kohlen in zahlreichen Industriegebieten, wie in der Öl- und Zuckerindustrie, ferner für die Reinigung von Wasser, von Gasen u. dgl. und für pharmazeutische Zwecke.

JANTZEN, Hamburg: Das Waschen von Flüssigkeiten mit Flüssigkeiten in kontinuierlichem Arbeitsgang.

LEDERER, Hamburg: Über die Verteilung von Elektrolyten und Nichteletrolyten zwischen Seifenkern, -leim und Unterlauge.

Abteilung 5b: Agrikulturchemie.

Mittwoch, d. 19. Sept., 14 Uhr: Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor 24, Hörsaal 314.

W. U. BEHRENS, Königsberg i. Pr.: Die Ermittlung des wahrscheinlichen Fehlers aus wenig Beobachtungen. Die in den mathematischen Lehrbüchern angegebenen Formeln gelten nur dann streng, wenn die Zahl der Beobachtungen unendlich groß ist. Es wurden nun bei Gültigkeit des GAUSSschen Fehlerverteilungsgesetzes für *endliche* Werte von n die Grenzen in Vielfachen des mittleren Fehlers berechnet, innerhalb deren mit einer Wahrscheinlichkeit von 50, 75, 90% usw. eine neue Einzelbeobachtung, ein neuer Mittelwert und der wahre Fehler des Mittelwertes liegt. So ist z. B. die Wahrscheinlichkeit, daß der wahre Fehler des Mittelwertes aus n Beobachtungen außerhalb des dreifachen mittleren Fehlers liegt, für $n = \infty \approx 0,3\%$, für $n = 4 5,8\%$. Hiernach läßt sich beurteilen, wieweit die Ausschließung von Einzelwerten von der Mittelwertbildung berechtigt und welche Übereinstimmung zwischen berechneten und beobachteten Werten zu fordern ist. Auch die Wahrscheinlichkeit kann ermittelt werden, daß eine beobachtete Ertragsdifferenz bei der Anstellung von neuen Versuchen wiedergefunden wird.

W. SCHROPP, Weihenstephan: Über die Methodik des Vegetationsversuches. Die ausgedehnte Verwendung des Gefäßvegetationsversuches als Hilfsmittel der Forschung für ernährungsphysiologische Fragen veranlaßte gleichzeitig eine zunehmende Beachtung seiner Methodik. Von den zahlreichen, hierauf bezugnehmenden Einzelfragen, deren Berücksichtigung Voraussetzung für die einwandfreie Durchführung eines solchen Versuches bildet, wird die Frage der Aufstellung und Anordnung der Gefäße während der Vegetation herausgegriffen und einer Besprechung unterzogen. Die Durchsicht der einschlägigen Literatur zeigt kein einheitliches Vorgehen hinsichtlich der hier geübten Technik. Die verschiedenen Systeme der Aufstellung der Gefäße werden besprochen, und im Anschluß daran wird über eigene Versuche auf diesem Gebiete berichtet. Die vorläufigen Ergebnisse der Untersuchungen über den Einfluß der Anordnung und Stellung der Gefäße auf die Temperatur des Bodens und den Wasserbedarf der Versuchspflanze zeigen einerseits die Wichtigkeit der Beachtung dieser Teilfrage, bringen aber gleichzeitig zum Ausdruck, daß diese nicht zugunsten eines Systems überschätzt werden darf.

M. POPP, Oldenburg/O.: Nicotinarne Tabakerzeugnisse. Da das Nicotin das wirksamste Tabakgift ist,

richten sich alle Bestrebungen, die Bekömmlichkeit des Tabakgenusses zu heben, auf eine Verminderung des Nicotingehaltes. Diese kann erfolgen 1. durch Extraktion des Tabaks durch Alkohol, Äther, Benzin usw., 2. durch Abtreiben des Nicotins mittels Wasserdampf, 3. durch Oxydation des Nicotins mit Sauerstoff oder Sauerstoff liefernden Mitteln, 4. durch Überführen des Nicotins in nichtflüchtige Verbindungen. Praktisch brauchbare Ergebnisse liefern nur die unter 2 und 4 genannten Verfahren. Physiologische Untersuchungen haben die günstige Wirkung nicotinarmen Tabaks dargetan. Durch entsprechende Düngung läßt sich der Nicotingehalt des Tabaks variieren.

EHRENBERG, Breslau: Kohlehydratbeifütterung bei jungen Nutztieren.

ARND, Bremen: Über das Wesen und die Bestimmung der Azidität von Moorböden. Die Azidität der sauren Moorböden weist 3 Erscheinungsformen auf: die aktive Azidität, die Neutralsalzersetzung und die hydrolytische Azidität. Die beiden letzten sind als potentielle Azidität zusammenzufassen, die je nach den Begleitumständen zum Teil (Neutralsalzersetzung) oder völlig (Neutralsalzersetzung + reine hydrolytische Azidität) aktiviert werden kann. Dementsprechend sind verschiedene, durch wechselnde Kalkung erreichbare Neutralpunkte zu unterscheiden: ein erster bei Kalkung entsprechend der aktiven Azidität und der Neutralsalzersetzung bei Anwesenheit von Neutralsalzen und Abwesenheit von hydrolytisch alkalischen Salzen, und ein zweiter bei Kalkung entsprechend der Gesamtazidität bei Anwesenheit von hydrolytisch alkalischen Salzen. Nur der erstgenannte Neutralpunkt ist für die landwirtschaftliche Praxis von Interesse. Die Bestimmung der „effektiven Azidität“, der Summe von aktiver Azidität und Neutralsalzersetzung, kann durch fortgesetztes Extrahieren des Moorböden mit der Lösung eines Neutralsalzes erfolgen. Ein auf Grund dieser Bestimmungsweise geeichtes, auf der Umsetzung der Bodensäuren mit kohlensäurem Kalk in Gegenwart von Chlorkalium beruhendes konventionelles Verfahren gibt die gleichen Werte.

K. SCHARRER, Weihenstephan-München: Katalytische Eigenschaften der Böden. Es wird über Untersuchungen berichtet, die sich zum Ziele setzen, einerseits das Vermögen der Böden zu studieren, Wasserstoffperoxyd unter Entwicklung von Sauerstoff zu zerlegen, andererseits der Fähigkeit der Böden näher nachzugehen, Jodionen in elementares Jod überzuführen. Die Hydroperoxyd spaltende Eigenschaft der Böden ist, wie die durchgeführten Versuche zeigten, ein Komplex verschiedener Ursachen; sowohl anorganische Verbindungen, insbesondere Eisen- und Manganoxyde, als auch organische Stoffe und biochemische Faktoren spielen dabei eine Rolle. Jedoch sind bei der großen Menge anorganischer Katalysatoren, welche die meisten Böden aufweisen, diese entschieden die wichtigsten Träger der katalytischen Wirkung gegenüber Wasserstoffperoxyd, im Vergleich zu denen die organischen und mikrobiologischen Faktoren stark in den Hintergrund treten. Die Jodabspaltung kann bei Böden nur bei p_H -Werten unter 7 beobachtet werden. Im allgemeinen ist das Jodabspaltungsvermögen um so größer, je saurer die Reaktion und je größer der Gehalt an Bodenkolloiden ist. Als Ursache des Jodabspaltungsvermögens sind hauptsächlich anorganische Oxydationskatalysatoren, wie Eisen- und Manganverbindungen, anzusehen, während Enzyme und Bakterien dabei nur eine geringere Rolle zu spielen scheinen. Infolge sekundärer Jodbindung des primär abgespaltenen Jods zeigen Böden

mit viel organischer Substanz keine Jodabspaltung. Da saure Reaktion die Wasserstoffperoxyd zersetzungskraft der Böden verringert, jedoch das Jodabspaltungsvermögen erhöht, stehen diese beiden Bodeneigenschaften in einem gewissen Gegensatz.

E. G. DOERELL, Prag: Beiträge zur Joddüngungsfrage. Welche Wirkung zeigt eine direkte Joddüngung zu Hopfen im Vergleiche mit einer Chilesalpeterdüngung bzw. neben einer Grunddüngung mit Chilesalpeter + Superphosphat + 40% Kalisalz? Wirkung gesteigerter Jodgaben in Form von Kaliumjodid. Wirkung der Joddüngung auf den Judgehalt des Bodens — auf die Entwicklung der Hopfenpflanze — auf den Ertrag der Masse nach — auf die anderen Qualitätsfaktoren Farbe, Glanz, Geruch — auf die inneren Qualitätsfaktoren des Hopfens: Lupulingerhalt, Harz-Öl-Gerbstoffgehalt usw. Praktische Beurteilung einer direkten „Joddüngung“ des Hopfens.

E. UNGERER, Breslau: Über pflanzenphysiologisch wichtige schwerlösliche Phosphate. Die Betrachtungen gehen von der Annahme aus, daß die Phosphate des Bodens hauptsächlich aus den Salzen des Magnesiums, Calciums, Eisens und Aluminiums bestehen. Es werden die Löslichkeitsverhältnisse dieser Verbindungen für sich und in Gegenwart verschiedener Elektrolyte betrachtet, und die Verwertung durch die Pflanze am Vegetationsversuch studiert. Näher erörtert werden Reaktionen der Phosphate mit Aluminiumdoppelsilikaten (Permutiten), wobei auf dem Wege des Ionenaustausches die Löslichkeit verschiedener Phosphate erheblich gesteigert werden konnte.

Zweite Hauptversammlung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.

Montag, d. 17. Sept., 15 Uhr: Techn. Staatslehranst., Lübecker Tor 24. Hörsaal 314.

TRÉNEL, Dahlem: Bericht über den I. Internationalen bodenkundlichen Kongreß in Washington 1927.

MITSCHERLICH, Königsberg: Die zweite Annäherung des Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren.

EHRENBERG, Breslau: Über die Ergebnisse einiger Arbeiten auf dem Gebiet der Bodenkunde.

SPRINGER, München: Bestimmung und Charakterisierung der organischen Substanz im Boden.

WOLF, Stuttgart: Bodenuntersuchungen und Bodenkartierung.

Dienstag, d. 18. Sept., 9 Uhr: Techn. Staatslehranst., Hörsaal 314.

WOLFF, Berlin: Der Boden Schleswig-Holsteins.

GOY, Königsberg: Kalkbedürfnis des Bodens.

BENADE, Berlin: Über die Prüfung einiger bodenkundlicher Fragen mit Hilfe von Leitfähigkeitsmessungen.

MAIWALD, Breslau: Teilfragen zur Bestimmung der Pufferung der Böden.

GEHRING, Braunschweig: Kalk- und Kalisättigung der Böden.

Abteilung 6:

Pharmazie, pharm. Chemie und Pharmakognosie.

Donnerstag, d. 20. Sept., 8½ Uhr: Chem. Staatsinst., Jungiusstr. 9. Gr. Hörsaal.

P. W. DANCKWORTT, Hannover: Photographische Aufnahmen im Fluoreszenzlicht. Fluorescenzerscheinungen im filtrierten ultravioletten Licht wurden schon 1910 von H. LEHMANN u. a. studiert. Wenn diese grundlegenden Arbeiten nicht fortgesetzt wurden, so lag dies an der kostspieligen Apparatur. Erst als durch die Hanauer Analysen-Quarzlampe ein handlicher und billiger Apparat geschaffen war, zeitigte das Studium der Fluorescenzerscheinungen so große praktische Er-

folge. Aus dieser historischen Entwicklung wird man die Lehre ableiten, die Methode nicht wieder durch teure Apparatur für die Praxis zu erschweren. In diesem Sinne wurde eine photographische Aufnahmetechnik der Fluoreszenzstrahlung entwickelt. Die „äquimensurale“ Abbildung lehnt sich an die Vorschläge von MIETHE und SCHEFFER an, für die mikrophotographischen Aufnahmen wurde mit den einfachsten Mitteln eine Apparatur zusammengestellt, bei der die Expositionzeit in praktisch ausführbaren Grenzen blieb. Zahlreiche Lichtbilder, die in Gemeinschaft mit E. JÜRGENS hergestellt waren, erläuterten den großen Wert der photographischen Abbildung im Fluoreszenzlicht für die gerichtliche Chemie, Paläontologie, Botanik, Pharmakognosie und andere Gebiete.

ROSEN MUND, Kiel: Synthese von einigen Pflanzenstoffen.

L. KROEBER, München: Einteilung der heimischen Arzneipflanzen nach pharmako-chemischen und therapeutischen Gesichtspunkten. Die derzeitigen, zumeist von Laien geschriebenen Kräuterbücher, die sich nahezu ausnahmslos auf die Klassiker des Mittelalters, auf die Sammelwerke des DIOSKORIDES und PLINIUS stützen, gehen fast gar nicht auf die Ergebnisse der Pharmakochemie der letzten Jahrzehnte ein. Dies und die Anordnung des Textes nach dem Alphabet oder auf Grund des natürlichen Verwandtschaftsverhältnisses der behandelten Heilpflanzen macht sie für die wissenschaftliche Medizin mehr oder minder unbrauchbar. Ein neuzeitlich eingestelltes Kräuterbuch muß die chemischen Inhaltsstoffe in den Vordergrund der Betrachtung stellen und eine gruppenweise Einordnung der heimischen Arzneipflanzen auf Grund der für die pharmakodynamische Wirkung wohl in erster Linie maßgebenden chemischen Inhaltsstoffe bringen. Als derartige Gruppen seien erwähnt: Anthrachinon-, Gerbstoff-, Kiesel säure-Saponin-, ätherische Öl-, fette Öl-, Bitterstoff-Schleim-, Alkaloid-, Glykosiddrogen u. a., deren hauptsächliche Vertreter im Lichtbilde nach Naturaufnahmen vorgeführt werden.

KOFLER, Innsbruck: Die Förderung der Darmresorption durch Saponine. Saponine sind imstande, die Darmresorption anderer gleichzeitig verabreichter Stoffe wesentlich zu fördern. Dies konnte bisher nachgewiesen werden für Strophanthin, Digitalin, Calcium-, Magnesium- und Ferrosalze, Kurare, Hypophysenpräparate und Aspirin. Die zur Hervorrufung dieser Wirkung erforderliche Saponindosis ist sehr gering und an sich unschädlich. Die resorptionsfördernde Wirkung zeigt sich nur bei gleichzeitiger oder rasch hintereinander erfolgter Verabreichung des Saponins und der anderen Substanzen; die Wirkung kann daher nicht auf einer länger dauernden Schädigung der Darmwand beruhen. Die Giftigkeit der Saponine vom Darmtrakt aus wurde bisher vielfach überschätzt. Wird das Saponin an Cholesterin gebunden, so ist die resorptionsfördernde Wirkung aufgehoben oder weitgehend abgeschwächt. Alle bisher untersuchten Saponine waren wirksam, allerdings in verschiedenem Ausmaße. Es wird auf einige praktische Schlüssefolgerungen hingewiesen.

KOFLER, Innsbruck: *Fucus vesiculosus* in Entfettungsmitteln. Viele Entfettungsmittel enthalten neben abführenden Stoffen als wirksame Bestandteile *Fucus vesiculosus*. Dies ist oft schon am Namen kenntlich: Fucovésin, Fukusin, Fucabohnen, Zehrtee *Fucus*, Efusca, Vesol, Vesculan. Andere Namen deuten auf die angestrebte Wirkung hin, z. B. Reductol, Corpolin, Gracilin, Bonaform und Obesit. Bei allen

diesen Präparaten wird übereinstimmend vom Erzeuger der Judgehalt verschwiegen, und das Mittel als „vollkommen unschädlich“ bezeichnet. Der Judgehalt dieser Präparate beträgt in der Tagesdosis ein Vielfaches von dem des jodierten Kochsalzes. Es werden Angaben über die Untersuchung der Präparate, die gefundenen Jodmengen und die Bindung des Jodes gemacht. Bei empfindlichen Personen können durch solche Mittel ernstliche Schädigungen hervorgerufen werden. Ein Deklarationszwang des Judgehaltes wäre gerechtfertigt.

MANNICH, Berlin: Thema vorbehalten.

EBERHARDT, Darmstadt: Kondensationsversuche mit Aminosäurechloriden. α -Amino- und Methylaminosäurechloride ergeben bei der Kondensation mit Benzol nach FRIEDEL-CRAFTS nicht die erwarteten Aminoketone, sondern spalten die N-Gruppe ab. Lediglich das Anfangsglied der Reihe, das Glycylchlorid, führt glatt zum ω -Aminoacetophenon. Einführung der Benzoylgruppe schützt die N-C-Bindung und führt zu Benzoylaminoketonen. Im Gegensatz hierzu ist die Benzolsulfonylgruppe ohne diese schützende Wirkung. Aus Benzoyl- α -alanylchlorid wurde in einem Fall ein Isochinolinderivat erhalten. Modellversuche mit Hippurylchlorid unter Verwendung von Nitrobenzol als Lösungsmittel ergaben lediglich eine Molekülverbindung des Aluminiumchlorids mit Nitrobenzol. Dagegen ließ sich mit Phosphorpentoxyd als Kondensationsmittel eine Verbindung von dreifachem Molekulargewicht darstellen, die unter Vorbehalt als symm. Triphenylverbindung des Benztriazols angesprochen wird.

KINDLER, Hamburg: Reaktionsfähigkeit und physiologische Wirkung. Systematische Untersuchungen über Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und Reaktionsfähigkeit haben zur Auffindung von Regeln geführt, die gestatten, die Reaktionsfähigkeit vieler Verbindungen nach ihrem chemischen Aufbau zu beurteilen. Diese Tatsache wird dazu benutzt, um die Beziehungen zwischen Reaktionsfähigkeit und physiologischer Wirkung zu klären.

ROJAHN, Halle a. d. S.: Über die Gehaltsminderung von Alkaloidsalzlösungen und pharmazeutischen Tinkturen durch die Bestrahlung mit Sonnen- und Ultraviolettlicht. Der Alkaloid- und Glykosidgehalt von zehn untersuchten pharmazeutischen Tinkturen nimmt bei der Aufbewahrung in farblosen Gläsern durch Sonnenlichtbestrahlung ab. Nach einem Jahre hatten z. B. Tinctura Opii 3%, Tinct. Strychni 38,1% verloren. Bei 96stündiger Bestrahlung derselben Tinkturen in Quarzgläsern mit der Hg-Lampe büßten Tinct. Opii nur 2,25%, Tinct. Strychni jedoch 85,6% ein, während Tinct. Digitalis, für die allein eine Aufbewahrung in braunem Glase vorgeschrieben ist, hierbei nur etwa 20% verlor. Die Auswertung geschah, soweit möglich, sowohl chemisch als auch biologisch am Frosch, wobei sich Übereinstimmung zeigte. Auch die Stabilität von Alkaloid- und Glykosidlösungen war verschieden groß. Morfin verlor bei der Ultraviolettbestrahlung nur 0,9%, während eine Chinin-Cinchoninlösung 61,5% einbüßte. Bei Strychnin-Cinchoninlösung 61,5% einbüßte. Bei Strychnin-Brucin verminderte sich der Gehalt im Gegensatz zu den entsprechenden Tinktur (85,6%) nur um 22%, während andererseits eine Chinin-Cinchoninlösung viel stärker (61,5%) als Tinctura Chinae (36,3%), aber weniger als Tinct. Chinae comp. (71,4%) abnahm. Die Capillarbilder der Tinkturen zeigten bemerkenswerte Veränderungen.

STICH, Leipzig: Zur Erhaltung des deutschen Apothekenlaboratoriums.

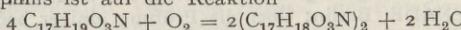
15 Uhr: Chemisches Staatsinstitut, Gr. Hörsaal.

EMDE, Basel: Zur Stereochemie des Ephedrins. Ephedrin ist ein seltenes Beispiel für Diastereomerie, Racemisierung, WALDENSche Umkehrung, Mutarotation und optische Superposition.

EMDE, Basel: Feinzerstäuber für Flammenfärbungen (mit Demonstrationen). Demonstration eines neuen Winkelzerstäubers mit Gummi-Handgebläse. An gewöhnlichen Bunsenbrennern werden mit geringem Materialverbrauch prächtige Flammenfärbungen erzeugt. Anwendung in Vorlesung und Analyse.

W. PEYER, Halle a. d. S.: Aus meinem Arbeitsgebiet bei der Firma Cäsar & Loretz. Vorgelegt zwei phloroglucinhaltige Drogen, „Phlorogluciddrogen“ im Sinne TSCHIRCHS: *Albizzia anthonelmintica Brongn.*, beheimatet Abessinien und Kordofan. Leguminose. Mikroskopie und Anatomie der Rinde. Enthält Saponin, Phloroglucin, vermutlich in glykosidischer Bindung. Phloroglucinverbindungen sind sehr schwer aus der Droge zu entfernen. Bandwurmmittel. — *Combretum Raimbaultii* — Combretacee. Strauch, in Westafrika heimisch. Blätter gegen Schwarzwasserfieber. Anatomische und pharmakognostische Beschreibung. Interessant-eigenartige Schülfern, der unteren Epidermis aufsitzend. Gerbstoff- und ölreiche Früchte; „Drehwalzenflieger“. Saponin, Gerbstoff und Phloroglucin, vermutlich als Phloroglucotannoid. Antipiummittel. — *Asa foetida* aus Afghanistan: A.f. Ghan Men, A.f. Siaband und A.f. ohne Beiwort. Stammen nicht von Ferula-Arten.

R. DIETZEL, München: Die Veränderungen des Morphins in wäßriger Lösung, insbesondere bei der Sterilisation. Frisch hergestellte, farblose wäßrige Morphinlösungen nehmen nach längerer Aufbewahrungszeit eine immer intensiver werdende gelbe Farbe an. Diese Gelbfärbung, die bei der Sterilisation durch Hitze schneller vor sich geht, deutet darauf hin, daß die Morphinmoleköl unter Bildung eines farbigen bzw. färbenden Reaktionsproduktes chemisch verändert wird. Optisch äußert sich die Veränderung, die von der Erhitzungsdauer, Erhitzungstemperatur und Wasserdampf-Konzentration der Morphinlösung abhängt, in der Weise, daß sich die Ultraviolettsorption nach längeren Wellen verschiebt, und daß das Absorptionsband unter allmählicher Verringerung der Persistenz in eine Endabsorption überzugehen sucht. Bei $p_H \leq 5,5$ tritt nach 60 Minuten langer Erhitzung einer 1 proz. Morphinlösung bei der Temperatur des siedenden Wasserbades eine Veränderung nicht mehr ein, die optisch zum Ausdruck kommt. Die Veränderung des Morphins ist auf die Reaktion



d. h. auf die oxydative Überführung des Morphins in das Pseudomorphin zurückzuführen, wie aus dem Vergleich der entsprechenden Spektren mit demjenigen des Pseudomorphins hervorgeht. Auf optischem Wege wurde zahlenmäßig das Mengenverhältnis ermittelt, in welchem das Pseudomorphin unter den verschiedenen Bedingungen des Erhitzens wäßriger Morphinlösungen entsteht. Die Richtigkeit dieser auf der Grundlage der Absorptionsspektren durchgeföhrten Berechnung konnte durch experimentelle Nachprüfung bestätigt werden.

F. SCHLEMMER, München: Untersuchungen über die Zersetzung einiger pharmazeutisch wichtiger Alkaloide in wäßriger Lösung (Tropanabkömmlinge, Yohimbin, Hydrastin, Hydrastinin). Auf Grund günstiger Versuchsergebnisse, die R. DIETZEL und W. HUSS auf optischem Wege über das Verhalten des Morphins in wäßriger Lösung erzielten, wurden auf gleiche Weise andere therapeutisch wichtige Alkaloide, und zwar Atropin, Hyoscyamin, Scopolamin, Cocain, Yohimbin,

Hydrastin und Hydrastinin untersucht. Bei den 3 Solanaceenalkaloiden *Atropin*, *Hyoscyamin* und *Scopolamin*, die annähernd linear verlaufende Absorptionspektronen besitzen, wird die Gestalt der Absorptionskurven hauptsächlich durch die Tropasäure bedingt, auf die auch die beim Erhitzen der Lösungen eintretenden Veränderungen zurückzuführen sind. Da auch *Cocainlösungen* beim Erhitzen Zersetzung erleiden, wie aus der spektralen Untersuchung hervorgeht, ist für Alkalioide der Tropanreihe Sterilisation bei höheren Temperaturen unstatthaft. Wäßrige *Yohimbinsalzlösungen* sind gegen erhöhte Temperatur sehr empfindlich und erleiden auch bei längerem Aufbewahren in Ampullen Zersetzung. Als die zweckmäßigste Art der Sterilisation wird deshalb Tyndallieren vorgeschlagen. Auch *Hydrastinlösungen* verändern sich beim Erhitzen auf etwa 100° weitgehend. Verfahren, bei denen Temperatursteigerung in Frage kommt, dürfen deshalb für die Sterilisation nicht angewendet werden. Im Gegensatz zu Hydrastin zeigt das ihm nahe verwandte *Hydrastinin* große Beständigkeit gegen höhere Temperaturen und gegen Oxydation, was durch die Konstanz der Spektren erwiesen wird. Bedenken gegen eine Dampfsterilisation bestehen hier nicht.

Freitag, den 21. Sept., 8^{1/2} Uhr: Chem. Staatsinst., Gr. Hörsaal.

HORRMANN, Braunschweig: Über Manila-Kopale.

R. EDER und A. Sack, Zürich: Neue Untersuchungen über die Bestimmung des Morphins im Opium und der Glycyrrhizinsäure in *Radix Liquiritiae*. Die 1926/27 von R. EDER und H. MÄRKI veröffentlichte Benzol-Methode zur Morphinbestimmung läßt sich noch dadurch exakter gestalten, daß nicht einfach wie bei der Helfenbergermethode bei jedem Opium dem Auszug eine konstante Alkalimenge zugesetzt wird zur Ausfällung des Morphins und der Nebenalkaloide, sondern daß die Alkalimenge bei jedem Opium so bemessen wird, daß in der wäßrigen Mutterlauge annähernd der p_H 9,1—9,4 (isolektrischer Punkt des Morphins) erreicht wird. Diese Alkalimenge kann durch eine der Bestimmung vorangehende Titration des Opiumauszuges mit n-Alkali unter Benützung des von KOLTHOFF angegebenen Phenolphthalein- α -Naphtholphthalein-Indikatorpapiers ermittelt werden. Dadurch werden die Morphinmengen, die in der wäßrigen Mutterlauge gelöst bleiben, auf ein Minimum reduziert, und es wird möglich, diesen bekannten, unvermeidlichen Fehlbetrag dem Bestimmungsresultat zuzuzählen. Die Benzolmethode ermöglicht die Morphinbestimmung auch in Opiumsorten durchzuführen, bei denen die Helfenbergermethode versagt. — Die bisherigen Methoden sind in verschiedener Hinsicht unbefriedigend. Es wurde versucht, auf einem neuen Prinzip eine Bestimmungsmethode aufzubauen. Die Glycyrrhizinsäure zerfällt durch Hydrolyse in Glycyrrhetinsäure und Glucuronsäure. Letztere liefert bei Destillation mit verdünnter Salzsäure Furfurol, welches sich zur Bestimmung der Glycyrrhizinsäure verwenden läßt. Es wurde unter Benützung der Erfahrungen von TOLLENS, KRÖBER und STEENBERGER abdestilliert und dann nach UNGER und JÄGER in Form der Barbitursäureverbindung bestimmt. Reine Glycyrrhizinsäure liefert i. M. 13,75% ihres Gewichtes Furfurol-Barbitursäure. Da Hexosen störend wirken, müssen diese bei der Glycyrrhizinsäurebestimmung in Süßholzwurzel zuerst entfernt werden. Das geschieht durch Fällen der Glycyrrhizinsäure aus dem salzauren Auszug der Droge in 50proz. Alkohol mit neutralem Bleiacetat. Hexosen und evtl. andere störende Stoffe bleiben in der Lösung. Der Bleinieder-

schlag wird dann mit verdünnter Salzsäure destilliert, und die Furfurol-Barbitursäure gewogen. Das Verfahren läßt sich auch bei *Succus liquiritiae* anwenden.

P. CASPARIS, Basel: Neuere Untersuchungen über die Inhaltsbestandteile der frischen *Kola*. Aus frischen, mit Alkoholdampf stabilisierten Kolanüssen konnte eine bisher unbekannte, krystallisierte Coffein-Gerbstoffverbindung isoliert werden. Dieselbe ließ sich in ihre beiden Komponenten zerlegen und aus denselben wieder synthetisieren. Der ebenfalls krystallisierende Gerbstoff, dem der Name *Colatannin* beigelegt wurde, ist nicht identisch mit einem der beiden von GORIS isolierten Gerbstoffe dieser Droge; er findet sich zum Teil an Coffein gebunden, zum Teil frei in einer Gesamtmenge von 2—3% in der Droge vor und dürfte der Hauptgerbstoff derselben sein. Eigenschaften und Zusammensetzung der neuen Körper, sowie einige Derivate des *Colatannins* werden beschrieben und einige Angaben gemacht über die Wirkung des Coffein-Colatannins.

K. NEUMAYER, Wien: Über organotherapeutische Präparate in den Arzneibüchern und ihre Untersuchungsmethoden. 1. In einigen Arzneibüchern erscheinen die Prüfungsmethoden für organotherapeutische Präparate zu wenig berücksichtigt, in anderen sind die angegebenen Methoden unzulänglich. Es wird auf die Zweckmäßigkeit der Einführung physikalisch-chemischer Konstanten auch für diese Drogen hingewiesen. 2. Es wird eine Methode beschrieben, welche es ermöglicht, von getrockneten tierischen Organen — auch von pulverisierten — brauchbare Mikrotomschnitte anzufertigen. Nach Behandlung der Schnitte mit einer Differentialfärbung können Organe auf Grund ihres histologischen Aufbaues erkannt werden. 3. Es wird ein einfacher und schnell durchführbarer Jodnachweis aus Schilddrüsensubstanz beschrieben.

G. URDANG, Berlin: Geschichte der Pharmazie im letzten Jahrhundert. In den letzten Jahren ist, an erster und entscheidender Stelle von der im Jahre 1926 gegründeten Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie, eine lebhafte Werbetätigkeit für die Anteilnahme des Apothekerstandes an der Geschichte seines Berufes und seiner Wissenschaften eingetreten, deren Ergebnisse dargelegt werden. In bisher nicht gekanntem Umfang erschienen in Deutschland Arbeiten über die Geschichte einzelner Apotheken, systematische Zusammenfassungen von Schilderungen über Apothekerfamilien und pharmazeutische Dozenten, sowie eine sehr beachtliche Bibliographie, die teils in den Fachzeitschriften, teils als selbständige Veröffentlichungen zum Abdruck gelangten. Daneben nehmen die Publikationen der Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie eine besondere Stellung ein. An die Stelle des liebhaberischen Dilettantismus ist auf dem Gebiete der pharmazeutischen Geschichtsschreibung und -forschung eine sachlich-systematische Gründlichkeit getreten, die schönen Erfolge verspricht.

R. FISCHER, Innsbruck: Der Saponin-Nachweis mit Blutgelatine. Die bisher zur Untersuchung von Pflanzen verwendeten mikrochemischen Saponinreaktionen sind nicht spezifisch und wenig empfindlich. Es wird daher die Blutgelatine zum mikroskopischen Nachweis in der Pflanze herangezogen. Methodik: Schnitte durch die zu untersuchenden Pflanzenteile werden auf einem gekühlten Objekträger in einen Tropfen halb erstarnte Blutgelatine eingelegt, und die Ausbildung des hämolytischen Hofes um den Schnitt beobachtet. (Demonstration.) Um Verwechslungen mit anderen hämolytisch wirkenden Stoffen auszuschalten, werden Kontrollversuche angestellt mit Schnitten, die vorher

mit einer Lösung von Cholesterin in Aceton behandelt wurden. Mit dieser Methode gelingt die Lokalisationsbestimmung des Saponins in der Pflanze, wird die Auffindung neuer Saponinpflanzen ermöglicht, zum mindesten erleichtert und können die Veränderungen in der Saponinverteilung während der Entwicklung der Pflanze verfolgt werden. Ferner kann das Verhalten des Saponins in der Zelle bezüglich Löslichkeit und Dialysierfähigkeit beobachtet und bei Verwendung von verschiedenen Wasserstoffionenkonzentrationen zur Bereitung der Blutgelatine aus dem Ausfall des Hämolysversuches auf manche Eigenschaften des Saponins geschlossen werden.

14^h, Uhr: Chemisches Staatsinstitut, Gr. Hörsaal.

K. WINTERFELD, Freiburg i. Br.: Neuere Ergebnisse über die Konstitutionsforschung des Sparteins. Die von MOUREU und VALEUR auf Grund des Verhaltens beim HOFMANNschen Abbau aufgestellte Konstitutionsformel für das Spartein ist als nicht richtig anzusehen. Der gemeinsam mit W. IPSEN durchgeführte „modifizierte“ HOFMANNsche Abbau ergab, daß im Gegensatz zu den Angaben von MOUREU und VALEUR die Anlagerung von Jodmethyl schon in der zweiten Phase des Abbaus auch an dem zunächst schwächer basischen Ringsystem stattfindet. Das Verhalten gegen Mercuriacetat spricht gleichfalls für eine Verschiedenheit der beiden Ringsysteme des Sparteins. Der von mir ausgeführte schrittweise Abbau, der einmal das stärker basische Ringsystem zum Ausgangspunkt hatte, das andere Mal das schwächer basische, führte in dem ersten Falle zu einem Chinclidin-Abkömmling, in dem anderen Falle zum α -Methyl-Pyrrolidin.

H. KAISER, Stuttgart: Ein neuer Vorschlag zur Gehaltsbestimmung von Liquor Cresoli saponatus. Durch direkte Destillation von Liquor Cresoli saponatus aus einem Fraktionierkolben bis zu 210° (während der sich aus den einzelnen Siedepunktsintervallen stets feststellen läßt, was übergeht), erhält man den wässrigen Anteil und die Kresole. Das Destillat wird in einer graduierten Röhre (bis in Zehntelkubikzentimeter unterteilt) aufgefangen, und der Stand der Flüssigkeit nach der Anzahl Kubikzentimeter sofort festgestellt. Nach dem Aussalzen der Kresole mit Natriumchlorid wird deren Menge ebenfalls nach Kubikzentimetern ermittelt. Zieht man die zuletzt erhaltene Anzahl Kubikzentimeter von der des ursprünglich festgestellten Gesamtdestillates ab, so erhält man den vorhandenen Wassergehalt. Aus einer bestimmten Menge des Seifenrückstandes (bezogen auf die Gesamtmenge) bestimmt man z. B. nach den einheitlichen Untersuchungsmethoden für die Fettindustrie die Gesamtfettsäuren. Die abdestillierten Kresole, die wieder verwertbar sind, werden auch auf die Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen geprüft.

G. FENNER, Radeburg: Zur Beurteilung von Versuchsergebnissen und über deren mathematische Auswertung mit besonderer Berücksichtigung der Versuche über die Wirkung kleinsten Entitäten. Über die Wirkksamkeit kleinsten Entitäten erschien 1923 eine Arbeit von L. KOLISKO. Hier wurde angeblich bewiesen, daß Stoffe wie z. B. Eisensulfat noch bis zu Verdünnungen von 1:10³² eine erhebliche Wirkung entfalten. In einer späteren Arbeit wurden noch positive Ergebnisse bis zu 1:10¹⁸⁰ mitgeteilt. Diese Versuche werden einer mathematischen Kritik unterzogen und zum Teil nachgeprüft. Die Unhaltbarkeit der Behauptungen betrifft Wirkung immaterieller „Entitäten“ wird festgestellt. Dabei wird Bezug genommen auf andere ähn-

liche Versuche von SAXL, JUNKER und KRAWKOW und Kritik daran geübt. Alles anscheinend Mystische wird auf das richtige Maß zurückgeführt. Es wird schließlich der Vorschlag gemacht, daß durch Anwendung der (besonders in JOHANSEN, Elemente der exakten Vererbungslehre, dargestellt) mathematischen Methode in Zukunft die Fehler vermieden werden müssen, ferner daß die physikochemischen Methoden der Messung kleinsten Mengen zu benutzen sind.

F. WRATSCHKE, Wien: Die Volum- und Refraktionsverhältnisse in pharmazeutischen Tinkturen. Einfluß des Lösungsmittels auf die physikalischen Verhältnisse des gelösten Stoffes. Lösungsformel. Bedeutung des Ausdruckes „de“ als Bezeichnung für die aus der Lösung berechnete Dichte im Verhältnis zur wirklichen Dichte der homogenen Substanz. Auswertung von „de“ für die speziellen Verhältnisse in Tinkturen. Alkoholformel. Der Wert „a“. Einfluß des Alkohol- und Extraktgehaltes auf die Refraktionskonstante. Brechungsindex und spezifisches Gewicht als die beiden Bestimmungsstücke zur Berechnung des Alkohol- und Extraktgehaltes im Sinne der Auflösung von zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten. Graphische Darstellung der betreffenden Verhältnisse. Praktische Anwendung: Refraktodensimetrie.

H. P. KAUFMANN, Jena: Neue Anwendungen physikalischer Methoden in der Fettanalyse. Der Vortragende beschreibt die Anwendung der Lumineszenzmessung mit Hilfe des von PULFRICH konstruierten Stufen-Photometers, der Interferometrie und des spektroskopischen Nachweises von Nickel in der Fettanalyse. Letztgenanntes Verfahren dient zur Erkennung der äußerst geringen Mengen von Nickel in gehärteten Fetten, die von dem Nickelkatalysator auch bei bester Raffinierung zurückbleiben. Sie sind mit chemischen Methoden nicht nachzuweisen. Das Fett wird mit ätherischer Salzsäure ausgezogen; die Abscheidung des Nickels aus dem Rückstand auf elektrolytischem Wege und die spektrographische Aufnahme geschieht im wesentlichen nach dem Verfahren von JOLIBOIS. Stufen-Photometer und Interferometer werden zu fettanalytischen Zwecken in geeigneten Abänderungen benutzt.

Abteilung 7: Geophysik.

Mittwoch, den 19. September, 14 Uhr: Universität, Hörsaal 1.

STÜVE, Frankfurt a. M.: Über die Polarfront und Äquatorialfront. Die Polarfronttheorie in der ursprünglichen von BÆRKNES und seinen Mitarbeitern begründeten Form geht von dem Grundgedanken aus, daß eine Diskontinuität existiert zwischen den in den polaren Gebieten abgekühlten und den in den niederen Breiten erwärmten Luftmassen. Die Zyklonen und Antizyklonen werden erzeugt durch Wellen an dieser Diskontinuität, der Polarfront. Die potentielle Energie wird geliefert durch die Temperaturdifferenz an der Polarfront. Der ärologische Befund hat aber ergeben, daß mehrere Diskontinuitäten vorhanden sind, wobei nicht nur Flächen mit Aufgleitbewegung, sondern auch solche mit Abgleitbewegung festgestellt wurden, so daß auch das Absinken in antizyklonalen Gebieten erklärt ist. Die Energie der Zyklonen liegt auch nicht an den Diskontinuitäten allein, sondern die allgemeine Temperaturverteilung ist maßgebend; auch ist das Auf- und das Abgleiten nicht an die Diskontinuitäten gebunden. Diese sind nur Verstärkungsstellen der potentiellen Energie und der Gleitbewegungen, und sie bestimmen die Formen und Niveaus der Wolken. Wichtig sind auch für die Zyklonen die Vorgänge in den oberen Atmosphärenschichten, nämlich die Druck-

wellen, die durch Bewegungen der Äquatorialfront bedingt sind. Auch hier haben die Diskontinuitäten nur sekundäre Bedeutung. Die Stratosphärengrenze ist keine Gleitfläche.

R. MÜGGE, Frankfurt a. M.: *Bemerkungen zur Äquatorialfront.* Eine sehr bekannte Wetterlage wird häufig als eine Folge der Vorstöße und Rückzüge der Polarfront beschrieben. Wechsel zwischen polarer und subtropischer Luftzufuhr, absteigende Bewegungen bei steigendem Barometer, aufgleitende bei fallendem, alias: Rückseiten und Vorderseiten sind ihre Kennzeichen. Gemeinsam ist diesem Wettertyp eine warme „polare Stratosphäre“ mit niedrigem Druck in der Höhe. Umgekehrt verhält sich ein zweiter Typ, der durch stratosphärische Kälte und Hochdruck in der Höhe bedingt ist. Auch hier gibt es Hochs und Tiefs am Erdboden, letztere meist als Folge zu starker Erwärmung, heiteres Wetter bei fallendem, trübes bei steigendem ist jetzt die Regel. Es ist üblich, diesen Zustand als eine Folge vorstoßender Kaltluftmassen in der Substratosphäre (Äquatorialfront) zu deuten. Während aber der Polarluftvorstoß nur die eine, vorübergehende Phase des ersten Wettertyps, die „Rückseite“ bedingt, soll hier der äquatoriale Kältevorstoß den gesamten oft langhaltenden Witterungstyp bedingen. Dies erscheint unwahrscheinlich, der Zustand in der Höhe, der in der Tat für den Witterungscharakter längerer Zeiten maßgebend ist, wird nicht durch Advektion woandersher, sondern an Ort und Stelle bedingt, und zwar durch die Stärke der Rückstrahlung. Der stratosphärische Tiefdruck beruht auf starker langwelliger Rückstrahlung, diese auf der Armut an Wasserdampf in den unteren Schichten; umgekehrt wird bei großen Dampfmengen in den unteren Schichten die Rückstrahlung abgefangen, und die hohen Schichten werden sehr kalt, wir bekommen den stratosphärischen Hochdruck.

WEICKMANN, Leipzig: *Über den Nachweis von atmosphärischen Druck- und Temperaturschwankungen periodischer Art.*

E. KUHLBRODT, Hamburg: *Das Strömungssystem der Luft über dem tropischen Atlantischen Ozean nach den Höhenwindmessungen der Meteor-Expedition.* Auf der Deutschen Atlantischen Expedition (Meteor) 1925/27 wurden in den tropischen Breiten zwischen 20° N und 20° S mehr als 400 Pilotballonaufstiege ausgeführt mit einer erreichten mittleren Höhe von $8\frac{1}{2}$ km (Maximum 21 km). Die Messungen wurden *systematisch* angestellt auf 8 Schnitten über den Ozean, täglich zweimal. Ihre Bearbeitung ist im Gange und wird noch längere Zeit beanspruchen. Einige wesentliche Ergebnisse lassen sich bereits jetzt erkennen bezüglich der großen Schichtung der Luftströmungen nach Richtung und Geschwindigkeit und deren systematischer Änderung mit der geographischen Breite und Länge. Besonders über die Winde in der Substratosphäre und der untersten Stratosphäre bringen die Beobachtungen neue Ergebnisse.

SCHMIDT, Wien: *Neue Beobachtungen über die Turbulenz des Windes.*

KÖLZER, Berlin: *Beiträge zur Schallausbreitung in der Atmosphäre.* Die ausgeführten Sprengungen zur Erforschung der Schallausbreitung in der Atmosphäre u. a. müssen noch nach 2 Richtungen hin ausgebaut werden, wobei ganz besonderer Wert auf die gleichzeitige und lückenlose Ermittlung der Witterungseinflüsse zu legen ist. Vortragender zeigt ein neues Verfahren, welches in einfacher Weise gestattet, die für die Schallausbreitung wichtigen Witterungseinflüsse zur

Darstellung zu bringen und aus ihrem Verlauf Rückschlüsse auf den Verlauf der Strahlen auf nahe Entferungen bis etwa 20 km zu ziehen. Eine nahezu ideale Übereinstimmung mit der Theorie erfordert peinlichste Zeitkontrolle, ferner gestattet das Verfahren, Anhaltspunkte über die mitunter merkwürdige Intensitätsverteilung in verschiedenen Azimuthen von der Schallquelle zu gewinnen. Diese Ergebnisse dürften auch für die Untersuchungen der Schallausbreitung auf weite Entfernungen nicht ohne Wert sein.

FR. BAUR, Falkensee b. Berlin: *Statistische Mechanik der Atmosphäre.* Es ist sehr unwahrscheinlich, daß wir je über so vollständige Beobachtungen aus der ganzen Erdatmosphäre verfügen werden, daß wir aus einem gegebenen Anfangszustand im Sinne der klassischen Mechanik die Bewegung eines beliebig abgegrenzten Massenteils der Atmosphäre in ihrem zeitlichen Ablauf eindeutig bestimmen könnten. Diese Überlegung weist gebieterisch auf die Notwendigkeit hin, zur Lösung gewisser Aufgaben der atmosphärischen Physik, insbesondere ihres Hauptproblems, der Wettervorhersage, eine andere Berechnungsweise — eine statistische Mechanik der Atmosphäre — aufzubauen. Sie geht nicht von apriorischen, auf Annahmen über sog. „gleichmögliche Fälle“ gestützten Wahrscheinlichkeiten aus, sondern von empirischen relativen Häufigkeiten und von dem Axiom, daß diese rel. Häufigkeiten Grenzwerte besitzen. Aus den beobachteten rel. Häufigkeiten lassen sich ableiten: 1. Maßzahlen, die die obwaltenden Zusammenhänge kennzeichnen und zahlenmäßig vergleichbar machen, 2. Verteilungen (Wahrscheinlichkeiten) der aus den Ausgangskollektiven im Hinblick auf die jeweils gestellte Aufgabe abgeleiteten neuen Kollektive. Die erste Art wird durch ein Beispiel aus der Statistik, die zweite durch ein Beispiel aus der Thermodynamik der Atmosphäre erläutert.

SEILKOPF, Hamburg: *Meteorologische Forschungen auf dem Nordatlantischen Ozean als Vorbereitung transatlantischen Luftverkehrs.* Dem Schiffverkehr auf dem Ozean folgt der Luftverkehr. Wie für die Schiffahrt das Meer vermessen wird, muß für die Luftfahrt das Luftmeer vermessen werden. Zur Vorbereitung transatlantischen Luftverkehrs hat die Deutsche Seewarte mit Unterstützung von Schiffahrt und Luftfahrt seit 1922 9 meteorologische Forschungsfahrten durchgeführt. Auf diesen sind bisher mehr als 1000 Höhenwindmessungen auf dem Atlantischen Ozean gewonnen worden. Die eingebrachten Beobachtungen gestatten bereits einen Überblick über das Stromfeld der Luft über dem Nordatlantischen Ozean. Das räumliche Stromfeld ist jedoch nicht stationär, sondern schwankt mit der Wetterlage. Hinzu treten die Störungen, die Inseln und Küsten als Hindernisse der Luftströmung entstehen lassen. Die Strömungsvorgänge an diesen Hindernissen werden aus der PRANDTLSchen Grenzschichttheorie abgeleitet. Richtet sich die meteorologische Großnavigation der Luftfahrzeuge nach dem räumlichen Stromfeld im großen, so bildet die Kenntnis der Strömungsvorgänge an Hindernissen die Grundlage für die Kleinnavigation.

GEORGI, Hamburg-Großborstel: *Ergebnisse von Pilotballonaufstiegen im Gebiet von Island.* Bei zweimaligem Aufenthalt in NW-Island im Sommer 1926 und 1927 konnte festgestellt werden, daß Ausbrüche polarer Luft periodisch die Dänemarkstraße südwärts passieren, deren Höhe mindestens bis zur Stratosphäre reicht. Das Maximum der Luftversetzung findet sich oberhalb von 10 km Höhe. Da ein entsprechender Druckanstieg fehlt, kann es sich hierbei nicht um

echte polare Kaltluft handeln. Diese periodischen Ausbrüche werden als Andeutung einer eigenen Zirkulation im Raum zwischen Island und Spitzbergen aufgefaßt und mit der Periodizität der Zyklen (Zyklonen-Familien nach J. BJERKNES) in Verbindung gebracht. Die sehr steile und hochragende Grenze zwischen polarer und äquatorialer Luft bietet für die Anwendung des BJERKNESSEN Zykロンenschemas gewisse Schwierigkeiten, die näher erörtert werden.

Donnerstag, den 20. September, 9 Uhr: Universität, Hörsaal 1.

TAMS, Hamburg: Die Seismizität der Ozeane und Kontinente. Nach einem kurzen geschichtlichen Überblick werden einige Ergänzungen zu dem bisherigen Bild von der Seismizität der Erde gegeben. Diese betreffen die höheren nördlichen wie die höheren südlichen Breiten sowie ferner den südöstlichen Teil des Pazifik und den Indik. Außer den bekannten randlichen Schüttgebieten zeigt im offenen Pazifik noch der zwischen der Oster-Insel, den Galapagos-Inseln und den südamerikanischen Tiefseerinnen gelegene Teil seines Meeresbodens eine lebhafte, sich auch in Fernregistrierungen äußernde Bebentätigkeit; und im offenen Indik fällt namentlich je ein reges Stoßgebiet halben Wegs zwischen Sumatra und den Tschagoss-Inseln sowie südöstlich von Madagaskar auf. Zwei Karten geben näheren Einblick in diese Verhältnisse. Sodann wird in eine vergleichende Betrachtung der drei großen Ozeane eingetreten und ihre seismische Beziehung zu den Kontinenten erörtert. Es wird nicht für wahrscheinlich gehalten, daß Kontinentschollen und Ozeanböden Repräsentanten zweier verschiedener Schalen der Erdkruste, nämlich einer Sial- bzw. Simasphäre, sind. Zum Schluß wird unter besonderer Berücksichtigung auch der Schwerkraftsverhältnisse zur Frage der Tiefseerinnen Stellung genommen.

H. RENQVIST, Helsingfors: Über kartographische Darstellung der Seismizität. Die Punktmetode von DE MONTESSUS DE BALLORE ist nicht befriedigend, seine Bedenken gegen iso-Linien sind nicht überzeugend. Als Maß der Seismizität einer Ortschaft wird die Zahl vorgeschlagen, die aussagt, wievielmal in 100 Jahren Erdbeben dort verspürt worden sind. Von jedem Beben werden die Umrisse des Schüttgebietes festgestellt und in Karten eingetragen. Mit Hilfe einer mit regelmäßigen Punktnetzen versehenen Pausenkarte wird die Summenzahl der Fälle von Erdbeben für jeden Punkt des Netzes ermittelt. Die Summenzahlen dienen zur Auftragung von Linien gleicher Erdbebenhäufigkeit. Durch dieses Verfahren macht man sich möglichst frei vom Zufall und von der Bevölkerungsdichte sowie vom Takt des Bearbeiters und entgeht der oft schweren Fixierung des Epizentrums. Obschon die Intensitäten nicht berücksichtigt werden, machen sich die häufigsten Epizentralgebiete doch im schließlichen Kartenbild deutlich geltend. Die Methode ist für die Erdbeben von Finnland angewendet worden, und die seismische Karte des Landes weist auf einen Zusammenhang der seismischen Ereignisse und der aktuellen Landhebung hin.

CONRAD, Wien: Das Schwadorfer Beben vom 8. Oktober 1927.

ANGENHEISTER, Potsdam: Natürliche und künstliche Schichtschwingungen.

B. GUTENBERG, Darmstadt: Bodenunruhe durch Brandung und durch Frost. Durch das Galitzin-Horizontalpendel auf dem Feldberg (Taunus) wurden vom Oktober 1927 bis August 1928 nur 2 Arten der Boden-

unruhe aufgezeichnet: Regelmäßige Wellen mit Perioden von 4 bis 10 Sekunden, welche mit zunehmender Brandung an den Küsten Westeuropas (besonders Island, Schottland) anwuchsen, und unregelmäßige Bewegungen mit Perioden von $1/3$ bis 1 Minute, die nur auftraten, wenn die Temperatur in Mitteleuropa den Nullpunkt erreichte und unterschritt. Da die zuerst erwähnte Bewegung keinen Parallelismus zum Luftdruckminimum zeigte, auch nicht, wenn es über dem Ozean lag, ist es sehr unwahrscheinlich, daß entsprechend der Ansicht von E. GHERZI Druckschwankungen die Ursache der Bewegung sind, vielmehr ist die Brandung als Ursache der Bewegung anzusehen. Alle auftretenden Erscheinungen sind physikalisch erklärbar. Die anderen Bewegungen waren bei neu einsetzendem Frost relativ stark, nahmen aber bei andauerndem oder abnehmendem Frost schnell ab, sind also vom gefrorenen Boden unabhängig; vielmehr scheint das Gefrieren des Bodens wesentlichen Einfluß zu haben. — Kurz- oder langperiodische Bewegungen durch Wind wurden trotz ca. 1000facher Vergrößerung für die in Frage kommenden Perioden nie aufgezeichnet.

ULLER, Gießen: Die geführten elastischen Zweimittelwellen. Es gibt Wellen, die von der Grenzfläche zweier Mittel geführt werden. Dabei muß man unterscheiden, ob Gleitung behindert — etwa durch Adhäsion oder Pressung — oder ob sie zugelassen ist, wobei die Gleitspannung gleich dem Reibungsbeiwert mal Gleitgeschwindigkeit zu setzen ist. Die geführte Verdünnungswelle ist nur in Fällen, die praktisch kaum zu verwirklichen sind, möglich. Die geführte Scherungswelle hat eigene Wellenlänge und Verlöschung sowie die Verrückungen und Spannungen stets parallel zur Trennfläche und senkrecht zur Fortpflanzung; sie sind auch immer stetig, gleichgültig ob Gleitung behindert oder unbehindert belassen ist. In dem geführten Wellenpaar, bestehend aus einer Verdünnungs- und einer Scherungswelle auf jeder Seite der Trennfläche in Koppelung miteinander, beziehen sich die physikalischen Grenzbedingungen auf die Überlagerung seiner beiden Komponenten. Dabei liegen die Tangentialverrückungen und -spannungen in der Fortpflanzungsrichtung. Bei unbehinderter Gleitung kann es jede Wellenlänge und Verlöschung haben, bei behinderter nur bestimmte; im ersten Falle verursacht es Gleitung. Je nach dem Stärkeverhältnis der Normalkomponente zu der Tangentialkomponente macht das Wellenpaar das aus, was man gemeinhin Longitudinal- bzw. Transversalwelle in begrenzten Körpern nennt.

SCHUH, Rostock: Geophysikalische Untersuchungen in Mecklenburg. Im Winter 1927/28 wurde das westliche Mecklenburg mit der A. SCHMIDTSchen Feldwage für Vertikalintensität vermessen. Die Untersuchung erstreckte sich auf ein Gebiet, das im Westen etwa durch die Linie Lübeck—Ratzeburg—Zarrentin—Boizenburg, im Osten durch die Linie Wismar—Schwerin begrenzt wird. Ein Vergleich der auf Grund dieser Vermessung entworfenen Isanomalienkarte mit den aus jener Gegend bekannten geologischen Daten zeigt interessante Beziehungen. Sehr deutlich prägt sich eine Störungslinie aus, an der Schichten der oberen Kreide gegen Jungtertiär abstoßen. Der bei der magnetischen Vermessung I. Ordnung für die Station Gottmannsförde gefundene abnorm hohe Störungswert hat sich als unrichtig herausgestellt.

15 Uhr: Universität, Hörsaal 1.

AD. SCHMIDT, Potsdam: Der Stand der erdmagnetischen Forschung. Fortschritte in der Kenntnis des

Hauptfeldes; einheitliche Vermessung der Ozeane durch L. A. BAUER; Bestätigung des potentiallosen und des äußeren Feldes. Säkularvariation: periodische Schwankung des Moments; Feststellung starker zeitlicher und örtlicher Anomalien; wachsende Wahrscheinlichkeit der alten Hypothese von der Existenz eines relativ zur Erdrinde rotierenden Erdkerns. Theorien über die Ursache der homogenen Magnetisierung. Variationen (solare und lunare): Bestätigung der Theorien von SCHUSTER und CHAPMAN; Fortschritt gehemmt durch den Mangel an Observatorien auf der Südhalbkugel. Einfluß der Aktivität der Sonne: Verstärkung und Verschiebung der wirksamen Stromsysteme; noch unerklärte Schwankung nach Sternzeit-Störungen, Polarlichter, Erdströme. Mittlerer Verlauf der plötzlich einsetzenden Störungen (Moos). Nachstörungsfeld; Theorie von BIRKELAND und STÖRMER; Photogrammetrie der Nordlichtstrahlen; Einfluß der Aktivität; 27- und 30tägige Periodizität; Charakterzahlen. Auch hier empfindliches Hemmnis der Mangel an südlichen und an polaren Stationen.

H. REICH, Berlin: Lokale und regionale magnetische Anomalien in Schleswig-Holstein. Aus dem Ergebnis lokaler magnetischer Aufnahmen in Schleswig-Holstein kann gefolgt werden, daß schmale, steile Aufragungen (Horste) diamagnetischer Gesteine (Salz, Kreide) dann lokale Minima hervorrufen, wenn sie bis zur Tagesoberfläche reichen oder ihr wenigstens sehr nahe kommen. Die regionalen Übersichtsaufnahmen der Z-Komponente des Erdmagnetismus durch den Vortragenden in Schleswig-Holstein zeigen dagegen, daß die hierbei aufgedeckten Anomalien zu den oberflächennahen Schichten und ihrem Aufbau nur indirekte Beziehungen haben, daß sie vielmehr durch die Struktur des tiefen (kristallinen) Untergrundes bedingt sind. Es ergeben sich wichtige Beziehungen zum heutigen Küstenverlauf und zu den Anomalien der Schwerkraft.

KOENIGSBERGER, Freiburg i. Br.: Über den Einfluß von Geländeunebenheiten auf erdmagnetische Messungen. Die Unebenheiten des Geländes geben eine topographische Wirkung auf die magnetische Vertikalintensität Z, ähnlich wie bei den Schweremessungen. Doch ist dieser Effekt nicht einfach berechenbar. Man kann aber ableiten, daß für eine bestimmte Suszeptibilität K die größtmögliche positive und negative Änderung von $Z = \pm 4\pi K Z$ ist. Die Wirkung ist auch außerhalb der extremalen für kleine K diesem proportional. — In einem Gneißgebirge war die beobachtete größte Differenz zwischen benachbarten Gipfeln (Max.) und Schluchten (Min.) etwa 120γ . Steinbrüche mit vertikalen Wänden an einer Ebene müssen ebenfalls eine negative Wirkung geben, die für denselben Gneiß im Mittel etwa -40γ war. Auch Gräben in einer Ebene, z. B. Kiesgruben in Alluvialebene, haben ein verringertes Z, ca. -25γ . Bei Gesteinen mit verschwindendem K ist die beobachtete Wirkung gleich null. Die Wirkung hängt von dem Gefälle der Begrenzungsfächen gegen die Horizontale ab, ob auch von dem Winkel mit der Vertikalebene durch den magnetischen Meridian, was theoretisch gefordert wird, war noch nicht festzustellen. Die topographische Wirkung ermöglicht es, die Suszeptibilität von Gesteinsmassen unter den natürlichen irdischen Bedingungen zu bestimmen.

W. POLLAK, Prag-Smichov: Das Periodogramm der internationalen erdmagnetischen Charakterzahlen. Mit Hilfe des Lochkartenverfahrens und eines neuen „Handweisers zur harmonischen Analyse“, welcher die Berechnung der höheren Glieder der BESSELSchen Reihenentwicklung mechanisiert, wurden 21 Jahrgänge

der internationalen erdmagnetischen Charakterzahlen nach kohärenten und nichtkohärenten Perioden durchforscht. Die Leistungsfähigkeit der hier zum erstenmal erprobten maschinellen und sonstigen neuen Hilfsmittel geht am besten aus der Tatsache hervor, daß das *in wenigen Tagen* berechnete Periodogramm äquivalent ist der Umordnung von nicht weniger als 450 000 Einzelwerten. Trotzdem die Hauptvoraussetzung zur Ableitung eines Periodogramms (die Persistenz der Wellen) bei den erdmagnetischenrscheinungen nicht erfüllt ist, treten einzelne Perioden mit einem auffallend hohen Grade von Wahrscheinlichkeit im Periodogramm heraus.

M. RÖSSIGER, Clausthal: Die Messung der Horizontal- und Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes mit dem Magnetron. Es wird ein Apparat angegeben, mit dem die Horizontal- und die Vertikalintensität nach einer Nullmethode auf 40γ genau getrennt gemessen werden können. Als Indikatorinstrument dient eine Elektronenröhre („Magnetron“), deren Anodenstrom mittels eines konstanten Hilfsfeldes in das steile Gebiet der magnetischen Rohrcharakteristik verlegt ist, in dem er gegen Magnetfeldänderungen empfindlich ist. Eine besondere Schaltung eliminiert den Einfluß ungewünschter Heizstromschwankungen. Die Messung geschieht durch Drehung der Röhre um 180° um eine vertikale bzw. horizontale Achse. Die hierbei eintretende Anodenstromänderung wird rückgängig gemacht durch das Magnetfeld einer mit dem Rohr starr verbundenen Helmholtzspule. Aus Stromstärke und geometrischer Abmessung dieser Spule ergibt sich unmittelbar die gesuchte Komponente des Erdfeldes.

• MÜLLER, Köln: Das Magnetfeld einer elektrischen Strömung im anisotropen leitenden Halbraum.

Freitag, den 21. September, 9 Uhr: Universität, Hörsaal 1.

W. MEINARDUS, Göttingen: Der Wasserhaushalt der Antarktis in der Eiszeit. Der Inhalt läßt sich kurz in den Satz zusammenfassen, daß die stärkere Vereisung der Antarktis in der Vorzeit durch eine verstärkte Luftzirkulation und erhöhte Temperatur bedingt sein mußte.

JUNG, Potsdam: Beitrag zur Auswertung von Drehwagenmessungen.

R. SÜRING, Potsdam: Ergebnisse und Aufgaben der meteorologischen Strahlungsuntersuchungen. Unter meteorologischen Strahlungsuntersuchungen sind hier solche im Wellenbereich zwischen $0,3$ und 14μ verstanden. Da der Wert der Ergebnisse vielfach von der Zuverlässigkeit der Meßmethoden abhängt, werden zunächst die Fortschritte der Strahlungsapparate besprochen. Die Ergebnisse werden in 5 Gruppen geordnet: 1. Strahlungsklimatische Untersuchungen. 2. Messungen in verschiedenen Spektralbereichen. 3. Theoretische und experimentelle Arbeiten über den Energieaustausch zwischen Atmosphäre und Erde. 4. Klimastörungen, die sich in Anomalien des Durchlässigkeitskoeffizienten für Strahlung und der Lufttrübung äußern. 5. Schwankungen der Solarkonstanten. Soweit die künftigen Aufgaben der Strahlungsforschung nicht schon bei den Ergebnissen erwähnt sind, werden noch besprochen: 1. Messungen im Luftfahrzeug und im Hochgebirge. 2. Beziehungen zwischen Trübung und Wetterlage (Einfluß von Wasserdampf und Ozon) und 3. Standardisierung der Instrumente.

CHR. JENSEN, Hamburg: Der gegenwärtige Stand und die Aufgaben der Himmelsphotometrie. Wenn auch im wesentlichen vom direkten Sonnenlicht abgeschen werden muß, so ist doch dasselbe — vor allem im Hin-

blick auf den von LINKE eingeführten Trübungsfaktor, der mehr und mehr mit den verschiedensten Teilphänomenen in Verbindung gesetzt werden muß — nicht völlig zu vernachlässigen. Von der Beleuchtung durch Himmel (H) bzw. Sonne (S) und dem besonders wichtigen Verhältnis H/S abgesehen, wird das Hauptaugenmerk auf die Helligkeits- und Polarisationsverhältnisse am Himmel in ihrer gegenseitigen Verkettung und in ihrer Abhängigkeit von dem mehr oder weniger großen Schwankungen unterworfenen atmosphärischen Reinheitsgrad gelegt. — Was die ferneren Aufgaben betrifft, so ist, von sonstigen instrumentellen Fragen abgesehen, durch Wahl genau definierter Filter usw. erheblich mehr als bisher die Homogenität bezüglich der untersuchten Spektralbezirke bei den verschiedenen Beobachtern und auch bei den verschiedenen Einzelaufgaben zu erstreben. Die Hauptaufgabe auf theoretischem Gebiet erblickt Referent darin, daß ernstlich an weitere Untersuchungen zur Entscheidung der Frage der Bedeutung der sekundären — bzw. auch tertiären — Diffusion für die Polarisations- und Helligkeitsverhältnisse am Himmel herangegangen wird.

K. WÖLCKEN, Göttingen: Weitere Messungen der durchdringenden Höhenstrahlen. Von der durchdringenden Höhenstrahlung (HESSsche Strahlung, Ultra- γ -Strahlung) wissen wir sicher nur, daß sie existiert, daß ihr Massenabsorptionskoeffizient $\frac{\mu}{\rho}$ von der Größenordnung $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ ist, daß die Strahlungsquelle in über 30 km Höhe liegen muß, und daß eine gleichartige terrestrische Strahlung nicht bekannt ist. Sehr wahrscheinlich ist diese Strahlung eine äußerst kurzwellige γ -Strahlung. Die Messungen von KOLHÖRSTER, v. SALIS und K. BÜTTNER weisen auf einen kosmischen Ursprung hin, die Strahlung zeigt eine tägliche Periode, die von der Sternzeit abhängt. Dem widersprechen Messungen von MILLIKAN, HOFFMANN, STEINKE und J. CLAY. Weitere Messungen von WÖLCKEN im Mont-Blanc-Gebiet und in Göttingen bestätigen die tägliche Periode, jedoch nur bei jeweiliger Mittelung der Einzelwerte über den Bereich von mindestens einer Stunde. Eine Abnahme der relativen Amplitude bei Abschirmung durch Luft, Eis oder Blei ist nicht sichergestellt. Registrierungen in Göttingen weisen auf Schwankungen wesentlich kürzerer Dauer hin, die nicht durch die Annahme eines Durchgangs des Strahlungszentrums durch den Meridian erklärt werden können.

MÜLLER, Kassel: Verteilung und Nachweis der radioaktiven Substanzen in den obersten Schichten der Erdkruste.

R. STOPPEL, Hamburg: Ergebnisse meiner Untersuchungen der Messungen des Erdpotentials. Die Ladung der Erde wird als eine konstante Größe angesehen. Diese Voraussetzung trifft nicht zu, wenn beschränkte Bezirke der Erdoberfläche daraufhin untersucht werden. — Es wird eine Methode angegeben, die relative Größe dieser Potential-Schwankungen zu bestimmen. Das bisher gewonnene Beobachtungsmaterial, das teils von Untersuchungen in Island teils in Deutschland stammt, ergibt, daß die Erde nachts eine mehr negative, am Tage eine mehr positive Ladung annimmt, und daß die Extreme der Kurven ungefähr auf Mitternacht und auf Mittag fallen. Es wird eine Hypothese entwickelt, die diese Erscheinung erklären soll.

P. PERLEWITZ, Stettin: Klima und Klimatafel von Hamburg. Vor 102 Jahren ist eine erste Schrift über das Klima von Hamburg erschienen. Später finden sich Klimaaufsätze in den Festgaben zur Naturforscher-

versammlung in Hamburg 1830, 1876 und 1901 und in einem Schulbericht 1901. Vortr. berichtet auf Grund der exakten Beobachtungen der letzten 50 Jahre über alle Klimafaktoren, ihre Mittel- und Extremwerte systematisch. Der Luftverkehr fordert eine spezielle Klimabeschreibung jeder kleinen Landschaftseinheit für die bodennahen Luftsichten; es ist auf die großen Gebiete der heutigen und künftigen Flugberatung und Flugmeteorologie hinzuweisen. Zweitens wird von den Ärzten jene Forderung nach Spezialklimatologie gestellt. In 30 Tabellen wird berichtet über Hamburgs Temperatur, Nebel, Regen, Wind, Sonnenschein (1921 1839 Stunden, 1903 1934 Stunden) usw. Eine neue Klimatafel mit 9 Jahreskurven zeigt die Hauptergebnisse in graphischer Form. Zum Schluß wird Empfang und Abgabe der Wetternachrichten durch Deutschlands Wetternachrichtenzentrale, die Deutsche Seewarte, sowie das gesamte Anwendungsgebiet des Wetterdienstes auf Hamburgs Schiffahrt, Fischerei, Luftfahrt, Landwirtschaft, Verkehr, Industrie, Sport usw. an 2 Bildern gezeigt.

WIGAND, Hohenheim bei Stuttgart: Zur Analyse des luftelektrischen Feldes.

J. TICHANOWSKY, Simferopol: Die optische Station in Simferopol. In der im Jahre 1926 in Simferopol begründeten optischen Station werden systematische tägliche Messungen der folgenden geoptischen Faktoren angestellt: Sonnenscheindauer; Intensität der Sonnenstrahlung; Schein um die Sonne; Sichtbarkeit; Himmelpolarisation in 90° von der Sonne bei Sonnenhöhe $0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ$ und zu Mittag, wie für das unzerlegte Himmelslicht, so auch in Rot, Grün und Blau; Höhen der neutralen Punkte von ARAGO und Babinet; Albedo der Erdoberfläche; Himmelsfarbe.

H. KOSCHMIEDER, Danzig-Langfuhr: Definierte Luftdruckmessungen. G. v. ELSNER hatte gezeigt, daß die auf Berggipfeln bei Sturm gemessenen Luftdruckwerte statisch reduziert geringer sind, als die am Fuße der Berge gemessenen, und zwar wächst die Abweichung mit der Windgeschwindigkeit auf dem Berggipfel. Um die Erscheinung zu erklären, wurde in mindestens 25 m Entfernung von dem Hause eine ebene Platte in die Erdoberfläche gelegt, angebohrt, die Anbohrung an einen Differenzdruckschreiber angeschlossen, dessen zweite Öffnung in das Barometerzimmer führte. — Bei WSW — NNW — Wind ergab sich ein Unterdruck im Zimmer (Gebäudestörung des Druckfeldes), der bei 30 m/s Windgeschwindigkeit 2 mm Hg betrug. — Bei S — SW ergab sich keine merkliche Gebäudestörung, trotzdem zeigte der zeitliche Verlauf des Druckes bis in Einzelheiten im umgekehrten Sinne Übereinstimmung mit dem der Windgeschwindigkeit. Die Erscheinung wurde als eine durch den Berg selbst hervorgerufene Störung des Druckfeldes (Geländestörung) aufgefaßt. — Der Unterschied in den Erscheinungen wurde durch die Geländegestaltung und durch die Lage des Observatoriums zum Berggipfel erklärt.

Abteilung 8: Mineralogie.

Donnerstag, den 20. September, 9 Uhr: Physikalisches Staatsinstitut, Jungiusstr. 9, Gr. Hörsaal.

E. HERLINGER, Berlin: Zusammenhänge zwischen Gitterträgerbau und Eigenschaften der Krystalloberfläche. Die morphotropischen Effekte sind in verschiedenem Ausmaß von den einzelnen Baugruppen des Gitters abhängig. Es zeigt sich eine gleiche Erscheinung auch im Verhalten der verschiedenen Baugruppen an einer Krystallgrenzfläche. Bestimmte Baugruppen vermögen in ein anderes Gitter hinein

ungestört fortzuwachsen, obgleich sich das Gitterfeld vollkommen ändert. Unter welchen Bedingungen ein solches Fortwachsen möglich ist, läßt sich theoretisch ableiten unter der Voraussetzung, daß das Gitter weitgehend von diesen Baugruppen abhängt. Diese Baugruppen bauen das Gitter in seinen wesentlichen Zügen auf, sie sind also die Gitterträger. Inwieweit selektive Adsorptionseffekte und bestimmte Trachteigentümlichkeiten durch den Unterschied zwischen Gitterträgerfeld und Feld der Einlagerung zustandekommen, wird diskutiert. Maßgebend scheint die Flächenkonzentration an bestimmten Baugruppen sowie die Verwandtschaft dieser zum angrenzenden Medium. Auf die Bedeutung des Gitterträgerfeldes für das Auftreten katalytischer Wandreaktionen wird hingewiesen.

Abteilung 9: Geologie.

Mittwoch, den 19. September, 14 Uhr: Universität, Hörsaal K.

O. PRATJE, Königsberg i. Pr.: Die Sedimente der Deutschen Bucht. In den Sedimenten der heutigen Meere stecken einmal rein geologische Probleme allgemeiner wie auch örtlicher Natur, und außerdem Fragen, die für die Praxis, für die Fischerei, die Schiffahrt, den Küstenschutz, die Kabellegung u. a. von Bedeutung sind. Die Untersuchung der Bodenproben beginnt mit der Art der Gewinnung und wird dann in der Verarbeitung im Laboratorium fortgesetzt, wobei die Komponenten mechanisch, mineralogisch und chemisch festgestellt werden müssen, und ferner die äußere Gestalt der Komponenten von Bedeutung ist. Es wird versucht, durch eine möglichst große Zahl von Proben aus der Deutschen Bucht einige Gesetzmäßigkeiten der regionalen Verteilung der verschiedenen Bodenarten und ihrer Entstehung abzuleiten. Weiter werden ältere Untersuchungsergebnisse einzelner Grundproben herangezogen und auf ihre Brauchbarkeit für eine längere Zeitspanne geprüft. Zum Schluß werden die erzielten Ergebnisse auf die eingangs erwähnten Fragen angewendet.

RICHTER, Frankfurt a. M.: Die Aufgaben einer geologischen Forschungsstelle an der Nordsee.

C. RATHJENS, Hamburg: Quartärablagerungen in Tripolitanien und Arabien. Auf einer Reise im Frühling 1926 nach dem tripolitanischen Djebel, sowie auf einer Reise im Winter 1927/28 nach West-Arabien wurden in beiden Gebieten gleichgeartete, post-diluviale Ablagerungen von großer Mächtigkeit festgestellt, die nur durch den Wind abgelagert sein können, und die wegen ihrer wichtigsten Eigenschaften, Feinheit des Korns, Ungeschichtetheit, gleichmäßiger Verbreitung über Ebene und Hänge, nur als Löss angesprochen werden können. Sie sprechen dafür, daß in diesen Randzonen heutiger Wüstengebiete nach der Diluvial-(Pluvial-)Zeit ein trockeneres Klima herrschte als heute, da die Erosion sie jetzt in den Zonen, wo sie flächenhaft abgelagert sind, angeschnitten, an steileren Hängen völlig entfernt hat. Wegen ihrer Eigenschaft, wie ein Schwamm das Grundwasser aufzusaugen und festzuhalten, sind sie für die Landwirtschaft dieser semi-ariden Gebiete von großer Bedeutung, da die Regen nicht ausreichen, um Pflanze, Tier und Mensch die nötige Feuchtigkeit zu liefern.

P. RANGE, Lübeck: Zur Geologie des Quartärs von Palästina. Das Quartär Palästinas ist im einzelnen erst durch die Forschungen des Weltkrieges und der Nachkriegszeit bekannt geworden. Man gliedert die jungen Bildungen Palästinas jetzt in eine Reihe von Unterabteilungen und unterscheidet einmal marine Bildungen, die ohne scharfe Grenze, wie auch sonst im

Mittelmeergebiet, in pliocäne übergehen, und terrestrische Quartärbildungen, die den Graben des Toten Meeres erfüllen. Die älteren quartären Abteilungen sind noch stark disloziert, während die jüngeren ziemlich ungestört diskordant darüber liegen, doch finden sich an der Küste noch Hebungen jüngsten Alters bis in die historische Zeit hinein. Die marinen Bildungen der Küstenebene werden einmal von Löss, der die Senke von Berseba erfüllt, und dann von Dünen überdeckt. Diese beiden äolischen Bildungen sind ebenso wie die jüngeren quartären marinen Bildungen zum Teil erst zu einer Zeit entstanden, als der Mensch schon in Palästina eingewandert war, und daher genauer zu datieren.

Donnerstag, den 20. September, 10 Uhr: Universität, Hörsaal K.

H. FREBOLD, Greifswald: Die stratigraphische und paläogeographische Stellung des Jura und der Kreide Spitzbergens. (Auf Grund der Bearbeitung des auf den norwegischen Expeditionen gesammelten Materials.) Im „Festungsprofil“ (zwischen Cap Linné und Green-Harbour) sind durch die Bearbeitung des von den norwegischen Expeditionen gesammelten Materials Schichten des Callovien bis Aquilonien sowie der unteren Kreide bis zum Aptien nachgewiesen. Das Alter der einzelnen Horizonte ist im wesentlichen nach Ammoniten bestimmt. In dieser Schichtfolge tritt ein mehrfacher Wechsel mariner und limnisch-brackischer Horizonte auf, auch Schichtlücken sind zu erkennen. Die bisher zweifelhafte Stellung mehrerer Horizonte kann aus den Verhältnissen im Festungsprofil geklärt werden. Südlich der Sassenbay tritt ferner konglomeratischer oberer Lias auf. Der Beginn der jurassischen Meeresüberflutungen in Spitzbergen ist demnach wesentlich früher anzusetzen, als man bisher glaubte. Spitzbergen und benachbarte Gebiete treten während des Jura und der Kreide wiederholt als Inseln hervor. Die Faunenverschiedenheiten zwischen den borealen und nordwesteuropäischen Gebieten zur Jura- und Unterkreide-Zeit sind im Zusammenhang mit den Schichtlücken zu deuten, sie vermögen aber kaum etwa vorhandene Klimadifferenzen anzudeuten, wie das früher angenommen wurde.

O. STUTZER, Freiberg i. S.: Salzaufstieg und Öl, ein Vergleich deutscher und außerdeutscher Verhältnisse. Die produzierenden Ölfelder Norddeutschlands liegen am Rande oder nahe dem Rande von Salzstöcken, die von unten her durch jüngere Schichten hindurchgestoßen sind. Ähnliche Erscheinungen treffen wir in den amerikanischen Ölfeldern an der Küste von Texas und Louisiana und in Rumänien. Früher war bei deutschen Ölgeologen die Meinung herrschend, daß Öl sei mit dem Salz von unten emporgekommen und in die heutigen Ölträger, die verschiedenen Formationen angehören, eingedrungen. Jetzt steht die Mehrzahl der Ölgeologen aber auf dem Standpunkte, daß die Ölmuttersubstanz sich im allgemeinen in den Formationen, in denen das Öl liegt, auch abgelagert hat, und daß der Salzaufstieg durch Schichtenaufrichtung nur Ölreicherung in schon ölführenden Ablagerungen hervorrief. Der Rand des Salzstocks wirkte nach dieser Ansicht nicht als Zufuhrstraße, sondern als undurchdringlicher Damm, vor dem das im jetzigen Ölträger aufsteigende Öl haltmachte. In Amerika ist für die dortigen Vorkommen an der Golfküste eine sekundäre Zuführung nie ernstlich diskutiert worden. In Rumänien dagegen ist noch heute die Ansicht herrschend, daß aufsteigendes Salifère (Salzton und Salz) das Öl in die jetzt ölführenden pliocänen Schichten hineingetragen habe. Aber auch diese Meinung ist

nicht unwidersprochen, und es scheint auch hier das Öl im weiteren Sinne primär zu sein und pliocänes Alter zu haben. In allen drei Ländern dürfte der Salzaufstieg also durch Schichtenaufrichtung nur vorhandenes Öl angereichert, aber nicht Öl aus älteren Schichten zugeführt haben.

E. STOLLEY, Braunschweig: *Varia zum Tertiär und Quartär von Sylt.* Das Limonitsandsteinriff am westlichen Morsumkliff ist durch Eisenhydfoxyd fest verkitetes fluviatiles Jungpliocän, genetisch analog ähnlichen Verkittungen am Westkliff an der Grenze zwischen Hauptmoräne und Pliocänsand und auch innerhalb des letzteren. Das Riffgestein keilt oben am Kliff aus, entsprechend dem Aufhören des überlagernden glacial gestauchten und gefalteten pliocänen Alauntions. Das aufgerichtete Riff und der unterlagernde rostige Sand bilden das westlichste, hier sandige, glaciale Stauchungsgewölbe. Der Unterschied zwischen diesem, sowie dem normalen, Silurkiesel führenden, ausgezeichnet diskordant parallel geschichteten, fluviatilen, tektonisch nicht gestörten Kaolinsand der Insel und dem normal geschichteten, geröllfreien, tektonisch aufgerichteten, vielleicht marinen Kaolinsand des östlichen Morsumkliffes ist scharf durchzuführen. Ersterer hat bei Braderup auch Gerölle eines Bimssteintuffkonglomerates wohl jungtertiären Alters geliefert. Seine reiche Geröllführung und die Art seiner Verbreitung auch außerhalb Sylts, weithin in Norddeutschland, weisen auf ursprünglich glaciale bzw. fluvioglaciale Entstehung, wie es auch im Alpengebiet zweifellos tertiäre Glacialschotter, so den Ottobeurer Schotter der Iller-Lech-Platte, gibt. Die „Wallsteine“ des Pliocänsandes enthalten zweifellose Bryozoen des Danien, aber der ältere Senonflint fehlt noch völlig; tektonische Vorgänge zwischen Pliocän und Diluvium sind der Grund. Die Reste des Altdiluviums am Westkliff bei Wenningstedt lassen auf sehr erhebliche Mächtigkeit schließen, welche die Mächtigkeit der Hauptmoräne und ihrer Derivate weit übertrifft; die entsprechende Vereisung muß also eine sehr intensive gewesen sein. Die Zweifel am altdiluvialen Alter des Tuuls zwischen Wenningstedt und Westerland sind unberechtigt. Von einer Interstadialzeit anstatt einer Interglacialzeit kann hier nicht die Rede sein.

Abteilung 10: Geographie.

Montag, den 17. September, 14 Uhr: Universität, Hörsaal C.

Hamburg und Niederelbggebiet.

SCHWIEKER, Bergedorf: *Hamburg als Stadtlandschaft.* Die Arbeiten des Hamburger Geographen PASSARGE sind grundlegend für die landschaftskundliche Auffassung geographischer Aufgaben. Hamburg, wo der Begriff der *Stadtlandschaft* geprägt und die zugehörigen Arbeitsmethoden ausgebildet und zuerst erprobt worden sind, hat als eine der ersten Städte eine landschaftskundliche Untersuchung erfahren. Die Stadtlandschaftskunde beschäftigt sich nicht mit Teilstudien stadtbaulicher Art, sondern nimmt das ganze Problem der Großstadtentwicklung in Angriff und sichert sich den *praktischen* Erfolg ihrer Untersuchungen dadurch von vornherein, daß ihre Maßnahmen auf der genauen Kenntnis des inneren Zusammenhangs von Natur und Kultur, auf der Kenntnis der feinver schlungenen Wechselbeziehungen zwischen der naturgebundenen Landschaft und dem tektonischen Aufbau der Großstadt beruhen. Die natürlichen und die künstlichen Formbestandteile durchdringen sich innerhalb des Siedlungsgebietes und verwachsen zu einer Einheit, die erkennen läßt, daß der Großstadt Hamburg in

ihrem äußeren und ihrem inneren Aufbau die Bedeutung einer selbständigen „Landschaft“ beizumessen ist, bei der die natürlichen Landschaftsteile die stadtbaulichen Formen nur in der ersten Anlage bestimmen, während der weitere Aufbau durch die geschichtliche Entwicklung, insbesondere durch die wirtschaftlichen, politischen und sozialen Kräfte bedingt wird. Da jedes Jahrhundert seine Spur im Stadtbild sichtbar zurückgelassen hat, sind diese äußeren Formen das Spiegelbild der verschiedenen Stadtkulturen und zugleich der sinnfälligste Ausdruck der inneren Eigenart der Bevölkerung.

LÜTGENS, Hamburg: *Der Hamburger Hafen und seine Entwicklungsgeschichte.* Die Wirtschaftsgeographie hat nicht nur die Bedeutung der Naturgegebenheiten für den wirtschaftenden Menschen zu untersuchen, sondern gleichfalls die im Laufe der Zeiten immer stärker werdende Umwandlung der Naturlandschaft zur *Wirtschaftslandschaft* zu betrachten. Hamburg ist nicht an der Elbe entstanden, die in dem jetzigen Großhamburger Hafengebiet eine menschenfeindliche, dem Gezeitenwechsel ausgesetzte Sumpfwildnis war. Nur durch jahrhundertelange, immer zielbewußter werdende Arbeit Hamburgs ist der wirtschaftende Mensch Sieger geworden, hat die Stromrinne der Elbe in ihrer jetzigen Gestalt als Schifffahrtsweg geschaffen und die Elbe überhaupt erst an Hamburg *herangeführt*. Damit waren die Grundlagen zur Entwicklung des Hamburger Hafens gegeben, der dann unter Ausnutzung der natürlichen Faktoren in den letzten Menschenaltern den schnell wachsenden Bedürfnissen entsprechend ausgebaut werden konnte.

Mittwoch, den 19. September, 15 Uhr: Universität, Hörsaal C.

Das Problem der Inselberglandschaften.

KAISER, München: *Das Inselbergproblem.*

L. WAIBEL, Kiel: *Inselberglandschaften in Afrika und Nordamerika.* Unter Inselberglandschaften verstehen wir Rumpfflächen, aus denen sich einzelne Berge mit scharfem Knick und steiler Böschung erheben. Sie scheinen die typischen Abtragungsformen der semi-ariden Gebiete zu sein und sind uns vor allem aus Afrika und Nordamerika (Basin Ranges) genauer bekannt. Die wesentlichste Voraussetzung für ihre Entstehung ist die, daß die Talwände schneller nach den Seiten und flußaufwärts zurückweichen, als sich die Flüsse einzuschneiden vermögen. Dadurch entstehen auf die Denudationsbasis der Flüsse hin terrassenähnliche Ebenheiten, die auf den Wasserscheiden von einzelnen Bergen oder Gebirgsstöcken übertragen werden. Tektonische Ruhe und mehr noch periodisch-trockenes Klima ist die Ursache der energischen Wirkung der Abtragung. Bei lückiger Vegetation bildet sich in der Trockenzeit viel mechanischer Schutt, der dann in der Regenzeit durch das flächenhaft abfließende Regenwasser schnell entfernt wird. Das führt zur Wanderverwitterung selbst im homogenen Gestein und weiterhin zur Terrassen- und Restbergbildung.

PASSARGE, Hamburg: *Zusammenfassendes Referat über das Inselbergproblem.*

Donnerstag, den 20. September, 9 Uhr: Universität, Hörsaal C.

Meereskunde.

DEFANT, Berlin: *Thema noch nicht bestimmt.*

MAURER, Berlin: *Das Echolot.*

SCHOTT, Hamburg: *Die Wasserbewegungen in der Straße von Gibraltar.* Gegenüber der neuerdings von spanischer Seite aufgestellten Behauptung, daß am Boden der Gibraltarstraße kein Tiefenstrom aus dem Mittelmeer zum Ozean hinaus vorhanden sei, wird die

Richtigkeit, ja Notwendigkeit der bisherigen Vorstellung nachgewiesen. Darüber hinaus wird an der Hand besonders der noch unveröffentlichten Beobachtungen des dänischen Forschungsschiffes „Dana“ eine überaus regelmäßig innerhalb der Sprungschicht (100 bis 200 m Tiefe) vorhandene *interne* Gezeitenwelle in der Meeresenge besprochen und aus den Strukturverhältnissen der beteiligten Wasserarten und Wasserbewegungen erklärt; es ergibt sich für die Schwingungshöhe der erstaunlich hohe Betrag von 70–80 m (gegenüber etwa 20 m im offenen Ozean).

B. SCHULZ, Hamburg: Das Barentsmeer. Die steigende Bedeutung des Barentsmeeres für die deutsche Fischerei hat zu einer Beteiligung Deutschlands an der planmäßigen Erforschung dieses Meeres geführt, und zwar in enger Zusammenarbeit mit Rußland. 1926 und 1927 fanden im Rahmen eines größeren, auch biologische Arbeiten umfassenden Programms umfangreiche, möglichst synchrone, hydrographische Untersuchungen statt mit dem Fischereischutzboot „Zieten“ und dem Reichsforschungsdampfer „Poseidon“. Über die Ergebnisse dieser Arbeiten wurde im wesentlichen berichtet. Durch eine Reihe von meridionalen, von der Küste bis zur Eisgrenze durchgeführten hydrographischen Schnitten wurde der Verlauf der Abzweigungen des salzreichen, warmen atlantischen Stromes im einzelnen festgestellt und auch die Ausbreitung des in der Nähe des Bodens von Osten nach Westen vordringenden schweren kalten Wassers. Es ergab sich eine erhebliche Abhängigkeit der Ausbreitung der verschiedenen Wasserarten vom Bodenrelief. Als hydrographisch besonders bedeutsam stellte sich die bis 500 m tiefe Senke südlich der Bäreninsel heraus und die in 30° – 38° östl. L. südnördlich verlaufende Mittelschwelle mit ihren Quersenken. An der Oberfläche wie in der Tiefe besteht ein System fingerförmig ineinandergrifender Warm- und Kaltwasserbewegungen.

15 Uhr: Universität, Hörsaal C.

KRÜGER, Wilhelmshaven: Der Jadebusen.

BÖHNECKE, Berlin: Temperatur, Salzgehalt und Strömungen an der Oberfläche der Nordsee. Die Auswertung des von der Internationalen Meeresforschung 1902–1914 gesammelten Beobachtungsmaterials für die Nordsee führt zu neuen Anschauungen über die ozeanographischen Verhältnisse. Der bislang angenommene große Wirbel mit zyklonalem Drehsinn wird ersetzt durch mehrere kleine Wirbel, die ihre Entstehung teils dem Zusammentreffen verschiedener Wassermassen, z. B. der Lindesnaeswirbel, teils morphologischen Einflüssen z. B. der Wirbel von dem Firth of Forth verdanken. Die beiden Doggerbankwirbel sind durch Zusammenwirken beider Ursachen zu erklären. Entsprechend der Ausbreitung der verschiedenen Wasserarten, des Atlantischen-, des Baltischen-, Küsten- und Nordsee-Wassers, ergibt sich ein jährlicher Gang des Salzgehaltes, der bei Betrachtung der ganzen Nordsee seinen höchsten Wert im Februar – dem Monat stärksten Atlantischen Einflusses –, seinen geringsten Wert im August – dem Monat mit vorwiegendem Einfluß des Küsten- und Ostseewassers –, erreicht. An den einzelnen Stationen ergeben sich Abweichungen von dieser Periode, die von dem Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten am Orte abhängen. Die Oberflächentemperatur erreicht ihr Maximum im Atlantischen Wasser Ende August, im Baltischen und Küsten-Wasser Anfang August, und ihr Minimum im Atlantischen Wasser im März, im Küsten-Wasser im Februar.

H. THORADE, Hamburg: Gezeitenströmungen in der Helgoländer Bucht. Beobachtungen, die unter Be-

setzung von Fehlern angestellt wurden, die früheren Strommessungen anhafteten, bestätigten zunächst, daß im südlichen Teile der Helgoländer Bucht an der Meeresoberfläche hin und her gehender Gezeitenstrom herrscht; nur in der Nähe der Küste kommt es vor, daß der Strom durch alle Richtungen läuft, ohne zu kentern; im nördlichen Teile besteht auch in freier See Drehstrom. Dagegen erweist sich die ältere Anschauung als irrig, daß der Strom in der Tiefe und am Boden, wenn auch mit abgeschwächter Geschwindigkeit, doch dieselbe Richtung hat wie an der Meeresoberfläche; vielmehr ging alternierender Oberflächenstrom in der Tiefe in Drehstrom über. Die theoretische Erklärung dieser Tatsache gelingt, wenn außer dem Spiegelgefälle auch Erdumdrehung und Reibung in Rechnung gestellt werden. Eine ungefähre Abschätzung der an einem Punkte südwestlich von Helgoland je Quadratzentimeter Meeresoberfläche und durchschnittlich je Sekunde durch Reibung in Wärme verwandelten Gezeitenenergie ergibt 1000 erg, was in der Größenordnung mit einem von G. J. TAYLOR für die Irische See ermittelten Werte stimmt.

RAUSCHELBACH, Hamburg: Wetterlage und Wasserstand in der Nordsee.

Freitag, den 21. September, 9 Uhr: Universität, Hörsaal C.

Stadtlandschaften.

ECKERT, Aachen: Kartographie der Stadtlandschaften.

MECKING, Münster: Japanische Stadtlandschaft (auf Grund einer Bereisung Japans von August bis Dezember 1926). In Japan sind besonders viele Siedlungen als Städte anzusprechen, doch ohne die scharfe Grenze zwischen städtischer und ländlicher Siedelung. Sie drängen sich um so dichter zusammen, als die Siedlungsräume sehr beschränkt sind auf Küstenebenen und Becken, die daher zuweilen fast als Ganzes zur Stadtlandschaft werden. Hauptanziehungslien sind darin Höhenränder, Wasserläufe und Küsten. Niederungsstädte sind der allgemeinste Typ, das vertikale Moment tritt zurück und charakteristische Stadtsilhouetten fehlen. Viele sind reine Alluvialstädte, andere suchen Anlehnung an höheres Gelände und festeren Baugrund. Besonders wichtig werden Diluvialkerne für die Burgen der vielen Duimistädte. Auch die Tempel bevorzugen ausgezeichnete Geländeformen der Stadtlandschaft. Den Grundriß beherrscht das Schachbrett, für das teils historische, teils landschaftliche Momente bestimmt erscheinen. Zwei charakteristische Abweichungen sind oft die kurzen Knicke und das Gassengewinkel, von denen die erste Erscheinung in strategischen Motiven, die andere in der Stadtentwicklung aus ländlicher Umgebung ihre Erklärung findet.

SCHMITTHENNER, Leipzig: Die chinesische Stadtlandschaft. Der Vortrag behandelt die geographischen Grundlagen der Entstehung des chinesischen Städte- und die in der Landesnatur begründete landschaftliche Verschiedenheit desselben.

W. GEISLER, Halle: Australische Stadtlandschaften. Die australischen Städte sind alle von einer Nation in einem Zeitraum von kaum mehr als hundert Jahren gewissermaßen vor unseren Augen erbaut worden. Es ist daher die Möglichkeit gegeben, den Vorgang der Besiedelung eines Kontinents vom Zustand der Naturlandschaft an, vor allem den der Wahl der geographischen Lage, des Standortes und der Grundrißanlage zu verfolgen. Auch ist untersucht worden, worin sich die Einflüsse der Naturgegebenheiten auf die Physiognomie der Städte auswirken, wie im Baumaterial und

der Abwandlung der Hausformen. Besondere Eigentümlichkeiten haben sich durch die eigenartigen wirtschaftlichen Verhältnisse herausgebildet, so daß wir in Australien eine ausgesprochene Stadtkultur finden. Nur 37% der Bewohner leben auf dem Lande, und zwar vorwiegend in Einzelhöfen, nur vereinzelt in Dörfern. Als Folgeerscheinung hat sich der Typ der Township herausgebildet. Die kleinen Städte und die Mittelstädte haben bereits eine ereignisreiche Geschichte hinter sich. Sie wurden als Bergwerksstädte gegründet; wo der Bergbau aufhörte, haben wir Kümmerstädte und Ruinenstädte, wo der Boden der Umgebung fruchtbar genug war, konnte eine Umstellung zu Landstädten (Marktstädte) erfolgen. Eine überragende Stellung haben die Hauptstädte der Staaten des Commonwealth, die 43% aller Einwohner umfassen. Sie sind zugleich außerdem Hafen- und Industriestädte. Ihrer teilweise individuellen Entwicklung wird besondere Beachtung geschenkt werden.

15 Uhr: Universität, Hörsaal C.

K. FRENZEL, Hamburg: Die deutsche Stadt im Mittelalter als Lebensraum. Die deutsche Stadt des Mittelalters übt als geschlossene Landschaft durch bauliche, verwaltungstechnische, politische Eigentümlichkeiten und infolge engen Zusammenlebens bestimmte Einflüsse auf den Charakter ihrer Bewohner aus. Der körperliche Kampf des Einzelnen ums Dasein ist nicht völlig ausgeschaltet, der gewerbliche stark entwickelt. Der auch sonst geförderten körperlichen Tüchtigkeit arbeiten schlechte klimatische, sanitäre Verhältnisse, ungesunde Lebensweise entgegen. Seuchen raffen die Schwachen dahin. Gebrechliche und Kranke werden von der Kirche geschützt, gepflegt und sind organisiert. Die Demoralisation der Bürger beginnt. Trotz Kontrolle durch Stadtherrn und Zunft sind unlauterer Wettbewerb, Betrug in Handel und Handwerk verbreitet. Tief religiöses Gefühl, Haß gegen die Priester; Buchstabengerechtigkeit und religiöser Fanatismus; Bürgerstolz und heftigster Klassenhaß zwischen Zünften und Geschlechtern treten nebeneinander auf. Die Verfallserscheinungen häufen sich gegen Ende des Mittelalters. Die Stadtlandschaft des Mittelalters wirkt ungünstig auf Körper und Charakter ihrer Bewohner ein. Die charakteristischen Verfallserscheinungen der Städte unserer Zeit sind im kleinen bereits in der mittelalterlichen Stadt entwickelt. Dieser Verfall beruht auf wirtschaftsgeographischen und -politischen Ursachen neben psychologischen und stadtinnerpolitischen.

JESSEN, Tübingen: Spanische Stadtlandschaften. Es wird gezeigt, daß die scharfen Gegensätze, welche Spanien in bezug auf Landschaft, Klima, Anbauverhältnisse usw. aufweist, auch in dem sehr verschiedenen Gepräge der spanischen Stadtlandschaften zum Ausdruck kommen. Stärker aber noch als die durch die natürlichen Bedingungen hervorgerufenen Unterschiede treten diejenigen hervor, welche sich aus der Siedlungsgeschichte, dem Einströmen europäischer Einflüsse von Norden her und afrikanischer Einflüsse von Süden her in das Brückeland Spanien erklären. Sie sind um so klarer erkennbar, als die Mehrzahl der spanischen Städte durchaus alttümliches Gepräge trägt und von dem nivellierenden Allerweltsstil verschont geblieben ist. Neben den Unterschieden erkennt man dann aber doch auch eine ganze Anzahl gemeinsamer Merkmale aller spanischen Städte, sowohl im Hausbau und im Stadtplan, als im gesamten Stadtbild und Straßenleben. Sie sind in der Eigenart der Kultur und Lebensweise des spanischen Menschen und seines Wohnraums begründet.

SCHULTZ, Königsberg: Russische Stadtlandschaften. **PASSARGE**, Hamburg: Stadtlandschaften des arabischen Orients.

Abteilung 11a: Allgemeine Botanik.

Mittwoch, den 19. September, 14 $\frac{1}{2}$ Uhr: Botan. Staatsinst., Jungiusstr. 6, Gr. Hörsaal.

H. PFEIFFER, Bremen: Neue Untersuchungen über die Entdifferenzierung (Embryonalisierung, Meristematisisierung) von Pflanzenzellen. Die von JOHN WALTON, Manchester, überlassenen Rhodoxylon-Schliffe (fossile Gymnospermen) mit abnormem Dickenzuwachs, und einige gleichfalls untersuchte Stämme von SCHENCK und v. LÜTZELBURG zeigen die Übergänge zwischen den früher an Achsen mit normalem Cambiumverlaufe unterschiedenen Zerklüftungstypen. Der Vergleich der Rhodoxylon-Stämme mit Lianen ist nach der Verbreitung des abnormalen Dickenwachstums unberechtigt, wenngleich auch den Gymnospermen das Vermögen zu abnormer Zerklüftung nicht überhaupt zu fehlen braucht. Dafür werden Untersuchungen über die Teilungsvergänge nach Sprengung des Sclerenchymringes und über die Anlage sekundärer Leitbündel aus Rindengeweben angeführt. Zu demselben Schluß führt auch der Versuch, den Entdifferenzungsvorgang unter Anwendung von Vorstellungen der physikalischen Chemie der Biokolloide so zu erklären, daß die Annahmen der Fastigialtheorie von PEARSALL und PRIESTLEY und der Arbeitshypothese RÜZICKAS von der Plasmahysterese beim Altern der Zelle in Beziehung gebracht werden.

KLEIN, Wien: Zur Physiologie des Harnstoffes in der höheren Pflanze.

KLEBAHN, Hamburg: Über Virus-Krankheiten und Alloioophylie (mit Demonstrationen). Die Alloioophylie der *Anemone nemorosa* läßt sich mittels kranker Pflanzenteile auf *Anemone ranunculoides* und *A. hifolia* übertragen. Bei der mikroskopischen Untersuchung von alloioophylen Anemonen, mosaikkranken Kartoffeln und von *Abutilon Thompsoni* wurden organischenähnliche Gebilde in den Siebröhren gefunden, die zuerst den Gedanken erweckten, daß sie die Krankheitserreger sein könnten. Es stellte sich aber heraus, daß sie auch in gesunden Pflanzen enthalten sind. Die Schleimklumpen STRASBURGERS in den Siebröhren von *Robinia pseudacacia*, die damit verglichen worden sind, haben einen viel verwickelteren Bau als bisher bekannt war. In den Zellen mosaikkranken Tabaks wurden Bildungen gefunden, die der kranken Pflanze eigentlich, aber auch nicht die Ursache sondern Folgeerscheinungen der Krankheit, zum Teil eiweißartige Produkte des veränderten Stoffwechsels sind. Der negative Ausfall der Suche nach organisierten Krankheitserregern veranlaßte Impfversuche mit ultrafiltriertem Preßsaft (Virus), die beim Tabak regelmäßig Erfolg hatten. Auch Glycerinextrakt und Alkoholniederschläge infizierten. Versuche mit Anemonen und Kartoffeln ergaben noch nicht genügend zahlreiche positive Ausschläge.

H. HEIL, Darmstadt: Ökologische Studien an *Trapa natans* L. in Hessen. Im Volksstaat Hessen kommt *Trapa natans* nur in einer mit dem Hauptstrom in Verbindung stehenden Altrheinschlinge bei Lampertheim vor. Der Bezirk liegt phänologisch am Rande eines kleinen um Worms sich erstreckenden Gebietes der ersten Zone. Zur Ermittlung des Standortklimas während der Blüte- und Fruchtzeit wurde der Gang der Temperatur in 24 Stunden an einem typischen Hochsommertag festgestellt auf dem Grund des Wassers, an der Oberfläche, direkt über und 1 m über der Ober-

fläche; zum Vergleich ebenso an benachbarten Standorten. Zu gleicher Zeit wurde die Verdunstungskraft der Atmosphäre in verschiedener Höhe über Wasser und Land registriert unter Berücksichtigung der Windverhältnisse und der relativen Feuchtigkeit. Von den chemischen Bodenfaktoren ist auf Grund einer Analyse ein hoher Mn- und Fe-Gehalt sowie ein beträchtlicher Ca-Gehalt hervorzuheben. Die Verteilung von Fe und Mn in der Trapapflanze wurde mikro- und makrochemisch untersucht. Durch das reiche Vorkommen von CaCO_3 im ganzen hessischen Rheingebiet beträgt für das Wasser pH stets durchschnittlich 7,6. Den größten Einfluß auf die Trapavegetation hat der Wasserstand. In ausgesprochenen Hochwassersommern wird eine Entwicklung vollständig unterdrückt. Die Transpirationsgröße läßt sich an gerade verlandenden Individuen durch die Gewichtsverlust-Flächenmethode ermitteln. Die gefundene Größe kann mittels der Kobaltpapiermethode für normal schwimmende Pflanzen umgerechnet werden. Als Schädling tritt auf den Blättern in großer Menge die Larve eines Käfers auf.

S. PRÁT, Prag: Aus dem Leben der Pflanzenzelle. (Filmvorführung.) Der Film soll durch mikrokinematographische Registration die Vorgänge und Veränderungen bei der Plasmolyse verfolgen. I. Organisation der Zelle (Wachstum, Bewegung, Assimilation, Reizbarkeit). Die zwei weiteren Teile sind der Entstehung, Entwicklung und physiologischen Bedeutung der Plasmolyse gewidmet. II. Wirkungen des osmotischen Druckes und Zeitrafferaufnahme der Plasmolyse. III. Gestaltveränderungen bei der Quellung. Die Quellung wird sehr oft an toten Gelen und Gallerten beobachtet, und die einseitige Quellung führt oft zu den Bewegungen, die mit dem Leben nichts Gemeinsames haben (Sporen von *Equisetum*, die Schuppen der Kieferzapfen — Zeitrafferaufnahme). Aber auch für die lebende Gele gelten die physikalisch-chemischen Gesetze der Quellung, und die Quellungerscheinungen sind für manche Gestaltänderungen bei der Plasmolyse verantwortlich. Die Vorgänge, die in der Wirklichkeit langsam fortschreiten, sind durch die Zeitrafferaufnahmen veranschaulicht. Sehr auffallend ist die schnelle Plasmaströmung in plasmolierten Zellen, seine Veränderungen bei der Änderung des Plasmolytikums (der Konzentration). Beachtenswert ist die fortschreitende Vibrationsbewegung der Plastiden.

ARNDT, Rostock: Die Entwicklung von *Dietyostellum neosoides*.

O. J. HEEBLI, Troppau: Paläobotanische Untersuchung des Franzensbader Moores. Die paläobotanische Untersuchung des aus den Ablagerungen des Egerer tertiären Süßwasserveises heraus erodierten Franzensbader Moorbeckens soll ein Beitrag sein, um zwischen den zahlreichen prähistorischen Funden und dem Entwicklungsgang des Moores Beziehungen aufzeigen zu können, die eine chronologische Datierung der waldgeschichtlichen Perioden ermöglichen. Das Moor entstand durch Verwachung eines seichten offenen Gewässers, die Verlandung begann anscheinend von Westen nach Osten — prähoreal bis boreal —, die Torfbildung schließt nach der ersten Ausbreitung der Tanne — subboreal — subatlantisch. Die Lage der neuen prähistorischen Funde bezeugt, daß die Bauten auf schon gewachsenem Torf in einem Schilfbestand entstanden sind und läßt u. a. auch den Schluß zu, daß die Ausbreitungszeit der Tanne in Böhmen dem Spätneolithicum oder der Bronzezeit entspricht.

Abteilung 11b: Angewandte Botanik.

Montag, den 17. September, 14 $\frac{1}{2}$ Uhr: Botan. Staatsinst., Jungiusstr. 6, Gr. Hörsaal.

I. ES DORN, Hamburg: Beiträge zur Keimungsphysiologie hartschaliger Samen. *Lupinus luteus*, die stark zur Hartschaligkeit neigt, zeigt in ihrem Keimverhalten eine große Abhängigkeit von der Art ihrer Lagerung. Dauernd kalt (bis + 6°C) gelagerte Samen werden überhaupt nicht hartschalig und zeigen noch nach einem Jahre dieselbe Keimfähigkeit wie frisches Material. Bei Aufbewahrung in höherer Temperatur (etwa 18°C) tritt Hartschaligkeit ein. Der Grad dieser Hartschaligkeit ist dabei ständigen Änderungen unterworfen, sowohl im steigenden wie im fallenden Sinn und ist abhängig vom Alter der Samen und von der Dauer der Aufbewahrung. Es scheint, daß außer der Samenschale hierbei auch Vorgänge des Sameninneren von Einfluß sind. Wieweit Periodizitätserscheinungen eine Rolle spielen, kann erst durch mehrjährige Versuche geklärt werden. Doch läßt sich auf Grund der bisherigen Ergebnisse sagen, daß zur Klärung der Frage, ob es überhaupt eine Periodizität der Keimung bzw. der Hartschaligkeit gibt, unbedingt von gleichmäßig aufbewahrtem Material ausgegangen werden muß.

LAKON, Hohenheim b. Stuttgart: Ist die Bestimmung der Keimfähigkeit der Samen ohne Keimversuch möglich? Die hierzu vorgeschlagenen Methoden können in zwei Kategorien eingeteilt werden; bei der einen Kategorie werden die Samenproben als Ganzes untersucht, bei der zweiten dagegen wird der Zustand der einzelnen Körner bzw. ihrer Embryonen festgestellt. Keine der bisher vorgeschlagenen Methoden hat allgemein befriedigende Ergebnisse gezeigt. Die Methoden der ersten Kategorie scheinen überhaupt aussichtslos, weil bei der zweifellos fehlenden Proportionalität das Verhalten der Gesamtprobe nichts über die näheren Keimfähigkeitsverhältnisse aussagt. Die Methoden der zweiten Kategorie haben einstweilen bedingten Wert. Am aussichtsreichsten erscheint die Färbemethode NELJUBOWS. Sie beruht auf dem Prinzip, daß tote Gewebe, im Gegensatz zu den lebenden, Farbstoffe leicht aufnehmen. Sie vermag in vielen Fällen tote von lebenden Embryonen zu unterscheiden, aber nicht die keimfähigen von den keimunfähigen, doch noch nicht abgestorbenen Embryonen. Einstweilen kann die Methode als eine Verfeinerung der „Schnittprobe“ angesehen werden. Die Verwirklichung des Gedankens, der den meisten Forschern vorschwebt, in allen Fällen den zeitraubenden Keimversuch durch eine andere, schneller aber ebenso genau arbeitende Methode zu ersetzen, erscheint überhaupt wenig aussichtsreich.

A. NIETHAMMER, Prag: Unsere Ziele auf dem Gebiete keimungsbiologischer Forschung. Zwei wichtige praktische Fragen werden eingehend behandelt. Erstens: Gibt es eine einfache Methode, ohne Keimversuche, die recht zeitraubend sind, die Keimfähigkeit eines unbekannten Saatgutes einigermaßen zu bestimmen? Durch den mikrochemisch durchgeföhrten Nachweis von Acetaldehyd im Samen können tatsächlich gewisse Rückschlüsse auf die Keimfähigkeit gezogen werden. Speziell vollkommen keimunfähiges Saatgut kann so von hochwertigem unterschieden werden. Zweitens wird zur Beantwortung der Frage beigetragen, ob es unter gewissen Umständen und bei einem bestimmten Zustand des Saatgutes möglich ist, eine Stimulierung zu erzielen, der praktische Bedeutung zukommen kann.

G. GENTNER, München: Die Verwendbarkeit ultravioletter Strahlen bei der Samenprüfung. Die schon

vielfach in der Chemie verwendete Analysen-Quarzlampe wurde vom Verf. auf ihre Eignung für die Samenuntersuchung geprüft. Dabei ergab sich, daß bei fast allen untersuchten Kultursämereien die Samenschale gegenüber den ultravioletten Strahlen sehr wenig reaktionsfähig ist. Dagegen besitzt das Innere der Samen, vor allem die stärke- und öhlhaltigen Teile, in hohem Maße die Fähigkeit, ultraviolette Strahlen in für unser Auge sichtbare umzuwandeln, deren verschiedene Farbtöne zur Unterscheidung einzelner Samenarten und Rassen Verwendung finden können. Ferner ergab sich die auch vom biologischen Standpunkt aus interessante Tatsache, daß die Wurzeln von Keimpflanzen mancher Samenarten, wie vom italienischen Raygras, Stoffe ausscheiden, die auf dem Filterpapierkeimbett teils blaue, teils weißlichgelbe Fluoreszenzflecken erzeugen. Leider versagt die Analysen-Quarzlampe bisher gerade in jenen Fällen, in welchen für die praktische Samenprüfung bequemere oder verlässigere Methoden der Samenunterscheidung, als es die bestehenden sind, besonders erwünscht wären.

KAYSER, Hamburg: Über Prüfung von Drogen mit Hilfe der Analysen-Quarzlampe.

Donnerstag, d. 20. Sept., 14^h/Uhr: Botan. Staatsinst., Jungiusstr. 6, Gr. Hörsaal.

H. von RATHLEF, Halle a. S.: Die Stammbaumforschung und ihre Bedeutung für die Pflanzenzüchtung. In wissenschaftlichen Arbeiten, Züchterberichten, Preisverzeichnissen u. ä. ist eine Menge Material verstreut, das bei sachgemäßer Sammlung und Vereinigung zu Stammbäumen bzw. Nachkommentafeln gestalten würde, für zielstrebige Zuchtarbeit wertvolle Schlüsse zu ziehen, weiterer Arbeit, insbesondere der Planung von Sämlingszuchten, die allein vollen Aufschluß liefern können, Richtung zu geben und für die Kombinationszüchtung brauchbare Erbträger zu finden. Bei vegetativ vermehrten Pflanzen sind diese Möglichkeiten häufiger gegeben als bei den Samenpflanzen. Verf. hat die diesbezügliche Sammelarbeit für Rose und Kartoffel in Angriff genommen und legt als Ergebnis die Nachkommentafeln einiger Rosen- und Kartoffelsorten vor. Diese zeigen einerseits die verwandtschaftlichen Beziehungen der Sorten untereinander. Andererseits lassen sich in ihnen die wesentlichen Merkmale durch Schaffierung und Farbenverwendung augenfällig machen. Dadurch wird es ermöglicht, zu verfolgen, inwieweit die einzelnen Merkmale sich vererben, aufspalten und gegenseitig beeinflussen. Hierfür wird eine Reihe von Grundsätzen aufgestellt und besprochen.

GLEISBERG, Pillnitz: Die Pathologie der Umpfropfstellen der Obstbäume.

LUDWIGS, Berlin-Dahlem: Schädlingsbekämpfung in den Vereinigten Staaten. Beobachtungen und Eindrücke auf einer Studienreise 1927. Die Bekämpfung pilzlicher und tierischer Schädlinge hat sich in den Vereinigten Staaten Nordamerikas vornehmlich auf die Anwendung chemischer Spritz- bzw. Stäubemittel eingestellt; infolgedessen hat die Spritztechnik einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht. Große Motorspritzen mit Flüssigkeitsbehältern bis zu 1000 l werden in den Obstanlagen wie auch in den Parks großer Städte zum Bespritzen der Bäume benutzt. Die Notwendigkeit der öfteren Wiederholung der Spritzung — Obstbäume werden zwölftmal, ja noch häufiger gespritzt — hat zur Einrichtung feststehender Spritzvorrichtungen in den Obstgärten geführt: von einer Pumpstation aus wird die Spritzflüssigkeit mit Hilfe eines ober- oder unterirdischen Röhrensystems durch

die Anlage geleitet; in bestimmten Abständen ermöglichen Stützen das Anschrauben des Spritzschlauches. Die hauptsächlichsten Spritzmittel sind Schwefelkalkbrühe und Kupferkalkbrühe, denen gegen tierische Schädlinge Bleiarsenat zugesetzt wird. Calciumarsenat spielt als Stäubemittel zur Bekämpfung von Schädlingen an Baumwolle, ferner an Tomaten, Sellerie und anderen Gemüsepflanzen eine Rolle. Die Verwendung von Flugzeugen zur Schädlingsbekämpfung befindet sich noch im Anfangsstadium; die hohen Kosten stellen sich auch in den Vereinigten Staaten hindernd in den Weg. Von besonderem Interesse sind die Bemühungen, tierische Schädlinge durch nützliche Insekten in Schach zu halten (Biologische Bekämpfungs-methode). Den größten Erfolg hat man in dieser Beziehung in den Citruskulturen in Kalifornien erzielt; die an Citrus stark schädigend vorkommenden Schmierläuse werden durch Marienkäfer, die in Insektarien in Massen vermehrt werden, vernichtet. — Anerkennenswert ist die Zusammenarbeit der landwirtschaftlichen Praxis mit den wissenschaftlichen Stellen der Universitäten und Hochschulen, das Vertrauen der Praxis zu den Beamten, der Sinn für Zusammenarbeit unter den Farmern selbst; daraus ergeben sich die Erfolge, die die Amerikaner in der Schädlingsbekämpfung zu buchen haben.

LASKE, Berlin: Beitrag zur Kenntnis der Virus-krankheiten der Kartoffelpflanze.

WALTHER, Detskoje-Ssolo: Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung des primären und sekundären Wurzelsystems der Gramineen.

Abteilung 12: Zoologie.

Mittwoch, d. 19. Sept., 15 Uhr: Zool. Staatsinst., Steinortswall, Gr. Hörs.

R. SCHNEIDER, Berlin: Demonstrationen zum Nachweise des natürlichen Eisens im Tierkörper (mit Erläuterung)¹. Außer dem komplexen Hämatin-Eisen im Rotblute der Vertebraten tritt das Eisen in oxydischer, direkt nachweisbarer Form sehr allgemein im Körper der Evertebraten, zumal der wasserlebigen, auf, und zwar durch alle in Frage kommenden Tierkreise, bei Süßwasser- wie Meeresbewohnern. Dies soll durch die betr. Demonstrationen direkt vorgeführt und an einer Reihe besonders geeigneter und beweiskräftiger Objekte anschaulich gemacht werden. Die Vorführungen sind wesentlich makroskopisch, da es hier mehr auf die Gesamtübersicht und -verteilung des Eisens am Ganzobjekte ankommt. Einiges Mikroskopische (Beziehung des Eisens zu bestimmten Gewebe-Elementen) wird auf Wandtafeln veranschaulicht. Um Eintritt und Verlauf der Nachweisreaktionen zu zeigen, werden die Objekte möglichst nachhaltig mit Ferrocyanium behandelt, nach einiger Zeit mit ganz verdünnter Salzsäure, wodurch dann die typische Blaufärbung der eisenhaltigen Körperteile hervortritt. Um gewissen Einwänden zu begegnen: Kontrollprobe mit Schwefelammonium an einigen Stücken. Für die Hauptversuche genügen Weingeistkonserven, zum Beweise, daß Reaktionsirrtümer ausgeschlossen, einige frische Stücke (z. B. Anodonta). Als Versuchsobjekte kommen in Betracht Vertreter der Tunicaten, Mollusken, Crustaceen, Würmer, Echinodermen, Coelenteraten und Schwämme — je nach dem Bestande der zoologischen Sammlung —, für einzelne Fälle auch Fisch- und Lurchpräparate. Hieraus sich erge

¹ Kein geschlossener Vortrag, sondern eine Reihe von Demonstrationen mit zugehöriger Erklärung im Zool. Institut, wo das erforderliche Material vorhanden.

Gesetzmäßigkeiten und wissenschaftliche Gesichtspunkte werden erörtert.

HENTSCHEL, Hamburg: Demonstrationen über die biologischen Ergebnisse der Meteorexpedition 1925-1927. Die biologische Aufgabe der „Meteor“-Expedition bestand in Planktonuntersuchungen, vorwiegend quantitativer Art. Das heimgebrachte Material umfaßt außer zahlreichen Planktonfängen als wichtigsten Bestandteil die mehr als 1200 Protokolle der an Bord ausgeführten Zählungen zentrifugierter Planktonproben. Auf Grund dieses Zahlenmaterials ist eine den ganzen südatlantischen Ozean in allen Breiten und Tiefen umfassende graphische Darstellung der Planktonverteilung möglich. Aus ihr hat sich als Hauptergebnis herausgestellt, daß die Verteilung der Planktondichte in den obersten Wasserschichten hauptsächlich durch das Aufsteigen nährstoffreichen Tiefenwassers und den Verlauf der Oberflächenströmungen bedingt ist, während in der Tiefe die größeren oder geringeren Mengen der aus der Oberschicht absinkenden Reste von Organismen im wesentlichen die Verteilung der Planktonmassen bestimmen.

BROCK, Hamburg: Beiträge zur Umwelt des Einsiedlerkrebses und der Methode der Umweltforschung. An den beiden wohlumschriebenen Bewegungsabläufen der Aneignung eines Schneckengehäuses und des Aufpflanzens einer Seerose durch den Einsiedlerkrebs *Paragurus arrosor* sollen einige methodische Grundfragen zur Erforschung tierischer Umwelten erörtert werden. Die beiden genannten Bewegungsabläufe beziehen sich auf zwei Gegenstände (Schneckengehäuse und Seerose), die in unserer Sinneswelt deutlich voneinander unterschieden werden können, weshalb uns auch das Verhältnis des Krebses zu Schneckenhaus und Seerose so verblüffend erscheint. In der Umwelt des Krebses besitzen aber beide Gegenstände einen gemeinsamen „Kern“, der aus Bau und Funktion des Tieres abgeleitet werden kann. Von der jeweils gegebenen Situation hängt es ab, welche Spezifika zu dem Kern hinzutreten. Durch sie wird der Bewegungsablauf eindeutig fixiert. Aus Bau und Bewegung des Tieres kann der Tier-Umweltplan konstruiert werden, innerhalb dessen jeder Teilvergang eine „sinnvolle“ Beziehung zum Ganzen gewinnt. Es bleibt zu erörtern, wieweit solche Sinnbeziehungen innerhalb eines anderen Tier-Umweltplanes gelten.

*Donnerstag, d. 20. Sept., 9 Uhr: Zool. Staatsinst., Steinortwall,
Gr. Hörsaal.*

K. GUNTHER, Freiburg i. Br.: Biologische Vogelstudien in Brasilien und Indien. Wie alles Tierleben, so ist auch das der Vögel nur zu verstehen, wenn man es im Zusammenhang mit seiner Umwelt betrachtet. Zum Studium der tropischen Vögel gehört mithin auch das der tropischen Landschaft. Der Urwald Indiens und Brasiliens hat sein Kennzeichnendstes in der größeren Durchleuchtung, in dem Glitzern seiner Blätter, in dem Hervortreten des Holzes und der Schlinggewächse, bei sparsamerer Ausbildung des Blattwerks. Darum brüten dort die Vögel auch weniger im Gebüsch als in hohlen Bäumen oder Erdhöhlen, oder sie bauen zwar weithin sichtbare, aber geschlossene Nester. Dem Glanz der Blätter entspricht der metallische Glanz im Gefieder der Kolibris, Tanagras, Honigvögel, Fruchtauben, andererseits tragen viele Vögel auch ein tiefschwarzes Kleid, wenn sie sich durch Arterkennungsfarben aus dem lichteren Wald herausheben sollen. Auch die Stimme der Tropenvögel hat vielfach etwas Metallisches. In Brasilien

heißen drei Tiere der „Schmied“, weil ihr Ruf wie Hammerschlag auf Eisen klingt. In Brasilien singen am schönsten die Drosselarten, Indien aber hat eine Fülle des prächtigsten Vogelgesanges. Wie bei uns ist auch in den Tropen der Vogelgesang auf das feinste in die Stimmung der Landschaft eingepaßt.

L. BRECHER, Berlin: Die Zusammensetzung des Blutes bei Lepidopteren. Veränderungen der Blutzusammensetzung bei der Verpuppung. Bestimmungen des Gehaltes an Anionen (Cl, F, S) und an Kationen (K, Ca, Mg) im Puppenblute. Vergleich mit dem Wirtstierblut. Veränderungen im Anionen- und Kationengehalt in den verschiedenen Stadien vor, während und nach der Verpuppung.

GLÜCKSMANN, Hamburg: Über Fremdkörper, insbesondere organisierte Fremdkörper im Hühnerei. Eine Einzelbeobachtung zeigte den seltenen Befund des Vorkommens eines 10 cm langen Hühner-Askaris in einem unversehrten Hühnerei. Das gab Veranlassung, sich mit dem Vorkommen von Parasiten und darüber hinaus von Fremdkörpern im Hühnerei überhaupt zu beschäftigen. Eindringen des Fremdkörpers in den Eileiter des Huhnes ist Voraussetzung bei diesen Fällen. — Gestützt auf gewisse ältere Mitteilungen über Fremdkörpervorkommisse in Hühnereiern und auf biologische Beobachtungen in der Hühnerfarm „Leghorn“ wird angenommen, daß jedenfalls in der großen Summe der Fälle das Eindringen der Fremdkörper, besonders auch der tierischen Parasiten, durch die Kloake, und damit ascendierend, in den Eileiter erfolgt.

F. DAHNS, Hamburg: Die Beziehung zwischen Palolo-Erscheinung und Erdbewegung. Der Geschlechtsvorgang des in der Südsee lebenden Wurmes *Eunice viridis*, das Schwärmen des Palolo, erfolgt im Oktober und November, und beide Male nur am Tage vor dem Erscheinen des letzten Mondviertels, so daß biologisches Geschehen immer mit bestimmter Mondstellung zusammentrifft. An diesen Tagen liegt der Mond vor der Erde und auf der Erdbahn, so daß die Mondschwere am stärksten die Vorwärtsbewegung der Erde beschleunigt, die dadurch die schnellste Bewegung im Monat ist und als auslösende Ursache angesehen werden muß. Zu dieser Folgerung führt die Beobachtung, daß auch andere Lebensvorgänge zu der Schnelligkeit der Erdbewegung in Beziehung stehen. Unabhängig von allen Faktoren steigen Temperatur und Pulszahl vom Morgen zum Abend, sie fallen vom Abend zum Morgen. Da Umdrehungs- und Vorwärtsbewegung der Erde zugleich stattfinden und der Uhrzeigerrichtung entgegengesetzt verlaufen, so treffen höhere Temperatur und größere Pulszahl mit der langsam Bewegung oder dem kürzeren Weg, niedrigere Temperatur und kleinere Pulszahl mit der schnelleren Bewegung oder dem längeren Weg zusammen.

BUSS, Bremen: Über die Entstehung der im Spätherbst auf Wiesen gefundenen Gallertmassen (sog. Sternschnuppengallerte) (mit Demonstrationen). Vortragender berichtet, daß die im Spätherbst auf Wiesen gefundenen Gallertmassen Eierstocksreste und Muskelschläuche vom Frosch enthalten. Da in dieser Zeit Frösche draußen in Freiheit nicht mehr gefangen werden können, weil sie sich längst im Schlamm verkrochen haben, so können diese Reste nur von einem Tier stammen, welches Frösche als Wintervorrat aufstapelt, und das ist der Iltis. Diese Gallertmassen sind somit Gewölle oder Darmentleerungen des Iltisses nach Genuß weiblicher Frösche.

Abteilung 13a: Vererbungswissenschaft.

Donnerstag, d. 20. Sept., 9 Uhr: Botan. Staatsinst., Jungiusstr. 6,
Gr. Hörsaal.

K. H. BAUER, Göttingen: Die Blutgruppen vom Standpunkt der Genetik. Ausgehend von dem grundsätzlichen Vorteil, daß es sich bei der Blutgruppenzugehörigkeit um ein physiologisches, an jedem Menschen nachweisbares Erbmerkmal handelt, wird unter Würdigung der Theorien von DUNGERN und HIRSCHFELD und von BERNSTEIN eine neue Theorie der Blutgruppenvererbung entwickelt und an Hand der Sammelstatistiken von HIRSCHFELD und FURUHATA in ihrer Gültigkeit begründet. Kurzer Hinweis auf die Folgerungen für die gerichtlich-medizinische Verwertbarkeit. Die Korrelation zwischen Blutgruppen und Krankheiten und physiologischen Erbcharakteren, die Frage der Phylogenetese und der Verwertbarkeit für die Anthropologie werden vom Standpunkt der Vererbungsbiologie dargestellt und die weiteren Ausblicke auf die menschliche Vererbungslehre (Faktorenkopplung, Faktorenaustausch usw.) aufgezeigt.

C. KOSSWIG, Münster i. W.: Über die veränderte Wirkung von Farbgenen des Platypoecilus in der Gattungskreuzung mit Xiphophorus. In der Gattungskreuzung beider Arten lebendgebärender Zahnkarpfen wird die Wirkung von Farbgenen des Platypoecilus, und zwar solcher, die Lipochrombildung bedingen, als auch solcher, die die Melaninbildung beeinflussen, gesteigert. In den Rückkreuzungen der Artbastarde mit Xiphophorus wird die Farbstoffbildung weiterhin vermehrt, in denen mit Platypoecilus finden sich alle Übergänge zu dem für diese Art typischen Maße der Ausfärbung. Reziproke Artbastarde zeigen das gleiche Maß der gesteigerten Farbstoffbildung. Dadurch wird es wahrscheinlicher, daß die verstärkte Wirkung der betreffenden Gene nicht auf das artfremde Plasma, sondern auf ihr Zusammenwirken mit artfremder, im Kern lokalisierter Erbmasse zurückzuführen ist.

H. POLL und LAUER, Hamburg: Papillarmuster. An 116 Paaren eineiiger Zwillinge wurden die homonymen Finger in bezug auf die Form ihrer Papillarmuster miteinander verglichen. Hierbei stellte sich heraus, daß die beobachteten Unterschiede sich im allgemeinen in sehr engen Grenzen hielten. Bezeichnet man diese Fingermuster trotz der beobachtbaren Abweichungen als äquivalent, so ergeben sich zwangsläufig aus ihrer Zusammenstellung Reihen, die von den Bogenfiguren über das Schleifenmotiv zum Wirbelmuster hinführen. Es wurde ferner die Grenze ermittelt, bis zu welcher eine Abweichung innerhalb der Musterreihe vorkam. An einem größeren Familienmaterial erwies sich sodann die Abweichung der Muster der Finger des Kindes von den Mustern der entsprechenden Finger beider Eltern ebenfalls als innerhalb der bei den eineiigen Zwillingen gefundenen Grenzen liegend. Diese Beobachtung kann in günstig gelegenen Fällen zum praktischen Vaterschaftsnachweise herangezogen werden.

H. GRÜNEBERG, Elberfeld: Idiotyp und Paratyp in der menschlichen Erbforschung. Die Zwillingsmethode stellt durch statistischen Vergleich von Gruppen, die verschieden große Teile ihrer Erbmasse gemeinsam haben (Einei und Zweiei), die erbliche Bedingtheit von Merkmalen fest. Setzt man nun die durchschnittliche Übereinstimmung von Eineiern in einem zu untersuchenden Merkmal statt zu der von Zweieiern zu der der Gesamtpopulation in Beziehung, so macht man damit den Unterschied, den diese Gruppen in ihrer Erbmasse haben, maximal und kann auch

bei kleinerem Material zu sicheren Schlüssen kommen. Da es sich herausgestellt hat, daß die durchschnittliche Übereinstimmung von Einei-Paaren bei gleicher Umweltwirkung in gesetzmäßiger Weise von der Häufigkeit des Merkmals in der Population abhängig ist, die durchschnittliche Übereinstimmung der Gesamtpopulation aber ebenfalls, und zwar allein von der Häufigkeit des Merkmals abhängt, kann man diese Zahlen zu einer Formel vereinigen, die angibt, in welchem Ausmaße die Manifestation des betreffenden Merkmals von der Erbmasse und in welchem Grade sie der Umwelt abhängt.

A. COHEN-KYSPER, Hamburg: Das Determinationsproblem in analytischer Darstellung. Die Gene sind Determinationsfaktoren, und zwar in zweifachem Sinne: sie sind zugleich stammspezifisch und organspezifisch. Beispiel: Wenn sich zwei Hühnerrassen in der Form des Hahnenkamms unterscheiden, dann ist die Determination dieses Organs zugleich stammspezifisch und organspezifisch. Der organspezifische Determinationskomplex ist übergeordnet, denn er enthält außer den stammverschiedenen auch die stammgleichen Faktoren. Gene sind daher heterotypische Bedingungen homöotypischer Systeme. Daraus ergibt sich: 1. Die Gene können nicht einheitlicher Art sein. 2. Die These von der Konstanz der Gene ist abzulehnen. Denn was für die heterotypischen Systembedingungen gilt, muß auch für die homöotypischen gelten; für diese aber sind beide Annahmen unzulässig. Der letzteren widerspricht insbesondere das Prinzip des Metabolismus, das nicht nur die somatische, sondern auch die generative Phasenbahn beherrscht. Für die Determinationsfaktoren des Kernels gilt daher das Gleiche wie für die des Plasmas: sie treten in die Entwicklungsreaktion ein und werden in deren Ablauf wiederhergestellt.

A. GREIL, Innsbruck: Die variationsbiologische Bedeutung der Krebsforschung. Vereinzelt auftretende, engstumschrieben entspringende, zumeist weiterwuchernde und unverwendbare Gewächse gehen aus unterschiedslosen Zellen ihrer Muttergewebe hervor, genau so wie alle Organanlagen beim stammesgeschichtlichen Urerwerbe und keimesgeschichtlichen Wiedererwerbe, wie die Variationen der sich ungeschlechtlich fortpflanzenden Einzeller. Alles für das Einzelindividuum, die Art, die Biocönose, Zweckmäßige, -indifferente und -widrige, alle Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten der Parental- und Filialgeneration, alles in der Wiederholung gut, mäßig oder gar nicht gesicherte entsteht und entstand nach denselben epigenetischen Bildungs- und allgemeinen Naturgesetzen. Nur die gesamte unerschöpfliche Mannigfaltigkeit der gutartig bleibenden und der einschlechend bösartig werdenden Gewächse kann vollen Einblick in das Wesen der so enorm gesteigerten Variabilität des Kulturmenschen gewähren. Die Verursachung des Unzweckmäßigen ist die Kehrseite des Schöpfungsproblems, der Prüfstein der Lehre von der Verursachung der Abstammung und jeglicher Zellarbildung und -wandlung. Der Gewächsforscher hat die Kluft zwischen dem historischen und dem Wiederholungsgeschehen zu überbrücken. (Vgl. Vortrag GREIL in der medizinischen Gruppe 20.)

DEHNOW, Hamburg: Was kann die Gesetzgebung für die Vererbungshygiene tun? Eine biologisch orientierte Gesetzgebung wird seit mehreren Jahrzehnten gefordert. Sie läßt sich nicht erzwingen, soweit für sie die Zeit noch nicht reif ist; aber es ist dahin zu wirken, daß sie nicht allzu langsam Wirklichkeit wird. Am leichtesten einzuführen sind solche gesetzlichen Maß-

nahmen, die auf Ertüchtigung der Erbmasse des Einzelnen abzielen und daher zugleich individualhygienisch begründet sind (Schwangerschafts-, Säuglings-, Schul-, Sozial-, Wohnungs-, Berufs-, Gewerbehypgiene). Die Fortpflanzungsauslese wird erst langsamer gesetzliche Förderung erhalten können, zunächst durch lebenslängliche Verwahrung der Berufsverbrecher (HEINDL) und Asylierung sonstiger Asozialer. Die Sterilisierung Minderwertiger mit ihrer Einwilligung ist bereits nach geltendem Recht erlaubt; der Gedanke der Zwangsterilisierung ist für später im Auge zu behalten. Am wichtigsten erscheint eine baldige gesetzliche Einführung biologischer Personalbogen, durch die eine planmäßige Selektion für später vorbereitet würde. — Abzulehnen ist die rassenhygienische Begründung von Beamtenbesoldungs- und steuerlichen Wünschen.

Abteilung 13b: Familienforschung.

Mittwoch, den 19. September, 15 Uhr: Universität, Hörsaal G.

H. BREYMANN, Leipzig: **Neubelebung und Beleicherung der menschlichen Vererbungslehre durch genealogisch-historische sowie statistische Forschungsmethoden und durch Austausch des Untersuchungsmaterials.** Die Genealogie mit ihrer historischen Methode, die Statistik mit ihren Zahlenlehrnen sind zur Erlangung richtiger Ergebnisse ebenso mitarbeitsberechtigt und unerlässlich wie Biologie und Medizin. Das Gesetz der großen Zahl verbietet auch hier, Schlüsse aus wenigen Einzelfamilien zu ziehen, wie es heute in der menschlichen Vererbungslehre geschieht. Auch die Nachprüfbarkeit des Untersuchungsmaterials kann und muß organisiert werden. Die deutsche Genealogie ist in einer Arbeitsgemeinschaft der familienkundlichen Vereine (ca. 8000 Mitglieder) und in der seit 25 Jahren erfolgreich arbeitenden Zentralstelle für Deutsche Personen- und Familiengeschichte (-forschung) auch gesamtwissenschaftlich durchorganisiert. Diese Zentralstelle bietet gemeinsame systematische Sammlung des gesamten greifbaren Untersuchungsmaterials und Schrifttums zur Bereitstellung für die Weiterforschung in einer besonderen, von einem anerkannten Vererbungsfachmann zu leitenden Abteilung für allgemeine Vererbungsfragen an. Diese Sammelarbeit und die neue Abteilung sollen zugleich als Übergang zur breiteren Kooperation mit der Genealogie und den anderen berufenen Wissenschaften dienen. Vererbungsforscher und Mediziner müßten allerdings, abgesehen von der Darbietung bestgeeigneten Raums nebst allen zugehörigen Erfordernissen und von der Anlehnung an die Deutsche Bücherei, die Kosten solcher Zentralisierung heute ebenso aufbringen, wie es die deutschen Genealogen in der Zentralstelle und sonst allenthalben tun.

PFEILSTICKER, Stuttgart: **Neue Ausblicke der Vererbungsgenealogie.**

Donnerstag, den 20. September, 10 Uhr: Universität, Hörsaal G.

J. H. MITGAU, Heidelberg: **Soziale Generationsschicksale.** Es handelt sich um den idealtypischen Ablauf des sozialen Schicksals (der Einordnung und Haltung im Gesellschaftsganzen: Aufstieg und Abstieg), betrachtet nicht am Einzelnen und nicht am Volksganzen oder einer sozialen Gruppe, sondern an der Generationsfolge, d. h. an einem aus dem genealogischen Aufbau der Bevölkerung bestimmten überindividuellen Zusammenhange. Es sollen die Kräfte untersucht werden, die dieses Generationsschicksal von innen und außen bestimmen, wobei Ausgangs- und Mittelpunkt in fast allen Hochkulturen bisher die Familie (bzw. das Geschlecht) des agnatisch aufgebaute Blutsverbandes gewesen ist. Wichtig dabei ist

zunächst jeweils ihr Verhältnis (in der Wechselwirkung) zur „sozialen Rangordnung“ (Stand und Klasse). Als drei wesentliche Gestaltungsprinzipien im historischen Ablauf werden dabei Umwelt, Persönlichkeit und Überlieferung, Bedingungen von Aufstieg und Abstieg, erkannt: biologische und sozial-gesellschaftliche Faktoren. Je nach dem Überwiegen einer dieser bestimmenden Kräfte läßt sich empirisch ein persönlichkeitsbetontes, milieubetontes und traditionsbetontes Generationsschicksal aufweisen, deren geschichtliche Formen im sozialen Umschichtungsprozeß gezeigt werden sollen.

KANKELEIT, Hamburg: **Unfruchtbarmachung oder Internierung.** Durch die Bestrebungen der offenen Fürsorge in der Psychiatrie und ihren Grenzgebieten ist das Problem der Unfruchtbarmachung aus rassenhygienischen und sozialen Gründen aktuell geworden, da die Gefahr besteht, daß ein Teil der Kranken, der bisher durch Internierung von der Fortpflanzung ausgeschlossen war, nach der Entlassung aus der Anstalt sich fortpflanzt und eine minderwertige Nachkommenschaft erzeugt. Im Gegensatz zu Amerika und der Schweiz ist in Deutschland die Rechtslage der freiwilligen Unfruchtbarmachung aus eugenischer Indikation ungeklärt, da die Möglichkeit einer Anwendung der Körperverletzungsparagraphen (§§ 224, 225 StGB.) besteht. Bei Sittlichkeitsverbrechern läßt sich eine Kastration auf Wunsch eher durchführen, ohne mit dem Strafgesetz in Konflikt zu kommen, da sie sich zwecks Abschwächung der kriminogenen krankhaften Triebstörungen — natürlich nur als ultima ratio — als Heilhandlung begründen läßt. Bei rassenhygienischer Indikation kommt nur eine Samenleiter- resp. Eileiterdurchtrennung und nicht eine Kastration in Frage. Auszuschließen ist eine zwangsweise Unfruchtbarmachung, auch darf nicht ein einzelner Arzt die Entscheidung über die Vornahme des Eingriffs treffen, sondern eine behördlich ermächtigte Kommission.

Freitag, den 21. September, 10 Uhr: Universität, Hörsaal G.

MEGGENDÖRFER, Hamburg: **Familiengeschichtliche Untersuchungen bei Hirnarteriosklerose.** Es wurden die Familien von 41 anatomisch sichergestellten Fällen von unkomplizierter Hirnarteriosklerose näher befasst. Das schon früher berichtete Ergebnis seiner Untersuchungen, nach dem die Veranlagung zur Hirnarteriosklerose wahrscheinlich auf zwei dominanten Erbanlagen beruht, ergänzt Vortragender nach verschiedenen Richtungen. Äußere Einflüsse und Schädigungen, z. B. chronische Alkoholvergiftung, scheinen keine wesentliche ursächliche Bedeutung für das Auftreten der Hirnarteriosklerose zu haben; sie können aber ihre Entwicklung beschleunigen. Das klinische Bild der Hirnarteriosklerose kann in psychischer Hinsicht sehr vielgestaltig sein. Neben den Zeichen einer mehr oder minder deutlichen Schwäche auf allen Gebieten des Seelenlebens kommen nicht selten eigentliche Geistesstörungen der verschiedensten Art vor. Die Untersuchungen des Vortragenden zeigen aber, daß in den Fällen, bei denen solche ausgesprochenen Geistesstörungen vorkommen, meist gleichgerichtete psychopathische Erbanlagen in der Familie liegen. Einige Symptomenkomplexe, wie die Delirien, kommen besonders bei früheren Trinkern, die Angstzustände bei gleichzeitig bestehender Coronarsklerose vor. Die Hirnarteriosklerose selbst scheint nur die einfachen Schwächezustände zu bewirken.

Abteilung 14: Anthropologie.

(Keine Vorträge angemeldet.)

Abteilung 15: Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht.

Allgemeines Verhandlungsthema: Die Spannungen zwischen den Aufgaben und Zielen der Mathematik und der Naturwissenschaften an der Hochschule und an der höheren Schule.

Verhandlungsort: Festsaal der Oberrealschule St. Georg, Bülastraße. Montag, den 17. September, 15 Uhr:

Mathematischer Unterricht.

TOEPLITZ, Bonn: Allgemeines Verhandlungsthema.

G. LONY, Hamburg: Die Spannungen zwischen den Aufgaben und Zielen der Mathematik an der Hochschule und an der höheren Schule. Die von Felix Klein ins Leben gerufene mathematische Unterrichtsreform hat nach mannigfachen Versuchen dazu geführt, daß heute die Grundzüge der Differential- und Integralrechnung in die mathematischen Lehrpläne der Oberstufe der höheren Schulen aufgenommen sind. Dagegen richtet sich der Widerstand einer nicht geringen Zahl von Hochschullehrern, die der Meinung sind, daß die bei der Behandlung dieses Stoffes auf den höheren Schulen anwendbaren Methoden unzulänglich und anfechtbar seien, und daß deshalb dieses ganze Stoffgebiet aus jenen Lehrplänen ausgeschieden werden müsse. Der Vortrag will zeigen: 1. daß die höheren Schulen die Grundbegriffe und einfachsten Verfahrensweisen der Infinitesimalrechnung nicht entbehren können; 2. daß die Behandlungsweise dieses Gebietes auf der höheren Schule so gestaltet werden kann, daß die Hochschule auf dieser Grundlage vertiefend und erweiternd weiterbauen kann.

A. SCHÜLKE, Berlin-Tempelhof: Die Entwicklung der Geometrie und ihre Rückwirkung auf den Unterricht. Die Geometrie hat in den letzten 100 Jahren eine vollständige Umgestaltung erfahren, siehe das Erlanger Programm von F. KLEIN. Hiernach ist nicht die euklidische, sondern die *projektive Geometrie* die Grundlage. Daraus erhält man durch verschiedene Annahmen die beiden *nichteuklidischen Geometrien*, und durch das Parallelenaxiom die *Affinität*. Fügt man weiter die Bedingung hinzu, daß die Winkel erhalten bleiben, so entsteht Ähnlichkeit, und wenn noch die Strecken konstant bleiben, Kongruenz. Ferner ist die *synthetische Geometrie*, weil sie das Negative und Imaginäre nicht ausdrücken kann, hinter die *analytische* zurückgetreten, und die *Transformationen* sind das wichtigste Mittel, um Neues zu finden. Endlich finden die *Invarianten* so vielfache Anwendung, daß man die Geometrie als Invariantentheorie linearer Transformationen bezeichnet hat. Wieweit können diese Gedanken in den Unterricht aufgenommen werden? Die Axiomatik ist ein schwieriges Gebiet, aber in dem neuen System tritt klar hervor, wie jedes Axiom ein bestimmtes Gebiet definiert. Als Ziel müssen wir wie bisher einfache affine und projektive Sätze über Kegelschnitte ins Auge fassen, und dies Ziel läßt sich durch *Transformationen* wesentlich leichter als früher erreichen. Allgemeine Invariantentheorie kann nicht gegeben werden, aber die Untersuchung der Elemente, welche bei bestimmten Transformationen unverändert bleiben, gibt schöne Aufgaben für Anschauung und Rechnung. Beispiele für diese Ausführungen werden beim Vortrage mit Lichtbildern gegeben.

Mittwoch, den 19. September, 15 Uhr:

Chemischer Unterricht.

2. Hauptthema: Die Hochschulausbildung der Chemielehrer.

W. HÜCKEL, Freiburg i. Br.: Die Hochschulausbil-

dung der Chemielehrer der höheren Schulen. Es wird eine Übersicht gegeben über die Ausbildung der Chemielehrer an den verschiedenen Hochschulen. Dabei wird besonders hingewiesen auf die Verschiedenartigkeit der Anforderungen, die fast durchweg als zu niedrig bemessen anzusehen sind. Die neuen in Baden geltenden Prüfungsbestimmungen und Studienpläne werden als brauchbare Grundlagen für Reformen in der Ausbildung näher besprochen.

E. MANNHEIMER, Mainz: Die Hochschulausbildung der Chemielehrer der höheren Schulen. Es wird zunächst gezeigt, welche weitgehenden, gegen früher völlig veränderten Anforderungen an den Chemielehrer im Rahmen der modernen Lehrpläne gestellt werden. Sodann werden die Wünsche namhaft gemacht, die vom Standpunkt der Schule aus in bezug auf Art und Umfang der theoretischen, praktischen und didaktischen Vorbildung des Lehramtskandidaten auf der Hochschule bei der Erteilung der Lehrbefähigung für Ober- und Mittelklassen zu erheben sind. Abzulehnen sind Kurse in der chemischen Didaktik, solange die Hochschulen dafür nicht besondere Lehraufträge erteilen, die von einem erfahrenen, wissenschaftlich auf der Höhe stehenden Schulmann zu versehen wären. Die Kurse sollen vielmehr den pädagogischen Seminaren vorbehalten bleiben, die Hochschule hat sich auf unterrichtstechnische Vorbereitungsumübungen zu beschränken. Der sog. Staatsexamensarbeit muß eine praktische Laboratoriumsarbeit zu grunde liegen. Den Lehramtskandidaten sollte die Möglichkeit der Promotion in Chemie offenstehen, ohne daß sie alle Bedingungen des ursprünglich für die technischen Chemiker eingerichteten „Verbandsexamens“ erfüllt haben; ihr Übertritt in den Beruf des praktischen Chemikers könnte durch eine Klausel gesperrt werden.

Donnerstag, den 20. September, 9 Uhr:

Physikalischer Unterricht.

KONEN, Bonn: Allgemeines Verhandlungsthema.

HILLERS, Hamburg: Allgen. Verhandlungsthema.

STENZL, Zittau i. Sa.: Über das Kraftfeld im Unterricht. Der Verlauf der Kraftlinien kann ohne jede Rechnung aus ihren Spannungen heraus leicht verständlich gemacht werden. Zur Orientierung im Felde gibt der Ref. die Regel an, daß man zu Stellen höherer Spannung, also größerer Feldstärke gelangt, wenn man die Linien gegen ihre konkave Seite hin quert, und umgekehrt zu Stellen kleiner Feldstärke gelangt, wenn man sie gegen die konvexe Seite hin überschreitet, und begründet seine Wegweiserregel. Lagert man in einem magnetischen Feld ein Stück weichen Eisens, so zeigt der Linienverlauf auf Grund dieser Regel ganz deutlich, daß in der Eisenmitte eine kleinere Feldstärke herrscht als außen, und daß daher der größere Querdruck der Linien außen es ist, der sie ins weiche Eisen hineindrückt. Der Ref. gelangt so mühelos zu einer ganz neuen und schönen Auffassung von dem Wesen der Permeabilität und Dielektrizität, die er in seiner „Kraftfeldlehre“ auch rechnerisch einwandfrei begründet. Das Kraftfeld allein gibt uns über Erscheinungen Aufschluß, die sich anders gar nicht erklären lassen, z. B. daß Eisenspäne von einem starken Strome angezogen werden. Die in die Späne hineingedrückten Feldlinien sind auf der dem Strome zugewandten Seite dichter als auf der anderen, wodurch die Anziehung erklärt ist.

Donnerstag, den 20. September, 15 Uhr:

Biologischer Unterricht.

K. GUENTHER, Freiburg i. Br.: Von der Notwendigkeit einer deutschen Naturkunde und Heimatlehre. Ein

Volk erhält die Grundzüge seiner Eigenart aus der Urheimat, in der es sich bildet. Diese besteht im wesentlichen aus Natur. Darum wird man die Eigenart des deutschen Wesens nur lebendig lehren können, wenn man auf die Natur zurückgreift. Und wie wir viele Charakterzüge unseres Volkes aus seiner Waldheimat entwickeln können, sehen wir auch, daß tiefes Naturempfinden die Deutschen von jeher ausgezeichnet hat und in ihren besten Sagen, Märchen, Volksliedern, in Dichtung, Musik, bildender Kunst immer wieder sieghaft hervortritt. Dieses alles im Zusammenhang zu lehren, macht sich die deutsche Heimatlehre zur Aufgabe. So sollen unsere Tiere und Pflanzen in ihren Beziehungen zu uns dargestellt werden. Wie aber ein Lebewesen nicht nur eine körperliche, sondern auch eine seelische Seite hat, darf bei solcher Lehre das Gemüt nicht ausgeschaltet werden. Man verliert dadurch nicht den Boden der Wissenschaft, denn es ist auch Tatsache, daß die Natur die Form des Kunstwerks hat und vom Leid durchzogen ist, Dinge, die in ihren letzten Auswirkungen nur gefühlsmäßig erfaßt werden können. Solche Lehre stärkt die Heimatliebe und das Deutschtum und verbindet sich mit der Persönlichkeit.

A. PIETSCH, Wensickendorf b. Berlin: Biologie und Pädagogik. In der pädagogischen Wissenschaft besteht die Ansicht, daß Psychologie und Ethik die Grund- und Normwissenschaften der Pädagogik seien. Der Biologie schenkt man nur soweit Beachtung, als sie sich auf die physische Entwicklung des Kindes, Hygiene, Körpererziehung u. dgl. bezieht. Die Fortschritte und Ergebnisse der allgemeinen Biologie (Vererbungslehre, physisch-psychische Konstitutionsforschung, Gehirnhistologie und -physiologie, Reizphysiologie) zwingen aber zu einer weit stärkeren Heranziehung der biologischen Betrachtungsweise bei der Lösung pädagogischer Probleme. Selbst die Frage nach dem Sinn und Zweck der Erziehung läßt sich auf Grund der Gesetze über den Ablauf des Lebens einer Lösung näherbringen. Die biologisch orientierte Pädagogik ruht auf den sicheren Grundlagen einer empiristischen Methode. Es ist deshalb ein Erfordernis, daß unsere Institute für Psychologie und Pädagogik Biologen als Mitarbeiter erhalten, daß die speziell pädagogische Vorbildung aller Lehrer nicht nur rein philosophisch gestaltet wird, sondern den Resultaten der biologischen Wissenschaft in größerem Maße Rechnung trägt.

DEPDOLLA, Charlottenburg: Thema vorbehalten.

Freitag, den 21. September, 9 Uhr:

W. R. WINDERLICH, Oldenburg i. O.: Sinn und Nutzen der Geschichte der Naturwissenschaften, ein Beitrag zur Methodik des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Wenn sich der geschichtliche Einschlag im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht in Namen und Zahlen verliert, bietet er eine gut geeignete Grundlage, um wissenschaftliche, technische, wirtschaftliche und sozial-ethische Probleme schärfer zu durchdenken, als es auf Grund einiger Schauversuche oder Übungsversuche möglich ist. Durch die Einsicht in das Werden der Erkenntnis wird die geistige, die philosophische Bildung vertieft. Die Geschichte bringt die Einzelgebiete zwanglos in natürlichen Zusammenhang; damit wird einer allzu frühen und verderblichen Spezialisierung entgegengewirkt. Schüler, die in der praktischen Laboratoriumsarbeit wenig Ersprißliches leisten, können durch Aufgaben geschichtlicher Art in die Arbeitsgemeinschaft eingegliedert werden. Die Lehrpläne wünschen, daß die Schulmänner die Geschichte ihrer

Wissenschaften berücksichtigen; folgerichtig muß daher gefordert werden, daß auch die Möglichkeit einer Ausbildung durch fachgeschichtliche Vorlesungen und Seminare geboten wird.

F. ROSSNER, Angerburg (Ostpr.): Die Stellung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer an den Aufbauschulen in Preußen. Wie die Richtlinien und die Lehrpläne zeigen, kommt den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern an den Aufbauschulen in Preußen eine hervorragende Stellung zu. Hier haben wir auch in der Tertia biologischen Unterricht. Selbst mit den begabten Schülern lassen sich hochgesteckte Ziele aber nur dann erreichen, wenn die nötigen Mittel zur Unterhaltung und Ergänzung der naturwissenschaftlichen Einrichtungen der Anstalten vom Staat hinreichend zur Verfügung gestellt werden. Die wirtschaftliche Lage der Aufbauschüler und Kleinstädte schließt oft eine Selbsthilfe aus. Methodisch bemerkenswerte Punkte sind z. B. der Anfangsunterricht, die Lehrbuchfrage, die besondere Bedeutung des Schulgartens sowie die Stellung zur Heimat- und Naturschutzbewegung. Die selbständige Aufbauschule ist einer Verbindung mit anderen höheren Schulen vorzuziehen. Für die Zukunft ist die Erarbeitung der Methodik der einzelnen Unterrichtsfächer, die Ausgestaltung der Konzentration des naturwissenschaftlichen Unterrichts und die Sammlung des Schrifttums über Aufbauschulen anzustreben.

DRENCKHAHN, Rostock: Der Weg zur Strenge im Mathematik-Unterricht. Es wird versucht, in einer psychologisch-logischen Studie die Belange des Schülers und die der Mathematik im Unterricht der Mittelstufe — der Stufe des anschaulichen Verständnisses nach den Richtlinien — in Einklang zu bringen. Ausgangspunkt ist die grundsätzliche Forderung, von den rohen vor-mathematischen Erfahrungen des Schülers vor der Schulzeit resp. vor dem Beginn des geometrischen Unterrichts auszugehen und diese langsam und kontinuierlich zu jener Erkenntnis auszubauen, die wir als die mathematische bezeichnen. Stichworte mögen den Inhalt andeuten: Erkenntniswert und Erkenntniswege der Schulmathematik. Mathematische Erfahrungen des Schülers vor Beginn des geometrischen Unterrichts. Bedeutung von Anschauung und Abstraktion für die Gewinnung mathematischer Begriffe und Sätze. Das Problem und die Gesetzmäßigkeit. Die Rolle der Intuition. Die Reichweite der Anschauung, insbesondere der Zeichenhilfsmittel. Beweisnotwendigkeit und Beweisantriebe. Gliederung der Beweise nach ihrer Schärfe. Notwendige und hinreichende Bedingungen. Umkehrungen der Lehrsätze. Das Grundsatz-System des Schülers.

HARNACK, Kiel: Die Infinitesimalrechnung als Brücke zwischen Schul- und Hochschulmathematik. Die Behandlung der Anfangsgründe der Infinitesimalrechnung im Unterricht der höheren Schulen hat u. a. die wichtige Aufgabe, die „Diskontinuität“ zwischen Schule und Hochschule zu überbrücken. Da sowohl auf Seiten der Hochschullehrer als auch auf Seiten der Lehrer der höheren Schulen auch jetzt noch Skeptiker Zweckmäßigkeit, ja Möglichkeit einer derartigen Überbrückung anzweifeln, so scheint das bisher Erreichte noch nicht zu befriedigen. Es wird untersucht, welche Fehler zu vermeiden, welche Wege einzuschlagen sind. Insbesondere werden die beiden neben dem Funktionsbegriff grundlegenden Begriffe der Approximation und des Limes besprochen. An einzelnen Beispielen wird gezeigt, daß auch angeblich schwierige Begriffe sehr wohl selbst dem Anfänger anschaulich verständlich gemacht werden können. In diesem Sinne gilt es methodisch weiterzuarbeiten, um unkritische Mystik

und gedankenleere Symbolik aus der Infinitesimalrechnung endlich zu verbannen und die Bahn für ein wirkliches Verständnis der neuzeitlichen Mathematik in weitesten Kreisen frei zu machen.

E. LÖWENSTEIN, Göttingen: Über neuere physikalische Unterrichtsapparate, besonders nach Prof. Pohl. Während man sich im Unterricht bislang fast ausschließlich der unbeweglichen Experimentiertheorie bediente, werden neuerdings nach den Angaben von Prof. POHL (I. Physikalisches Institut der Universität) mit großem Vorteil leicht bewegliche und nach jeder Richtung hin verstellbare Experimentiertheorie verwandt. Der Tisch eignet sich durch eine auf eine Normalschiene aufgesetzte Projektionseinrichtung zu Projektionsvorführungen jeder Art sowie zur Demonstration der meisten Versuche aus dem Gebiete der Mechanik, Schwingungslehre, Akustik, Optik, Elektrizitätslehre usw. Durch weitgehendste Normalisierung und durch zweckmäßige Durchbildung der einzelnen Apparate wird erreicht, daß die Gesamtzahl der für sämtliche Vorführungen erforderlichen Apparate möglichst gering ist. Ein anderer Gesichtspunkt ist der, zu ermöglichen, daß jeder einzelne Versuch in kürzester Zeit vor einem großen Zuschauerkreis aufgebaut und auch die feinsten Einzelheiten im ganzen Auditorium sichtbar gemacht werden können.

HAHN, Hamburg: Ziele und Erfahrungen im Schülerübungsunterricht. Das Ziel des Übungsunterrichts, den Schüler durch selbstständig auszuführende Untersuchungen zur Selbsttätigkeit anzuregen und ihm unmittelbar die Wege zu zeigen, auf denen naturwissenschaftliche Erkenntnis gewonnen wird, hat sich in 28jähriger Erfahrung an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst als erreichbar und von größter erzieherischer Bedeutung erwiesen. Dadurch, daß die Übungen von allen Schülern gleichzeitig ausgeführt und mit dem Vortragunterricht verwoben werden, wird erreicht, daß alle Schüler eine aus eigener Tätigkeit erwachsene Grundlage ihres Wissens erlangen, die eine tiefgründige Erörterung aller für den Zusammenhang des wissenschaftlichen Systems und die technischen Anwendungen der Naturwissenschaften wichtigen Probleme gestattet. Mit den fortschreitenden Erfahrungen hat der Übungsunterricht besonders in den Eingangsklassen der Unter- und Oberstufe Pflege gefunden. Alle Übungen sind mit messenden Beobachtungen verbunden und beruhen auf quantitativ auswertbaren Versuchen. Besondere Bedeutung kommt denjenigen Versuchen zu, bei denen aus experimentellen Untersuchungen Gesetze abgeleitet werden. Von den Übungen, die auf der Universität ausgeführt werden, unterscheiden sich die Übungen an der Schule dadurch, daß sie mit denkbar einfachsten experimentellen Mitteln veranstaltet werden, doch werden hinsichtlich der Sorgfältigkeit der Beobachtungen, der Fehlerbeurteilung usw. entsprechende Forderungen gestellt. Von allen Übertreibungen muß sich der Unterricht fernhalten, insbesondere ist es gänzlich abwegig, etwa den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht

in Übungsunterricht aufzulösen. Er ist ein Hilfsmittel für den Unterricht. Die Verarbeitung der Untersuchungen im Klassenunterricht ist und bleibt die Hauptsache.

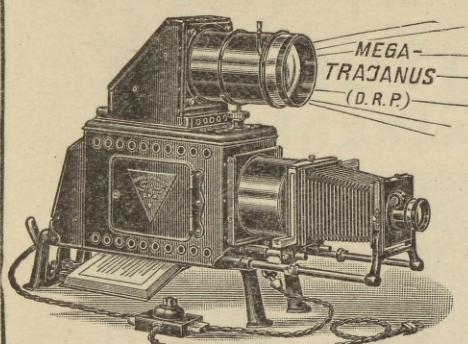
Freitag, den 21. September, 11 Uhr: In der Thaer-Oberrealschule v. d. Holstentor.

L. DOERMER, Hamburg: Erfahrungen aus Sonderkursen (Arbeitsgemeinschaften) in Chemie an der Thaer-O. R. S. v. d. Holstentore. Die in den chemischen Schülerübungen an der Thaer-Oberrealschule v. d. Holstentore zur Durchführung kommende *getrenngemeinschaftliche Arbeitsweise* wird kurz gekennzeichnet; ihre Entwicklung wird aufgezeigt und ihr Verhältnis zu ähnlichen Arbeitsweisen wird erläutert. Erziehung zur Selbsttätigkeit und Selbständigkeit ist neben der Vermittelung des grundlegenden Wissens und Könnens das Hauptziel dieses chemischen Unterrichts. — Die für besonders interessierte und begabte Primaner seit 1922 eingerichteten *Sonderkurse (Arbeitsgemeinschaften)* in der *Chemie* sollen in noch höherem Maße erziehlichen Zwecken dienen. An der Hand der vorgelegten Jahresarbeiten und praktischen Reifeprüfungsaufgaben aus diesen Kursen wird gezeigt, daß eine gewisse Spezialisierung bei den Arbeiten der Schüler unvermeidlich ist, daß diese aber nicht auf ein Vorwegnehmen von der Hochschule vorbehaltenden Aufgaben hinausläuft, sondern fast ausschließlich der Erstarkung und Förderung des Willens dient, ein gestecktes Ziel unter Überwindung von Schwierigkeiten und Widerständen zu erreichen. *Die Sonderkurse erstreben in erster Linie also die Entwicklung des Arbeitswillens an Aufgaben, die dem Interesse und der Begabung des Schülers entsprechen.*

KRÜGER, Hamburg: Erfahrungen aus Sonderkursen (Arbeitsgemeinschaften) in Chemie an der Thaer-Oberrealschule.

Freitag, den 21. September, 15 Uhr:

DRETZ, Berlin-Charlottenburg: Zur Frage der Fachausbildung der Studienreferendare. Der Mathematische Reichsverband hat in einem aus Hochschullehrern und Schulmännern zusammengesetzten Ausschusse die Frage der Fachausbildung der Studienreferendare für Mathematik und Physik behandelt. Die bisherige Ausbildung in gemischten Seminaren befriedigt nicht. Es wird die Schaffung von Fachseminaren für je 8–10 Referendare gefordert, denen diese die Hälfte der Ausbildungszeit angehören sollen. In wöchentlichen Sitzungen sollen hier unter Leitung eines sorgfältig auszuwählenden Schulmannes die wissenschaftlichen, didaktischen und methodischen Fragen der Schulmathematik und -physik besprochen werden. Zur Einführung in die Unterrichtspraxis werden je 2 Referendare einem besonderen Lehrer überwiesen. Im Hinblick auf die Zusammenarbeit von Hochschule und Schule ist die Errichtung der Fachseminare vornehmlich in den Hochschulstädten der Provinzen und Länder wünschenswert.



Liste und Angebot kostenlos!

Mega-Trajanus-Epidiaskop

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

Dieser neue Bildwerfer wird mit Episkop-Objektiven

von 150 mm Linsen-Durchmesser
und 60 bzw. 75 cm Brennweite
geliefert. Er gestattet lichtstarke Projektionenvon Papier- u. Glasbildern
auf 12 bis 15 m EntfernungAuf Grund bisher gemachter Erfahrungen für größere Hörsäle
bzw. bei Aufstellung im Rücken der Zuhörer bestens geeignet

Ed. Liesegang, Düsseldorf Postfächer 124 und 164

Soeben erschien:

Charakter und Umwelt

Von

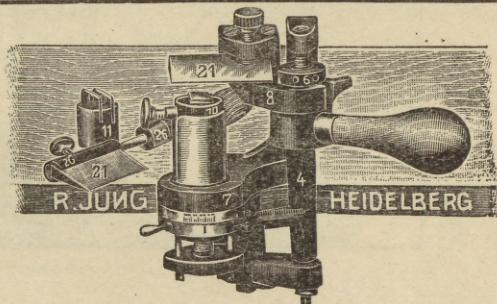
Prof. Dr. Hermann Hoffmann

Tübingen

IV, 106 Seiten. 1928.

Preis RM 5.60

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9



Mikrotome für alle Zwecke von unübertroffener Leistung
Mikrotommesser aus eigener Werkstätte, nach wissen-
schaftlich-technischem Verfahren hergestellt
Schleifen sämtlicher Mikrotommesser
Preisliste kostenfrei

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Struktur der Materie in Einzeldarstellungen

Herausgegeben von

Dr. M. Born

und

Dr. J. Franck

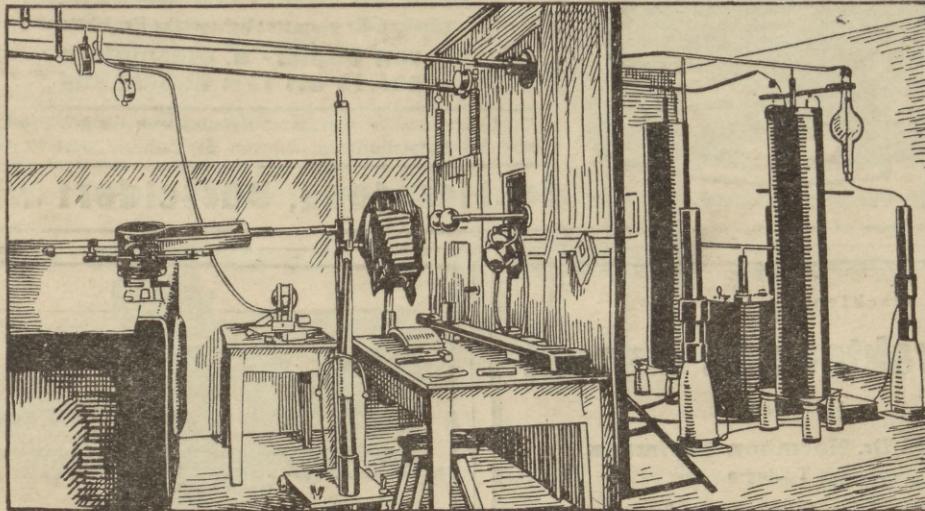
Professor, Direktor des Instituts für
theoret. Physik der Universität GöttingenProfessor, Direktor des II. Physikalischen
Instituts der Universität Göttingen

Die bisher erschienenen Bände:

Band I. **Zeemaneffekt und Multiplettstruktur der Spektrallinien.** Von Dr. E. Back, Privatdozent für Experimentalphysik in Tübingen, und Dr. A. Landé, a. o. Professor für Theoretische Physik in Tübingen. Mit 25 Textabbildungen u. 2 Tafeln. XII, 215 Seiten. 1925. RM 14.40; geb. RM 15.90Band II. **Vorlesungen über Atommechanik.** Von Dr. Max Born, Professor an der Universität Göttingen. Herausgegeben unter Mitwirkung von Dr. Friedrich Hund, Privatdozent an der Universität Göttingen. Erster Band. Mit 45 Abbildungen. IX, 358 Seiten. 1925. RM 15.—; geb. RM 16.50Band III. **Aregung von Quantensprüngen durch Stöße.** Von Dr. J. Franck, Professor an der Universität Göttingen, und Dr. P. Jordan, Assistent am Physikalischen Institut der Universität Göttingen. Mit 51 Abbildungen. VIII, 312 Seiten. 1926. RM 19.50; gebunden RM 21.—Band IV. **Linienpektren und periodisches System der Elemente.** Von Dr. Friedrich Hund, Privatdozent an der Universität Göttingen. Mit 45 Abbildungen und 2 Zahlentafeln. VI, 221 Seiten. 1927. RM 15.—; gebunden RM 16.20Band V. **Die seltenen Erden vom Standpunkte des Atombaus.** Von Professor Dr. Georg v. Hevesy, Vorstand des physikalisch-chemischen Institutes der Universität Freiburg i. Br. Mit 15 Abbildungen. VIII, 140 Seiten. 1927. RM 9.—; gebunden RM 10.20Band VI. **Fluorescenz und Phosphorescenz im Lichte der neueren Atomtheorie.** Von Prof. Dr. Peter Pringsheim, Berlin. Dritte Auflage. Mit 87 Abbildungen. VII, 557 Seiten. 1928. RM 24.—; gebunden RM 25.20Band VII. **Graphische Darstellung der Spektren von Atomen und Ionen mit ein, zwei und drei Valenzelektronen.** Von Dr. W. Grotrian, a. o. Professor der Universität Berlin, Observator am Astrophys. Observatorium in Potsdam. Erster Teil: Textband. Mit 45 Abbildungen im Text. XIII, 245 Seiten. 1928. Zweiter Teil: Figurenband. Mit 163 Abbildungen. X, 168 Seiten. 1928. RM 34.—; gebunden RM 36.40In den nächsten Tagen erscheint Bd. VIII:
Lichtelektrische Erscheinungen. Von Bernhard Gudden. Preis RM 24.—; gebunden RM 25.20

Material-Prüfungen

durch Röntgenstrahlen



Eresco - Großeinrichtung in einem technischen Betriebe

Rich. Seifert & Co., Hamburg 13
Spezialfabrik für Röntgenapparate



Überragend

sind unsere überall bekannten

aschefreien Filter Nr. 589 und 590

Mit unseren

Rundfiltern, Faltenfiltern
Extraktionshülsen
Filtrerpapieren in Bogen

bilden sie unentbehrl. Hilfsmittel für jedes Laboratorium

Unsere Preisliste, ein Wegweiser für jeden Interessenten, versenden wir kostenfrei. Erhältlich bei allen Firmen des Laboratoriumsbedarfs



Sonder-Erzeugnisse:

Millimeterpapiere in Rollen, Bogen u. Blocks, Profilhefte, Logarithmen-, Koordinaten-Papiere etc.

fertigen wir in vollendet Ausführung

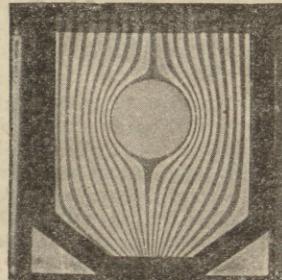
Durch alle Papierhandlungen erhältlich

CARL SCHLEICHER & SCHÜLL
DÜREN (Rheinland)

Spindler & Hoyer G. m. b. H.

Mechanische und optische Werkstätten

Göttingen 40



Demonstration d. Stromlinien mit d. Apparat nach Prof. Pohl

Demonstrationsapparate für den physikalischen Unterricht nach Prof. R. Pohl

Apparate für luftelektrische und radioaktive Messungen

Seismographen und Erschütterungsmesser nach Prof. Wiechert

Doppel-Monochromator für Untersuchungen im sichtbaren und ultravioletten Lichtbereich nach Prof. R. Pohl

Kondensatoren, Normal-Kapazitäten nach Modellen der Phys.-Techn. Reichsanstalt, Berlin

Eichstandgerät für Röntgen-Dosimetrie nach Dr. Küstner u. a. m.

Ausführliche Kataloge stehen zur Verfügung