

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang

12. Dezember 1924

Heft 50

AUS DEN FORSCHUNGEN
DER
KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT
ZUR FÖRDERUNG
DER WISSENSCHAFTEN

*

Inhalt:

Das Rätsel der Paralyse. Von EMIL KRAEPELIN, München	1121
Über den Stoffwechsel der Carcinomzelle. Von OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem	1131
Über einige Probleme der Muskelphysiologie. Von OTTO MEYERHOF, Berlin-Dahlem	1137
Untersuchung oberflächenreicher Substanzen nach radioaktiven Methoden und ihre Anwendung auf chemische und radioaktive Probleme. Von OTTO HAHN, Berlin-Dahlem	1141
Über die Energieentwicklung bei radioaktiven Zerfallsprozessen. Von LISE MEITNER, Berlin-Dahlem	1146
Über die Fähigkeit der Cellulose, im festen und gelösten Zustand unabhängig vom Dispersitätsgrad molekular durchzureagieren. Von KURT HESS, Berlin-Dahlem	1150
Weitere Untersuchungen an Naturstoffen und biologischen Strukturen mittels Röntgenstrahlen. Von R. O. HERZOG und H. W. GONELL, Berlin-Dahlem	1153
Über neuere Proteinchemie. Von MAX BERGMANN, Dresden	1155
Zur spektrophotometrischen Bestimmung der Temperatur glühender Körper. Von HERMANN SCHMIDT, Düsseldorf	1162
Eine biologische Methode zur Untersuchung des Lichtklimas im Wasser. Von F. RUTTNER, LUNZ	1166
Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft (Oktober 1923 bis Oktober 1924)	1168
Allgemeiner Bericht. Von A. v. HARNACK, Berlin	1168
Berichte aus den einzelnen Instituten	1169

Dank dem verständnisvollen Entgegenkommen des Verlages Julius Springer wird in diesem Jahre zum ersten Male der Jahresbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zusammen mit einer Reihe von Aufsätzen aus dem Kreise der Kaiser Wilhelm-Institute einer breiteren Öffentlichkeit vorgelegt. Fortan wird jährlich ein Heft der Naturwissenschaften der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft gewidmet sein. Mit dankbarer Freude begrüßt die Gesellschaft die Möglichkeit, dem Leserkreise der Naturwissenschaften von ihren Arbeiten, Plänen und Zielen berichten zu können.

A. V. HARNACK

Präsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft.

Das Rätsel der Paralyse¹⁾.

VON EMIL KRAEPELIN, München.

Die ersten unzweideutigen Beschreibungen der furchtbaren Krankheit, die wir als progressive Paralyse oder volkstümlich ganz unzutreffend als „Gehirnerweichung“ bezeichnen, stammen aus dem Ende des 18. Jahrhunderts. Bei der sehr eindrucksvollen Eigenart des Leidens spricht diese Tatsache dafür, daß es bis dahin mindestens selten gewesen sein muß, zumal wir imstande sind, viele andere Formen des Irreseins aus den Beschreibungen der alten Ärzte ohne weiteres zu erkennen. MÖBIUS hat mit Recht darauf hingewiesen, daß uns aus dem letzten Jahrhundert eine lange Reihe von hervorragenden Persönlichkeiten bekannt sind, die an Paralyse gelitten haben, während von früher her kein einziger derartiger Fall überliefert worden ist. In der Tat konnte auch MÖNKEMÖLLER bei einer Durchmusterung der Akten der alten Irrenanstalt in Celle zwischen den Jahren 1750 und 1800 keinen Fall auffinden, der das Bild der Paralyse dargeboten hätte; erst in der Zeit von 1800—1810 fanden sich unter 168 Aufnahmen die ersten 6 Fälle, etwa 3,6%. Von da ab hat der Anteil der Paralyse an den Zugängen in die Irrenanstalt stetig zugenommen. Er beträgt jetzt bei uns im Durchschnitte etwa 10—20%, steigt aber in den Anstalten mit städtischer Bevölkerung für die Männer bis auf 30—40% und darüber. Daß diese Zunahme nicht durch eine einfache Verschiebung in dem Verhältnisse der einzelnen Formen des Irreseins bedingt wird, zeigt ein Vergleich mit der Bevölkerungsziffer. In Preußen stieg die Zahl der Paralysen auf 10 000 Einwohner in der Zeit zwischen 1877 und 1913 von 3,4 auf 9,6. Welche Verheerungen die Krankheit

namentlich in den Kreisen des großstädtischen gebildeten Mittelstandes anrichtet, lehrt eine Mitteilung HELLERS, daß von 510 ihm bekannten Männern aus dem jüdischen Bürgertum Berlins, die im Alter von über 40 Jahren starben, nicht weniger als 34,7% an Paralyse litten.

Ein Leiden von so einschneidender Bedeutung, das den Menschen in seiner Vollkraft unerbittlich seelisch und körperlich vernichtet, mußte die Aufmerksamkeit der Irrenärzte in besonderem Maße auf sich ziehen, sobald es, in den ersten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts, häufiger und häufiger zu werden begann. Gleichwohl hat es mehrerer Menschenalter bedurft, bis sich das Dunkel, das über dieser verhängnisvollen Krankheit schwebte, zu lichten begann.

Den tieferen Zusammenhang der paralytischen Krankheitserscheinungen mit dem ungünstigen Ausgange erkannte vor mehr als 100 Jahren zuerst der französische Irrenarzt ESQUIROL, indem er aussprach: „L'embarras de la parole est un signe mortel“; die Sprachstörung kündigt den Tod an. Wenige Jahre später, 1822, gab BAYLE eine Darstellung des Leichenbefundes in hierher gehörigen Fällen, die bei dem damaligen Stande der Wissenschaft wesentlich das Vorhandensein entzündlicher Wucherungen der Hirnhäute betonte. Dennoch dauerte es ziemlich lange, bis die Eigenart der Paralyse anerkannt wurde. Noch GRIESINGER, der große Erneuerer der deutschen Psychiatrie, vertrat bis in die letzte Auflage seines Lehrbuches die Meinung, daß der körperliche und seelische Zusammenbruch der Paralyse den durch unglückliche Umstände bedingten Ausgang sehr verschiedenartiger Formen des Irreseins bilden könne. Allein die

¹⁾ Nach einem am 12. November 1924 gehaltenen Vortrage.

kennzeichnende Verbindung der paralytischen Krankheitserscheinungen mit ihrem gesetzmäßigen Verlaufe bis zum jammervollen Tode befestigte doch mehr und mehr die Ansicht, daß es sich hier um eine ganz bestimmte Krankheit handeln müsse. Ja, man kann sagen, daß die Paralyse sehr lange Zeit die einzige Form des Irreseins war, deren Krankheitsbild einen sicheren Schluß auf den weiteren Verlauf und Ausgang ermöglichte.

Schon 1857 hatten ESMARCH und JESSEN die Vermutung ausgesprochen, daß die Ursache der Paralyse in der *Syphilis* zu suchen sei. Die Begründung lag in der auffallenden Häufigkeit, mit der eine syphilitische Ansteckung in der Vorgeschichte der Kranken festgestellt werden konnte. Ganz allmählich gewann diese Ansicht immer mehr Anhänger, zumal sich zeigte, daß bei sorgfältigerem Nachforschen die Zahl der syphilisverdächtigen Fälle erheblich zunahm; ihr Anteil ging allmählich auf 40, 50, ja 60, 70 und selbst 90% hinauf. Dennoch blieb regelmäßig ein mehr oder weniger großer Rest von Fällen übrig, bei denen auch die genaueste Nachprüfung keine frühere Ansteckung aufzudecken vermochte. Auf diese Lücke in der Beweisführung stützte sich die verbreitete Meinung, daß die Syphilis zwar eine, vielleicht sogar die wichtigste, aber doch nicht die alleinige Ursache der Paralyse darstelle, daß vielmehr unter Umständen auch andere Schädlichkeiten, so Überanstrengung, Gemütsbewegungen, Kopfverletzungen, Alkoholmißbrauch, dieselbe Wirkung haben könnten.

Das Gewicht dieser Schlußfolgerung wurde stark abgeschwächt durch HIRSCHLS Feststellung, daß auch mehr als ein Drittel der Kranken mit Spätsyphilis keine Auskunft über die doch unbedingt vorausgegangene Ansteckung zu machen weiß. Es ist ja auch einleuchtend, daß Erhebungen, die sich lediglich auf die Erinnerung der Kranken stützen, mit starken Fehlerquellen zu rechnen haben. Ganz abgesehen von der natürlichen Abneigung, über geschlechtliche Erlebnisse Auskunft zu erteilen, ist zu berücksichtigen, daß es sich um Vorgänge handelt, die nicht selten Jahrzehnte zurückliegen und wenig auffällige Erscheinungen verursachen, dem Unachtsamen daher leicht entgehen können. Endlich wird, wie mir scheint, ernsthaft die Möglichkeit in Betracht gezogen werden müssen, daß unter Umständen eine Ansteckung vielleicht ohne erkennbare Zeichen erfolgen kann. Aber auch wenn es gelänge, alle diese Fehlerquellen unschädlich zu machen, würde man erwarten müssen, daß die Erhebung der Vorgeschichte bei einer weiteren Gruppe von Fällen versagen müßte, dort nämlich, wo es sich gar nicht um wirkliche Paralyse, sondern um ähnliche, aber andersartige Erkrankungen handelt. Die Gefahr einer solchen Verwechslung lag aber sehr nahe, so lange man sich bei der Feststellung des Leidens lediglich auf die Betrachtung des Krankheitsbildes selbst stützen konnte.

Die große Lehrmeisterin und Richterin des Klinikers ist die pathologische Anatomie. Der

Leichenbefund deckt es auf, ob seine Beobachtungen und die aus ihnen gezogenen Schlußfolgerungen richtig waren oder nicht. Leider hat die Psychiatrie dieses mächtige Hilfsmittel der Erkenntnis nur allzu lange entbehren müssen. Der Bau des Hirngewebes ist so überaus verwickelt, daß unser Verständnis für seine Feinheiten auch heute noch in seinen ersten Anfängen steckt. Vor allem aber fehlte gänzlich die Möglichkeit, die krankhaften Veränderungen der einzelnen Gewebsteile erkennbar zu machen, bis durch die von WEIGERT und NISSL zu Beginn der 80er Jahre ersonnenen Färbungsverfahren endlich auch hier dem Fortschritte eine Bahn gebrochen wurde. Der vorbildlichen Arbeitsgemeinschaft NISSLS und ALZHEIMERS haben wir es zu danken, daß seit jener Zeit eine Fülle von Licht über die das Irresein begleitenden krankhaften Hirnveränderungen verbreitet worden ist, und daß vor allem auch für die Paralyseforschung eine gesicherte Grundlage geschaffen wurde. Es gelang den beiden Forschern, festzustellen, daß sich im paralytischen Gehirn regelmäßig ganz bestimmte Veränderungen nachweisen lassen, die es gestatten, die Krankheit nach dem Tode sicher zu erkennen. Es handelt sich in der Hauptsache um einen ausgebreiteten, seltener mehr umgrenzten, vorzugsweise die vorderen Hirngebiete zerstörenden Untergang von Nervenzellen und Fasern, ferner um Wucherungsvorgänge im Stützgewebe des Gehirns, die zum Teil der Zerlegung und Fortschaffung der entstandenen Zerfallstoffe, zum Teil der Ausfüllung der Lücken dienen. Dazu kommt dann noch eine ausgedehnte Umscheidung der Hirngefäße mit kleinen weißen Blutkörperchen und deren Abkömmlingen, vielfach auch Wucherung der Gefäßwandzellen mit Ausbreitung und Auswanderung in die Umgebung. Keine einzige dieser Veränderungen ist an sich kennzeichnend für die Paralyse, wohl aber das durch sie geschaffene Gesamtbild. Durch diese Forschungen, die vor etwa zwanzig Jahren zu einem vorläufigen Abschlusse kamen, war zunächst die Handhabe gegeben, aus den am Krankenbette beobachteten Paralyse diejenigen Fälle auszuscheiden, die trotz äußerlicher Ähnlichkeiten in Wirklichkeit doch wesensverschieden waren. Sodann aber stellte sich heraus, daß es noch manche Fälle, namentlich bei jugendlichen und sehr alten Personen, gibt, die den paralytischen Befund darbieten, obgleich das Krankheitsbild nicht ohne weiteres zu dieser Auffassung führen würde. Diese Grenzberichtigungen sind jedoch im ganzen nicht sehr beträchtlich gewesen. Bei der ungeheuren Mehrzahl der klinischen Paralyse erscheint auch der kennzeichnende Hirnbefund, ein Beweis dafür, daß wir es mit einer gut umgrenzbaren Krankheit zu tun haben.

Die Wahrscheinlichkeit, daß die Ursache des Leidens einheitlich sein werde, erhielt in diesen Forschungsergebnissen eine starke Stütze. Sie wurde zur Gewißheit durch die bald nachher entdeckte *Wassermann*-Reaktion. Schon vorher hatten französische Forscher mit Hilfe des von

QUINCKE zuerst angewendeten Rückgratstiches den Nachweis geliefert, daß sich bei der Syphilis in der Rückgratsflüssigkeit sehr häufig eine Vermehrung der sonst sehr spärlichen weißen Blutzellen findet, und dieser Befund hatte sich auch bei der Paralyse regelmäßig erheben lassen. Er konnte jedoch, da er auch bei anderen, die Hirnhäute in Mitleidenschaft ziehenden Erkrankungen vorkommt, nicht ohne weiteres als beweisend für ihre syphilitische Entstehung angesehen werden. Bei der WaR. lag die Sache anders. Sie ist zwar auch nicht auf die Syphilis beschränkt, aber die Krankheiten, bei denen sie sonst noch in ähnlicher Weise außer im Blute auch in der Rückgratsflüssigkeit beobachtet wird, hauptsächlich Schlafkrankheit und Lepra, kommen bei uns tatsächlich nicht in Betracht. Wir sind daher berechtigt, die Reaktion als ein sicheres Zeichen der Syphilis anzusehen, wenn sie auch unter besonderen Bedingungen einmal fehlen kann. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die WaR. bei anatomisch sichergestellten Paralysen im Blute mit ganz verschwindenden Ausnahmen, in der Rückgratsflüssigkeit nahezu regelmäßig stark ausgeprägt ist. Damit war der Nachweis erbracht, daß dem gleichartigen Hirnbefunde auch eine ganz bestimmte Krankheitsursache entspricht.

Nur ein Schritt war jetzt noch zu tun. Nachdem es SCHAUDINN gelungen war, den so lange vergeblich gesuchten Erreger der Syphilis, die Spirochaete pallida, zu entdecken, ging das heiße Bemühen der Irrenärzte dahin, diesen Schmarötzer auch bei der Paralyse nachzuweisen, die man als seine Wirkung betrachten mußte. Alle derartigen Versuche schlugen jedoch fehl, bis der Japaner NOGUCHI am Rockefeller-Institut 1913 mit Hilfe eines besonderen Färbungsverfahrens die Anwesenheit von Spirochäten in der Hirnrinde von Paralytikern feststellen konnte, ein Befund, der alsbald vielfache Bestätigung fand. In der Berliner psychiatrischen Klinik wurde dann auch beim lebenden Kranken der Nachweis der Schmarötzer im Hirngewebe erbracht. Allerdings hat sich gezeigt, daß es in einer erheblichen Zahl von Fällen trotz alles Suchens nicht möglich ist, Spirochäten aufzufinden. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß es immer nur möglich ist, winzige Bruchteile eines Gehirns zu untersuchen. Da die Spirochäten zwar bisweilen in dichten Schwärmen, dann aber wieder nur vereinzelt und zerstreut auftreten, können sie leicht ihrer Auffindung entgehen. Es muß aber weiterhin die Möglichkeit ins Auge gefaßt werden, daß sie, wie viele andere Kleinlebewesen, auch abweichende Formen annehmen können, die uns zur Zeit noch unbekannt sind. Somit liegt trotz der Unzulänglichkeit der tatsächlichen Nachweise schwerlich ein triftiger Grund vor, zu bezweifeln, daß die Spirochäten regelmäßig in der paralytischen Hirnrinde vorhanden sind. Vielleicht ist das ausnahmslos der Fall und eine Vorbedingung für die dort sich abspielenden krankhaften Veränderungen.

So hat sich denn der Kreis der Entdeckungen geschlossen. Die Paralyse ist eine Krankheit, die nach ihrer Entstehungsursache, nach ihren Erscheinungen, nach ihrem Verlaufe und nach dem Leichenbefunde vollkommen eindeutig gekennzeichnet ist. Sie darf heute, namentlich nach den Forschungsergebnissen der letzten 20 Jahre, als eine der für unser Wissen abgerundeten Krankheitsformen der gesamten Medizin gelten. Ihre Quelle ist ohne jeden Zweifel die Syphilis.

Je klarer sich allmählich diese Erkenntnis herausstellte, desto niederschmetternder wirkte die Erfahrung, daß sich das Leiden gegen die Behandlungsverfahren, die uns sonst bei der Syphilis so vortreffliche Dienste zu erweisen pflegen, gänzlich unzugänglich erwies. Ja, es gab öfters Fälle, die durch die immer wieder versuchten Quecksilberkuren sogar entschieden ungünstig beeinflusst wurden. Eine neue Hoffnung schien sich hier zu eröffnen, als uns EHRLICH im Salvarsan eine höchst wertvolle Bereicherung unserer Kampfmittel gegen die Syphilis schenkte, aber auch sie hat sich leider nicht erfüllt. Es schien zwar bisweilen, als ob gewisse Besserungen zu erzielen wären, aber das wird auch ohne Behandlung öfters beobachtet. Auf der anderen Seite blieben schwere Erkrankungen und selbst vereinzelte Todesfälle nicht aus, die man dem Salvarsan zuschreiben mußte. So konnten jedenfalls greifbare Erfolge nicht erzielt werden.

Diese Erfahrungen sprachen entschieden für eine Sonderstellung der Paralyse gegenüber den übrigen syphilitischen Erkrankungen. Sehr bemerkenswert ist es namentlich, daß es syphilitische Hirnleiden gibt, die sich wesentlich anders verhalten, als die Paralyse. Auch sie sind zwar häufig wenig beeinflussbar durch unsere Heilmittel, aber man erreicht doch oft genug auch ganz überraschende Erfolge, namentlich bei den nicht seltenen syphilitischen Hirnhautentzündungen.

Zwischen der Paralyse und der Hirnsyphilis bestehen indessen noch eine Reihe weiterer, zum Teil sehr tiefgreifender Unterschiede. Auf einen von ihnen, das abweichende Verhalten der WaR., stützt sich am Krankenbette vielfach unsere Abgrenzung beider Krankheiten. Bei der Hirnsyphilis kann sie, im Gegensatz zur Paralyse, in der Rückgratsflüssigkeit, mitunter, besonders nach ausgiebiger Behandlung, sogar im Blute, sehr schwach sein oder ganz fehlen; sie erreicht nur ausnahmsweise dort die Stärke, die hier die Regel ist. Ganz ähnliche Unterschiede im Verhalten der Rückgratsflüssigkeit lassen sich durch eine Reihe anderer Untersuchungsverfahren nachweisen, auf die nicht näher eingegangen werden kann. Die Zellvermehrung kann bei gewissen Formen der Hirnsyphilis ausbleiben, während sie in anderen, gerade für die Behandlung besonders günstigen Fällen, weit stärker ist, als wir sie jemals bei der Paralyse beobachteten.

Wichtiger, als diese immerhin nur Abstufungen bedeutenden Unterschiede, sind diejenigen der Zwischenzeit zwischen syphilitischer Ansteckung

und Ausbruch der Krankheit. Die Hirnsyphilis entwickelt sich am häufigsten innerhalb der ersten 4 Jahre nach der Ansteckung, bisweilen allerdings auch viel später, selbst nach mehreren Jahrzehnten, andererseits aber auch bereits innerhalb des ersten Jahres und selbst schon nach wenigen Monaten. Demgegenüber beträgt die Zwischenzeit von der Ansteckung bis zum Ausbruche der Paralyse in fast der Hälfte der Fälle mehr als 15 Jahre, recht selten weniger als 6–7 Jahre. Neuerdings sind freilich auch einzelne Beobachtungen mit nur 1½-jähriger Zwischenzeit mitgeteilt worden; sie gehören aber, wenn die Angaben wirklich zuverlässig sind, jedenfalls zu den ganz seltenen Ausnahmen. Die Tatsache, daß die Vorbereitung einer Paralyse im Körper im allgemeinen sehr viel länger dauert, als diejenige einer Hirnsyphilis, steht unbedingt fest. Es hat fast den Anschein, als ob erst irgendein Hindernis aus dem Wege geräumt, ein Damm durchbrochen werden müsse, nach dessen Beseitigung dann die Krankheit sich hemmungslos auszubreiten vermag. Dieser Vorgang vollzieht sich im Alter rascher, als in der Vollkraft der Jahre; die Zwischenzeit wird kürzer, je später die Ansteckung erfolgt.

Was aber vor allem die Paralyse aus der Gruppe der hirnsyphilitischen Erkrankungen heraushebt, das ist ihr *unerbittlich zum Tode führender Verlauf*, der schon ESQUIROL auf ihre Eigenart aufmerksam machte. Gewiß ist auch die Hirnsyphilis immer ein sehr ernstes Leiden, dem zahlreiche Kranke zum Opfer fallen. Allein es gelingt doch häufig der Behandlung, sie zur Ausheilung oder doch zum Stillstande zu bringen; öfters tritt eine günstige Wendung auch ohne ärztliches Zutun ein. Wenn aber der Tod erfolgt, pflegt er die Folge von Zerstörung lebenswichtiger Hirngebiete durch Blutungen, Gefäßverstopfungen oder Neubildungen zu sein, soweit nicht schwere syphilitische oder sonstige Erkrankungen anderer Körperwerkstätten das Ende herbeiführen. Aber auch bei tiefgreifender Schädigung des Gehirns, stärkster Verblödung und körperlichem Siechtum kann das Leben sehr lange erhalten bleiben, ohne daß sich der Zustand wesentlich verändert. Ganz anders verhält sich die Paralyse. Ist einmal die Krankheit deutlich erkennbar, so müssen wir mit der sicheren Erwartung rechnen, daß sie in durchschnittlich etwa 2 Jahren das tödliche Ende erreicht. In mehr als einem Drittel der Fälle tritt der Tod schon innerhalb des ersten Jahres ein. Andererseits kann die Krankheit auch 5, 6, 7 Jahre und selbst noch länger dauern. Nur bei einer ganz kleinen, gar nicht ins Gewicht fallenden Zahl von Kranken kommt sie zu einem gewissen Stillstande, der sogar 2–3 Jahrzehnte anhalten kann, aber in Wirklichkeit doch nur ein sehr langsames Fortschreiten ist. Vielleicht kann es auch einmal zur endgültigen Ausheilung kommen.

Weiterhin aber ist es von der größten Bedeutung, daß der Tod bei der Paralyse, soweit er nicht durch mehr zufällige Ereignisse, Unglücksfälle, Infektionen, Lungenentzündungen, Tuberkulose,

herbeigeführt wird, offenbar eine unmittelbare Folge des Krankheitsvorganges selbst ist. In einem Viertel der Fälle sterben die Kranken in sog. paralytischen Anfällen unter Hirnerscheinungen, die als Ausdruck ihres Leidens anzusehen sind, aber nicht mit größeren Zerstörungen, Blutungen und dgl. einhergehen, sondern auf feineren, nur mikroskopisch nachweisbaren Schädigungen des Hirngewebes beruhen, die der paralytische Prozeß selbst verursacht. Ein wesentlich größerer Teil der Kranken aber erliegt einem bald allmählich, bald auch ziemlich rasch sich herausbildenden, unaufhaltsam fortschreitenden Siechtum, das übrigens auch in allen anderen Fällen zur Entwicklung gelangt, in denen nicht ein vorzeitiger Tod oder ein Stillstand des Leidens es verhindert. Auch ohne daß sich greifbare Erkrankungen bestimmter lebenswichtiger Körpergebiete nachweisen ließen, verfallen die Kranken mehr und mehr, magern zum Skelett ab und geraten in einen Zustand völliger Hilflosigkeit mit tiefster Verblödung, aus dem sie erst das langsame oder plötzliche Versagen des Herzens erlöst.

Eine befriedigende Erklärung für diese sich bei längerem Fortschreiten des Krankheitsvorganges regelmäßig vollziehende Entwicklung gibt es zur Zeit nicht. Man kann wohl nach dem Tode an Nieren und Leber, am Herzen und an Gefäßen, an verschiedenen Drüsen allerlei Befunde erheben, die auf ausgebreitete Schädigungen verschiedener Körpergebiete hinweisen, aber diese Veränderungen sind so vieldeutig und zudem so unregelmäßig, daß sie unser Verständnis des gesamten Krankheitsvorganges nicht wesentlich fördern können. Vielleicht aber bieten die Stoffwechselversuche, wie sie namentlich von ALLERS und seinen Mitarbeitern durchgeführt wurden, eine gewisse Aussicht auf eine zukünftige Klärung. Sie haben zu dem vorläufigen Ergebnisse geführt, daß in der Paralyse anscheinend die Fähigkeit gestört ist, das Stickstoffgleichgewicht zu erhalten. Während der gesunde Körper in stande ist, die Stickstoffausscheidung stets der Zufuhr anzupassen, zeigt der Paralytiker ganz unregelmäßige Schwankungen der Stickstoffabgabe, und er vermag es namentlich nicht, sich rasch und zweckmäßig auf eine Änderung in der Ernährung einzustellen. Dazu kommt, daß anscheinend ein übermäßiger Zerfall hoch zusammengesetzter Körperbestandteile, namentlich wohl von Eiweißstoffen, stattfindet, daß aber die Zerlegung dieser Stoffe nicht zu den sonst auftretenden letzten Abbaustufen fortschreitet, sondern vielfach schon vorher halt macht. Dadurch entstehen Verbindungen, die sonst gar nicht oder doch in weit geringeren Mengen im Körperhaushalte auftreten. Auch die Fähigkeit, eingeführte Fremdstoffe zweckmäßig zu verarbeiten oder rasch auszuschleiden, scheint in der Paralyse erheblich beeinträchtigt zu sein.

Selbstverständlich bedeuten diese Aufschlüsse erst unsichere Anfänge eines Verständnisses der paralytischen Veränderung, die dringend der Nach-

prüfung und Fortsetzung bedürfen. Dennoch läßt sich aus ihnen wohl der Wahrscheinlichkeitsschluß ableiten, daß wir es in der Paralyse außer mit den im Vordergrund stehenden Hirnleiden auch mit schweren Allgemeinstörungen zu tun haben. Sie dürften es namentlich sein, die hier das körperliche Siechtum bedingen und so den bis zum tödlichen Ausgange fortschreitenden Verlauf herbeiführen. Dem entspricht die Erfahrung, daß sich bei den Kranken häufig ganz ungeheuerliche Schwankungen des Körpergewichtes einstellen, die bis zu 40 und 50 kg betragen können. Ungeklärt bleibt jedoch zunächst die Frage, ob der körperliche Verfall eine Ursache oder eine Wirkung des Hirnleidens darstellt, oder ob beide den gemeinsamen Ausdruck eines und desselben Krankheitsvorganges bilden.

Als Abschluß dieser Betrachtungen darf endlich darauf hingewiesen werden, daß auch der Leichenbefund bei der Paralyse von demjenigen der Hirnsyphilis abweicht. Sonst wäre ja auch die anatomische Kennzeichnung der Paralyse, wie sie NISSL und ALZHEIMER durchführten, nicht möglich gewesen. Allerdings finden sich viele Ähnlichkeiten, die entzündliche Verdickung der Hirnhäute, die zellige Umscheidung der Hirngefäße, der Untergang von Nervengewebe, die Wucherung des Stützgewebes. Allein es läßt sich doch ganz allgemein sagen, daß die Veränderungen bei der Hirnsyphilis mehr in umschriebenen Herden auftreten, die von den erkrankten Gefäßen oder von den entzündeten Hirnhäuten ausgehen, während sie bei der Paralyse durch das ganze Gewebe verbreitet sind. Dazu kommt, daß sich hier zwei Reihen von Vorgängen auseinanderhalten lassen, die voneinander weitgehend unabhängig sind, einmal die entzündlichen Veränderungen an den Gefäßen, sodann aber die Schädigung der Nervenzellen und Fasern, die, im Gegensatz zur Hirnsyphilis, auch dort nachweisbar ist, wo jene fehlen. Wie schon aus diesen Andeutungen hervorgeht, ist die Abgrenzung beider Krankheiten keine leichte Aufgabe, die nur der voll ausgebildete Fachmann lösen kann. Sie ist aber ungezählte Male mit voller Sicherheit gelöst worden. Erhebliche Schwierigkeiten können allerdings dort erwachsen, wo sich syphilitische und paralytische Veränderungen in demselben Gehirn nebeneinander vorfinden, eine Tatsache, die uns bei dem syphilitischen Ursprunge der Paralyse nicht sonderlich überraschen wird. Endlich gibt es auch vereinzelte Fälle, in denen eine einwandfreie Zuteilung zu der einen oder anderen Krankheitsform heute nicht möglich ist. Dennoch werden wir die Schlußfolgerung aufrechterhalten können, die wir aus unseren bisherigen Darlegungen ableiten müssen, daß nämlich Hirnsyphilis und Paralyse zwei allerdings verwandte, aber doch in ihrem Wesen verschiedene Krankheiten sind.

Diese Erkenntnis ist es, die zu der von MÖBIUS geprägten Bezeichnung der Paralyse als einer „metasyphilitischen“ Erkrankung geführt hat. Dadurch sollte angedeutet werden, daß ihr Zusammenhang mit der Syphilis anderer, besonderer Art sei.

Diese Auffassung ist vielfach bekämpft worden, namentlich, als durch die Spirochätenfunde im paralytischen Gehirn der Nachweis ihrer unmittelbaren Verursachung durch diesen Krankheitserreger erbracht schien. Es ist gewiß wahrscheinlich, daß die Schmarotzer die Gehirne, in denen sie sich ansiedeln, schädigen, und daß diese Wirkungen auch im Krankheitsbilde der Paralyse zutage treten. Insbesondere scheinen die schweren paralytischen Krampfanfälle und die herdartigen Ausfallserscheinungen durch Spirochätenschwärme bedingt zu werden. Allein dadurch werden die Unterschiede nicht aus der Welt geschafft, die uns zu der Annahme zwingen, daß in irgendeinem, uns allerdings zunächst noch unbekanntem Punkte die krankmachenden Wirkungen der Spirochäten bei der Hirnsyphilis und bei der Paralyse auseinandergehen.

Besonders verwickelt wird die hier behandelte Frage durch den Umstand, daß wir noch eine weitere „metasyphilitische“ Krankheit kennen, die doch wieder von der Paralyse abgegrenzt werden muß, die gewöhnlich als „Rückenmarksschwindsucht“ bezeichnete Tabes. Auch sie ist, freilich nicht so häufig wie die Paralyse, von starker WaR. in Blut und Rückgratsflüssigkeit begleitet, und auch sie pflegt der Ansteckung erst nach langen Jahren zu folgen. Auch bei ihr läßt sich ferner neben schwach ausgebildeten entzündlichen Vorgängen ein selbständiger Untergang nervösen Gewebes, vor allem der Hinterstränge des Rückenmarks, nachweisen. Endlich bleiben auch hier die Erfolge der antisiphilitischen Behandlung weit hinter den berechtigten Erwartungen zurück. Allein der Verlauf des Leidens ist weit langsamer und milder, als bei der Paralyse; es kommt nicht selten zu Stillständen, bisweilen sogar Ausheilungen. Jedenfalls aber entwickelt sich nicht jenes schwere allgemeine Siechtum, das dem Paralytiker so verhängnisvoll wird. Auch bei der Tabes kann das Seelenleben in Mitleidenschaft gezogen werden. Es kommen hier Geistesstörungen vor, deren anatomische Grundlagen von denjenigen der Paralyse abweichen. Aber es kann sich auch eine paralytische Erkrankung zu einer schon seit Jahren bestehenden Tabes hinzugesellen; dann bieten Verlauf, Ausgang und Hirnbefund durchaus die Züge dieses letzteren Leidens.

Darf somit die Eigenart der Paralyse wie ihr syphilitischer Ursprung als erwiesen gelten, so liegt doch über ihrer Entstehungsgeschichte noch ein undurchdringliches Dunkel. Wir wissen durchaus nicht, unter welchen besonderen Bedingungen aus einer bestehenden Syphilis eine Paralyse hervorgeht. Die Häufigkeit, mit der das geschieht, beträgt nach den umfassenden Untersuchungen von PILCZ und MATTAUSCHEK etwa 4,8% der Fälle, während an Tabes 2,4, an Hirnsyphilis 3,2% erkranken. Die Ursache für die Entwicklung der Paralyse kann entweder in der Besonderheit der Krankheitserreger oder in den Eigenschaften der Erkrankten liegen. NOGUCHI hat in der Tat ge-

glaubt, verschiedene Formen von Spirochäten schon unter dem Mikroskop auseinanderhalten zu können, doch hat diese Meinung keinen Anklang gefunden. Dagegen ist vielfach die Frage erörtert worden, ob nicht gewisse Spirochäten eine besondere Neigung besitzen, das Nervengewebe anzugreifen. Den Ausgangspunkt dieser Erörterungen bildet die Erfahrung, daß die zur Paralyse führende Syphilis in der Regel auffallend geringe weitere Krankheitserscheinungen verursacht und demnach als „leicht“ angesehen zu werden pflegt. Insbesondere spielen bei ihr die sonst so häufigen Erkrankungen der Haut und der Schleimhäute, die den Kranken immer wieder zum Arzt führen, kaum eine Rolle. Von der ungeheuren Mehrzahl der Kranken, die überhaupt etwas über eine Ansteckung auszusagen wissen, hört man die Mitteilung, daß sie nur ein kleines, rasch heilendes Geschwür gehabt, späterhin aber niemals weitere Störungen bemerkt hätten. In der Tat lassen sich syphilitische Krankheitserscheinungen bei Paralytikern nur in ganz seltenen Ausnahmefällen nachweisen. Ganz im Einklang mit diesen Erfahrungen stehen die Erhebungen von PILCZ und MATTAUSCHEK an österreichischen Offizieren, die ergaben, daß von den syphilitisch Erkrankten mit mehreren Rückfällen 1,3%, von denen mit einem Rückfall 3,5% und von denjenigen ohne weitere Krankheitserscheinungen 41,2% späterhin paralytisch wurden.

Die Deutung dieser Beobachtung ist nicht leicht. Man wird zunächst berücksichtigen müssen, daß bei der Paralyse das Erinnerungsvermögen sehr geschwächt ist, die Angaben der Kranken daher unzuverlässig sind, ferner, daß viele syphilitische Hautausschläge wegen ihrer Schmerzlosigkeit und Unauffälligkeit ganz übersehen werden. Sodann kann geltend gemacht werden, daß die zur Paralyse führende Syphilis in der Tat von vornherein vielfach in leichter Form auftritt, aber eben deswegen keinen Anstoß zu gründlicher Behandlung gebe und nun durch die Vernachlässigung zu ihrer verhängnisvollen Fortentwicklung gebracht werde. Der eigentliche Grund für die Entstehung der Metasyphilis würde demnach nicht in einer besonderen Gefährlichkeit gewisser Spirochätenstämme für das Nervengewebe, sondern, wie namentlich FOURNIER gemeint hat, lediglich in der mangelhaften Bekämpfung der ursprünglich verhältnismäßig harmlosen Krankheitserreger zu suchen sein. Gegen diese auf den ersten Blick sehr einleuchtende Erklärung läßt sich zunächst einwenden, daß sicher zahlreiche Fälle von syphilitischer Ansteckung auch ohne Behandlung ausheilen, ferner, daß uns, wenn auch nicht sehr häufig, Fälle begegnen, in denen sich trotz sorgfältigster und eingreifendster Behandlung eine Paralyse entwickelt. Jedenfalls kann demnach Vernachlässigung nicht der entscheidende Umstand für die Entstehung der Paralyse sein.

Es scheint aber auch in der Tat, als ob ein gewisses gegensätzliches Verhältnis zwischen Hautsyphilis einerseits, Nervensyphilis andererseits besteht. So ist vielfach darauf hingewiesen worden,

daß in Ländern, in denen syphilitische Hautleiden sehr verbreitet sind, entsprechende Hirn- und Nervenkrankheiten nur selten beobachtet werden. HAUPTMANN gibt an, daß bei den Kranken mit Haut- und Schleimhautleiden nur 10%, bei denjenigen ohne solche aber 67% die Zeichen einer Beteiligung des Nervengewebes aufweisen. Umgekehrt fand FLEISCHMANN, daß fast $\frac{1}{3}$ der Kranken, die keine Zellvermehrung in der Rückgratsflüssigkeit aufwiesen, schwere Hautsyphilis darboten. Nicht ohne Berechtigung hat man darauf hingewiesen, daß die Hautausschläge ein Abwehrmittel des Körpers gegen die im Blute sich verbreitenden Schmarotzer bedeuten, die hier vernichtet werden. Wo also diese Verteidigungswaffe aus irgendeinem Grunde versagt, etwa deswegen, weil die Spirochäten nicht in die Haut gelangen, sondern sich in anderen Körpergebieten festsetzen, oder weil die Haut ihre Abwehrfähigkeit nicht ausübt, entstünde dann die Gefahr einer Erkrankung innerer Organe, namentlich des Nervengewebes.

Eine weitere Stütze für die Annahme von Unterschieden zwischen den Spirochätenstämmen haben die Untersuchungen von PLAUT und MULZER über die Kaninchensyphilis geliefert. Sie konnten feststellen, daß von zwei Stämmen, die sie zu verimpfen pflegten, der eine sehr häufig, der andere selten Veränderungen in der Rückgratsflüssigkeit herbeiführte, ein Verhalten, das bei wiederholter Überimpfung immer wiederkehrte. Es ist natürlich zweifelhaft, ob sich diese Erfahrung ohne weiteres auf den Menschen übertragen läßt. Aber es gibt doch eine Reihe von Tatsachen, die darauf hinweisen, daß die Krankheitserreger befähigt sein können, ganz bestimmte Formen des Leidens hervorzurufen. Sehr bekannt sind einzelne erschütternde Beobachtungen geworden, in denen sich herausstellte, daß mehrere Personen, deren Ansteckung aus derselben Quelle stammte, in einem Falle 6, nach langen Jahren in gleicher Weise an Paralyse zugrunde gingen. Könnte man bei solchen immerhin vereinzelt Erfahrungen noch an ein Spiel des Zufalls glauben, so dürften doch die verhältnismäßig häufigen Fälle, in denen wir bei zwei Ehegatten Paralyse vorfinden, entschieden ins Gewicht fallen. Wenn wir von FISCHER erfahren, daß die Männer von 76 paralytischen Frauen in 10,5% der Fälle metasyphilitisch erkrankten, während das sonst bei syphilitischen Männern der gleichen Bevölkerung nur in 3,7% der Fälle festgestellt werden konnte, so läßt dieser Unterschied kaum eine andere Erklärung zu, als die, daß eine Metasyphilis die Neigung hat, wieder Metasyphilis zu erzeugen. Gestützt wird diese Anschauung weiterhin durch die nicht ganz seltenen Fälle, in denen die Kinder von Paralytikern ebenfalls paralytisch werden.

Man wird aber weiterhin auch der Eigenart des Einzelnen selbst eine sehr wesentliche Bedeutung für das Zustandekommen der Paralyse zuschreiben müssen, wenn man bedenkt, daß doch immer nur ein kleiner Bruchteil der Syphilitiker paralytisch wird, und daß von einem unverbrüchlichen Zu-

sammenhang dieser Fälle mit ganz bestimmten Ansteckungsquellen keinesfalls die Rede sein kann. Es erscheint auch nicht ausgeschlossen, daß die Neigung, paralytisch zu werden, erworben werden kann. Man hat allerdings bisweilen gemeint, daß schon im Augenblick der Ansteckung das Schicksal des künftigen Paralytikers besiegelt sei, entweder, weil er die entsprechenden Spirochäten in sich aufgenommen hat, oder weil ihn seine persönliche Anlage in die verhängnisvolle Entwicklung drängt. Es gibt jedoch allerlei Erfahrungen, die dafür sprechen, daß Lebensinflüsse sehr wohl die Neigung zur Paralyse fördern oder hemmen können.

Eine ganz überraschende Beleuchtung erfährt die Wichtigkeit der persönlichen Eigenart für die Entstehung der Paralyse durch die Tatsache, daß zahlreiche Völker vor diesem Würgengel vollkommen oder nahezu geschützt sind, obgleich bei ihnen die Syphilis sehr verbreitet ist. Dies gilt vor allem von Vorder- und Hinterindien, von den Südseeinseln, von großen Teilen Afrikas, Abessinien, Alger, Kamerun, vielleicht auch von China. In Java konnte ich 1904 unter mehreren Hundert eingeborenen Kranken mit den dortigen holländischen Fachgenossen keinen Fall von Paralyse auffinden, doch erhielt ich später von da ein paralytisches Gehirn. Dem gegenüber zeigen die europäischen Kulturvölker und auch der Westen von Nordamerika keine beträchtlicheren Unterschiede in der Häufigkeit der Paralyse; nur aus Spanien und Norwegen werden niedrige Zahlen berichtet, während Island ganz frei sein soll. Mag in den letzteren Fällen die durch die allgemeinen Lebensverhältnisse bedingte geringere Verbreitung der Syphilis ausschlaggebend sein, so trifft das jedenfalls für eine Reihe der anderen Länder, wie schon erwähnt, durchaus nicht zu. Dagegen wird, namentlich aus tropischen Ländern, vielfach berichtet, daß die dort sehr häufige Syphilis ganz vorzugsweise Hautleiden erzeuge, aber nur selten die Eingeweide befallt, ein Gegensatz, dem wir schon bei der Besprechung der zur Paralyse führenden Syphilis begegnet sind. Man könnte daher meinen, daß eben in den paralysefreien Ländern die gefährlichen Spirochätenstämme nicht vorhanden seien. Dem steht aber die Erfahrung entgegen, daß Europäer in jenen Ländern ungefähr ebenso häufig paralytisch werden wie in der Heimat. Der Unterschied kann also nur in den besonderen Eigenschaften der Erkrankenden begründet sein.

Am nächsten liegt es natürlich, hier an Rasseeigentümlichkeiten zu denken. Dagegen spricht zunächst der Umstand, daß Häufigkeit und Seltenheit der Paralyse jeweils bei Rassen völlig verschiedener Art beobachtet werden, während andererseits jede Gruppe gewisse Gemeinsamkeiten hinsichtlich der allgemeinen Lebensverhältnisse, des Klimas, der Ernährungsweise erkennen läßt. Es zeigt sich aber ferner, daß auch dieselbe Rasse ein verschiedenes Verhalten darbieten kann. So scheinen die Juden in Deutschland verhältnismäßig häufig an Paralyse zu erkranken, während sie in Kurland, in geringerem Grade auch in Österreich,

günstigere Zahlen liefern, als die Deutschen. Weit bemerkenswerter aber als dieses Beispiel, gegen das sich manche Einwendungen erheben lassen, sind die in Bosnien gesammelten Erfahrungen. Sie lehren, daß die Bosniaken trotz starker Durchseuchung mit Syphilis unvergleichlich viel seltener an Paralyse erkranken, als ihre benachbarten kroatischen Rassegenossen.

Eine wichtige Ergänzung erfahren diese Beobachtungen durch den Umstand, daß der Schutz gegen die Paralyse anscheinend einem Volke in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen verlorengehen kann. Noch vor etwa 40 Jahren erklärten amerikanische Irrenärzte, daß sie niemals einen Fall von Paralyse bei einem Vollblutneger gesehen hätten, während heute die Krankheit bei der farbigen Bevölkerung der Vereinigten Staaten sogar häufiger ist, als bei den Weißen. Auch MOREIRA berichtet aus Brasilien, daß die frisch aus Afrika eingewanderten Neger nicht paralytisch würden, während ihre Nachkommen ebenso erkranken wie die übrige Bevölkerung. Auch aus Java liegen Anzeichen für eine Zunahme der Paralyse vor, und die Irrenanstalt in Agra kann als alleinige Ausnahme in ganz Indien schon jetzt über nicht mehr ganz seltene Fälle des Leidens berichten. Es darf hier endlich daran erinnert werden, daß auch bei uns erst vor etwa 120 Jahren sich eine rasche Häufung der paralytischen Erkrankungen eingestellt hat.

Alle diese Erfahrungen scheinen darauf hinzuweisen, daß es einen natürlichen Schutz gibt, der zwar nicht die syphilitische, wohl aber die paralytische Erkrankung verhindert, der jedoch dem Einzelnen wie größeren Teilen einer Bevölkerung verloren gehen kann. Auch bei uns besitzen 95% der syphilitisch Erkrankten diesen Schutz noch. Namentlich ist das beim weiblichen Geschlechte der Fall. Überall erkranken die Frauen seltener an Paralyse, als die Männer. Vor etwa 40 Jahren kam bei uns auf 7—8 männliche Paralytischen eine weibliche. Allerdings hat sich dieses Verhältnis stetig zu ungunsten der Frauen geändert, so daß es jetzt etwa 2—3 : 1 beträgt. In Spanien rechnet man 9—10 : 1, in Griechenland und in Brasilien 18 : 1. Selbstverständlich spielt hier die verschiedene Häufigkeit der Syphilis bei den Geschlechtern eine Hauptrolle, deren Bedeutung wir leider gar nicht abzuschätzen vermögen. Allein das rasche Anwachsen der weiblichen Paralyse ist doch schwerlich allein durch eine entsprechende Zunahme der syphilitischen Durchseuchung zu erklären. Vielmehr liegt es nahe, auch hier an ein allmähliches Versagen natürlicher Schutzmittel zu denken.

Auch beim Kinde scheint sich ein ähnlicher Vorgang zu vollziehen. Kinder syphilitischer Eltern können an Paralyse erkranken, ebenso solche, die frühzeitig angesteckt werden. Allein erst im Jahre 1877 wurde der erste derartige Fall von CLOUSTON beschrieben, und noch jahrzehntelang galt die Kinderparalyse als ganz besondere Seltenheit; ich hatte in Heidelberg während mehr als 12 Jahren nur ein einziges Mal Gelegenheit, einen derartigen Fall

zu sehen. Dem gegenüber beobachtete ich in München, wo allerdings auch die Paralyse der Erwachsenen häufiger ist, binnen 19 Jahren etwa 50 Fälle, und auch anderswo scheinen die Dinge ähnlich zu liegen. Mag sich auch unser Verständnis für die Kinderparalyse wesentlich gebessert haben, so kann man sich doch dem Eindrucke schwer entziehen, daß ihre Häufigkeit stärker zugenommen hat, als es der fortschreitenden syphilitischen Durchseuchung entsprechen würde. Sehr beachtenswert ist dabei der Umstand, daß die Krankheit bei Kindern weit langsamer zu verlaufen pflegt, als bei Erwachsenen; sie dauert im Durchschnitt fast die dreifache Zeit. Dieser Umstand weist darauf hin, daß dem Kinde, auch wenn das Leiden einmal ausgebrochen ist, eine wesentlich größere Widerstandsfähigkeit gegen sein Fortschreiten zukommt. Schon in den Entwicklungsjahren beginnt sich dieser Unterschied zu verwischen. Umgekehrt sehen wir mit zunehmendem Alter bei Erwachsenen die Vorbereitungszeit bis zum Ausbruch der Krankheit sich verringern und die Dauer dieser letzteren bis zum tödlichen Ausgange abnehmen. Wie in der Entwicklung der Völker, so würde demnach auch im Leben des einzelnen der ursprüngliche Schutz gegen die Paralyse sich abschwächen können.

Dieser Vorgang kann nun aber wahrscheinlich durch allerlei Einflüsse unterstützt werden. Daß unter ihnen die erbliche Anlage zu geistiger Erkrankung keine Rolle spielt, ist heute wohl ziemlich allgemein anerkannt. Dagegen sprechen die Erfahrungen dafür, daß die Neigung zu Gefäß-erkrankungen und Schlaganfällen bei den Vorfahren die Gefahr der Paralyse für die Nachkommen erhöht. Auch dafür liegen Anhaltspunkte vor, daß Syphilis und Paralyse der Eltern, selbst wenn sie sich nicht unmittelbar auf die Kinder überträgt, doch ihre Neigung steigert, nach syphilitischer Ansteckung paralytisch zu werden, doch bedarf diese Frage noch weiterer Nachprüfung.

Von den Schädigungen des Lebens könnte namentlich der Alkohol als Schrittmacher für die Paralyse in Betracht kommen, zumal er zweifellos nicht nur der syphilitischen Ansteckung selbst Vorschub leistet, sondern auch deren weiteren Verlauf ungünstig beeinflusst. Die gegen die Paralyse geschützten Völker sind zum großen Teile auch alkoholfrei; jedenfalls besteht bei ihnen nirgends auch nur im entferntesten ein Alkoholverbrauch wie bei den europäischen Kulturvölkern. Die mohammedanischen Bosniaken sind wohl auch enthaltsamer, als ihre katholischen, nicht durch religiöses Gebot beeinflussten kroatischen Rassegenossen. In München beträgt das Verhältnis der Trinker unter den Paralytikern, soweit man es bestimmen kann, bei den Männern 40, bei den Frauen etwa 20%. Diese Zahlen sind hoch, namentlich diejenige für das weibliche Geschlecht, die durch den starken Anteil der Kellnerinnen und Prostituierten beeinflusst wird. Es darf daher immerhin als wahrscheinlich bezeichnet werden,

daß der Alkohol das Zustandekommen der Paralyse begünstigt.

Von den sonstigen Schädigungen des Lebens hat man hauptsächlich Überanstrengungen und gemüthliche Erregungen als Förderer der Paralyse betrachtet. Die Grundlage der ersteren Ansicht bildet, wie ich glaube, hauptsächlich der Umstand, daß die Kranken im Beginne ihres Leidens bei ihrer Berufsarbeit große Schwierigkeiten finden, die sie trotz aller Anstrengung nicht zu überwinden vermögen. Im übrigen lehrt die Erfahrung, daß neben ernstesten Arbeitern auch in großer Zahl Nichtstuer, Genußmenschen, Lebemänner an Paralyse erkranken. Hinsichtlich der Gemütsbewegungen ist es schwer, ein sicheres Urteil zu gewinnen, zumal uns jeder brauchbare Maßstab fehlt. Man pflegt gewöhnlich auf den Glückswechsel beim Börsenspiel, die Unrast der geschäftlichen Tätigkeit, die Verantwortlichkeit großer Unternehmer hinzuweisen. Meist lassen sich diese Einflüsse von denen mannigfacher Ausschweifungen, Unzweckmäßigkeiten der Lebensführung, Störungen des Schlafes, Üppigkeit der Ernährung zu wenig trennen, als daß es möglich wäre, die Bedeutung aller solcher Umstände richtig abzuschätzen. Gegen eine nennenswerte Bedeutung der Überanstrengungen wie der Gemütsbewegungen für die Entstehung der Paralyse spricht der Umstand, daß der Weltkrieg unmittelbar keine Zunahme der Erkrankungen bewirkt hat.

Der offenkundige Gegensatz zwischen den paralysegefährdeten Europäern und den geschützten Völkern des fernen Ostens und Südens muß aber weiterhin zu der Frage führen, ob nicht die höhere Gesittung, deren wir uns rühmen, das Auftreten der Paralyse begünstige. v. KRAFFT-EBING hat das Schlagwort geprägt, daß „Syphilisation und Zivilisation“ die Grundlagen der Paralyse seien. Es ist schwer, dieser Redewendung einen greifbaren Inhalt zu geben. Darf man französischen Beobachtern glauben, so beginnt für die Algerier die Gefahr der Paralyse mit ihrer „Europäisation“. In der Tat waren die beiden einzigen eingeborenen Paralytiker, die RÜDIN bei einer Nachforschung in Algier auffinden konnte, eine Prostituierte und ein Fremdenführer.

Allein es kann sich natürlich nicht um rein äußerliche Umwandlungen und Anpassungen handeln, sondern um Änderungen im Verhalten wichtiger Lebensvorgänge. Man könnte an die Verweichlichung denken, die unsere hochgezüchteten Haustiere und Nutzpflanzen so empfindlich gegen alle möglichen Schädigungen macht, wie sie von den Wildlingen ohne weiteres abgewehrt werden. Gegen diese Auffassung spricht die Schnelligkeit, mit der sich die Entwicklung der Paralyse bei uns und anscheinend jüngst auch bei den amerikanischen Negern vollzogen hat. Auch der Unterschied im Verhalten der Geschlechter und der Lebensalter zur Paralyse will sich einer derartigen Erklärung nicht recht fügen. Man sollte ja denken, daß Kinder und Frauen die Zeichen der Verweichlichung eher stär-

ker zeigen sollten als die doch immer wieder in den Kämpfen des Lebens gestählten Männer. Vielleicht darf man aber an die größere Langlebigkeit der Frauen und an die außerordentliche Lebenskraft der Kinder erinnern, die es ihnen ermöglicht, auch sehr schwere Erkrankungen schließlich zu überwinden.

Es ist zur Zeit nicht möglich, die hier sich uns aufdrängenden Fragen befriedigend zu beantworten. Nur auf zwei Gesichtspunkte soll hingewiesen werden, die vielleicht den Weg für weitere Forschungen weisen können. PILCZ und MATTAUSCHEK haben angegeben, daß von 157 syphilitischen Offizieren, die in den ersten Jahren nach der Ansteckung an einer Infektionskrankheit litten, an Malaria, Lungenentzündung, Rose oder dgl., kein einziger an Paralyse erkrankte, während man 7—8 solche Fälle hätte erwarten sollen. Diese Beobachtung, die allerdings in größtem Maßstabe nachgeprüft werden sollte, ist deswegen von ganz besonderer Bedeutung, weil sie eine Anknüpfung an gewisse Erfahrungen über die Selbstheilung der Paralyse bietet. In den spärlichen Fällen, in denen ein dauernder Stillstand oder gar eine völlige Ausheilung der Krankheit angenommen werden durfte, ist diese günstige Wendung häufig im Anschlusse an Infektionen oder schwere, unter Umständen das Leben bedrohende Eiterungen aufgetreten. Es scheint demnach, daß die Anspannung der Abwehrtätigkeit, wie wir sie unter solchen Umständen annehmen dürfen, auch im Kampfe gegen die Paralyse wertvoll werden kann. Wäre das richtig, so ließe sich daran denken, daß der Schutz der paralysefreien Völker und vielleicht auch der Kinder mit ihrer stärkeren Gefährdung durch krankmachende Eindringlinge in Beziehung stehe; dadurch könnte eine verstärkte Abwehrbereitschaft bedingt werden. Je geringer die Gefahr wird, je weniger also die Abwehrmaßregeln in Anspruch genommen werden, desto mehr könnten sie allmählich ihre Wirkung verlieren, ähnlich dem Selbsterhaltungstrieb, der das Kind, den Naturmenschen, den Kämpfer vor dem Feinde fast unbedingt vor dem Selbstmorde schützt, jedoch seine sichernde Kraft einbüßt, wenn ihm die Verteidigung des Lebens durch die Einrichtungen des Staates abgenommen wird. Es könnte also sein, daß besondere Häufigkeit von Infektionskrankheiten, wie wir sie wenigstens in vielen paralysefreien Ländern voraussetzen dürfen, auch starke Sicherungen schaffte, die eben der Ausbildung der Paralyse entgegenwirken, aber sich abschwächen, wenn sie nicht mehr in Anspruch genommen werden. So wäre es denkbar, daß wesentliche Fortschritte in der Verhütung ansteckender Krankheiten die unerwünschte Folge hätten, die natürliche Widerstandsfähigkeit einer Bevölkerung gegen derartige Gefahren zu beeinträchtigen, wie sie andererseits eine greifbare Abnahme der allgemeinen Sterblichkeit bewirken.

Ganz ähnliche Erwägungen sind hinsichtlich des Einflusses angestellt worden, den möglicherweise

die Syphilisbehandlung auf die Abwehrkräfte unseres Körpers ausübt. Von verschiedenen Seiten ist die Behauptung aufgestellt worden, daß die Bekämpfung der Syphilis mit Quecksilber oder Salvarsan die Vorbereitungszeit der Paralyse verkürze. Zur Erklärung dieser überraschenden, übrigens noch ungenügend gesicherten Erfahrungen hat man darauf hingewiesen, daß durch die Behandlung, die einen Teil der Krankheitserreger vernichtet, der Selbstschutz des Körpers insofern beeinträchtigt werde, als ihm nunmehr der Anreiz fehle, in Wirksamkeit zu treten. Die oft von vornherein bestehende Unzulänglichkeit der Abwehrmaßregeln, wie sie sich in dem Ausbleiben der Hautausschläge kundgebe, werde durch das äußerliche Eingreifen der Arzneimittel noch verstärkt. Es muß einstweilen dahingestellt bleiben, wie weit solche Gedankengänge den wirklichen Verhältnissen gerecht werden und sich durch fernere Untersuchungen stützen lassen. Beachtenswert ist jedenfalls, daß hinsichtlich der Behandlung der Syphilis zwischen den Kulturvölkern Europas und den meisten paralysefreien Ländern tiefgreifende Unterschiede bestehen, die durch „Europäisierung“ rasch und stark beeinflußt werden können. Eine Reihe von Erfahrungen deuten darauf hin, daß namentlich eine ungenügende Behandlung, indem sie die natürlichen Abwehrkräfte des Körpers nicht zur Auswirkung kommen läßt, ohne doch die Krankheitserreger zu vernichten, die Entwicklung der Paralyse begünstigen könnte. Man darf vielleicht annehmen, daß die stetige Zunahme der Paralyse bei uns infolge der immer mehr verbesserten ärztlichen Fürsorge von einer weiten Ausbreitung der arzneilichen Behandlung der Syphilis begleitet war, während zugleich der mildere Verlauf der früher so verheerenden Seuche zu unzulänglichem Eingreifen verführte. Es wird ernster Erwägung wert sein, ob und welche Zusammenhänge hier etwa bestehen.

Das Endziel aller ärztlichen Forschung ist die Bekämpfung menschlichen Leidens. Auch auf unserem Gebiete gilt es, aus den gewonnenen Erkenntnissen die Richtschnur für unser ärztliches Handeln abzuleiten. Die Aufdeckung der Ursache der Paralyse hat uns zur Anwendung antisiphilitischer Heilmittel veranlaßt, leider ohne den gewünschten Erfolg. Es ist aber wohl sicher, daß ein sehr frühzeitiges, kräftiges Eingreifen, das die Einwanderung der Spirochäten in den Körper endgültig abschneidet, auch die Entwicklung der Paralyse verhindern wird. Anders steht es, wenn die von vornherein erstrebte Vernichtung der Krankheitserreger nicht vollständig gelingt oder deren Ausbreitung sich schon vollzogen hat, bevor die Behandlung einsetzt. In diesem Falle werden wir mit der Schwierigkeit zu kämpfen haben, daß die Arzneimittel nicht alle im Körper zerstreuten Spirochäten erreichen, daß also immer Nester zurückbleiben, von denen neue Aussaaten ausgehen können. Namentlich im Gehirn scheint diese Gefahr groß zu sein, da sich hier zwischen den einstrahlenden Gefäßen und dem eigentlichen Hirn-

gewebe eine Grenze findet, die den Austritt von Arzneistoffen aus der Blutbahn in die Umgebung hindern kann. Auf diesen Umstand hat man die Unwirksamkeit unserer antisiphilitischen Mittel vielfach zurückgeführt und deswegen versucht, durch deren Einführung in den Wirbelkanal, unter die Hirnhäute und selbst in die Hirnhöhlen bessere Ergebnisse zu erzielen. Die Erfolge sind jedoch bisher nicht befriedigend gewesen.

Das würde erklärlich sein, wenn man annimmt, daß bei der Paralyse die eigenen Abwehrkräfte des Körpers, die den Kampf gegen den eingedrungenen Feind ohne Zweifel am wirksamsten aufzunehmen vermögen, entweder von vornherein unzulänglich oder durch die den Anreiz beseitigende Behandlung abgeschwächt sind. Ist diese Vermutung zutreffend, so wird neben dem Versuche, die Spirochäten zu vernichten, ein Verfahren einsetzen müssen, das diejenigen Kampfmittel, die dem Körper selbst zur Verfügung stehen, nach Möglichkeit lebendig macht. Den Weg dazu haben die vereinzelt Fälle von günstiger Beeinflussung des Leidens durch Infektionen und Eiterungen gewiesen. Schon vor etwa 70 Jahren hat JACOBI, diesem Beispiele folgend, den Kopf der Paralytiker mit Brechweinsteinsalbe eingerieben, die eine Vereiterung der Kopfhaut, selbst bis zur Abstoßung der Knochen, bewirkte. Indessen die Gefahren dieses Vorgehens waren so groß, daß man es wieder aufgeben mußte. Die Fortschritte der Bakteriologie haben dann dazu geführt, daß man den Kranken Aufschwemmungen abgetöteter Krankheitserreger einspritzte, Staphylokokken, Streptokokken, Typhusbacillen, Tuberkulin. Auch die Einverleibung eines Mittels, das die Zahl der weißen Blutkörper, der Kämpfer gegen eingedrungene Schädlinge, vermehrt, des nucleinsäuren Natrons, hat man versucht. Die Erfolge waren unsicher, wenn es auch hier und da schien, daß ein günstiger Einfluß auf die Krankheit erzielt worden sei.

Es war aber auch klar, daß nur lebende, sich bewegende und vermehrende, reizende Stoffe ausschlaggebende Krankheitserreger wirksam und nachhaltig die Abwehrkräfte des Körpers aufzupeitschen vermögen. Allein die Verwendung der angeführten Schmarotzer in lebendem Zustande ist wegen der großen damit verknüpften Gefahren unmöglich. Einen bedeutsamen Fortschritt in dieser Richtung hat uns die jüngste Zeit gebracht. WAGNER VON JAUREGG hat seit 1917 Paralytikern Malaria plasmodien eingespritzt, deren Wuchern man hoffen konnte, durch Chininbehandlung in ungefährlichen Grenzen zu halten. Die von verschiedenen Seiten wiederholten Versuche lieferten überraschend günstige Ergebnisse. Während sich ohne besondere Behandlung deutliche Besserungen in den Verlauf der Paralyse nur bei etwa 10–11% der Fälle einzuschieben pflegen, wurde nunmehr in fast $\frac{1}{3}$ der Fälle die Berufsfähigkeit wiederhergestellt, während etwa ebensoviele Kranke mehr oder weniger erhebliche Besserungen ihres Zustandes erfuhren; einige gingen allerdings an der Malaria zugrunde.

An der Münchener Klinik haben PLAUT und STEINER seit 1919 in größerem Umfange bei Paralytikern Einspritzungen von Spirochäten des Rückfallfiebers durchgeführt. Der leitende Gedanke war dabei, daß sie den Syphiliserregern nahe verwandt sind, daß man also hoffen durfte, der durch sie angeregte Abwehrkampf werde sich auch gegen jene besonders wirksam erweisen. Die im Herbst 1923 eingezogenen Erkundigungen über die Schicksale von 76 bis zum Jahre 1922 behandelten Fällen ergaben, daß 27 Kranke eine sehr weitgehende, 3 eine mäßige Besserung aufwiesen, 22 unverändert geblieben, 7 schlechter geworden und 17 gestorben waren. Die Behandlung selbst hat sich als unbedenklich erwiesen. Auch diese, zum Teil sich über 5 Jahre erstreckenden Beobachtungen zeigen ganz unverkennbar eine erhebliche günstige Beeinflussung der Paralyse.

Es wird der nächsten Zukunft beschieden sein, die hier vorhandenen Ansätze einer wirksamen Bekämpfung auch der schon ausgebrochenen Paralyse weiter zu entwickeln. Wahrscheinlich wird sich eine Verbindung der gegen die Syphilis gerichteten Arzneimittel mit der Anregung des Abwehrkampfes als zweckmäßig erweisen. Selbstverständlich müssen beide Verfahren rechtzeitig einsetzen, bevor sich das verhängnisvolle Siechtum entwickelt hat. Es wäre wohl auch zu erwägen, ob nicht schon in den ersten Jahren nach der Ansteckung vorbeugend nach beiden Richtungen vorgegangen werden sollte, um die Gefahr der Paralyse im Entstehen zu bekämpfen. Jedenfalls wäre ein solcher Versuch in denjenigen Fällen angezeigt, bei denen das Auftreten der WaR. in der Rückgratsflüssigkeit die Möglichkeit einer ungünstigen Entwicklung nahelegt.

Die Aussicht, der Paralyse Herr zu werden, ist heute nicht mehr ein nebelhafter Traum. In zähem Ringen hat die wissenschaftliche Forschung Schritt für Schritt das Rätsel entschleierte, das diese furchtbare Krankheit umgab. Sie hat ihr Bild gezeichnet und umgrenzt, ihren Ursprung aufgedeckt, ihren Erreger aufgefunden, die Hirnveränderungen festgestellt, die sie bewirkt. Sie hat uns aber auch in den Stand gesetzt, sie im Leben mit Sicherheit zu erkennen, und uns die Hilfsmittel an die Hand gegeben, die uns wenigstens den Anfang einer wirksamen Bekämpfung ermöglicht haben. Wenn es gewagt erscheinen kann, dieses Beispiel einer wissenschaftlichen Entwicklung aus dem Kreise der Fachgenossen hinauszutragen, so mag dieser Versuch seine Berechtigung in dem Umstande finden, daß sich hier mit besonderer Klarheit der Werdegang der Forschungsarbeit, das Zusammenwirken vieler Kräfte zur Erreichung eines gemeinsamen Zieles, vor allem aber auch die unschätzbare Bedeutung dieser stillen Tätigkeit für das Gemeinwohl erkennen läßt. Niemals könnte es gelingen, einem der erbarmungslosesten Feinde der Menschheit das Schwert zu entwenden, wenn uns nicht die Wissenschaft den Weg dazu wies.

Mit besonderem Stolze aber dürfen wir es zum

Schlusse aussprechen, daß der bei weitem größte Anteil an den berichteten Fortschritten deutschen Forschern zuzuschreiben ist. Leider droht die Unterdrückung durch unsere Feinde auch diese Quelle unserer Weltgeltung zu verschütten, indem sie uns der Mittel beraubt, ohne die auch die Wissen-

schaft verkümmern muß. Hier liegen Lebensnotwendigkeiten, deren Vernachlässigung nicht nur uns, sondern die ganze Menschheit ärmer machen würde. Sie zu schützen ist die Pflicht aller, die an eine bessere Zukunft unseres Volkes glauben und helfen wollen, sie herbeizuführen.

Über den Stoffwechsel der Carcinomzelle¹⁾.

VON OTTO WARBURG, Berlin-Dahlem.

Greift man das Carcinomproblem von der Seite der Stoffwechselphysiologie an, so ist die erste Frage: Wodurch unterscheidet sich der Stoffwechsel wachsenden Gewebes von dem Stoffwechsel ruhenden Gewebes? Die Aussichten, eine Antwort auf diese Frage zu finden, sind groß. Ob ein Gewebe seine Substanz konstant hält oder ob es sie in kurzer Zeit vervielfacht, muß in der Geschwindigkeit der Vorgänge begründet sein, die die treibende Kraft für den Aufbau der Gewebesubstanz liefern. Es wird unsere Aufgabe sein, nach solchen Vorgängen zu suchen und ihre Geschwindigkeit in ruhenden und wachsenden Geweben zu vergleichen.

Ist diese Aufgabe gelöst, so werden wir weiter fragen, ob die *Ordnung* des Wachstums im Stoffwechsel zum Ausdruck kommt. Unterscheidet sich der Stoffwechsel der ungeordnet wachsenden Tumoren von dem Stoffwechsel der geordnet wachsenden Embryonen? Diese Frage zielt auf den Kern des Tumorproblems. Die Aussichten, sie zu lösen, wird man im allgemeinen für gering halten, mit Recht, wenn es allein die formbildenden Kräfte sind, die den Tumoren fehlen. Denn von allen Problemen der Physiologie ist das Formproblem das unzugänglichste.

Doch erscheint es von vornherein zweifelhaft, ob zwischen dem Wachstum der Jugend und dem Wachstum der Tumoren wirklich nur derartig feine und unfaßbare, nicht vielmehr grobe physikalisch-chemische Unterschiede bestehen. Wer in der Carcinomfrage weiterkommen will, muß sich auf den zweiten Standpunkt stellen. Wir werden im folgenden erfahren, daß der zweite Standpunkt der richtige ist.

Die Versuche, über die ich berichte, sind von den Herren SEIGO MINAMI, CARL POSENER, ERWIN NEGELEIN und mir selbst ausgeführt worden, die Tierversuche im Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, die Versuche mit menschlichen Tumoren in der Chirurgischen Klinik des Herrn Geheimrat HILDEBRAND.

I.

Wir sind von der Tatsache ausgegangen, daß sich die Atmung des Seeigeleies, wie ich vor 15 Jahren fand, im Augenblick der Befruchtung versechsfacht. Hier liegt ein Übergang von der Ruhe zur Entwicklung vor, der mit einer außerordentlichen

Beschleunigung energieliefernder Reaktionen verbunden ist und man konnte wohl erwarten, eine ähnliche Beschleunigung der Atmung beim Übergang vom ruhenden Epithel zu Carcinomgewebe zu finden.

Als Versuchsmaterial wählten wir das Flexner-Joblingsche Rattencarcinom, einen Tumor, der im Jahre 1906 im Rockefeller-Institut an der Samenblase einer Ratte gefunden und seitdem in unzähligen Generationen weitergezüchtet worden ist. Von dem Tumor stellten wir dünne Schnitte her, bestimmten ihre Atmung in körperwarmer Ringerlösung und verglichen sie mit der Atmung der Niere und der Leber ausgewachsener Ratten. Dabei zeigte sich, daß die Atmung des Carcinomgewebes nicht, wie erwartet, größer ist, als die Atmung von Leber und Niere, sondern beträchtlich kleiner.

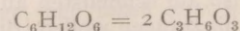
Dieses Resultat erschien uns so auffallend, daß wir annahmen, es fehle dem Tumor an dem geeigneten Brennmaterial. Um unsere Vermutung zu prüfen, setzten wir zu der Ringerlösung verschiedene Nahrungsstoffe — Aminosäuren, Fettsäuren, Zucker — in der Erwartung, daß nunmehr die Atmung des Tumors steigen werde. Das Gegenteil trat ein. Aminosäuren und Fettsäuren wirkten nicht, Zucker brachte die Atmung des Tumors in kurzer Zeit zum Verschwinden.

Was hier vorlag, war nichts anderes, als eine glykolytische Zuckerspaltung, eine Hemmung der Atmung durch das Endprodukt dieser Spaltung, die Milchsäure. Da Leber und Niere unter sonst gleichen Bedingungen nur verschwindend wenig Milchsäure bildeten, so schien, was wir suchten, gefunden zu sein: ein Stoffwechselvorgang, dessen Geschwindigkeit in der wachsenden Zelle größer ist, als in der ruhenden Zelle.

II.

Die geschilderten Beobachtungen veranlaßten uns, die glykolytische Wirkung des Carcinomgewebes näher und vor allem quantitativ zu untersuchen.

Die glykolytische Wirkung tierischer Zellen ist von LÉPINE entdeckt, von G. EMBDEN und P. A. LEVENE als eine Spaltung des Zuckers zu Milchsäure erkannt worden. Nach EMBDEN und LEVENE lautet die Gleichung der Glykolyse



d. h. es zerfällt unter der Wirkung der Zellsubstanz

¹⁾ Nach einem am 6. November im Rockefeller-Institut in New York gehaltenen Vortrage.

1 Molekül Hexose in 2 Moleküle Milchsäure, ein Vorgang, der kein Oxydations- sondern ein Spaltungsvorgang ist und der infolgedessen auch bei Ausschluß von Sauerstoff abläuft.

Trotzdem wirkt, wie wir sehen werden, der Sauerstoff auf die Glykolyse, so daß wir streng zwischen Glykolyse unter anaeroben und Glykolyse unter aeroben Bedingungen unterscheiden müssen. Die einfacheren Bedingungen sind offenbar die anaeroben Bedingungen, unter denen die Atmung

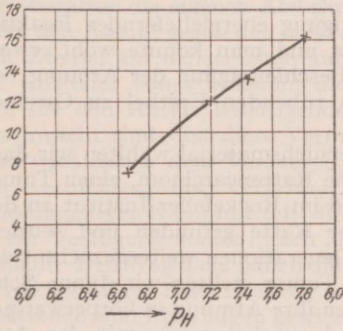


Fig. 1.

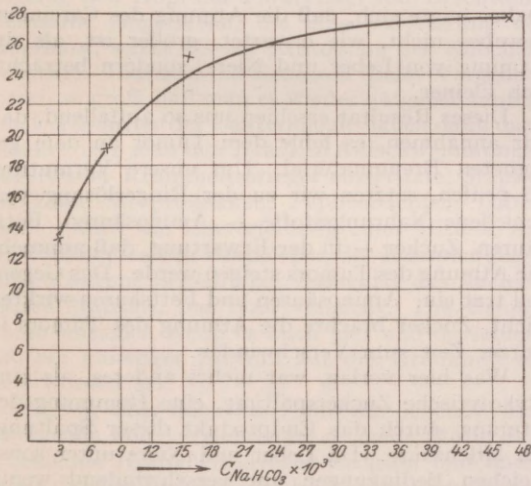


Fig. 2.

ausgeschaltet ist und so wollen wir uns zunächst mit der anaeroben Glykolyse unseres Versuchsobjekts, des Flexnerschen Rattencarcinoms, beschäftigen.

III.

Das Rattencarcinom spaltet nicht nur Glucose, sondern auch Mannose, Fructose und Galactose zu Milchsäure, wobei die Geschwindigkeiten der Glykolyse sind:

für Galactose . . .	1,3
„ Fructose . . .	3,3
„ Mannose . . .	21,6
„ Glucose . . .	23,9

Glucose wird also am schnellsten angegriffen, und zwar, wie wir hinzufügen wollen, die α -Form der Glucose ebensoschnell wie die β -Form.

IV.

Den Einfluß einer Reihe äußerer Faktoren auf die Glykolyse veranschaulichen die Fig. 1—4, in denen die Ordinaten immer die Geschwindigkeiten der Glykolyse bedeuten. Man erkennt, wie groß der Einfluß der Wasserstoffionen- (Fig. 1) der Bicarbonat- (Fig. 2), der Glucosekonzentration (Fig. 3) und der Temperatur (Fig. 4) ist, und daß alle diese Faktoren konstant gehalten werden müssen, wenn man die glykolytische Wirkung verschiedener Gewebe vergleichen will. Für unsere

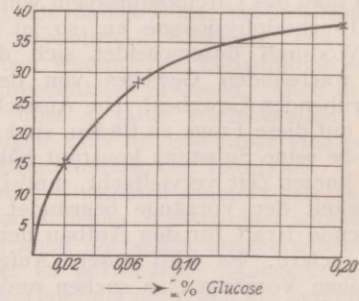


Fig. 3.

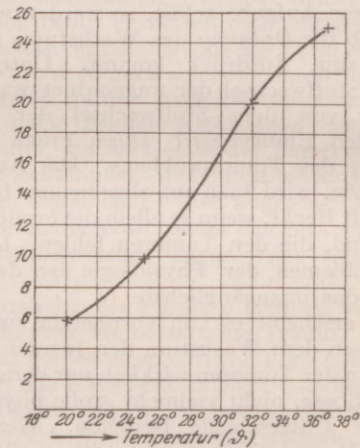


Fig. 4.

vergleichenden Messungen haben wir die folgenden Bedingungen gewählt:

Temperatur	37,5°
Glucosekonzentration . .	1×10^{-2} Mole/Liter
Wasserstoffionenkonzentration	$10^{-7.6}$ „
Bicarbonatkonzentration	2.5×10^{-2} „

Besonders hinweisen möchte ich auf den merkwürdigen Einfluß des Bicarbonats, das mit steigenden Konzentrationen — bei konstantem p_H — die Glykolyse beschleunigt. In Ringerlösung, die frei ist von Bicarbonat, findet man nur eine geringe glykolytische Wirkung und dieser Umstand erklärt, daß RUSSEL, der im Londoner Krebsinstitut über den Kohlehydratstoffwechsel der Tumoren gearbeitet hat, die Glykolyse übersah. RUSSEL bemerkt in seiner Arbeit ausdrücklich, daß er aus

methodischen Gründen Ringerlösungen verwendet habe, die frei von Bicarbonat waren.

V.

Die Größe der glykolytischen Wirkung geben wir an in Gewichtsteilen Milchsäure, die 100 Gewichtsteile Gewebe pro Stunde bilden. Wir haben mehrere hundert Messungen mit dem Ratten-carcinom ausgeführt und niemals die große glykolytische Wirksamkeit vermißt. Für die anaerobe Glykolyse finden wir Werte von 8—16%, im Mittel 12%, was besagt, daß der Tumor pro Stunde iu Mittel 12% seines eigenen Gewichts an Milchsäure bildet oder in 8 Stunden eine seinem eigenen Gewicht gleiche Milchsäuremenge.

Wie groß dieser Spaltungsstoffwechsel ist, wird klar, wenn wir² diejenigen Objekte zum Vergleich heranziehen, über deren Spaltungsstoffwechsel nähere Angaben vorliegen, das Blut und den Froschmuskel. In einer gegebenen Zeit bildet der Tumor roomal mehr Milchsäure, als Blut, 20mal mehr Milchsäure, als der ruhende Froschmuskel und 8mal mehr Milchsäure, als der arbeitende Froschmuskel an der Grenze seiner normalen Leistungsfähigkeit.

VI.

Es ist merkwürdig, wie lange dieser große Stoffumsatz nach dem Herausnehmen des Tumors aus dem Körper andauert. Tumorschnitte, in steriler zuckerhaltiger Ringerlösung bei Körpertemperatur gehalten, zersetzen tagelang Zucker mit unverminderter Geschwindigkeit. Impft man Schnitte, die 3 Tage lang in Ringerlösung Zucker gespalten haben, auf Ratten über, so erhält man Tumoren mit derselben Impfausbeute, wie bei Verimpfung frischen Tumormaterials. Vernichtet man die glykolytische Wirkung des Tumors, z. B. durch Gefrieren in flüssiger Luft, so ist er nach unsern Erfahrungen nicht mehr transplantabel. Allgemein haben wir gefunden, daß Gewebe, dessen glykolytische Wirkung erhalten ist, bei der Transplantation angeht und daß es nicht mehr angeht, wenn die Glykolyse verschwunden ist. Wir schließen daraus, daß die Glykolyse eine integrierende Eigenschaft der Tumorzelle ist.

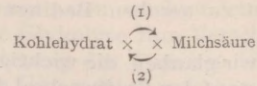
VII.

Nachdem wir uns über die Glykolyse unter anaeroben als den einfacheren Bedingungen orientiert haben, gehen wir zu den komplizierteren aeroben Bedingungen über, unter denen zu der Spaltung des Zuckers die Oxydation des Zuckers tritt, die Atmung.

Seit den berühmten Untersuchungen PASTEURS über das Leben ohne Sauerstoff wissen wir, daß Spaltungs- und Oxydationsvorgänge in der Zelle nicht voneinander unabhängig sind. Bringt man eine Zelle, die anaerob Zucker spaltet, in Sauerstoff, so bewirkt die nun einsetzende Atmung, daß der Spaltungsstoffwechsel kleiner wird, bzw. verschwindet.

MEYERHOF hat für den Fall des Muskels ge-

zeigt, in welcher Weise die Wirkung der Atmung auf den Spaltungsstoffwechsel zustandekommt. Nach MEYERHOF existiert im Muskel ein Kreislauf von der Form



Vorgang 1, die Spaltung von Kohlehydrat zu Milchsäure, verläuft freiwillig, Vorgang 2, die Rückverwandlung von Milchsäure zu Kohlehydrat, verlangt Zufuhr von Energie und verläuft nur bei Gegenwart von Sauerstoff, indem die Sauerstoffatmung die notwendige Energie liefert.

Offenbar hängt die Geschwindigkeit des Vorgangs 2, da die Atmung die treibende Kraft liefert, von der Größe der Atmung ab. Eine beliebig kleine Atmung kann nicht beliebig große Milchsäuremengen zum Verschwinden bringen, sondern es besteht eine Beziehung, die durch den Energiebedarf des Vorgangs 2 und die Energie, die die Atmung liefert, bestimmt ist.

MEYERHOF hat diese Beziehung für den Muskel gemessen und gefunden, daß 1 Molekül veratmeten Sauerstoffs 1—2 Moleküle Milchsäure zum Verschwinden bringt. Wir haben dieselbe Beziehung für Carcinomgewebe, Milchsäurebakterien, embryonales Gewebe und eine Reihe anderer glykolyisierender Gewebe gemessen und ähnliche Werte, wie MEYERHOF gefunden. In der Regel bringt ein Molekül veratmeten Sauerstoffs 1—2 Moleküle Milchsäure zum Verschwinden.

Dieses Resultat ist aus zweierlei Gründen bemerkenswert. Erstens beweist es, daß die Wirkung der Atmung auf den Spaltungsstoffwechsel des Carcinomgewebes normal ist. Zweitens macht es wahrscheinlich, daß die Erklärung, die MEYERHOF für den Fall des Muskels gefunden hat, allgemeiner gilt. Mag man diese letztere Folgerung ziehen oder nicht, jedenfalls besteht die erwähnte zahlenmäßige Bindung zwischen der Größe der Atmung und der Wirkung der Atmung.

Von dieser Tatsache wollen wir ausgehen, wenn wir uns fragen, was geschieht, wenn wir Zellen, die anaerob Zucker spalten, in aerobe Bedingungen überführen¹⁾. Ist die Geschwindigkeit der Spaltung groß und die Atmung klein, so wird beim Übergang zu aeroben Bedingungen die Atmung wenig ausrichten und auch in Sauerstoff der größte Teil des Spaltungsstoffwechsels bestehen bleiben. Reicht dagegen die Atmung aus oder ist sie sogar groß im Vergleich zu der Geschwindigkeit der Spaltung, so wird in Sauerstoff der Spaltungsstoffwechsel verschwinden. Ein Beispiel für den ersten Fall ist die Kulturhefe, deren Atmung im Vergleich zur Geschwindigkeit der Spaltung klein ist und die deshalb anaerob und aerob ungefähr gleichviel Zucker

¹⁾ Sprechen wir von einem Spaltungsstoffwechsel, so haben wir nur die Endprodukte, die tatsächlich erscheinen, im Auge, und sehen ab von Spaltungsphasen, die etwa in einem inneren Kreislauf auftreten und wieder verschwinden.

spaltet. Ein Beispiel für den zweiten Fall ist der Muskel, dessen Atmung ausreicht, um die Milchsäure zum Verschwinden zu bringen oder der Pasteursche *Mucor mucedo*, der beim Übergang von anaeroben zu aeroben Bedingungen aufhört zu gären.

Es ist, wie wir glauben, die wichtigste Tatsache, die wir in bezug auf den Stoffwechsel des Carcinomgewebes gefunden haben, daß Carcinomgewebe sich nicht verhält, wie der Muskel oder der Pasteursche *Mucor*, sondern wie die Hefe. Bringen wir den Tumor aus Stickstoff, in dem er Zucker spaltet, in Sauerstoff, so sinkt zwar die Glykolyse, verschwindet aber nicht, sondern bleibt zum größten Teil bestehen. In Stickstoff bildet der Tumor pro Stunde im Mittel 12%, in Sauerstoff 10% seines Gewichts an Milchsäure. Obwohl in dem Tumor jedes veratmete Sauerstoffmolekül ebenso wirksam ist, wie im Muskel, so bringt die Atmung die Glykolyse doch nicht zum Verschwinden. Die Atmung des Carcinomgewebes ist zu klein im Vergleich zu seiner glykolytischen Wirksamkeit.

VIII.

Der Stoffwechsel des Carcinomgewebes in Sauerstoff ist also kein reiner Oxydationsstoffwechsel, sondern eine Mischung von Oxydations- und Spaltungsstoffwechsel. Um den Grad der Mischung zahlenmäßig auszudrücken, dividieren wir die aerobe Glykolyse durch die Atmung und erhalten so die Zahl der Milchsäuremoleküle, die pro Molekül veratmeten Sauerstoffs erscheinen. Für das Rattencarcinom ist dieses Verhältnis, das von nun an im Mittelpunkt unserer Betrachtungen stehen wird, durchschnittlich 3,9, was besagt, daß der Tumor, während er 1 Molekül Sauerstoff in der Atmung aufnimmt, 3,9 Moleküle Milchsäure abgibt.

Die Bedeutung dieser Zahl wird noch klarer, wenn wir Glykolyse und Atmung auf den Zucker, der in beiden Vorgängen verbraucht wird, umrechnen. 1 Molekül Milchsäure zeigt die Spaltung eines halben Moleküls Zucker an, 1 Molekül veratmeten Sauerstoffs die Oxydation eines sechstel Moleküls Zucker. Bedenken wir dies, so ergibt sich für unseren Tumor, daß er von 13 Molekülen Zucker, die er angreift, eins oxydiert, die übrigen zwölf spaltet. Der Stoffwechsel des Carcinomgewebes in Sauerstoff ist also *vorwiegend* ein Spaltungsstoffwechsel.

IX.

So auffallend das, was wir über den Stoffwechsel des Rattencarcinoms erfahren haben, auch ist, so wenig läßt sich zunächst über die Bedeutung des gefundenen aussagen. Denn wir wissen weder, wie sich andere Tumoren, noch wie sich normale Gewebe verhalten. Die Pionierarbeiten über Glykolyse, die Arbeiten von G. EMBDEN und P. A. LEVENE, beweisen zwar, daß Leberzellen und weiße Blutzellen glykolytisch wirken, lassen aber die Größe des glykolytischen Umsatzes im wesentlichen noch unbestimmt und unterscheiden nicht zwischen aerober und anaerober Glykolyse.

Wir haben, um einen Überblick über die glykolytische Wirksamkeit zu gewinnen, eine große Anzahl von Tumoren und normalen Geweben in derselben Weise, wie das Rattencarcinom untersucht und die Atmung, die aerobe Glykolyse und die anaerobe Glykolyse gemessen. Von den Ergebnissen teilen wir für jede untersuchte Gewebart zwei Größen mit, erstens die anaerobe Glykolyse und zweitens das Verhältnis aerobe Glykolyse/Atmung.

X.

Wir beginnen mit den menschlichen Carcinomen. Will man den Stoffwechsel dieser Tumoren mit dem Stoffwechsel des Rattencarcinoms vergleichen, so ist zu bedenken, daß das Rattencarcinom vorwiegend aus Epithel besteht, während die menschlichen Carcinome in wechselnder Weise aus Bindegewebe und Epithel zusammengesetzt sind. Man darf also nicht ein beliebiges menschliches Carcinom — etwa ein Scirrhscarcinom — mit dem Flexnerschen Rattencarcinom vergleichen, sondern muß den Gehalt an Bindegewebe berücksichtigen, oder solche Carcinome auswählen, die vorwiegend aus Epithel bestehen.

Wir haben beides getan, sowohl epithelarme Scirrhscarcinome als auch epithelreiche Carcinome untersucht, und zwar die Hauptgruppen der menschlichen Carcinome: Haut-, Schleimhaut- und Drüsen-carcinome. Die Scirrhscarcinome haben wir auf Epithel umgerechnet unter der Annahme, daß das Bindegewebe der Scirrhscarcinome einen zu vernachlässigenden Stoffwechsel besitzt.

Es ergab sich als erstes Resultat, daß das Epithel der menschlichen Carcinome unter anaeroben Bedingungen stark glykolytisch ist. Pro Stunde bildet es im Mittel 16% seines Gewichts an Milchsäure.

Es ergab sich zweitens, daß die Glykolyse beim Übergang von anaeroben zu aeroben Bedingungen nicht verschwindet, sondern zum größten Teil in Sauerstoff bestehen bleibt. Das Verhältnis aerobe Glykolyse/Atmung für menschliche Carcinome ist 3–3,5, der Stoffwechsel unter aeroben Bedingungen — gerade so wie der Stoffwechsel des Rattencarcinoms — vorwiegend ein Spaltungsstoffwechsel. Die große anaerobe Glykolyse, die im Vergleich zu ihr zu kleine Atmung, sind also keine besonderen Eigenschaften des Flexnerschen Rattencarcinoms, sondern allgemeine Eigenschaften der Carcinome.

Wie die Carcinome scheinen sich die Sarkome zu verhalten, doch haben wir von diesen Tumoren bisher so wenig Fälle zur Untersuchung erhalten, daß wir endgültiges darüber noch nicht aussagen können.

XI.

Von gutartigen menschlichen Tumoren haben wir Blasenpapillome und Nasenpolypen untersucht, erstere als Beispiele epithelialer, letztere als Beispiele bindegewebiger Tumoren. Wir finden die anaerobe Glykolyse für das Epithel der Papillome ebenso groß wie für das Epithel der Carci-

nome, die anaerobe Glykolyse für das Bindegewebe der Polypen kleiner, etwa halb so groß wie für Epithel. Dies besagt, daß in bezug auf die anaerobe Glykolyse — zum mindesten der Größenordnung nach — kein Unterschied besteht zwischen gutartigen und bösartigen Tumoren.

Gehen wir dagegen zu aeroben Bedingungen über, so tritt ein Unterschied auf. Das Verhältnis aerobe Glykolyse/Atmung ist für gutartige Tumoren nicht 3—4, wie für bösartige Tumoren, sondern 3—4mal kleiner, rund 1. Zwar glykolysieren auch die gutartigen Tumoren, wenn wir sie mit Sauerstoff sättigen, und reicht auch die Atmung der gutartigen Tumoren nicht aus, um die Glykolyse zum Verschwinden zu bringen, aber das Verhältnis Spaltungsstoffwechsel/Oxydationsstoffwechsel ist für die gutartigen Tumoren weit zugunsten des Oxydationsstoffwechsels verschoben. Pro Molekül veratmeten Sauerstoffs bilden die bösartigen Tumoren 3—4mal mehr Milchsäure, als die gutartigen Tumoren.

So bestätigt die Stoffwechseluntersuchung die Erfahrungen der Pathologie, daß zwischen gutartigen und bösartigen Tumoren keine prinzipiellen, sondern nur graduelle Unterschiede bestehen und lehrt, worin diese Unterschiede bestehen.

XII.

Wenn sich die Ordnung des Wachstums wirklich, wie wir nach dem Vergleich zwischen gutartigen und bösartigen Tumoren schließen müssen, in dem Verhältnis Spaltungsstoffwechsel/Oxydationsstoffwechsel geltend macht, so sind noch klarere Resultate zu erwarten, wenn wir von den gutartigen Tumoren zu vollkommen geordnetem Wachstum — zu embryonalem Gewebe — über gehen.

Als Versuchsmaterial haben wir — auf Rat von Herrn HEINRICH POLL — Hühnerembryonen in den ersten 3—5 Tagen der Bebrütung gewählt. In dieser Zeit ist die Wachstumsgeschwindigkeit der Embryonen beträchtlich und dürfte der Größenordnung nach übereinstimmen mit der Wachstumsgeschwindigkeit junger Flexnerscher Ratten-carcinome.

Es ergab sich als erstes Resultat, daß der Embryo unter anaeroben Bedingungen reichlich Milchsäure bildet, nahezu ebensoviel, wie das Epithel der Carcinome. Dies zeigt, daß die glykolytische Wirksamkeit keine besondere Eigenschaft der Tumoren ist, sondern eine Eigenschaft wachsenden Gewebes schlechthin.

Es ergab sich zweitens, daß der Embryo unter aeroben Bedingungen praktisch keine Milchsäure bildet, daß also hier die Atmung ausreicht, um die Glykolyse zum Verschwinden zu bringen. Der Stoffwechsel des Embryos unter aeroben Bedingungen ist ein reiner Oxydationsstoffwechsel, in dem allerdings, wie wir annehmen, die Glykolyse als Stoffwechselphase enthalten ist. Denn die große anaerobe Glykolyse des Embryos muß einen Sinn haben.

Der nur quantitative Unterschied zwischen bösartigen und gutartigen Tumoren wird also, wenn wir von den gutartigen Tumoren zu dem normalen Wachstum übergehen, ein qualitativer. Die Atmung des normalen wachsenden Gewebes reicht aus, um die Glykolyse zum Verschwinden zu bringen, die Atmung der Tumoren ist zu klein dazu. Dies ist der Unterschied zwischen geordnetem und ungeordnetem Wachstum, den zu finden, wir in der Einleitung als unsere wichtigste Aufgabe bezeichnet haben.

XIII.

Überlegt man, auf welche Weise der Stoffwechseltypus der Tumoren aus dem Stoffwechseltypus des Embryos entstehen könnte, so sind es offenbar Störungen in dem Verhältnis zwischen Atmung und Glykolyse, die hier wirksam sein werden, Beschleunigungen der Glykolyse ohne entsprechende Beschleunigungen der Atmung oder Hemmungen der Atmung ohne entsprechende Hemmungen der Glykolyse. Wir haben, mit Hinblick auf die Entstehung der Tumoren, versucht, derartige Störungen zu erzeugen und wollen hier zwei Anordnungen besprechen, die die gesuchten Wirkungen hervorbringen.

Fügen wir der Ringerlösung, in der sich der Embryo befindet, eine kleine Menge Blausäure hinzu, so viel, daß die Atmung gehemmt wird, aber so wenig, daß noch Atmung übrigbleibt, so zeigt sich, daß die anaerobe Glykolyse durch die Blausäure nicht beeinflußt wird. Übertragen wir den blausäurehaltigen Embryo aus anaeroben in aerobe Bedingungen, so wirkt die Atmung, trotz der Anwesenheit der Blausäure, normal auf die Glykolyse, indem ein Molekül veratmeten Sauerstoffs zwei Moleküle Milchsäure zum Verschwinden bringt. Indessen reicht die Atmung, da sie durch Blausäure gehemmt ist, nicht mehr aus, um die Glykolyse, die durch Blausäure nicht gehemmt ist, zum Verschwinden zu bringen. Es bleibt unter aeroben Bedingungen ein Spaltungsstoffwechsel übrig, um so mehr, je höher die Konzentration an Blausäure. Aus dem Stoffwechseltypus des Embryos ist so der Stoffwechseltypus der Tumoren entstanden, der gutartigen Tumoren, wenn die Blausäurekonzentration klein, und der bösartigen Tumoren, wenn die Blausäurekonzentration groß war.

Wichtiger, weil den natürlichen Verhältnissen näherkommend, ist die zweite Anordnung. Wir halten den Embryo einige Stunden lang bei Körpertemperatur unter Sauerstoffmangel, indem wir die Ringerlösung mit Stickstoff sättigen. Enthält die Ringerlösung Zucker, so zeigt sich, daß der Sauerstoffmangel zwar die Atmung, nicht aber die Glykolyse schädigt. Bringen wir also den Embryo aus Stickstoff in Sauerstoff zurück, so haben wir das gewünschte Mißverhältnis zwischen Atmung und Glykolyse, die Atmung ist im Vergleich zur Glykolyse zu klein geworden und bringt sie nicht mehr zum Verschwinden. Wiederum ist aus dem Stoffwechseltypus des Embryos der Stoff-

wechseltypus der Tumoren entstanden, der gutartigen oder bösartigen, je nach der Dauer des Sauerstoffmangels.

XIV.

Wenn die glykolytische Wirksamkeit eine Eigenschaft wachsender Gewebe ist, so muß jedes Gewebe, ob embryonal oder erwachsen, glykolytisch wirksam sein. Denn die Wachstumsruhe erwachsener Gewebe ist nur eine scheinbare, in Wirklichkeit ist sie ein stationärer Zustand, in dem Wachsen und Absterben sich das Gleichgewicht halten. In der Tat findet man in der Regel bei Anwendung hinreichend feiner Methoden, daß ruhende Gewebe glykolytisch wirksam sind.

Wir haben im besonderen diejenigen Gewebearten untersucht, aus denen Sarkome und Carcinome hervorgehen, Bindegewebe und Epithel. Als Beispiel ruhenden Bindegewebes wählten wir Muskelfascie, als Beispiel ruhenden Epithels: Darmschleimhaut, Leber, Niere, Pankreas, Submaxillaris und Thyreoidea erwachsener Tiere.

Der Stoffwechsel ruhenden Bindegewebes erwies sich als so klein, daß er nicht sicher meßbar war. Was das Epithel anbetrifft, so fanden wir immer anaerobe Glykolyse, zum Zeichen, daß die Eigenschaften des embryonalen Gewebes im Lauf des Lebens nie ganz verschwinden. Doch ist die glykolytische Wirksamkeit ruhenden Epithels rund 10mal kleiner als die glykolytische Wirksamkeit der Tumoren und des Embryos. Der Sprung in der glykolytischen Wirksamkeit beim Übergang von der Ruhe zum Wachstum ist also gewaltig und noch größer, als der Sprung der Atmung bei der Befruchtung des Seeigeleies.

Die aerobe Glykolyse für ruhendes Epithel ist fast Null. Die Atmung bringt die Glykolyse zum Verschwinden, der Stoffwechsel ruhenden Epithels unter aeroben Bedingungen ist ein Oxydations-, kein Spaltungsstoffwechsel.

Wie es nach dem Gesagten sein muß, steht junges differenziertes Epithel zwischen ruhendem Epithel und embryonalem Gewebe. Wir finden die anaerobe Glykolyse für die Leber der neugeborenen Ratte 5mal so groß wie für die Leber der erwachsenen Ratte, und die anaerobe Glykolyse für die Niere der neugeborenen Ratte 3mal so groß wie für die Niere der erwachsenen Ratte. Es sinkt also im Lauf der Entwicklung die glykolytische Wirksamkeit des Epithels langsam auf den Ruhewert ab.

XV.

Fragen wir nach der Bedeutung der Glykolyse für das Wachstum, so müssen wir annehmen, daß die Glykolyse die energieliefernde Reaktion des Wachstums ist. Die Spaltung von Kohlehydrat zu Milchsäure — nach MEYERHOF und HILL die Quelle der Muskelkraft — liefert auch die treibenden Kräfte für das Wachstum.

Wie es scheint, ist mit diesen beiden Fällen — Muskelarbeit und Wachstum — die Bedeutung der Kohlehydratspaltung für den Organismus noch

nicht erschöpft. Einen dritten Fall, auf den wir im Laufe unserer Glykolysestudien gestoßen sind, wollen wir hier näher besprechen.

Löst man die Netzhaut der Ratte von der Choroidea ab und bringt sie bei Abschluß von Sauerstoff in körperwarmer zuckerhaltiger Ringerlösung, so spaltet sie Zucker zu Milchsäure, und zwar mit einer so großen Geschwindigkeit, daß pro Stunde nicht weniger als 35% ihres Gewichts an Milchsäure erscheinen. Geht man von anaeroben zu aeroben Bedingungen über, so sinkt zwar die Glykolyse ab, doch bleibt auch in Sauerstoff ein Spaltungsstoffwechsel übrig. Das Verhältnis aerobe Glykolyse/Atmung ist für die Netzhaut 1,5 gegenüber 1 für gutartige Tumoren und 3—4 für bösartige Tumoren.

Es ist wenig wahrscheinlich, daß die verschiedenen Formelemente, aus denen die Netzhaut besteht, alle den gleichen Beitrag zu ihrer glykolytischen Wirkung liefern. Rechnet man aber die Glykolyse der Retina auf einzelne ihrer Teile um, etwa das Sinnesepithel, so kommt man auf Stoffumsätze, die nicht mehr kommensurabel sind mit dem Stoffumsatz der übrigen Körperzellen.

Was die aerobe Glykolyse der Netzhaut anbetrifft, so glauben wir, daß bei Unterbrechung des Kreislaufs die Atmung des empfindlichen Organs schon leidet und daß die Atmung der Netzhaut *in vivo* genügt, um die Milchsäure zum Verschwinden zu bringen. Zur Stütze dieser Auffassung führen wir an, daß die weniger empfindliche Kaltblüternetzhaut (Frosch) zwar anaerob beträchtlich glykolyisiert, nicht aber aerob. Der Stoffwechsel der Froschnetzhaut unter aeroben Bedingungen ist ein reiner Oxydationsstoffwechsel.

Was die anaerobe Glykolyse der Netzhaut anbetrifft, so haben wir überlegt, ob der Fall der Netzhaut den Wachstumserscheinungen nicht irgendwie unterzuordnen ist, etwa so, daß man annimmt, die Wachstumsruhe der Netzhaut sei in viel höherem Grade eine scheinbare als die Wachstumsruhe von Bindegewebe und Epithel. Wir wollen eine solche Annahme ad hoc nicht machen, vielmehr den Fall der Netzhaut als *sui generis* neben die Wachstumsvorgänge stellen und schließen, daß der Organismus die anaerobe Spaltungsreaktion, über die er verfügt — die Spaltung von Kohlehydrat zu Milchsäure —, verschiedenen Zwecken dienstbar macht.

Der Fall der Netzhaut mahnt zur Vorsicht in bezug auf die Formulierung unserer Ergebnisse. Zwar ist der Satz: „Kein Wachstum ohne Glykolyse“ für den Organismus der höheren Tiere ohne Einschränkung wahr, nicht aber die Umkehrung: „Keine Glykolyse ohne Wachstum.“

XVI.

Wollen wir das Wachstum mit der Ruhe vergleichen, so steht uns nach dem Gesagten die Wahl unter den Geweben des Organismus nicht frei, vielmehr sind wir an die Bedingung gebunden, nur solche Gewebe zu vergleichen, die sich auseinander entwickeln.

Beachten wir dies, so haben wir mit den Carcinomen das embryonale Gewebe und das wachsende und ruhende Epithel zu vergleichen, mit den Sarkomen das Bindegewebe, und erhalten dann, indem wir das Vorhergehende zusammenfassen, folgendes Bild von der Entwicklung der Carcinome: Am Anfang steht der embryonale Zustand mit einer großen anaeroben Glykolyse und einer auf sie abgestimmten Atmung. Es folgt im Laufe der Entwicklung der stationäre Zustand des Epithels mit einer auf den zehnten Teil gesunkenen anaeroben Glykolyse und einer im Vergleich zu ihr großen Atmung. Aus dem stationären Zustand entwickeln sich die Carcinome, indem die anaerobe Glykolyse wieder auf das zehnfache springt, ohne daß die Atmung in entsprechendem Maße folgt.

XVII.

Diese Gegenüberstellung lehrt, *was* geschieht, wenn ein Carcinom entsteht, lehrt aber noch nicht, *warum* es geschieht. Warum steigt die Glykolyse, wenn Carcinome aus ruhendem Epithel entstehen, auf das zehnfache, und warum ist die Atmung der Carcinome zu klein?

Es ist klar, daß unsere Versuche nach ihrer ganzen Anlage auf diese Frage eine sichere Antwort nicht geben können. Andererseits sind unsere Kenntnisse hinsichtlich der Eigenschaften und der Entwicklung der Carcinome nunmehr schon so bestimmt, daß es merkwürdig wäre, wenn sie nicht auch hinsichtlich der Ursachen auf die richtige Spur führen sollten.

Wir haben uns im Laufe unserer Arbeit die Frage nach den wirkenden Ursachen oft gestellt, und immer wieder hat sich der Gedanke aufgedrängt, daß der „Reiz“ bei der Entstehung der Carcinome nichts anderes ist als Sauerstoffmangel. Ich erlaube mir zum Schluß, diesen Gedanken etwas näher auszuführen.

Wir gehen davon aus, daß jedes Gewebe im stationären Zustand schwach glykolytisch wirkt.

Nichts hindert uns daran, eine ungleichmäßige Verteilung der glykolytischen Wirksamkeit anzunehmen und uns beispielsweise ruhendes Epithel als ein Mosaik vorzustellen, in dem einige wenige Zellen stark, die meisten Zellen gar nicht glykolytisch sind. Wirkt auf ein derartiges Gemisch von Zellen Sauerstoffmangel — infolge von Druck, Sklerose der Gefäße, Anwesenheit von Bakterien oder anderen Umständen —, so *müssen* die Zellen, die die Fähigkeit der Glykolyse entbehren, zugrunde gehen, dagegen *können* die Zellen, die glykolytisch wirksam sind, weiterleben. Wir wollen annehmen, daß einige von ihnen es wirklich tun, also imstande sind, die bei der Glykose freiwerdende Energie zu benutzen und auf ihre Kosten zu wachsen. Dann wird, wenn der Sauerstoffmangel chronisch wirkt, Gewebe von der glykolytischen Wirksamkeit embryonalen Gewebes entstehen, aber, da unter Sauerstoffmangel gewachsen, von zu kleiner Atmung, das heißt, Tumorgewebe. In der Tat wissen wir aus dem Versuch mit dem Embryo, daß Sauerstoffmangel vorwiegend die Atmung schädigt.

Diese Auffassung setzt an Stelle des allgemeinen und unbestimmten Begriffs „Reiz“ den bestimmten Begriff Sauerstoffmangel. Nach ihr entstehen die Tumoren aus den differenzierten wachsenden Zellen, die ein integrierender Bestandteil jedes lebenden Gewebes sind. Indem der Sauerstoffmangel alle Zellen, die nicht glykolytisch sind, abtötet, steigert er zwar die glykolytische Wirksamkeit des Gewebes, als Ganzes betrachtet, nicht aber die glykolytische Wirksamkeit der einzelnen übrigen Zellen.

Unabhängig von der Frage nach der Entstehung der Tumoren ist die Frage, warum wachsendes Gewebe — sei es entstanden, wie es wolle — um so ungeordneter wächst, je größer das Mißverhältnis zwischen Spaltungen und Oxydationen ist. Die Antwort auf diese Frage müssen wir schuldig bleiben.

Über einige Probleme der Muskelphysiologie.

Von OTTO MEYERHOF, Berlin-Dahlem.

Das im Sommer dieses Jahres am Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem neu errichtete physiologische Forschungslaboratorium, das mir übertragen wurde, soll dem Zweck dienen, eine erleichterte Arbeitsmöglichkeit auf Gebieten zu schaffen, die in dem letzten Dezennium ein steigendes Interesse nicht nur bei den Fachleuten, sondern auch in weiteren Kreisen gefunden haben, während allerdings die offiziellen akademischen Instanzen ihnen keine sonderliche Beachtung schenkten. Es handelt sich dabei vorwiegend um zellphysiologische Fragestellungen, bei denen zunächst von der Verschiedenheit und komplizierten Zusammensetzung der einzelnen Organe der höheren Tiere abstrahiert und die allgemeinen Lebensfunktionen wie Atmung, Gärung, Wachstum so-

wie die Umwandlung chemischer Energie in andere Formen an geeigneten Objekten studiert werden. Im letzten Ziel, der Erklärung der Lebensvorgänge durch Zurückführung auf die Gesetze der unbelebten Natur, besteht wohl kein Unterschied gegenüber der sog. klassischen Periode der Physiologie und gegenüber den Forschern, die weiter in der Bahn dieser Epoche wandeln. Die Methode aber, insbesondere die Wahl möglichst einfacher Bedingungen, isolierter Zellen oder Gewebe als Versuchsmaterial, schließlich die Fragestellungen, in denen die Ursachen der Lebensvorgänge direkt mit den Mitteln der Physik und Chemie, insbesondere der physikalischen Chemie, aufgespürt werden, unterscheidet sie von diesen. Es ist vor allem das Verdienst von JACQUES LOEB, in dieser Rich-

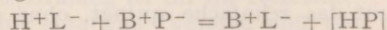
tung bahnbrechend und revolutionär gewirkt und damit das Werk PASTEURS, seines großen Ahnen, wieder aufgenommen zu haben.

Daß auf diesem Wege Probleme gefördert werden können, die schon lange im Mittelpunkt des physiologischen und medizinischen Interesses stehen, deren Lösung mit den bisherigen Methoden aber nur langsame Fortschritte machte, ist leicht zu zeigen. Ein besonders eindringliches Beispiel bildet vielleicht das Krebsproblem, über das WARBURG in dieser Nummer berichtet, und das in den Händen der morphologisch eingestellten Pathologie bisher schwer darnieder lag. Auch die Frage nach dem Zusammenhang der Arbeitsleistung des Muskels mit den zugrunde liegenden chemischen Prozessen — seit der Erstlingsarbeit von HELMHOLTZ aus dem Jahre 1848 ein Lieblingsthema der Physiologie — kann auf solche Weise gefördert werden, wie ich kürzlich an dieser Stelle dargelegt habe*).

Es sei mir gestattet, unter Bezugnahme auf diese Darstellung kurz auf einige Probleme hinzuweisen, die sich aus der Kenntnis der energetischen Verknüpfungen ergeben, und die auf die alte seit 100 Jahren erörterte Frage über den physikalischen und chemischen Mechanismus der Muskelkontraktion zurückführen. Diese Frage konnte nicht mit Nutzen gefördert werden, solange überhaupt die chemischen Vorgänge und ihre Zuordnung zu den thermischen und mechanischen Äußerungen der Muskeltätigkeit unbekannt waren. Andererseits aber reicht diese Zuordnung zur Erklärung des Mechanismus nicht aus. Der Eingriff der Oxydationsenergie in die Muskeltätigkeit geschieht, wie seinerzeit dargelegt, indirekt. Die im Muskel bei der Tätigkeit angehäuften neutralisierte Milchsäure verschwindet nachher unter dem Einfluß der Oxydation von Kohlenhydrat; hierbei wird das Eiweiß, das von der Milchsäure seines Alkalis beraubt wird, neu als Alkaliprotein ionisiert und damit die Muskelmaschine wieder betriebsfähig, sie „erholt sich“, während die Milchsäure zu Glykogen resynthetisiert wird.

Es ist nun die Aufgabe, einmal zu untersuchen, wie das Auftreten der Milchsäure die Oxydation derart entfesselt, daß deren Energie ausreichend groß ist, um die oben genannten Vorgänge zu ermöglichen: wie uns in Gang befindliche Versuche Auskunft geben, liegt ein spezifischer Einfluß des Lactats (und nicht des H-Ions) auf die Atmungsgröße vor, so daß auch bei Zusatz von milchsaurem Salz zum Muskel dasselbe unter starker Erhöhung der Oxydationsgröße zu Glykogen aufgebaut wird. Hierbei ist das Verhältnis der Mengen synthetisch aufgebauten Glykogens und Extrasauerstoffes ganz ähnlich wie bei der Erholung nach der Arbeit¹⁾. Doch auch die andere, ebenso wichtige Frage, auf welche Weise die gebildete Milchsäure die Kontraktion auslöst, erscheint nicht mehr ganz so hoffnungslos reiner Spekulation überlassen wie bisher. Gewiß ist es eine Hypothese, aber doch eine

sehr naheliegende, die Milchsäure selbst, und zwar das H-Ion derselben, als Verkürzungssubstanz anzusehen. Man darf dann sagen, daß die chemischen und physikalischen Vorgänge, die mit dem Umsatz der Milchsäure zusammenhängen, und auf die sich die Kontraktionswärme zurückführen läßt, für den Verkürzungsprozeß entscheidend sein müssen. In dem erwähnten Aufsatz wurde gezeigt, daß bei der Kontraktion pro 1 g anaerob auftretender Milchsäure 380—390 cal gebildet werden. Hiervon entfallen etwa 185 cal auf die Spaltung des Glykogens in Milchsäure, während etwa 120 cal auf die Entionisierung des Proteins zu rechnen sind nach der Gleichung:



(*B* = Basenbestandteil, *P* = Proteinanion, *L* = Milchsäureanion).

Ein Rest von etwa 80 cal blieb unbekannt. Neue Versuche machen es aber wahrscheinlich, daß die restlichen 80 cal aus einer Art Dehydrationswärme des Eiweißes herrühren, da sich im Modellversuch mit Aminosäuren in nicht-wässrigem Lösungsmittel molekulare Fällungswärmen von dieser Größe ergeben²⁾. Nun entspricht die so gemessene Wärme dem ganzen Kontraktionsablauf, der Verkürzung resp. Spannungszunahme einerseits, der Erschlaffung andererseits. Sie sagt also direkt nichts über den Kontraktionsvorgang selbst aus. Nimmt man aber noch die Hypothese hinzu, die ich mehrfach vorgeschlagen habe, daß bei der Erschlaffung sich Vorgänge ähnlicher Art wie bei der Verkürzung, nur an anderen Stellen des Muskels, abspielen, und zwar so, daß die Reaktion der Milchsäure mit den Strukturelementen der „Verkürzungsorte“ die Zusammenziehung des Muskels, ihr Übertritt in die Ermüdungsorte aber die Erschlaffung herbeiführt, so kann man ein Bild des Kontraktionsablaufs entwerfen, das den gegenwärtig bekannten Tatsachen am besten gerecht wird, und daher wenigstens als Arbeitshypothese gebraucht werden kann.

Durch neue Untersuchungen von HILL und GASSER³⁾ ist es höchstwahrscheinlich geworden, daß im Moment der Kontraktion eine gleichzeitige Zunahme der Viscosität und der Elastizität des Muskels erfolgt, wobei man es (nach gleichzeitigen Versuchen von BETHE und STEINHAUSEN⁴⁾ offen lassen kann, ob die letztere auf eine wirkliche oder nur scheinbare Erhöhung des Elastizitätsmoduls zurückzuführen ist. HILL und GASSER selbst schlagen zur Erklärung das Auftreten einer Gerinnung nach Art der Fibringerinnung vor, wobei ein elastisches Netzwerk mit Zwischenflüssigkeit entsteht, das sich zusammenziehen strebt. Auch hat HILL an anderer Stelle⁵⁾ dafür plädiert, der Entionisierung des Proteins bei der Verkürzung eine zentrale Stellung einzuräumen, indem möglicherweise bei der Entladung von Proteinoberflächen eine ähnliche Zunahme der Oberflächenspannung derselben erfolgen könnte wie bei der Entladung von Quecksilberoberflächen. Es er-

*) Naturwissenschaften 1922, H. 10 (Nobelvortrag).

scheint daher möglich, diese verschiedenen Ansätze zu einer Hypothese der Muskelkontraktion zu verbinden, wenn man den isoelektrischen Punkt des „Verkürzungsproteins“ verhältnismäßig nahe dem Neutralpunkt annimmt, etwa bei $p_H = 6,0$ (d. h. Konzentration des H-Ions = $10^{-6,0}$). Durch die Reizung wird Milchsäure an den Verkürzungsorten frei, die hier dem Protein sein Alkali entzieht und es isoelektrisch macht. Durch die Entladung würde eine Gelatinierung desselben herbeigeführt, wobei eben jenes viscos-elastische Netzwerk entsteht, das die Verkürzung herbeiführt. Während jetzt das gebildete Alkalilactat, ohne an den mechanischen Vorgängen weiter teilzunehmen, sich auf die Muskelsubstanz verteilt, reagiert das übrige Muskelprotein, das einen isoelektrischen Punkt von etwa $p_H = 4,7$ haben dürfte, mit dem Verkürzungsprotein, indem es Alkali an dieses abtrifft. Das letztere wird dadurch neu ionisiert, der Muskel erschlafft, und lediglich die Gesamtmenge des Muskelproteins hat etwas von seinem Alkali verloren. Hierbei erleidet es gleichsam in großer Verdünnung ebenfalls einen mit positiver Wärmemertung verbundenen Dehydratationsprozeß, der sich erst bei weitgehender Ermüdung als „Verkürzungsrückstand“, schließlich als Starre bemerkbar macht und der übrigens auch optisch erkennbar ist. Im ganzen wird hierbei, wie ich in Nachprüfung verschiedener und schwankender Angaben feststellte, die Wasserstoffzahl von etwa 7,2 bis gegen 6,0 verschoben¹⁾.

Es muß dahingestellt bleiben, wieweit eine solche Gelatinierung oder die ihr folgende elastische Zusammenziehung auf Oberflächenkräfte zurückgeführt werden kann. Möglicherweise läßt sich diese Vorstellung der von D'ARSONVAL stammenden, von BERNSTEIN⁶⁾ im einzelnen begründeten Theorie unterordnen, die die Erhöhung der Oberflächenspannung als Ursache der Kontraktion betrachtet. Andererseits darf man wohl die osmotische Theorie und ebenso die Quellungstheorie der Kontraktion ablehnen, da sie sich mit den Tatsachen nur schwierig und mittels vielfacher Hilfsannahmen vereinigen lassen. Was die osmotische Theorie anlangt, die den osmotischen Druck der bei dem Zuckerzerfall gebildeten Moleküle verantwortlich macht, so zeigt eine Rechnung, daß auch bei günstigsten Annahmen die maximale osmotische Arbeit der bei der Kontraktion entstandenen Milchsäure bei weitem nicht ausreicht, den Betrag der gleichzeitig erfolgten mechanischen Arbeit zu decken. Auch falls nach den Annahmen EMBDENS⁷⁾ Phosphorsäure in gleichem oder sogar höherem Betrage frei werden sollte als Milchsäure, ist nicht einzusehen, wie diese osmotische Verdünnungsarbeit leisten kann, da sie augenscheinlich nach Ablauf der Kontraktion ohne Arbeitsaufwand wieder in ihre ursprüngliche Form zurückverwandelt wird.

Was die Quellungshypothese betrifft, so haben ihre Verfechter ihre Argumente auf die Quellung der Proteine in Säuren gegründet⁸⁾, dabei aber

übersehen, daß diese Quellung erst einsetzt, wenn der isoelektrische Punkt des Proteins nach der sauren Seite zu überschritten wird. Bei der Annäherung an den isoelektrischen Punkt während der Ermüdung des Muskels muß vielmehr eine *Entquellung* der Muskelsubstanz stattfinden, und in der Tat gelingt es auch auf verschiedene Weise zu zeigen, daß das unermüdete Muskelgewebe stärker quellbar ist als die Substanz des ermüdeten Muskels, und ferner, daß dieser Unterschied genau dem vorhandenen Milchsäuregehalt entspricht¹⁾. Zwar besagt dies nichts darüber, wie sich das Protein der Verkürzungsorte im Momente der Kontraktion verhält. Aus verschiedenen Gründen ist aber eine Quellung desselben auch in diesem Momente nicht wahrscheinlich. Es müßte hierbei eine sog. anisodiametrische Quellung vorliegen, wie bei tierischen Sehnen, wobei eine Verdickung in der Querrichtung unter gleichzeitiger Verkürzung in der Längsrichtung stattfindet. Jedoch müßte die Verkürzung ganz außerordentlich viel größer sein, als sie von diesen Objekten bekannt ist.

Wenn man auch nach den oben erwähnten Untersuchungen EMBDENS annehmen kann, daß gleichzeitig mit der Milchsäure Phosphorsäure aus der Milchsäurevorstufe: Hexosediphosphorsäure, frei wird, so ist doch in den vorstehenden Betrachtungen von der Phosphorsäure abgesehen, da ihre Rolle keineswegs klar ist. Insbesondere ist die Annahme EMBDENS⁸⁾, daß, wenn die Steigerung H-Ionenkonzentration für die Kontraktion entscheidend ist, „die Phosphorsäurebildung hierfür weitaus bedeutungsvoller als die Milchsäurebildung“ sei, zweifellos unzutreffend. Denn wenn man hexosediphosphorsaures Alkali von der Wasserstoffzahl, wie sie im Muskel vorliegt, vollständig in Hexose und Phosphat spaltet, so ändert sich, wie neuere Versuche von mir ergeben¹⁾, die H-Ionenkonzentration fast gar nicht, z. B. nur von $10^{-7,0}$ bis $10^{-6,45}$, und zwar unabhängig von der Konzentration, also z. B. in $m/10$ Lösung, während andererseits schon die Bildung von $m/1000$ Milchsäure aus Zucker eine H-Ionenkonzentration von $10^{-3,5}$ herbeiführt, also eine 1000mal höhere. Man muß vielmehr umgekehrt schließen, daß, wenn die plötzliche Steigerung der H-Ionenkonzentration an den Verkürzungsorten des Muskels das ursächliche Moment der Kontraktion ist, das vorhandene oder entstehende Phosphat außerhalb dieser Reaktionsorte bleiben muß, weil es die Steigerung verhindern würde.

Es scheint mir nach den vorstehenden Erörterungen, daß die Frage nach dem Mechanismus der Kontraktion heute ein experimentell nicht mehr so unzugängliches Problem ist, wie es bei der Aufstellung der zahlreichen älteren Kontraktionstheorien war, und daß daher einige Hoffnung auf seine Lösung vorhanden ist.

Literatur.

1) O. MEYERHOF, Erscheint später in der Biochem. Zeitschr.

- 2) O. MEYERHOF, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 204, 295. 1924.
 3) GASSER und HILL, Proc. of the roy. soc. of London (B.) 96, 398. 1924.
 4) BETHE und STEINHAUSEN, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 205, 63 u. 76. 1924.
 5) A. V. HILL, Nature, 14. Juli 1924.
 6) D. BERNSTEIN, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 85. 1901.
 7) G. EMBDEN und CAWACZEK, Biochem. Zeitschr. 127, 181. 1922.
 8) G. EMBDEN, Klin. Wochenschr. 3, 1392. 1924.
 9) Z. B. WO. PAULI, Kolloidchem. Beihefte 3, 1912; A. V. FÜRTH, Asher-Spiros Ergebn. d. Physiol. 17, 364. 1919.

Untersuchung oberflächenreicher Substanzen nach radioaktiven Methoden und ihre Anwendung auf chemische und radioaktive Probleme.

VON OTTO HAHN, Berlin-Dahlem.

Im folgenden soll zusammenfassend über eine Anzahl von Arbeiten berichtet werden, die im Laufe der letzten vier Jahre in unserem Institut vorgenommen worden sind und die zeigen, daß man mit einfachen radioaktiven Methoden an Aufgaben der allgemeinen Chemie herantreten und zu ihrer Lösung beitragen kann, die in gleich einfacher Weise mit anderen Mitteln nicht durchführbar sind.

Es soll hier nicht die Rede sein von der bekannten, als „radioaktive Indikatorenmethode“ bezeichneten Arbeitsweise, die vor allen von v. HEVESY und von PANETH in die Chemie eingeführt wurde und die nach verschiedenen Richtungen hin ihre Fruchtbarkeit erwiesen hat. Diese Methode beruht bekanntlich darauf, daß man radioaktive Atomarten, von denen es inaktive isotope Elemente gibt, dazu benutzt, das Verhalten dieser inaktiven Elemente in solch kleinen Konzentrationen zu studieren, in denen ihr Nachweis und ihre quantitative Bestimmung nach den üblichen Methoden der analytischen Chemie nicht mehr möglich ist¹⁾.

Bei den im folgenden skizzierten Untersuchungen wird immer eine Emanation, also ein radioaktives Edelgas, als Mittel zum Studium herangezogen.

Es handelt sich hier vor allem um Prüfung der Oberflächenausbildung und Oberflächenänderung feinverteilter Stoffe, die sowohl für rein chemische und kolloidchemische als auch für technische Fragen ein gewisses Interesse haben. Das Prinzip der Methode beruht darauf, daß man den Niederschlägen, die man untersuchen will, vor ihrer Ausfällung eine kleine Menge einer Emanation abgebenden Substanz beimischt und diese dann mit ausfällt.

Als solche Substanz dient für alle mit Ammoniak oder Alkali fällbaren Hydroxyde das Radium, für Fällungen der Erdalkalimetalle das Radium oder das Thorium X. Das Radioelement ist durch die Fällung in der zu untersuchenden Substanz homogen verteilt und bildet dauernd seine Emanation. Es ist nun eine Frage der inneren Oberflächenausbildung des Körpers, ob diese Emanation nach außen abgegeben wird oder in der Substanz stecken bleibt. Abgegeben kann sie werden, wenn die innere Oberfläche der Substanz

groß ist, wenn Capillaren, Poren und Kanäle nach außen führen. Stecken bleibt die Emanation, wenn sie z. B. im Innern von Krystallen entsteht, denn ihre Diffusionsgeschwindigkeit in festen Körpern ist vernachlässigbar klein. Ändert sich nun etwas an der Struktur oder der Oberfläche des Körpers — etwa durch Krystallwachstum, Schrumpfung, Austrocknung —, so ändert sich der Prozentsatz der freiwillig nach außen gelangenden Emanation, und diese Änderung der Emanationsabgabe läßt sich, ohne mit der Substanz irgend etwas vorzunehmen, durch einfache Radioaktivitätsmessungen verfolgen.

Der Betrag dieser Emanationsabgabe nach außen wird als Emanationsvermögen bezeichnet; dieses ist also definiert durch das Verhältnis der bei Zimmertemperatur aus der Substanz herausdiffundierenden Emanationsmenge zu der Gesamtmenge der von dem Radioelement gebildeten. Hierbei ist allerdings die wichtige Voraussetzung gemacht, daß die Emanation überall da aus den Hohlräumen und Poren ihres Trägers entweicht, wo es nach dessen Struktur überhaupt möglich ist. Mit anderen Worten: die Emanation darf von der Substanz nicht adsorbiert werden. Wird sie dies, dann ist die Adsorption um so größer, je größer die innere Oberfläche des Trägers ist. Man erhielte also in solchen Fällen wegen der größeren Adsorption bei größerer Oberfläche ein kleineres Emanationsvermögen, also genau das Gegenteil von dem, was eintritt, wenn eine Adsorption nicht statthat.

In einer besonderen Reihe von Versuchen wurden deshalb oberflächenreiche Substanzen auf ihr Adsorptionsvermögen für Emanation unter den verschiedensten Bedingungen geprüft; und es soll hier gleich vorweggenommen werden, daß eine Adsorption an den bisher untersuchten Metallhydroxyden und Oxyden unter den für die Oberflächenuntersuchungen eingehaltenen Bedingungen nicht statthat, daß die Voraussetzung für die Richtigkeit der Methode also erfüllt ist.

Im ersten Teil dieser Mitteilung soll nun an ein paar Beispielen die Arbeitsweise und Brauchbarkeit der Emanationsmethode dargelegt werden; im zweiten Teile folgen einige Angaben über Adsorptionsversuche mittels Emanation. Der dritte Teil bringt schließlich einige Angaben über hochemanierende Präparate, deren bester Darstellungsweg sich aus den Resultaten des ersten Teils dieser Mitteilung ergibt.

¹⁾ Eine Zusammenstellung diesbezüglicher Arbeiten findet sich bei PANETH, Zeitschr. f. angew. Chemie 35. 549. 1922.

I. Das Emanierungsvermögen feinverteilter Niederschläge als Mittel zum Studium von Oberflächen.

Der Ausgangspunkt für diese Untersuchung war die seit langem bekannte Tatsache, daß Thorium- und Aktiniumpräparate des Handels im allgemeinen durch ein recht beträchtliches Emanierungsvermögen ausgezeichnet sind, Radiumsalze dagegen nicht. Die naheliegende Erklärung ist die, daß die ersteren meist in Form oberflächenreicher Hydroxyde, die letzteren als kristallisierte Salze vorliegen. Es wurden daraufhin eine ganze Reihe von Metallhydroxyden bei Anwesenheit kleiner Mengen von Radiothor ausgefällt und ihr Emanierungsvermögen geprüft¹⁾.

Die Bestimmung der Emanierfähigkeit geschah nicht direkt mittels der recht kurzlebigen Thoremanation, sondern bequemer mit Hilfe des aus ihr entstehenden, mit der günstigen Halbwertszeit von 10,6 Stunden zerfallenden aktiven Niederschlags. Das aktive Präparat kommt in ein geeignetes geschlossenes Gefäß und gibt seine Emanation entsprechend seinem Emanierungsvermögen in das Gefäß ab. Aus zwei Messungen: Gefäß + Präparat und Gefäß - Präparat erhält man die Aktivität des aktiven Niederschlags außerhalb des Präparats, und da diese proportional der nach außen entweichenden Emanationsmenge ist, direkt das Emanierungsvermögen. Auf Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden²⁾.

Die auf gleiche Weise bereiteten und bei gewöhnlicher Temperatur getrockneten Hydroxyde waren anfänglich alle durch eine hohe Emanationsabgabe ausgezeichnet. Ihre große Oberflächenbildung wird aber schon durch Trocknen bei 105-110° beeinträchtigt, das Emanierungsvermögen sinkt. Beim Glühen wird die Emanierfähigkeit in allen Fällen praktisch gleich Null, die Substanzen erleiden „Feuerschwund“, ihre große Oberfläche ist zerstört. Zur Ausbildung der günstigsten Oberflächen ist also bei allen Niederschlägen Erhitzen zu vermeiden.

Ein zweiter Gesichtspunkt der Untersuchung war die Frage nach den günstigsten Bedingungen, unter denen die Präparate aufzuheben sind, damit sie ihre Oberfläche möglichst wenig verändern. Sie wurden daher in Exsiccatoren von verschiedenem, aber genau eingestelltem Luftfeuchtigkeitsgehalt aufbewahrt und ihre Emanationsabgabe von Zeit zu Zeit geprüft. In allen Fällen war feuchte Luft für die Erhaltung der Emanierfähigkeit günstiger als getrocknete. Innerhalb der verschiedenen Hydroxyde war aber der Grad der Änderung sehr verschieden. Die langsamste Alterung - wenn wir das Sinken der Emanierfähigkeit ganz allgemein

mit Altern bezeichnen wollen - zeigten die Hydroxyde des Eisens. Deshalb wurden derartige Eisenpräparate einer besonders eingehenden Untersuchung unterworfen. Über die Resultate soll hier kurz berichtet werden¹⁾.

Eisenhydrogel.

Die Emanierfähigkeit eines bei gewöhnlicher Temperatur ausgefallenen und getrockneten Eisenhydroxyds beträgt immer über 70%, unter günstigen Herstellungsbedingungen über 80%. Wenn man bedenkt, daß die Thoremanation mit ihrer Halbwertszeit von 54 Sekunden zum Herausdiffundieren aus der durchaus nicht unendlich dünnen Schicht des Hydroxyds Zeit braucht, so ist die Tatsache, daß sie trotzdem zu diesem hohen Prozentsatz nach außen gelangt, direkt erstaunlich und beweist die große innere Oberflächenbildung des Gels.

Werden die Hydrogele in feuchter Luft aufbewahrt, wobei die Präparate selbst äußerlich durchaus trocken erscheinen, so ändert sich auch über viele Monate hindurch das Emanierungsvermögen nicht oder nur ganz unbedeutend; die große Oberfläche bleibt erhalten. Kommen die Präparate in trockene Luft, so sieht man äußerlich keine Veränderung an ihnen, aber ihre Emanationsabgabe wird allmählich geringer.

Worauf dieses beim Trocknen beobachtete „Altern“ beruht, läßt sich von vornherein nicht sagen. Es kann eine wirkliche Oberflächenverkleinerung eintreten, und zwar dadurch, daß die submikroskopischen Eisenhydroxydkryställchen allmählich wachsen und so den im Innern der Kryställchen entstehenden Emanationsatomen den Austritt wehren.

Ist dies der Fall, handelt es sich also um einen Krystallisationsprozeß, dann darf dieser nicht reversibel sein, die größeren Krystalle zerfallen nicht von selbst wieder in kleinere; das Emanierungsvermögen darf beim Befeuchten nicht wieder ansteigen.

Die Versuche ergaben nun eine fast absolute Reversibilität der Gele. Die in trockener Luft gealterten Präparate erreichen wieder ihre frühere Emanierfähigkeit, wenn sie in eine feuchte Atmosphäre gebracht werden. Die Alterung beim Austrocknen beruht also im Falle des Eisens sicher nicht auf einer irgendwie ins Gewicht fallenden Krystallvergrößerung, sondern auf einer Wasserabgabe aus dem Innern der Hohlräume. Inwiefern die Wasserabgabe einen Einfluß auf das Emanierungsvermögen haben kann, wird weiter unten erörtert werden.

Eisenalkogel.

Ganz analoge Versuche wurden statt mit den Hydrogelen des Eisens mit den entsprechenden Alkogelen durchgeführt, mit praktisch genau demselben Resultat; immer wurde eine weitgehende

¹⁾ Einzelheiten und Kurven siehe in der schon erwähnten im Druck befindlichen Abhandlung.

¹⁾ O. HAHN, Vortrag Bunsengesellschaft. Leipzig, September 1922; O. HAHN und O. MÜLLER, Zeitschr. f. Elektr. 27, 189-192. 1923.

²⁾ Genauere Angaben über die Meßmethode und die Bedingungen für die Richtigkeit der Messungen finden sich in einer im Druck befindlichen Mitteilung. Ann. d. Chemie, Dez. 1924 (Marckwaldheft).

Reversibilität beim Wechsel zwischen feuchter und trockener Aufbewahrung gefunden. In der Fig. 1 ist ein solcher Versuch graphisch wiedergegeben. Die Abszissen geben die Zeit in Tagen, die Ordinaten die Emanierfähigkeit.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn kurze Zeit auf höhere Temperatur erhitzt wird. Sofort tritt eine Alterung ein, in den Kurven durch einen scharfen Knick erkennbar, und diese Oberflächenänderung wird durch Wasseraufnahme in feuchter

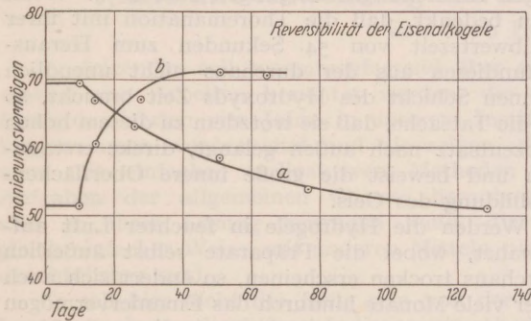


Fig. 1.

Luft nicht mehr völlig rückgängig gemacht. Die Fig. 2 gibt diese Erscheinung deutlich wieder. Abszissen und Ordinaten bedeuten wieder dasselbe wie in Fig. 1. Der Anteil, der rückgängig gemacht werden kann, also der Betrag der Reversibilität, hängt natürlich stark von der Höhe und

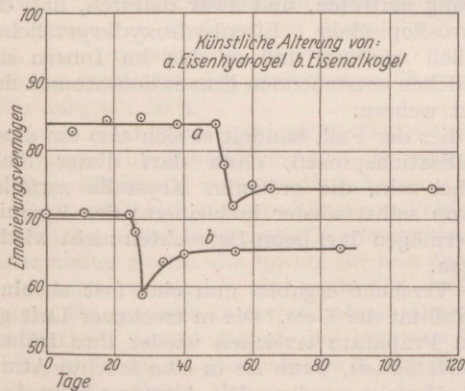


Fig. 2.

Dauer des Erhitzens ab, und durch systematische Versuche läßt sich hier der Temperatureinfluß auf die Oberflächenentwicklung mit großer Einfachheit verfolgen.

Andere Versuche erstreckten sich auf Eisengele, die aus kolloiden Eisenlösungen hergestellt waren. Die verschiedene Oberflächengröße von frischem, 10 Jahre und 20 Jahre altem Eisensol läßt sich nach dem Emanierverfahren mit großer Deutlichkeit nachweisen. Aber selbst das aus einer ganz frischen kolloiden Eisenlösung bereitete Hydrogel emaniiert nicht so stark wie das aus nicht kolloider Lösung hergestellte, und dieses Resultat bildet eine Bestätigung der Haberschen

Befunde über kristallisierte Sole und amorphe Niederschläge¹⁾. Das besonders hohe Emanierungsvermögen der auf gewöhnliche Weise gewonnenen, sich sofort absetzenden und leicht filtrierbaren Eisenhydroxyde beweist die außerordentliche Oberflächenausbildung dieser Präparate, ganz im Einklang mit der heute wohl allgemein angenommenen Auffassung über die Struktur dieser durch flockenartigen, regellosen Zusammentritt zahlreicher „Primärteilchen“ entstandenen „Sekundärteilchen“²⁾.

Selbst für den Fall, daß die die Sekundärteilchen bildenden Primärteilchen nur aus ganz wenigen Molekülen bestehen, daß das Gel also sozusagen praktisch nur aus Oberfläche besteht, ist die starke Emanationsabgabe aus diesen Präparaten bei gewöhnlicher Temperatur nicht ganz leicht zu verstehen. In den feuchten Präparaten sind die capillaren Hohlräume mit Wasser gefüllt, und aus diesen wassergefüllten Kanälen muß die Emanation ins Freie austreten. Bei den trockenen Präparaten sind die Hohlräume größtenteils mit Luft angefüllt. Nach ZSIGMONDY besteht der Austrocknungsprozeß, wie am Gel der Kieselsäure nachgewiesen wurde, von einem gewissen Punkt ab lediglich in einer Austrocknung der Hohlräume von innen nach außen, nicht in einer Schrumpfung³⁾. Eine eigentliche Oberflächenverkleinerung, Verstopfung der Poren oder dgl. sollte also nach ZSIGMONDY nicht eintreten. Trotzdem emanieren die trockenen Präparate weniger gut als die feuchten. Die naheliegende Erklärung hierfür, nämlich eine merkliche Adsorption der Emanation an den trockenen Präparaten, trifft nicht zu; wenigstens scheinen die im Abschnitt 2 dieser Mitteilung kurz angeführten Versuche eine solche Erklärung auszuschließen. Es läßt sich daher wohl doch der Schluß nicht umgehen, daß das Austrocknen der Gele mit einer wenigstens teilweisen Schrumpfung der capillaren Hohlräume einhergeht, deren Betrag so gering sein kann, daß er sich der Beobachtung nach den bisherigen Methoden entzieht. Die Änderung der Emanierfähigkeit würde in diesem Falle also ein besonders empfindliches Mittel zum Nachweis solcher Schrumpfungsprozesse darbieten.

Ist diese Auffassung richtig, dann hat man in der Änderung der Emanierfähigkeit immer ein Maß für eine Änderung der wirksamen Oberfläche. Verläuft der Rückgang im Emanierungsvermögen irreversibel, dann beruht das Altern auf einer Kristallvergrößerung, ist der Rückgang reversibel, dann handelt es sich um eine Schrumpfung. In Wirklichkeit liegen natürlich die Verhältnisse beim Austrocknen oberflächenreicher Körper nicht so einfach, wie hier angedeutet, und weitere Versuche sind notwendig, um die Vorgänge genauer erfassen zu können.

¹⁾ F. HABER, Chem. Ber. 55, 1717. 1922

²⁾ Siehe z. B. R. ZSIGMONDY, Zeitschr. f. angew. Chem. 35, 449. 1922.

³⁾ ZSIGMONDY, Kolloidchem. 4. Aufl., S. 226.

Nickelhydroxyd.

Sehr viel leichter als die Hydroxyde des dreiwertigen Eisens altern die Hydroxyde zweiwertiger Metalle. Wird z. B. ein reines Nickelhydroxyd unter strengen Bedingungen der Fällung und Auswaschung hergestellt, so ist auch dieses durch eine große Oberflächenentwicklung ausgezeichnet; es emaniert stark, wenn es feucht aufbewahrt wird. Kommt es aber in eine trockene Atmosphäre, so sinkt das Emanierungsvermögen in kürzester Zeit auf einen kaum nachweisbaren Betrag herab. In feuchter Atmosphäre tritt dann zwar wieder eine gewisse Erholung ein, aber das Emanierungsvermögen erreicht nie mehr den früheren Wert. Hier ist ohne Zweifel durch das Austrocknen eine irreversible Alterung eingetreten. Die Kryställchen sind gewachsen.

Bestimmung absoluter Oberflächengrößen.

Die hier an wenigen Beispielen dargelegte Untersuchungsmethode von Oberflächen nach der Emanierungsmethode läßt zwar direkte Aussagen machen über relative Oberflächenausbildung und Oberflächenänderungen, und ist in dieser Weise sicher zu mancherlei weiteren Anwendungen geeignet; die Methode sagt aber für sich allein noch nichts aus über die absolute Oberflächengröße der untersuchten Stoffe.

Einen einfachen Weg zur Ermittlung absoluter Oberflächen kristallisierter Pulver verdanken wir F. PANETH¹⁾. Die Methode ist direkt anwendbar in den Fällen, wo von den auf ihre Oberflächengröße zu untersuchenden Metallsalzen radioaktive Isotope der betr. Metalle bekannt sind. Auf Grund der Ergebnisse dieser Indicatorenmethode konnte PANETH in jüngster Zeit seine Versuche auch auf andere Substanzen, vor allem Kohle, anwenden und verallgemeinern²⁾.

Es ließ sich nun die Frage stellen, ob man die nur in einer begrenzten Anzahl von Fällen anwendbare Panethsche Indicatormethode zur Bestimmung absoluter Oberflächengrößen mit der hier beschriebenen, einer recht allgemeinen Anwendung zugänglichen Bestimmung relativer Oberflächengrößen kombinieren könne. Durch Festlegung einiger Fixpunkte, für die sowohl die absolute Oberfläche als auch das Emanierungsvermögen experimentell ermittelt würde, ließ sich vielleicht eine Kurve gewinnen, die die Oberfläche vieler Stoffe mit Hilfe des leicht bestimmbareren Emanierungsvermögens abzulesen gestattete.

Die Untersuchung dieser Frage, die gemeinsam mit Herrn F. BOBEK durchgeführt wurde, stieß auf beträchtliche Schwierigkeiten, weil die für grobkristallisierte Substanzen erprobte Indicatormethode sich bei sehr oberflächenreichen Gelen

nicht anwenden ließ. Immerhin gelang die Bestimmung der absoluten Oberfläche für einige recht verschiedene Stoffe; und zwar für Bleisulfid, Thoroxalat und Thorsubphosphat. Die beiden ersten Körpergruppen wurden durch verschiedene Art der Herstellung in verschiedener Oberflächenbildung gewonnen und für alle die absolute Oberflächengröße nach der Indicatormethode bei gleichzeitiger Bestimmung der Emanierfähigkeit ermittelt¹⁾.

Als Resultat ergab sich, daß es eine einzige Kurve über den Zusammenhang zwischen absoluter Oberfläche und Emaniervermögen nicht gibt. Dieses ist vielmehr für die Bleisulfide entschieden geringer als für Thoroxalate und das Subphosphat gleicher Oberfläche. Da die Bleisulfide ebenso wenig die Emanation adsorbieren wie die anderen Körperklassen, muß die Erklärung hierfür anderweitig gesucht werden. Sie ergibt sich vielleicht aus dem kolloidchemisch verschiedenen Verhalten der Bleisulfide gegenüber dem Thoroxalat und -subphosphat. Letztere kristallisieren mit viel Wasser und stehen sicher in ihrem Verhalten dem Wasser gegenüber, z. B. ihrer Benetzbarkeit, den „hydrophilen“ Körpern nahe. Das Bleisulfid dagegen ist ein typischer Vertreter „hydrophober“ Stoffe, die von Wasser nicht oder nur wenig benetzt werden²⁾. Vielleicht tritt dadurch eine gewisse Schrumpfung bei den Bleisulfiden schon bei normaler Luftfeuchtigkeit ein, während eine solche bei den erstgenannten Körpern, ähnlich wie beim Eisengel, unter solchen Umständen nicht statthat. Versuche über die Emanierfähigkeit von Sulfiden, verglichen mit der von Hydroxyden werden hier vielleicht mehr Klarheit bringen.

Sicher lassen sich jetzt wenigstens für gewisse Gruppen von Substanzen mit Hilfe des Emanierungsvermögens ihre absoluten Oberflächenänderungen über lange Zeit hindurch messend verfolgen; allerdings nur so lange, als ihre spezifische Oberfläche groß ist. Ein nennenswertes Emanierungsvermögen läßt sich bei den den hydrophilen Stoffen nahestehenden Substanzen erst bei Kryställchen von unter $\frac{1}{100}$ mm Kantenlänge feststellen, bei den hydrophoben bei solchen von $\frac{5}{10.000}$ mm.

II. Das Adsorptionsvermögen feinverteilter Niederschläge.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Methode, aus dem Emanierungsvermögen feinverteilter Stoffe einen Rückschluß auf deren Oberflächenausbildung zu ziehen, nur dann eine Berechtigung haben kann, wenn die Emanation auch tatsächlich überall da entweicht, wo sie entweichen kann, wenn sie also nicht adsorbiert wird. In Gemeinschaft mit Herrn B. KERSCHKE wurde eine eingehende Untersuchung über das Adsorptionsvermögen feinverteilter Stoffe für Emanation

¹⁾ Genaueres hierüber soll in einer späteren Mitteilung folgen.

²⁾ H. FREUNDLICH, Capillarchem. 2. Aufl., S. 215.

¹⁾ F. PANETH, Zeitschr. f. Elektrochem. 28, 113. 1922; F. PANETH und W. VORWERK, Zeitschr. f. phys. Chem. 101, 445. 1922.

²⁾ F. PANETH und W. THIEMANN, Chem. Ber. 57, 1215; F. PANETH und A. RADU, Chem. Ber. 57, 1221. 1924.

durchgeführt, und zwar wurde in diesem Falle aus Zweckmäßigkeitsgründen die Radiumemanation gewählt. Ganz allgemein und ausnahmslos ergab es sich, daß Hydroxyde, die unter normalen Bedingungen der Luftfeuchtigkeit aufbewahrt werden, keinerlei Adsorptionsvermögen für Emanation erkennen lassen. Auch einige Zeit über konzentrierter Schwefelsäure getrocknete Präparate gaben das gleiche negative Resultat. Werden dagegen die Hydroxyde über Phosphorpentoxid, also unter extremen Bedingungen, getrocknet, so wird die Emanation zu einem deutlichen Betrage adsorbiert. Noch stärker wird die Adsorption, wenn auch die letzten Reste von Kohlensäure aus der Luft durch Ätzkali entfernt werden. Diese völlige Austrocknung braucht sehr lange Zeit und beweist, wie schwer es ist, die letzten Spuren von Feuchtigkeit aus den großoberflächigen Substanzen zu entfernen. Umgekehrt haben diese völlig trockenen Hydroxyde ein großes Bestreben, wieder Wasser aus der Luft anzuziehen, wenn sie Gelegenheit dazu bekommen. Nur 5 Minuten langes Stehen an feuchter Luft genügt, um das Adsorptionsvermögen für Emanation wieder stark herabzusetzen; nach einer halben Stunde ist es schon fast wieder vernachlässigbar gering. Die gewichtsanalytisch kaum nachweisbare Wasserhaut, die sich an dem Präparat niederschlägt, verhindert die Emanation am Adsorbieren. Aus dieser nach Minuten zählenden schnellen Adsorptionsverdrängung sieht man mit großer Deutlichkeit, daß der allmähliche Rückgang im Emanierungsvermögen, das die Hydroxyde beim längeren Stehen über Schwefelsäure zeigen (vgl. Fig. 1), nicht durch eine Adsorption der Emanation vorgetäuscht werden kann; denn diese würde ja unmittelbar nach Unterbrechung der Trocknung wieder rückgängig gemacht werden. In Wirklichkeit dauert aber die Regenerierung des Emanierungsvermögens in feuchter Atmosphäre tage-, bis wochenlang. Diese Regenerierung, etwa bei den Eisengelen, läuft vielmehr ziemlich parallel der Wasseraufnahme der vorher getrockneten Präparate¹⁾. Aus den mit Wasser gefüllten Capillaren entweicht die Emanation leichter als aus den völlig oder teilweise ausgetrockneten; die mutmaßlichen Gründe hierfür wurden am Schluß des vorigen Abschnittes dargelegt.

Ganz anders als die Hydroxyde verhalten sich die verschiedenen Kohlesorten der Emanation gegenüber. Die aktiven Kohlen zeigen unter allen Umständen ein sehr hohes Adsorptionsvermögen; ausgeglühte Präparate adsorbieren auch in relativ geringer Menge fast quantitativ. Aber auch feuchte oder mit Kohlensäure oder viel arseniger Säure vorbehandelte Proben nehmen Gewicht für Ge-

¹⁾ Es liegen hier dieselben Verhältnisse vor, die W. MECKLENBURG unlängst bei der „aktiven Kohle“ diskutiert hat: Zuerst schnelle Adsorption einer Wasserhaut an den Capillarwänden, dann langsames Füllen der Capillaren mit flüssigem Wasser durch Capillarkondensation (Zeitschr. f. angew. Chemie 37, 876. 1924).

wicht immer noch viel mehr Emanation auf, als etwa Eisenhydroxyd unter den extremsten Bedingungen der Austrocknung.

Die Emanierungsmethode, die bei den nicht-adsorbierenden Hydroxydgelten eindeutige Aussagen ermöglicht, würde also bei den aktiven Kohlen, denen man etwa durch Adsorption Radiothor oder Radium angelagert hätte, völlig unbrauchbare Resultate geben.

III. Herstellung hochemanierender radioaktiver Präparate.

Aktinium und Thorium.

Beim Arbeiten mit radioaktiven Substanzen werden in der Mehrzahl der Fälle nicht die langlebigen Ausgangssubstanzen Radium, Aktinium, Mesothor oder Radiothor selbst benutzt, sondern diese dienen nur als beständige Quellen für die Herstellung der aus den Emanationen sich bildenden, schnell zerfallenden unwägbaren, aktiven Niederschläge. Alle durchdringenden β - und γ -Strahlen werden nur von den aktiven Niederschlägen emittiert. Und auch die durchdringendsten α -Strahlen rühren von diesen her. So haben z. B. RUTHERFORD und seine Mitarbeiter für ihre Versuche über die künstliche Zertrümmerung der Atome ausschließlich das Radium C (oder das Thorium C) benutzt, und auch die große Mehrzahl aller Indicatorversuche werden mit diesen aktiven Niederschlägen durchgeführt. Es besteht also ein Interesse an Methoden zur Herstellung solcher aktiven Niederschläge in möglichst großer Ausbeute.

Die Herstellung dieser Stoffe geschieht bei den Präparaten des Aktiniums und Thoriums wegen der Kurzlebigkeit ihrer Emanationen immer direkt aus der im festen Zustande aus den Präparaten entweichenden Emanation. Je höher also das Emanierungsvermögen, desto stärker auch der aktive Niederschlag. Aus den im ersten Teil dieser Mitteilung gegebenen Resultaten kennt man die günstigsten Bedingungen für das Emanierungsvermögen. Irrtümlich ist z. B. die sich mehrfach in der Literatur findende Angabe, daß geglühte Aktiniumpräparate, etwa in Form von Oxyden der seltenen Erden, durch eine starke Emanationsabgabe ausgezeichnet seien. Wie im Falle des Thoriums ist auch hier der beste Weg, zu wirksamen Präparaten zu gelangen, die Hydroxyde ohne wesentliche Erwärmung durch Ammoniak — nicht Alkali — auszufällen, sehr gut auszuwaschen und nicht bei höherer Temperatur zu trocknen. Die Aufbewahrung geschieht in feuchter Luft, zweckmäßig über einer 80–90% Luftfeuchtigkeit ergebenden verdünnten Schwefelsäure. Völlig mit Wasserdampf gesättigte Luft ist nicht empfehlenswert wegen der Kondensation des Wasserdampfes bei geringen Temperaturniedrigungen. Auf diese Weise hergestellte und aufbewahrte Aktiniumpräparate emanieren zu 50%, Thorpräparate zu 75 bis 85%. Der Unterschied in den Werten zwischen Aktinium und Thorium ist auf die Verschiedenheit der Halbwertszeiten

der beiden Emanationen zurückzuführen; die schon in 3,9 Sekunden zur Hälfte sich umwandelnde Aktiniumemanation zerfällt auf ihrem Wege aus den Poren der Substanz natürlich zu einem größeren Prozentsatz als die Thoremation mit 54 Sekunden Halbwertszeit. Aus demselben Grunde hängt naturgemäß die Emanationsabgabe bei diesen Stoffen *stark* von der Schichtdicke ab; Gewichtsmengen über 10–20 mg pro cm² sind besonders beim Aktinium tunlichst zu vermeiden, allzu dicke Brocken zu vermeiden.

Bei stärkeren Präparaten ist die radioaktive Substanz unter allen Umständen vom Filter zu entfernen. Durch die Wirkung der Strahlen wird das Filter angegriffen und allmählich zerstört. Beim Wiederauflösen werden Zersetzungsprodukte der Cellulose mitgelöst. Diese sind für das quantitative Umfällen sehr störend und erniedrigen außerdem das Emanierungsvermögen des Präparats durch Verkleben der Poren.

Radium.

Im trockenen Zustand hochemanierende Radiumpräparate waren bisher nicht bekannt. Hierhergehörige Versuche von HERSCHFINKEL im Curieschen Institute ergaben ein maximales Emanierungsvermögen von 34%, und es ist aus den Versuchen nicht zu ersehen, ob dieses Emanierungsvermögen auch nur über kurze Zeit hindurch anhält.

Aus den bei dieser Mitteilung skizzierten Erfahrungen konnte man hoffen, zu stärker emanierenden Radiumpräparaten zu gelangen; und in Gemeinschaft mit Herrn J. HEIDENHAIN wurde eine ausführliche Untersuchung über diesen Gegenstand durchgeführt, die zu recht günstigen Ergebnissen führte.

Nur ganz kurz sei hier der Gedankengang skizziert.

Systematische Versuche, das Radium mit schwerlöslichen Fluoriden auszufällen, führten zu dem Ergebnis, daß die Fällung des Radiumfluorids mit oberflächenreichem Lanthanfluorid quantitativ verläuft, obgleich man dies aus der beträchtlichen Löslichkeit des Radiumfluorids nach der „radioaktiven Fällungsregel“ nicht erwarten konnte; die Präparate emanieren im lufttrockenen Zustande zu 70%, also für Radiumpräparate sehr stark. Da die quantitative chemische Verarbeitung derartiger Fluoride aber mit Schwierigkeiten verbunden ist, da die Präparate außerdem im Laufe der Zeit in ihrem Emanierungsvermögen merklich nachließen, wurde versucht, Präparate ähnlich den oben beschriebenen Hydroxyden herzustellen, die sich ja durch hohes Emanierungsvermögen und geringe Alterung auszeichneten. Die Erkenntnis der quantitativen Ausfällung des Radiumfluorids an dem oberflächenreichen Erdfluorid kam diesem Gedankengang zu Hilfe.

Schon früher hatten HAHN und MÜLLER versucht, hochemanierende Radiumpräparate dadurch zu gewinnen, daß sie radiumhaltiges Bariumsulfat in Form äußerst fein verteilten kolloiden

Bariumsulfats herstellten. In der Tat emanieren solche Präparate unmittelbar nach ihrer Herstellung sehr beträchtlich, sie alterten aber äußerst rasch und wurden für die genannten Zwecke unbrauchbar. Da das Altern in diesem Falle sicher auf einer Vergrößerung der ursprünglich sehr kleinen Bariumsulfatkryställchen beruhte, so war zu hoffen, daß man die Emanierfähigkeit derartiger Präparate erhalten konnte, wenn man sie an einer Teilchenvergrößerung hinderte, wenn man also zwischen die einzelnen Teilchen ein anderes Medium großer Oberfläche einschob.

Auf Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden; es sei nur erwähnt, daß es in der Tat gelang, feste Radiumpräparate zu gewinnen, die bei gewöhnlicher Temperatur ihre Emanation zu 98–99% freiwillig nach außen entweichen lassen. Auch die Alterung dieser Präparate verläuft, wenn sie an feuchter Luft aufbewahrt werden, nur äußerst langsam. Folgende Zahlen an 3 Präparaten mögen dies zeigen.

Präparat 35 emanierte	zu Beginn zu rund 98%, nach 10 Mon. zu 96%;
Präparat 37 emanierte	zu Beginn zu > 99%, nach 6,5 Mon. zu 97,6%;
Präparat 38 emanierte	zu Beginn zu > 99%, nach 5,5 Mon. zu 96%.

Die beiden letzten Präparate sind sehr stark aktiv, sie enthalten 5,6 bzw. 6,2 mg Radiumelement. Die Alterung bei 38 ist etwas schneller als bei 37, obgleich 38 in fünfmal mehr inaktives Material eingebettet ist als 37. Ein Einfluß einer zerstörenden Wirkung durch die dauernde starke α -Bestrahlung ist zur Zeit also noch nicht erkennbar, sonst müßte 37 ja stärker altern als 38.

Selbst wenn die Alterung in demselben Tempo weitergeht wie bisher, werden die Präparate auch nach einigen Jahren noch zu über 90% emanieren. Eine evtl. Umarbeitung ist äußerst einfach, das Radium liegt in leicht löslicher Form vor, es bedarf also nur einer Auflösung in verdünnter Säure und erneuter Ausfällung.

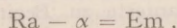
Die Vorteile dieser Präparate zur Gewinnung von Emanation liegen auf der Hand. Die Herstellung auch hochkonzentrierter Emanation ist viel einfacher als die bisherige aus Radiumlösungen, die ganze Apparatur klein, leicht zu transportieren und zu handhaben. Wird die Emanation nicht gebraucht, so ruht das Präparat in einem großen, luftdicht verschlossenen Wägelglas; die aus der Emanation allmählich sich bildenden langlebigen Stoffe Radium D und Polonium setzen sich auf den Wandungen ab und sind mit wenigen Tropfen Säure in einfachster Weise zu gewinnen.

Die im vorstehenden beschriebenen Versuche bedürfen noch nach mancher Richtung hin einer Vertiefung und Erweiterung. Sie dürften aber schon jetzt den Beweis erbracht haben, daß die Emanierungsmethode sich sowohl für Fragen der allgemeinen Chemie als auch für die spezielle Radioaktivitätsforschung mit Erfolg verwenden läßt.

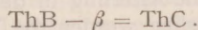
Über die Energieentwicklung bei radioaktiven Zerfallsprozessen.

Von LISE MEITNER, Berlin-Dahlem.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei der radioaktiven Umwandlung eines Atoms in ein anderes Energien frei werden, die außerordentlich viel größer sind als diejenigen, die bei der Entstehung einer chemischen Verbindung auftreten. So entwickelt sich bei der Bildung von einem Molekül Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff — eine chemische Reaktion, die bekanntlich von einer ungewöhnlich hohen Wärmetönung begleitet ist — eine Energiemenge, die rund 1 500 000 mal kleiner ist, als die Energie, die etwa bei der Entstehung des Emanationsatoms aus dem Radiumatom frei wird. Allerdings tritt diese letztere Energie nicht unmittelbar als Wärmeenergie, sondern in Form von kinetischer Energie auf. Der Umwandlungsprozeß geht ja in der Weise vor sich, daß aus dem Kern des Radiumatoms ein α -Teilchen, d. h. ein mit großer Geschwindigkeit begabter Heliumkern, abgespalten wird, und das dabei übrigbleibende Restatom ist eben das Emanationsatom. Man kann diesen Vorgang symbolisch durch die Gleichung darstellen



wobei unter dem Symbol α nicht nur das α -Teilchen, sondern auch die ihm bei der Abspaltung mitgegebene kinetische Energie zu verstehen ist. Ganz ebenso kann man die Umwandlung unter Aussendung eines β -Strahls (= schnell bewegtes Elektron) durch eine solche Gleichung symbolisieren. Als Beispiel sei hier die Entstehung des Wismutisotops ThC aus dem Bleisotop ThB gewählt, beides Bestandteile des aktiven Niederschlags des Thoriums.



Auch hier stellt β nicht nur das abgespaltene Kernelektron, sondern auch gleichzeitig die von ihm mitgeführte kinetische Energie dar. Jede radioaktive Umwandlung eines Atoms in ein neues erfolgt entweder unter Emission eines α -Teilchens oder unter Aussendung eines β -Strahls. Die dritte bei radioaktiven Prozessen auftretende Strahlenart, die γ -Strahlen, sind nicht materielle Bruchteile der zerfallenden Atomkerne wie die α - und β -Strahlen, sondern Strahlen im wahren Sinne des Wortes, Wellenstrahlen nach Art der Licht- und Röntgenstrahlen. Sie stellen also zuzusagen eine reine Energieform dar, und ihre Emission bedeutet eine weitere, den Umwandlungsprozeß begleitende Energieabgabe, die auch noch in die obigen Gleichungen eingeführt werden müßte.

Läßt man die von den radioaktiven Substanzen ausgesandten Strahlen in irgendeinem Körper vollständig absorbieren und bestimmt die dabei auftretende Temperaturerhöhung dieses Körpers, so erhält man die bei den radioaktiven Reaktionen frei werdende Energie in Form einer Wärmemenge, und man spricht daher häufig auch von der Reaktionswärme der radioaktiven Umwandlungsprozesse. Diese auf die angegebene Weise mit den

radioaktiven Substanzen verknüpfte Wärmeentwicklung hat allgemeine Bedeutung, denn sie spielt eine wichtige Rolle im Wärmehaushalt der Erde. Hier soll zunächst nur der Einzelakt, die Umwandlung eines Atoms in ein neues und die damit direkt verknüpften Energieumsetzungen betrachtet werden.

Ursprünglich war man der Meinung, daß eine erhebliche Energieabgabe nur bei α -Strahlenumwandlungen erfolgt, und daß die in Form von β - und γ -Strahlung abgegebene Energie daneben kaum in Betracht kommt. Die späteren Untersuchungen über β - und γ -Strahlen haben aber zu Ergebnissen geführt, die zeigen, daß bei der Umwandlung eines Atoms β - und vor allem γ -Strahlenenergien auftreten können, die von der gleichen Größenordnung sind wie die kinetische Energie der α -Strahlen. Um dies verständlich zu machen, sollen zunächst die wechselseitigen Beziehungen dieser drei Strahlenarten dargelegt werden.

Nach unsern heutigen Vorstellungen besteht jedes Atom aus einem positiv geladenen Kern, der zugleich Träger fast der gesamten Masse des Atoms ist, und aus den um diesen Kern sich bewegenden Elektronen, deren Zahl gleich der positiven Kernladung ist. Diese positive Kernladung bestimmt die Ordnungszahl des Elements im periodischen System; Wasserstoff besitzt die Kernladung 1, Helium 2 usw. Der Wasserstoffkern stellt also die Einheit der positiven Ladung vor, so wie das Elektron die Einheit der negativen Ladung ist. Würden die Kerne der schwereren Atome nur aus Wasserstoffkernen aufgebaut sein, so müßte das Atomgewicht immer gleich der Kernladung oder Ordnungszahl sein. In Wirklichkeit ist aber das Atomgewicht bei allen Elementen (abgesehen vom Wasserstoff) viel größer als die Ordnungszahl, weil der Atomkern selbst wieder ein sehr kompliziertes Gefüge aus positiven Wasserstoff- bzw. Heliumkernen und negativen Elektronen ist. Was als positive Kernladung in Erscheinung tritt, ist der Überschuß der positiven Kernteilchen über die negativen. Nur dieser Überschuß an positiver Ladung bestimmt die Anzahl der den Kern umkreisenden äußeren Elektronen und damit die chemischen Eigenschaften eines Elements. Daher können die chemischen Eigenschaften uns auch nichts über den Kernbau lehren. Denn es ist ja klar, daß eine Änderung der positiven und negativen Kernbestandteile um dieselbe Anzahl eine ganz andere Anordnung im Kern hervorrufen muß und die Ordnungszahl doch ungeändert läßt. Darauf beruht ja das Vorkommen isotoper Elemente.

In den radioaktiven Vorgängen haben wir dagegen Kernprozesse vor uns. Da der Kern aus elektrisch geladenen Teilchen besteht, so müssen bei seinem Zerfall auch solche Bestandteile abgespalten werden, und eben diese Teilchen liegen in den doppelt positiv geladenen α - und den negativ

geladenen β -Strahlenteilchen vor. Die γ -Strahlen können in dem unmittelbaren Zerfallsprozeß keine direkte Rolle spielen. Ursprünglich hatte man γ -Strahlen nur bei β -strahlenden Substanzen beobachtet und angenommen, daß ähnlich wie beim Auftreffen von Kathodenstrahlen auf Materie Röntgenstrahlen ausgelöst werden, so auch mit der Emission eines β -Teilchens aus dem Kern die Entstehung einer γ -Strahlung verknüpft ist. Es hat sich aber gezeigt, daß auch α -strahlende Substanzen γ -Strahlen emittieren, wie Radium, Radiothor und mehrere andere radioaktive Elemente, ja daß diese Substanzen sogar alle drei Strahlenarten α -, β - und γ -Strahlen beobachten lassen.

An diese merkwürdige Erscheinung haben die Untersuchungen unserer Abteilung angeknüpft. Es mußte zunächst festgestellt werden, ob die α - und die β -Strahlen wirklich beide aus dem Kern stammen. Bei den α -Teilchen kann darüber kein Zweifel bestehen, denn nur der Atomkern ist Träger positiver Teilchen. Die β -Strahlen hingegen können entweder aus dem Kern oder aus der äußeren Elektronenhülle stammen. Im ersten Fall muß mit der Emission des β -Teilchens eine entsprechende Umwandlung des betreffenden Atoms, etwa des Radiumatoms, in ein neues verknüpft sein, im letzteren Fall findet keine solche Umwandlung statt. Die Untersuchungen ergaben, daß bei allen Substanzen, die gleichzeitig α -, β - und γ -Strahlen emittieren, nur das der α -Strahlung entsprechende Umwandlungsprodukt vorhanden ist, d. h. nur der α -Strahl stammt aus dem Kern, der β -Strahl ist ein aus der äußeren Elektronenhülle herausgeworfenes Elektron.

Die nächste Frage, die sich hier ergibt, ist nun die Frage, wodurch wird das Elektron aus der Elektronenhülle ausgelöst und erhält es noch so viel kinetische Energie, daß es als schnell bewegter β -Strahl herausfliegt. Wir wissen ja, daß es einer bestimmten Arbeit bedarf, um ein Elektron von seinem Atom zu entfernen, und daß diese Arbeit um so größer ist, je näher dem Kern das abzulösende Elektron verläuft, also am größten für die K -Elektronen, wesentlich kleiner für die L -Elektronen usw., bis zu den ganz lose gebundenen äußersten Valenzelektronen.

Es wurde nun erkannt, daß die Energie für diese aus den verschiedenen Elektronenniveaus stammende sekundäre β -Strahlung von den γ -Strahlen geliefert wird, die von dem zerfallenden radioaktiven Kern emittiert und in der eigenen Elektronenhülle absorbiert werden. Die Absorption einer Wellenstrahlung beruht nach unseren heutigen Kenntnissen darauf, daß der Strahl ein im Atom gebundenes Elektron ablöst. Nach der Quantentheorie muß ein Wellenstrahl seine gesamte Energie in einem einzigen Absorptionsakt abgeben. Das besagt, daß die Energie des Wellenstrahls sich in der Ablösungsarbeit des Elektrons und in der ihm übertragenen kinetischen Energie wiederfinden muß. Das gilt für jede Art von Wellenstrahlung, gleichgültig, ob Licht-, Röntgen- oder γ -Strahl,

denn der Unterschied dieser Strahlenarten besteht nur in ihrer Wellenlänge. Bezeichnet also E_γ die Energie des γ -Strahls, A die Ablösungsarbeit eines Elektrons, E_β die kinetische Energie, die das Elektron bei der Absorption des γ -Strahls erhält, h die Plancksche Konstante, ν_γ die Frequenz des γ -Strahls, so muß stets

$$h \nu_\gamma = E_\gamma = A + E_\beta$$

sein.

Aus dieser Gleichung kann man eine ganze Reihe von experimentell prüfbareren Folgerungen ziehen. Emittiert z. B. ein radioaktiver Kern eine einzige monochromatische γ -Strahlung, so daß nur ein einziger Wert von E_γ auftritt, so werden gleichwohl sekundäre β -Strahlen verschiedener Energie durch ihn ausgelöst werden. Denn im Atom gibt es ja ganz verschiedene stark gebundene Elektronen, die Größe A wird also verschiedene Werte, K , L , M usw., haben, je nachdem das die γ -Strahlung absorbierende, also herausgeworfene Elektron aus dem K -, L - oder M -Niveau stammt. Die diesen Elektronen mitgegebenen kinetischen Energien werden durch die Gleichungen bestimmt

$$E_\gamma = K + E_{\beta_1} = L + E_{\beta_2} = M + E_{\beta_3} \text{ usw.},$$

d. h. man erhält eine Anzahl von β -Strahlengruppen, E_{β_1} , E_{β_2} , E_{β_3} , deren Energien sich um denselben Betrag unterscheiden, wie die Ablösungsarbeiten K , L , M der einzelnen Elektronenniveaus des betreffenden Atoms. Da man diese Ablösungsarbeiten aus der Röntgenspektroskopie kennt, die Energie der β -Strahlen durch ihre Ablenkung im Magnetfeld messen kann, so kann man die Energie der vom Kern emittierten γ -Strahlung und damit die Wellenlänge λ bestimmen. Denn es gilt die Beziehung

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit}}{\text{Frequenz}}, \text{ also } E_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda}.$$

Sind mehrere monochromatische γ -Strahlen vorhanden, so wird das sekundäre β -Strahlenspektrum entsprechend mehr Gruppen enthalten; aber man kann durch Zusammenfassung derjenigen Gruppen, deren Energiedifferenzen den Differenzen der Ablösungsarbeiten des in Betracht kommenden Atoms gleich sind, die verschiedenen auslösenden γ -Strahlen nach Energie und Wellenlänge ableiten.

Es wird also stets, wenn die Atomumwandlung von γ -Strahlen begleitet ist, gleichgültig, ob der Zerfall durch Abspaltung von α - oder β -Strahlen erfolgt, ein sekundäres β -Strahlenspektrum auftreten müssen. Damit ist auch ohne weiteres erklärt, daß bei gewissen α -Strahlenumwandlungen alle drei Strahlenarten zur Erscheinung kommen. Solche β -Strahlenspektren sind seit langem sowohl bei typischen β -Strahlern, wie ThB und RaB als auch bei vereinzelt α -Strahlern beobachtet gewesen. Sie haben durch die hier skizzierte Auffassung nicht nur ihre Erklärung gefunden, sondern auch die Ausmessung der Wellenlänge der vom Kern emittierten γ -Strahlung ermöglicht.

Versucht man sich nun ein Bild des Atomzerfalls zu machen, so bietet sich als einfachstes und bisher

widerspruchsfreiestes das folgende. Wenn ein α - oder β -Teilchen aus dem Kern herausfliegt, so ist der Rest des Kerns zunächst nicht in einem existenzfähigen Zustand. Die übrigen Kernteilchen müssen sich erst umordnen, und erst nach dieser Umordnung haben wir den existenzfähigen Kern des umgewandelten Atoms vor uns. Diese Umordnung kann nun entweder strahlungslos erfolgen, etwa in ähnlicher Weise wie bei einem Atom, das durch Verlust seines um losesten gebundenen Elektrons in ein positives Ion verwandelt wurde, alle ihm verbliebenen Elektronen dem Kern etwas näher gerückt sind, ohne daß dabei Strahlung emittiert worden ist. In solchen Fällen haben wir eine α - oder β -Umwandlung ohne gleichzeitige γ -Strahlenemission und daher auch ohne sekundäres β -Strahlenspektrum. Beispiele hierfür sind die α -strahlenden Substanzen Ionium, Polonium, Thorium C' und die β -strahlenden Radium E und Thorium C. Es können aber mit der Umordnung des Kerns nach dem Abspalten des α - oder β -Teilchens auch ein oder mehrere Quantenübergänge verknüpft sein, die dann zur Emission einer oder mehrerer monochromatischer γ -Strahlen führen. In solchen Fällen ist die Umwandlung von der Aussendung monochromatischer γ -Strahlen begleitet wie bei den α -Strahlern Radium, Radiothor, Radioaktinium, Actinium X und den β -Strahlern Radium B, Radium C, Radium D Thorium B und Thorium C''. Es wird also in diesen Fällen neben der in Form der schnell bewegten Korpuskularstrahlung ausgegebenen Energie auch noch eine γ -Strahlenenergie abgegeben, und zwar ist der primäre Zerfall jedes solchen Atoms von einer γ -Strahlung begleitet; die etwa eintretende Umwandlung dieser γ -Strahlen in β -Strahlen innerhalb der Elektronenniveaus ist schon eine Art sekundärer Effekt. Für die Berechnung der beim Zerfall des Kerns frei werdenden Energie kommt jedenfalls nur die Größe des Quantensprungs im Kern in Betracht. Ist nur ein einziger solcher Quantensprung möglich, wie etwa beim Ra oder beim RaD, dann ist die Berechnung der damit dem Kern entzogenen Energie direkt gegeben durch die Gleichung $E_\gamma = \frac{hc}{\lambda}$, sind mehrere γ -Strahlenlinien vorhanden, so ist offenbar die kurzwelligste maßgebend. Denn in jedem Kern wird der gleiche maximale Quantensprung die abgegebene Energie bestimmen, gleichgültig, ob er nun wirklich auf einmal erfolgt oder in Teilübergängen vor sich geht.

Wenn man nun auf Grund der vorliegenden Messungen der γ -Strahlenenergien und der bekannten Energien der α -Strahlen die beim Zerfall eines Atoms frei werdende Energie berechnet, erhält man recht interessante Resultate.

In der Reihe vom Radium abwärts bis inklusive RaC sind γ -Strahlen nachgewiesen beim Radium selbst, beim RaB und beim RaC. Radium emittiert nur eine einzige γ -Strahllinie von der Energie $2,98 \cdot 10^{-7}$ Erg oder 187 000 Volt, wobei die Energieangabe in Volt so zu verstehen ist, daß ein Elek-

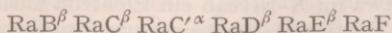
tron diese Spannung durchlaufen müßte, um die bezeichnete Energie von $2,98 \cdot 10^{-7}$ Erg zu erhalten.

Beim RaB ist ein mehrere Linien umfassendes γ -Strahlenspektrum vorhanden. Die kurzwelligste, sicher festgestellte Linie besitzt eine Energie $E_\gamma = 5,59 \cdot 10^{-7}$ Erg oder 351 000 Volt. Aus dem (sekundären) β -Strahlenspektrum des RaB läßt sich vermuten, daß eine noch kurzwelligere Linie existiert. Da diese aber nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist und ihre Energie jedenfalls nicht sehr viel größer sein kann, soll hier als maximaler Quantensprung 351 000 Volt angenommen werden. Beim Radium C ist als kurzwelligste Linie in der letzten Zeit von C. D. ELLIS in Cambridge eine Linie von nur $5 \cdot 10^{-11}$ cm Wellenlänge und daher einer Energie von $3,53 \cdot 10^{-6}$ Erg, entsprechend 216 000 Volt, nachgewiesen worden. Auch hier sind vermutlich noch etwas energiereichere γ -Strahlen vorhanden, wie das sekundäre β -Strahlenspektrum zeigt, aber ihre Energie ist nicht beträchtlich höher als die hier angenommene. Die angegebenen Zahlen besagen, daß bei der stufenweisen Umwandlung eines Atoms Radium in ein Atom RaD neben der kinetischen Energie der α - und β -Strahlen noch die angegebene Energie in Form von γ -Strahlung frei wird. Dabei ist in der aus dem größtmöglichen Quantensprung berechneten γ -Strahlenenergie die gesamte Energie der sekundär erregten β -Strahlenspektren natürlich mitenthalten. Wie die obigen Zahlen erweisen, ergibt sich die von Ra bis RaC emittierte gesamte γ -Strahlenenergie zu $4,387 \cdot 10^{-6}$ Erg oder 2 754 000 Volt, wobei dieser Wert nach dem oben Gesagten vielleicht etwas zu klein, sicher aber nicht zu hoch sein kann. Die gesamte α -Strahlenenergie, die bei dieser Umwandlung frei wird, beträgt, wenn man die von RUTHERFORD und ROBINSON gemessenen Geschwindigkeiten der α -Strahlen zugrunde legt, $3,78 \cdot 10^{-5}$ Erg oder 23 720 000 Volt. Das zeigt, daß die Energie der γ -Strahlen (mit Einbeziehung des in sekundäre β -Strahlen umgewandelten Anteils) 11,6% der durch α -Strahlenemission frei werdenden ausmacht. Dabei ist in dieser Berechnung nicht die Energie berücksichtigt, die von den primären (Kern-) β -Strahlen von RaB und RaC mitgeführt wird. Trotzdem ist dieser Prozentsatz schon nicht unerheblich höher als der bisher aus Absorptionsmessungen für die gesamte β - und γ -Strahlenenergie abgeleitete. So geben MEYER und SCHWEIDLER an, daß die β - und γ -Strahlenenergie mit rund 9% der α -Strahlenenergie anzusetzen sei.

Über die Energie der primären β -Strahlen von RaB und RaC besitzen wir keine zuverlässigen experimentellen Daten. Man kann aber versuchen, diese Werte abzuschätzen. Wir wissen, daß RaE keine γ -Strahlen emittiert, die beobachteten β -Strahlen entsprechen daher den primären, aus dem Kern stammenden. Auch hier ist es wieder berechtigt, für die beim Kernzerfall primär frei werdende Energie die beobachtete Maximalgeschwindigkeit der β -Strahlen einzusetzen. Diese beträgt ca. 90% Lichtgeschwindigkeit. Nun ist die primäre Ge-

schwindigkeit anscheinend um so größer, je kleiner die Lebensdauer des betreffenden Atoms ist.

In der Umwandlungsreihe



betragen die Halbwertszeiten der aufeinanderfolgenden β -Strahler 26 Minuten, 19 Minuten, 25 Jahre, 5 Tage.

Das RaE mit der Halbwertszeit von 5 Tagen sendet β -Strahlen von 90% Lichtgeschwindigkeit aus, RaD mit seiner langen Halbwertszeit von 25 Jahren besitzt, wie man aus Ionisationsmessungen weiß, sicher keine β -Strahlung über 50% Lichtgeschwindigkeit. Es erscheint daher berechtigt, wenn man die Maximalgeschwindigkeit der primären β -Strahlen für die beiden kurzlebigen Produkte RaB und RaC höher als die von RaE, etwa mit durchschnittlich 94–95% Lichtgeschwindigkeit, ansetzt.

Nimmt man 94% c an, so ergibt sich die Energie zu $2 \times 1,475 \cdot 10^{-6}$ Erg = $2,95 \cdot 10^{-6}$ Erg oder 1 855 000 Volt. Setzt man die Geschwindigkeit zu 95% an, so ist die zugehörige Energie $2 \times 1,795 \cdot 10^{-6}$ Erg = $3,59 \cdot 10^{-6}$ Erg oder 2 250 000 Volt. Natürlich sind diese Zahlen hypothetisch, aber vermutlich doch von der richtigen Größenordnung. Sie bedeuten eine weitere Energieabgabe von 7,8 bzw. 9,5% der α -Strahlenenergie, so daß die gesamte β - und γ -Strahlenenergie rund 20–21% der α -Strahlenenergie betragen müßte, also beträchtlich mehr als die bisher allgemein angenommene. Die ganze bei der Umwandlung eines Atoms Radium bis zum RaD-Atom frei werdende Energie ergibt sich danach zu $4,514$ bzw. $4,578 \cdot 10^{-6}$ Erg, je nachdem die Durchschnittsgeschwindigkeit der primären β -Strahlen von RaB + C zu 94 oder 95% Lichtgeschwindigkeit eingeführt wird.

Nun hat man experimentell die Wärmemenge bestimmt, die 1 g Radium im Gleichgewicht mit seinen Zerfallsprodukten bis inklusive RaC entwickelt, und dafür den Wert von 135–137 cal/Std. oder $1,578$ – $1,6 \cdot 10^{-5}$ Erg/Sek. gefunden.

Der aus der direkt gemessenen α -Strahlenenergie und der extrapolierten β + γ -Strahlenenergie berechnete Wert ergab dagegen nur eine Wärmeentwicklung von rund 126 cal/Std., wenn man für die in diese Berechnung eingehende Anzahl der von 1 g Radium pro Sekunde zerfallenden Radiumatome den Wert von $3,5 \cdot 10^{10}$ einsetzt, ein Wert, der wahrscheinlich auf etwa 1% richtig ist.

Die β + γ -Strahlenenergie ist hierbei, wie schon erwähnt, zu rund 9% der α -Strahlenenergie angenommen, und es ist noch eine Korrektur von etwa 1,8% für die Rückstoßwirkung, die das durch α -Strahlenemission entstehende Atom erleidet, eingeführt.

Da der theoretisch berechnete Wert so viel niedriger liegt als der experimentell gefundene, so hat man verschiedentlich auf die Möglichkeit hingewiesen, daß beim radioaktiven Zerfall noch Energie in einer vorläufig nicht angebbaren Form frei wird.

Wie aber die oben durchgeführte Berechnung

der aus den Einzelatomprozessen entnommenen Energiebeträge zeigt, ist eine solche Annahme einer besonderen Änderung der Innenenergie des radioaktiven Kerns beim Zerfall nicht nötig.

Die beim Zerfall von einem Atom Ra bis RaC im ganzen frei werdende Energie hatte sich zu $4,514$ bzw. $4,578 \cdot 10^{-5}$ Erg ergeben. Multipliziert man diese Werte mit $3,5 \cdot 10^{10}$, so erhält man die von 1 g Ra pro Sekunde entwickelte Energiemenge. Sie ergibt sich zu $1,58$ – $1,60 \cdot 10^6$ Erg/Sek. oder 136 bis 137,6 cal/Std. Dieser Wert steht in guter Übereinstimmung mit dem experimentell gefundenen. Er ist vielleicht etwas zu hoch, weil er die Korrektur auf die Rückstoßenergie von rund 2% noch nicht enthält.

Es ist aber auch möglich, daß der experimentelle Wert etwas zu niedrig liegt. Bei seiner Herleitung konnte nämlich nur ein Teil der γ -Strahlung im Kalorimeter durch Absorption in Wärme umgewandelt werden. Um auf die volle von der γ -Strahlung herrührende Energie zu korrigieren, müßte festgestellt werden, welcher Bruchteil der γ -Strahlung absorbiert worden war und wie hoch der Anteil der γ -Strahlung an der Gesamtwirkung ist. Dabei handelt es sich hier nicht mehr um alle vom Kern ausgehenden γ -Strahlen, sondern nur um diejenigen, die ohne Absorption in den Elektronenniveaus wirklich in Form von γ -Strahlen aus den radioaktiven Atomen austreten. Und diese abzuschätzen, ist außerordentlich schwierig, weil bei der großen Menge verschiedener γ -Strahlen aus Absorptionsmessungen nach der Ionisationsmethode nicht auf die wirkliche Energie der γ -Strahlen geschlossen werden kann.

Jedenfalls ist die Übereinstimmung zwischen dem experimentell gefundenen und dem hier berechneten Wert eine so weitgehende, daß man daraus schließen darf, daß die Geschwindigkeit der primären β -Strahlen von RaB und RaC mit durchschnittlich 94–95% Lichtgeschwindigkeit richtig angesetzt ist. Sicher liegt die Geschwindigkeit der β -Strahlen von RaB unter, der von RaC über diesem Wert, aber der Durchschnittswert der Energie ist vermutlich sehr nahe dem hier angenommenen. Die Berechtigung dieser Schlußweise wird noch gestützt, wenn man die vom Radium allein entwickelte Energiemenge betrachtet. Beim Radium liegen die Verhältnisse einfacher, weil keine primäre β -Strahlung und nur eine einzige monochromatische γ -Strahlung vorhanden ist, man hier also nur mit den ganz sicheren Werten der α -, γ - und Rückstoßenergie zu rechnen hat. Die Energie des α -Strahls berechnet sich aus der Geschwindigkeit zu $7,61 \cdot 10^{-6}$ Erg, die des γ -Strahls, wie schon angegeben, zu $2,98 \cdot 10^{-7}$ Erg und die Rückstoßenergie des entstehenden Emanationsatoms zu $1,37 \cdot 10^{-7}$ Erg, also wird im ganzen bei der Umwandlung eines Atoms Radium in Radiumemanation die Energie $8,05 \cdot 10^{-6}$ Erg frei. Daher entwickelt 1 g Radium pro Sekunde eine Energie von $28,3 \cdot 10^4$ Erg/Sek. oder 24,3 cal/Std. Der von HESS und von RUTHERFORD und ROBINSON experimentell be-

stimmte Wert beträgt 25,1 cal/Std, unterscheidet sich also von dem berechneten um rund 3,4%. Da dieser Wert durch Differenzbildung aus der Wärmeentwicklung des Radiums im Gleichgewicht mit seinem kurzlebigen Niederschlag und der der Emanation im Gleichgewicht erhalten wurde und jede dieser Einzelbestimmungen nach RUTHERFORD und ROBINSON nur auf etwa 1% genau ist, so daß der Differenz ein möglicher Fehler von 2% anhaftet, da ferner die Zahl $3,5 \cdot 10^{10}$ nach GEIGER einen möglichen Fehler von etwa 1% enthält, so sieht man, daß die Übereinstimmung zwischen dem experimentell gefundenen und dem aus der Strahlung berechneten so gut ist, als überhaupt zu erwarten ist. Damit wird der Versuch gerechtfertigt, umgekehrt aus der experimentell bestimmten Wärmeentwicklung die Energie der primären β -Strahlen von RaB + C zu erschließen.

Es bleibt noch übrig, ein Wort darüber zu sagen, wieso bei dem aus Absorptionsmessungen berechneten Anteil der β - und γ -Strahlen an der Energieentwicklung ein so viel kleinerer Wert erhalten wurde. Es liegt das daran, daß die ursprüngliche, aus dem Kern stammende Energie eines β - bzw. γ -Strahls durch verschiedene Prozesse in zahlreiche kleinere Energiebeträge aufgeteilt wird. Denn erstens wird schon in manchen Kernen statt des maximal möglichen Quantensprungs eine Unter-

teilung in mehrere kleinere Quantensprünge stattfinden, die zur Emission weniger durchdringender Strahlen führt. Außerdem wird, wenn ein solcher Strahl etwa im K-Niveau ein Elektron auslöst, ein Teil der Energie als Ablösungsarbeit aufgebraucht, die dann in Form der K-Strahlung emittiert und nochmals durch Absorption in kleinere Energiebeträge bis zu ganz langsamen Elektronen oder sehr wenig durchdringenden Röntgenstrahlen herab verteilt werden kann.

Wenn man daher, wie es stets geschehen ist, die Energie der β - und γ -Strahlen aus der außerhalb des radioaktiven Atoms vorhandenen durchdringenden Strahlung berechnet, so wird eben der Teil, der in weniger durchdringende bzw. langsame Strahlung verwandelt ist, nicht erfaßt und bedingt so die Abweichung des berechneten von dem experimentell bestimmten Wert, da bei der experimentellen Bestimmung natürlich die wenig durchdringenden γ - und langsamen β -Strahlen mit den α - und β -Strahlen mitgemessen werden.

So findet dieser scheinbare Widerspruch eine Erklärung, und wir gewinnen zugleich die Möglichkeit einer Abschätzung der Energie der primären β -Strahlen von RaB + C. Da wir heute aus den β -Strahlenmessungen keinerlei Anhaltspunkte für die Geschwindigkeit der primären β -Strahlen von RaB + C erhalten können, scheint diese Bestimmungsmöglichkeit von einiger Wichtigkeit.

Über die Fähigkeit der Cellulose, im festen und gelösten Zustand unabhängig vom Dispersitätsgrad molekular durchzureagieren.

VON KURT HESS, Berlin-Dahlem.

Eine grundlegende Eigenschaft, die die „Polysaccharide höherer Ordnung“, ganz besonders aber die Gerüstcellulose von den Zuckern abhebt, ist ihr Unvermögen, sich molekulardispers zu lösen. Diese Eigenschaft gilt ebenso für die nächststehenden Substitutionsprodukte der Polysaccharide, ihre Ester und Äther. Während Acyl- und Alkylzucker sich leicht und vollkommen in organischen Solventien lösen, neigen die Polysaccharidabkömmlinge entweder nur zur Quellung (z. B. gewisse Celluloseacetate) oder nur zu einer mehr oder weniger weitgehenden kolloidalen Auflösung.

Der gegensätzlichen Löslichkeit von Polysacchariden und Zuckern steht eine Verschiedenheit anderer physikalischer Eigenschaften zur Seite, wenn diese auch, wie etwa Härte und Sprödigkeit, für Stärke, Cellulose usw. noch etwas problematischer Natur sind.

Die weitgehende physikalische Verschiedenheit von Stoffen, die offenbar derselben chemischen Körperklasse angehören, hat heute noch nicht das einmütige Verständnis der organischen Chemiker gefunden. Die Vorstellung, daß ein wasserunlöslicher Glucoseabkömmling wie die Cellulose seine der Glucose so entgegengesetzten Eigenschaften einem hohen Molekulargewicht, d. h. einer vielfachen glucosidischen Verknüpfung von Glucose-

resten verdankt, ist dem „chemischen Gefühl“ des Zuckerexperten sympathischer als etwa die nicht gewohnte Vorstellung einer bisher ungeahnten Gruppenverschiebung im Verbands eines einzigen Glucosemoleküles (oder sehr weniger), die die physikalischen Eigenschaften dieses Zuckers von Grund aus verändert. Und dennoch sprechen die Forschungen über den Celluloseaufbau der letzten Jahre mehr und mehr zugunsten der kühneren Vorstellung. Glucosidische Verknüpfung mehrerer einfacher Zucker hat die Natur oft geübt; aber die physikalischen Eigenschaften der Kondensate entfernen sich nicht weit von denen des einfachen Zuckers. Die Pflanze mußte offenbar einen anderen Weg einschlagen, um physikalisch verwertbare Substanzen zum Aufbau ihrer Gerüste zu gewinnen.

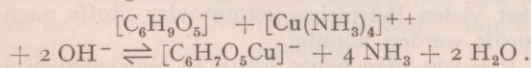
Als ein wesentliches Ziel der Celluloseforschung ist daher die Ermittlung der Größe ihres chemischen Moleküls zu betrachten, eine Aufgabe, die angesichts der Unlöslichkeit und des praktisch fehlenden Dampfdruckes dieses Körpers nach den klassischen Methoden unmöglich ist. Der Standpunkt ist aus diesem Grunde verständlich, ein Molekulargewicht der Cellulose im Sinne der klassischen physikalisch-chemischen Auffassung überhaupt zu verneinen. Dem pflichten wir aber in dieser Form nicht bei, sondern bevorzugen es,

den Begriff des Molekulargewichtes für ein nicht echt lösliches Polysaccharid besonders zu umschreiben.

Die strenge chemische Auffassung eines z. B. aus Glucose aufgebauten Polysaccharides fordert seine strukturchemische Begrenzung. Diese Begrenzung ist auch dann im engeren chemischen Sinn als vollkommen zu betrachten, wenn diese Einheit nicht in Dampfform oder in Lösung beständig ist. Wir haben diese fiktive Struktureinheit der Polysaccharide den strukturchemischen Grundkörper oder Elementarkörper der Polysaccharide genannt (1).

Wie man sich der Lösung der Aufgabe nähern kann, den Grundkörper der Cellulose trotz ihrer scheinbaren Unlöslichkeit zu ermitteln, möchte ich im folgenden kurz darlegen.

E. SCHWEIZER (2) hatte gefunden, daß Cellulose bei der Berührung mit Kupferhydroxyd und Ammoniak in Lösung geht. LEVALLOIS (3) hat später auf das hohe, optische Drehvermögen dieser Lösungen hingewiesen, aber erst in den letzten Jahren ist diese Erscheinung für die Charakterisierung der Cellulose verwertet worden (4). HESS und MESSMER (5) haben das optische Drehvermögen der in der Schweizer-Lösung vorliegenden Cellulosekupferverbindung gegenüber einem nur sehr geringen Drehvermögen der Cellulose selber benutzt, um ein Verfahren auszuarbeiten, das die Reaktionsweise der in Lösung befindlichen Cellulose mit dem Kupfer zu ermitteln gestattet. Hierbei hat sich ergeben, daß sich Anteile von Cellulose, die durch einfache Alkaliwirkung des Schweizer Reagens in Lösung gehalten werden (salzartige Bindung), mit Anteilen einer optisch hochdrehenden Cellulose-Kupferkomplexverbindung höherer Ordnung in einem Gleichgewicht befinden. Deuten wir die Cellulose vorläufig willkürlich durch die Formel $C_6H_{10}O_5$, so findet dieses Gleichgewicht folgenden einfachsten Ausdruck, wenn wir nur die reagierenden Ionen berücksichtigen:



Die Auswertung nach dem Massenwirkungsgesetz (neuerdings auch in Form des Ostwaldschen Verdünnungssatzes) hat dann mit auffallender Deutlichkeit zu erkennen gegeben, daß die Umsetzung der Cellulose mit dem Kupfer so erfolgt, als ob ein Molekül $C_6H_{10}O_5$ in Reaktion tritt. Die Auswertung nach dem Massenwirkungsgesetz schließt nämlich die grundsätzliche wichtige Forderung ein, daß das aufgefunden

Reaktionsverhältnis $\frac{1 C_6H_{10}O_5}{1 Cu}$ nicht nur ein Äquivalenzverhältnis bedeutet, sondern auch das molare Verhältnis wiedergibt. Danach müssen die reagierenden Gruppen $C_6H_{10}O_5$ als selbständig, kinetisch gegeneinander beweglich aufgefaßt werden. Da bei der Auflösung von Cellulose in Schweizer-Lösung eine *strukturchemische* Veränderung der

Cellulose kaum in Frage kommt (6), so folgern wir — wenn auch mit einem gewissen Vorbehalt —, daß nach diesen Untersuchungen auch die Baumwollcellulose den Elementarkörper $C_6H_{10}O_5$ hat.

Dieser der Empfindung mancher an wasserlösliche Glucosane gewohnter Zuckerchemiker zuwiderlaufende Befund erfährt nun eine weitere Vertiefung durch folgende Beobachtungen.

Trotz des scheinbar kleinen Molekulargewichtes und damit in grundsätzlicher Verschiedenheit mit den bekannten unserem Elementarkörper isomeren Glucosanen sind die Kupferlösungen der Cellulose *nicht* echte Lösungen, sondern sie zeigen alle Eigenschaften kolloider Lösungen. Weiter hat sich gezeigt, daß Cellulosepräparate verschiedener Löslichkeit (z. B. alkalilösliche Cellulose A) nicht nur bei gleichen Lösungskonzentrationen einen annähernd gleichen Drehwert in Schweizer Lösung anzeigen, sondern sich auch der gleichen Massenwirkungsbeziehung fügen. Hieraus ergibt sich die für die Auffassung des Celluloseaufbaus wichtige Folgerung, daß die aufgefundenen Massenwirkungsbeziehung unabhängig von der Löslichkeit bzw. dem Dispersitätsgrad der Cellulose gilt. Dem Cellulosechemiker der alten Schule widerlegt dies die verbreitete Ansicht, daß leichter lösliche Cellulosepräparate diese Eigenschaft nur durch eine grundsätzlich strukturchemische Veränderung erwerben könnten, etwa durch Depolymerisation.

In Übereinstimmung mit der Unabhängigkeit der beobachteten Massenwirkungsbeziehung vom Dispersitätsgrad stellen wir dann fest, daß der unterschiedliche Dispersitätsgrad von Cellulosepräparaten *nach* der Reaktion mit Kupfer im Regenerat, z. B. bezüglich der Löslichkeit gegen Alkali weitgehend erhalten bleiben kann.

Gleichzeitig mit der Beobachtung im Verhalten der Cellulose gegen Schweizer-Lösung hatte sich auch für die Acetylierung von Cellulosepräparaten ergeben, daß diese unabhängig von dem Lösungszustand dieser erfolgt und umgekehrt auch ihre Verseifung, indem die schwerlöslichen Celluloseacetate alkalischwerlösliche, bzw. unlösliche Cellulose zurückliefern und die leichter löslichen die alkalilösliche Cellulose A. Dasselbe haben wir schließlich für die Alkylierung der Cellulose bisher wenigstens wahrscheinlich machen können, indem die verschiedenen löslichen Cellulosen verschieden lösliche Trimethylcellulosen ergeben, die nach dem hydrolytischen Abbau in ähnlich hoher Ausbeute die gleiche Trimethylglucose liefern.

Wir erkennen hiernach offenbar ein chemisches Durchreagieren der Cellulose in den drei verschiedenartigen Fällen: 1. der Kupferkomplexsalzbildung, 2. der Acetylierung (und Verseifung der Acetylcellulose), 3. der Methylierung, das unabhängig vom Lösungszustand der Cellulose erfolgt. Im Falle der Kupferkomplexsalzbildung gewinnt indessen diese offenbar ganz allgemein geltende Fähigkeit der Cellulose für eine Bestimmung ihres molekularen Aufbaus Bedeutung, weil hier die Umsetzung reaktionsstatisch zu verfolgen ist.

Es fragt sich nun, wie die aufgefundenene scheinbar gültige einfache Massenwirkungsbeziehung, die sich unabhängig vom Lösungszustand vollzieht, also gewissermaßen an Molekeln sich abspielt, die untereinander noch in irgendeinem Verbandsich befinden, physikochemisch zu verstehen ist. Mit Recht hat noch kürzlich der Referent unserer Arbeiten in dieser Zeitschrift Herr FR. AUERBACH auf die bestehende Schwierigkeit hingewiesen (7). Diese Schwierigkeit erfährt eine gewisse Klärung durch eine Betrachtungsweise, die, angeregt durch die in Frage stehenden Versuche, Herr A. SZEGVARI (8) im Laboratorium von H. FREUNDLICH geäußert hat.

Hierfür sei an folgendes angeknüpft. Es ist eine für den Zuckerexperten bekannte Tatsache, daß zum möglichst vollständigen Umsatz von z. B. Glucose im heterogenen System z. B. bei der Veresterung diese zweckmäßig möglichst fein gepulvert (gebeutel) anzuwenden ist. Demgegenüber weiß man seit langem, daß eine vollständige Nitrierung der Baumwollfaser erfolgt, ohne daß diese zerkleinert oder etwa für die Reaktion in Lösung gebracht werden müßte. Im Jahre 1913 ist dann durch die wichtige Untersuchung AMBRONNS (9) der Nachweis erbracht worden, daß diese Nitrierung sogar unabhängig von der Feinstruktur der Faser erfolgt, daß ein „Cellulosemicell“ sich in ein „Nitrocellulosemicell“ verwandelt, ohne daß die intimere Struktur der Faser dabei verändert wird. 1923 hat A. MÖHRING (10) in einer schönen Arbeit nachgewiesen, daß dasselbe auch für den Acetylierungsvorgang der Cellulose gilt, indem auch hier die Veresterung der Faser im festen Zustand sowie die Verseifung der acetylierten Faser ohne Veränderung des kristallinen Gefüges der Faser erfolgt. R. O. HERZOG und LONDBERG (11) haben dann jüngst mit der eleganten Röntgenmethode den Nitrierungsvorgang an der Faser verfolgt und kommen dabei zu der gleichen Schlußfolgerung wie AMBRONN.

Im Hinblick auf diese Versuche von AMBRONN, MÖHRING und HERZOG, bedeuten unsere Versuche über das Verhalten der Cellulose im gelösten Zustande eine weitergehende Ergänzung, indem das Durchreagieren der Cellulose in fester Faserform, ohne an den Gitterkräften einen erkennbaren Anstoß zu nehmen, sich auch für die löslichen Kolloidteilchen wiederfindet. Das Durchreagieren nach derselben Massenwirkungsbeziehung erfolgt hier unabhängig von der Größe und Form der Kolloidteilchen, m. a. W. unabhängig vom Dispersitätsgrad bzw. der Löslichkeit der Präparate (12).

FREUNDLICH vergleicht in seiner soeben erschienenen Schrift (13) die Cellulose mit den Zeolithen bzw. den künstlichen Permutiten, die bekanntlich trotz ihrer Unlöslichkeit schnell und quantitativ mit den Kationen des sie umgebenden Wassers reagieren, ohne daß diese Stoffe dabei ihre Form und Löslichkeit ändern. FREUNDLICH schlägt vor, dieserart durchreagierende Körper „Permutoide“ zu nennen. Da für die Cellulose im

festen wie auch im kolloidgelösten Zustand dieses Verhalten nachgewiesen ist, so gehört sie in der Tat zu den permutoiden Stoffen.

FREUNDLICH stellt sich den Bau der Permutoide „gelartig aus kleinsten Teilchen aufgebaut vor, die so angeordnet sind, daß die einzelnen Moleküle durchaus zugänglich bleiben. Die einzelnen Teilchen bestehen vielleicht aus Flächen oder Fäden von aneinandergereihten Molekülen, die also in einer oder in zwei Dimensionen nur 1 Molekül dick sind“.

Die Freundlichsche Auffassung über den Bau der Permutide vermittelt nun nach Ansicht von A. SZEGVARI auch ein wenigstens vorläufig verständliches Bild darüber, daß beim Reaktionsablauf im Verbandsich eines Kolloidteilchens die Moleküle als solche durch das Massenwirkungsgesetz in Erscheinung treten können. Es ist auch für die Schweizer-Lösung vorstellbar, daß die nachweisbaren $C_6H_{10}O_5$ -Moleküle der Cellulose in der kolloiden Verteilung der Schweizer-Lösung in Fäden oder Flächen aufgereiht sind, die je nach dem Dispersitätsgrade der Lösung größer oder kleiner sind. Wesentlich für die Strukturchemie scheint mir die Frage, ob trotz der Aggregation im Sinne von FREUNDLICH und SZEGVARI die aus dem Massenwirkungsgesetz von uns gezogene Schlußfolgerung richtig ist, daß die $C_6H_{10}O_5$ -Gruppen kinetisch gegeneinander beweglich sind. Wäre dies nicht der Fall, so sollte man annehmen, daß eine Massenbeziehung von den Kräften abhängig ist, die zwischen den Gruppen $C_6H_{10}O_5$ bestehen, d. h. für Schweizer-Lösung mit verschiedenen großen Aggregationen müßten wechselnde Beziehungen erkennbar werden. Da dies nicht der Fall ist, müssen wir trotz der Kräfte, die für den Zusammenhang im Kolloidteilchen maßgebend sind, eine kinetische Beweglichkeit der Gruppen $C_6H_{10}O_5$ annehmen, d. h. die $C_6H_{10}O_5$ -Gruppen als Moleküle auffassen.

Es wäre wünschenswert, wenn diese für die organische Chemie wichtige Folgerung an möglichst vielen Beispielen permutoider Stoffe nachgeprüft werden könnte.

Versucht man heute schon zu beurteilen, welchen Wesens, die Kräfte sind, die über den Elementarkörper der Cellulose hinaus wirkend, den unlöslichen Zustand dieser Substanz bedingen, so scheint mir heute eine der früher geäußerten Vorstellung gegenüber präzisere möglich zu werden, wenn ein Vergleich mit den Gitterkräften in den Permutiten näherliegt als die Vorstellung von „Nebervalenzkräften“, wie sie etwa im Verbandsich an sich leichtlöslicher organischer Stoffe vielfach nachweislich sind. Nebervalenzbindungen dieser Art sollten sich dem Massenwirkungsgesetz gegenüber grundsätzlich nicht von den älteren Strukturvalenzen unterscheiden.

Literaturverzeichnis:

1. HESS, Zeitschr. f. Elektrochem. 26, 246. 1920; Textilberichte 3. 1921.

2. SCHWEIZER, E., Journ. f. prakt. Chemie **72**, 109. 1857.
3. LEVALLOIS, A., Compt. rend. 1884, S. 44. Diss. Messmer, Karlsruhe 1923.
4. HESS, WELTZIEN und MESSMER, Liebigs Ann. d. Chemie **435**, 108. 1923; Zeitschr. f. angew. Chemie 1924, Vortrag Innsbruck.
5. MESSMER, E., Liebigs Ann. d. Chemie **435**, 7. 1923; vgl. auch Diss. Messmer, Karlsruhe 1923.
6. Liebigs Ann. d. Chemie **435**, 125. 1924; Zeitschr. f. angew. Chemie 1924, Vortrag Innsbruck.
7. Naturwissenschaften **12**, 557. 1924.
8. Privatmitteilung, vgl. hierzu auch V. KOHL-SCHÜTTER, Naturwissenschaften **11**, 872. 1923.
9. AMBRONN, H., Kolloidzeitschr. **13**, 206. 1913.
10. MÖHRING, A., Wissenschaft und Industrie, Maiheft; zit. in Faserstoffe und Spinnpflanzen **5**, 78. 1923.
11. HERZOG, R. O. und G. LONDBERG, Ber. d. dtsh. chem. Ges. **57**, 329. 1924.
12. HESS, Liebigs Ann. d. Chemie **435**, 123. 1923.
13. FREUNDLICH, H., Kolloidchemie und Biologie. Steinkopf, Leipzig 1924, S. 10ff.; vgl. auch H. AMBRONN, Kolloidzeitschr. **13**, 206. 1913, wo auch auf den Vergleich mit den Zeolithen hingewiesen ist.

Weitere Untersuchungen an Naturstoffen und biologischen Strukturen mittels Röntgenstrahlen.

VON R. O. HERZOG und H. W. GONELL, Berlin-Dahlem.

1. Die von DEBYE und SCHERRER¹⁾ angegebene Methode zur Untersuchung von Krystallen mit Röntgenstrahlen ist nach zwei Richtungen von großer Bedeutung: Einmal für den Nachweis der Gegenwart von kristallisierten Stoffen überhaupt und zweitens zur Feststellung der Krystallit-anordnung²⁾. Nach beiden Seiten hin ist von uns versucht worden, sie zur Untersuchung der organischen Welt zu verwenden: Zur Aufklärung der *chemischen Zusammensetzung* und der *histologischen Feinstruktur organisierter Gebilde*.

Dem Chemiker ist bereits die Feststellung wesentlich, ob die kristallisierte Materie einheitlich ist oder nicht. So ergab sich z. B., daß *Seidenfibroin*³⁾ nicht einen einheitlichen Körper, sondern ein je nach der Art des Seidenspinners verschiedenes Gemisch von Verbindungen darstellt, unter denen aber *eine* — und zwar bei allen Seiden dieselbe — die Hauptmenge bildet.

Unter Hinzuziehung der Krystallstrukturlehre und in Verknüpfung mit bereits vorliegenden chemischen Erkenntnissen lassen sich aus der Größe der durch die Röntgenanalyse festgestellten Elementarzelle Folgerungen auf das Molekulargewicht und den chemischen Aufbau ziehen, wie dies bisher bei Cellulose⁴⁾, Seidenfibroin⁵⁾ und — mit Vorbehalt — bei Chitin⁶⁾ geschehen ist.

¹⁾ Phys. Zeitschr. **17**, 277. 1916.

²⁾ R. O. HERZOG, W. JANCKE, M. POLANYI, Zeitschr. f. Phys. **3**, 343. 1920; POLANYI, Zeitschr. f. Phys. **7**, 149. 1921; WEISSENBERG, Zeitschr. f. Phys. **8**, 282. 1921; POLANYI und WEISSENBERG, Zeitschr. f. Phys. **9**, 123. 1922 u. **10**, 44. 1922; s. auch die Andeutung bei SCHERRER in ZSYGMONDIS Kolloidchemie 3. Aufl., S. 408. 1920.

³⁾ R. BRILL, Ann. d. Chem. **434**, 204. 1923.

⁴⁾ M. POLANYI, diese Zeitschr. 1921, S. 288; s. auch R. O. HERZOG und W. JANCKE, Zeitschr. f. angew. Chem. **34**, 168. 1921.

⁵⁾ R. BRILL, l. c. Auf Grund dieser Versuche ist vor E. ABDERHALDEN ausgesprochen worden, daß den Grundkörper des Seidenfibroins höchstwahrscheinlich Glycylalanin-anhydrid bildet; ebenso vor E. ABDERHALDEN (diese Zeitschr. 1924, S. 716), daß dieser Baustein mit Nebervalenzen an seinesgleichen gebunden (polymerisiert) ist. Ausführliche Diskussion in Zeitschr. f. physiolog. Chem.

⁶⁾ Diese Zeitschr. 1924, S. 955.

Beobachtungen im Sinne einer metamikroskopischen Histologie sind an „Faserstoffen“ (Cellulose, Seide, Muschelbyssus, Haargebilden), an Chitin, Muskel, Sehne und Nerv¹⁾ mitgeteilt worden.

Bevor ein Überblick über weitere systematische Versuche gegeben wird, deren Ziele in den ange-deuteten Richtungen liegen, sei noch auf folgendes hingewiesen. Es wurden wiederholt Beobachtungen gemacht, die sich nicht durch eine teilweise Ordnung der Krystalliten allein deuten lassen. Auch ungleichmäßige Deformation der Krystalle, wie sie vermutlich bei Reservekohlenhydraten *im Samen* mitunter anzunehmen ist, reicht zur Erklärung nicht aus. Sondern es treten Interferenzphänomene auf, deren Deutung — abgesehen von der Beziehung zur Korngröße — noch aussteht. Um hier Material zu liefern, das nicht durch chemische Komplikationen die Analyse hemmt, haben wir auch damit begonnen, anorganische biologische Strukturen in den Kreis unserer Beobachtungen einzubeziehen.

2. Die Feinstruktur der *Polysaccharide* in der Pflanze scheint — wir sprechen dies bei dem relativ geringen Umfang des Versuchsmaterials mit allem Vorbehalt aus — in teleologisch verständlicher Beziehung zu ihrer Verwendung im Organismus zu stehen.

Die mehr oder minder unlöslichen *Reservekohlenhydrate* in den Pflanzensamen sind *krystallin*: Stärke²⁾, das Mannan der Steinnuß, das Galaktomannan des Dattelkerns, Inulin (Dahlienknollen), Lichenin (Flechten), ebenso Xylan aus Stroh³⁾, Glykogen, das Energiereservematerial des Muskels und der Hefe, das *schnell mobilisierbar* sein muß und leicht kolloid gelöst wird, ist *amorph*.

¹⁾ R. O. HERZOG und W. JANCKE, Festschr. d. Kaiser Wilhelm-Ges., S. 118. Berlin 1921.

²⁾ R. O. HERZOG und W. JANCKE, Ber. d. dtsh. Chem. Ges. **53**, 2162. 1920; ebenso P. SCHERRER, l. c.

³⁾ Für die Überlassung von reinen Präparaten sind wir den Herren H. PRINGSHEIM (beide Mannane, Inulin und Lichenin) sowie HEUSER (Xylan, vgl. Journ. f. prakt. Chem. **103**, 69. 1921) zu bestem Danke verpflichtet.

Kohlenhydrate, die als *Quellstoffe* wirken, sind gleichfalls *amorph* (Mannan aus Salepschleim, Caruban aus Johannisbrot).

Inwiefern chemische Konstitution, Gegenwart von Fremdstoffen (Schutzkolloiden) oder endlich die Art sich geltend macht, in der die Krystallisation von der Anlieferung usw. der Substanz in der Zelle bedingt wird, bleibt vorerst ungeklärt¹⁾. Mehrfach konnte beobachtet werden, daß durch Reinigung (Umlösen usw.) die Teilchengröße gegen die der direkt vom Organismus produzierten Krystalle abnahm.

3. Im tierischen Organismus liefern in erster Linie die Stütz- und Gerüststoffe²⁾, also *Albuminoide*, ein geeignetes Untersuchungsmaterial.

¹⁾ Vgl. ferner F. HABER, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. 55, 1717. 1922.

²⁾ Eine umfassende Zusammenstellung der Beobachtungen im polarisierten Licht bei W. J. SCHMIDT, Die Bausteine des Tierkörpers. Bonn 1924.

In allen Fällen wurden die anorganischen Anteile nach Möglichkeit durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure entfernt.

Bei hohem Wassergehalt wurde entweder durch vorsichtiges Erwärmen getrocknet oder mit Alkohol zwecks Verdrängung behandelt. In einigen Fällen wurde vorsichtig mit Diaphanol (Chlordioxyd in essigsaurer Lösung) maceriert.

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die Versuchsergebnisse.

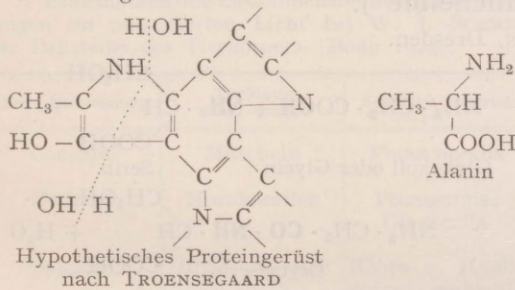
Das organische Gerüstmaterial der Muscheln und Hornkorallen, in welche das anorganische ein- oder angelagert ist, ebenso das Rohr der Röhrenwürmer ist *amorph*.

Das von anorganischen Stützmassen freie Sponggin ist bereits aus wenn auch sehr kleinen *geordneten Krystallelementen* aufgebaut. Auch das organische Gerüst von Nautilus ist fein krystallin mit geringer Korngröße; da mehrere Schichten überlagert sind, wird Faserstruktur nicht beobachtet.

Chem. Bezeichnung	Tierklasse bzw. -familie	Spezielles Material	Vorbehandlung	Röntgenbild
Conchin	Muscheln	Pinna nobilis	mit verd. HCl	breiter Ring um den Durchstoßpunkt in großem kreisförmigen Nebel
Cornein	Hornkorallen	Pterogorgia, Ctenocella	mit verd. HCl, Diaphanol, sowie ohne Behandlg.	nicht differenzierter Nebel um den Durchstoßpunkt
Onuphin	Röhrenwürmer	Röhre v. Hyalinoecia aubicula	mit verd. HCl	breiter Ring
Sponggin	Hornschwämme	Stelospongos aqualida	mit verd. HCl	breiter Ring und ein schmaler Ring mit Richtungseffekt
?	Kopffüßer	Nautilus umbellicatus	mit verd. HCl	ein nicht sehr breiter und ein schmaler Ring
Chondroalb.	Knorpelfische (Haie)	Chorda dorsalis v. Spinax niger	in Alkohol maceriert	6-7 konzentrische Ringe
„	Wirbeltiere	Rippenfortsatz (Knorpel) vom Kalb	getrocknet	dem vorstehenden sehr ähnlich, aber viel unschärfer, die inneren Ringe z. T. verschmolzen
Linsenalb.	„	Augenlinse des Schweins	mit Alkohol entwässert, getrocknet	breiter, aber nicht sehr unscharfer Ring (wahrscheinlich durch Verschmelzung mehrerer entstanden), um ihn schwächerer Ring, nicht unähnlich dem Knorpel
Ichthylepidin	Knochenfische	Isolierte Fasern der Schuppe von Megalops trissoides (Clupeidenart)	mit verd. HCl maceriert	im Streifen degeneriertes Punktdiagramm, sehr scharf und den Keratinen gleich
Keratin	Säugetiere	Stachel von Hystrix cristata (Stachelschwein)	nicht	2 Str. auf dem Äquator nahe dem Durchstoßpunkt
„	Vögel	Kopffeder von Balearica pavonina (Kronenkranich)	„	rechts und links vom Durchstoßpunkt streifenförmiger Punkt; 2 Streifenpaare zu einer Ellipse verschmolzen [wie beim Haar ¹⁾]
„	Säugetiere	Schnurrhaar vom Lobodon spec. (Robbe)	mit Diaphanol	wie vorstehend, aber besser differenziert (vgl. Haar)
„	„	Fischbein vom Megaptera longimana (Bartenwal)	nicht	ringförmiger Nebel und schwache Andeutung der Streifen rechts und links vom Durchstoßpunkt
„	„	Schnurrhaar vom Lobodon spec. (Robbe)	nicht	wie beim Haar, 2 scharfe Streifenpaare in der Mittellinie
Eihüllenalb.	Kriechtiere	Eischale des Leguans	(0,6% Asche)	amorpher Nebel, darin ein schmaler Ring scharf, ein zweiter sehr schwach (anorganisch?)

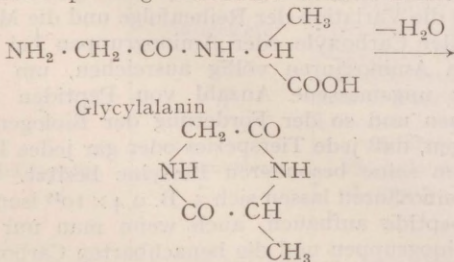
¹⁾ R. O. HERZOG und W. JANCKE, Festschr. d. Kaiser Wilhelm-Ges., S. 118. Berlin 1921.

Aber die Peptidbindung im Sinne FISCHERS dürfte nicht ausreichen, um alle physikalischen und chemischen Eigenschaften der Proteine zu erklären. Der Strukturchemiker wäre in Verlegenheit, wenn er z. B. die Denaturierung mancher Eiweißstoffe oder die Gelatinierung der Hautproteine allein aus den Eigenschaften der Säureamidbindung erklären sollte. TROENSEGAARD³⁾ hat einen interessanten Versuch unternommen, der Proteinchemie neue strukturelle Möglichkeiten zu erschließen. Nach seiner Hypothese bestehen die Eiweißkörper aus komplizierten und unbeständigen Ringsystemen, unter denen Pyrrol-, Pyridin- und Imidazolringe vorherrschen sollen. Z. B. sollen drei Oxypyrrolringe so zusammentreten, daß sich zwischen ihnen von selbst noch ein Benzolring ausbildet. TROENSEGAARD gibt eine derartige Proteinstruktur folgendermaßen wieder:



Die punktierte Linie veranschaulicht, wie durch hydrolytischen Eintritt zweier Wassermoleküle Alanin abgespalten wird (oder eine andere aliphatische Aminosäure, wenn man in der Formel CH_3 durch H oder ein passendes Alkyl ersetzt). Dagegen läßt sich die quantitative Aufspaltung der Proteine in Aminosäuren und vor allem die Bildung aromatischer Aminosäuren durch einfache Hydrolyse nicht ohne weiteres erklären. Und der Versuch, aus Proteinen größere Pyrrolmengen zu gewinnen, ist bisher nicht so glücklich, daß man sicher wäre, daß es sich wirklich um Pyrrole und nur um Pyrrole handelt, und daß die erhaltenen cyclischen Gebilde wirklich im Protein vorgebildet waren.

Eine ähnliche Unsicherheit herrscht gegenwärtig noch bezüglich einiger anderer Ringsysteme, deren Vorkommen in den Proteinen in neuerer Zeit angenommen worden ist. Es liegt nur allzu nahe, in den Eiweißstoffen nach Diketopiperazinen zu suchen, also nach jenen Ringgebilden, die wir uns aus den Dipeptiden durch Wasserabspaltung entstanden denken können:



Verschiedenen Forschern ist es wiederholt ge-
glückt, bei der Hydrolyse natürlicher Proteine
kleine Mengen davon aufzufinden. Nachdem aber
*Brigl*⁴⁾ vor einem Jahr gezeigt hat, wie außer-
ordentlich leicht diese Anhydride aus den Di-
peptiden entstehen, ist auch hier eine gewisse
Skepsis gegenüber den analytischen Befunden bei
Proteinhydrolysen am Platze. Auch die von
ABDERHALDEN und KOMM⁵⁾ im Anschluß an
T. SASAKI⁶⁾ für den Nachweis von Diketopiper-
azinen verwendete Reaktion mit Pikrinsäure und
Sodalösung ist keineswegs für Diketopiperazine
spezifisch; denn nach unveröffentlichten Ver-
suchen von F. WEINMANN und mir zeigen ver-
schiedene Derivate der γ -Amino- β -oxybutter-
säure⁷⁾, die keinen Piperaziningring enthalten,
dieselbe Reaktion. In besonders ausgezeichneter
Weise tritt die Farbreaktion ferner bei dem weiter
unten besprochenen „Anhydroglycylserinanhydrid“
ein, das bestimmt kein gewöhnliches Diketopiper-
azin mit zwei Carbonylgruppen ist.

Ein großer methodischer Fortschritt liegt in
dem Versuch von R. O. HERZOG und R. BRILL⁸⁾,
die Struktur eines Proteins, des Fibroins der Seide,
auf röntgenspektroskopischem Weg, also ohne Ein-
griff in das chemische Gefüge, zu ermitteln. Ich
werde weiter unten auf die Ansichten dieser For-
scher zurückkommen, welche auch die Möglichkeit
diskutieren, daß im kristallisierten Teil des Seiden-
fibroins das Glycyl-d-alaninanhydrid bzw. ein Poly-
merisationsprodukt desselben vorliegt.

Die Schwierigkeit für die *chemische* Ermittlung
feinerer Bindungen innerhalb des Proteinmoleküls
liegt darin, daß der chemische Eingriff mit Vor-
liebe zuerst gerade die empfindlichen Struktur-
elemente zerstört, nach welchen wir suchen. Wie
sollen wir hoffen, nach stundenlangem Kochen
mit Säure unter Druck, auch wenn sie noch so
stark verdünnt ist, oder nach ähnlichen robusten
Operationen noch Bindungen aufzufinden, die
zum Beispiel beim Denaturieren oder Gelatinieren,
also beim bloßen Erhitzen mit Wasser, gelöst
werden. Vorerst ist dazu unsere Methodik noch
zu roh und zu wenig auf die spezielle Natur der
verschiedenen Bindungselemente eingestellt.

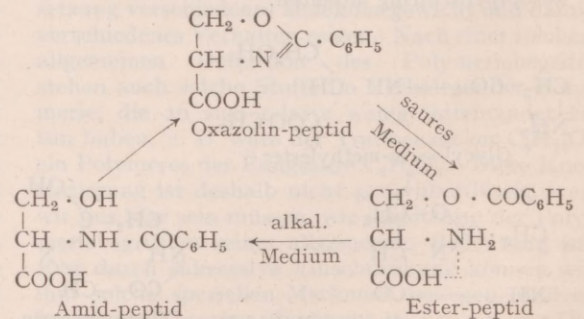
Ich habe darum versucht, die Aufgabe von
einer anderen Seite in Angriff zu nehmen durch
das Studium der einfacheren Proteinbausteine.
Wir wissen noch recht wenig über die Beziehungen,
welche die aktiven Gruppen der einfachen Amino-
säuren und einfachen Peptide aufeinander ausüben
können. Begreiflicherweise hat man bisher wegen
der fundamentalen Wichtigkeit der Amino- und
Carboxylgruppen im wesentlichen nur deren Wirk-
kung aufeinander, also die Amidbindung, experi-
mentell realisiert und durch Synthese einer mög-
lichst großen Anzahl von Amidpeptiden der ver-
schiedensten Aminosäuren ihre Eigenschaften stu-
diert. Man muß aber bedenken, daß die Zahl der
einfachen Aminosäuren (Glykokoll, Alanin, Valin,
Leucin, Isoleucin, Norleucin, Phenylalanin) ge-
ringer ist als jene der Aminodicarbonsäuren

(Asparaginsäure, Glutaminsäure), der Diamino-säuren (Arginin und Ornithin, Lysin, ferner Prolin, Histidin, Tryptophan) und der Oxyaminosäuren und schwefelhaltigen Aminosäuren (Serin, Oxyglutaminsäure, Oxyprolin, Oxytryptophan, Tyrosin, ferner Cystein und Cystin). Die Mehrzahl der Aminosäuren hat gegenüber dem einfachen Glykokolltypus einen Überschuß an Hydroxyl, Carboxyl oder Aminogruppen, und man hat sich zu fragen: Welche neuen Bindungsmöglichkeiten schafft das Vorhandensein dieser überzähligen Hydroxyle, Aminogruppen oder Carboxyle? Und ferner: Wie wirken diese Gruppen auf vorhandene Amidbindungen ein? Beim Studium biologischer Vorgänge finden wir immer wieder, daß die Natur im allgemeinen alle strukturellen Möglichkeiten ausnützt, welche ihr die Stoffe bieten, mit denen sie arbeitet. Wir dürfen also erwarten, in den Proteinen neben Amidbindungen auch Esterbindungen zu finden. Und wir dürfen ferner erwarten, daß Hydroxyl und Aminogruppen in einem lebhaften Wettbewerb miteinander um den Besitz der Carboxyle stehen. Ähnliches gilt, wo mehrere Aminogruppen oder Carboxyle vorhanden sind. Damit hört für uns das Peptid und das Protein auf, ein stabiles, festliegendes Gebilde zu sein. Wenigstens jene Eiweißstoffe, die im Zentrum lebhafter Stoffwechselvorgänge stehen, werden uns nun als Substrate verschiedener, in lebhafter Konkurrenz befindlicher Zustandsformen erscheinen, die sich je nach den physikalisch-chemischen Bedingungen in einen oder anderen Sinne umlagern können.

Ich war der Meinung, daß sich diese Verhältnisse am leichtesten bei den Oxyaminosäuren überprüfen lassen würden, und wählte nach verschiedenen Vorarbeiten in einer gemeinsam mit A. MIEKELEY angestellten Versuchsreihe die einfachste Oxyaminosäure, das Serin. Es sollte in Form seines Dipeptids mit Glykokoll zur Untersuchung kommen. In dem Glycylserin (Formel s. oben) ist die Peptidbindung, deren Umwandlungsmöglichkeiten uns interessierten, aus dem Carboxyl des Glykokolls und der Aminogruppe des Serins aufgebaut. Studiert sollte zunächst werden, wie das Hydroxyl und das Carboxyl des Serins die Peptidbindung beeinflussen oder an ihr teilnehmen. Überflüssig und die Klarheit des Bildes störend war dabei vorerst die Aminogruppe des Glykokolls. Für die ersten Versuche mußte diese Störung beseitigt werden und auf ein noch einfacheres Modell zurückgegriffen werden: das Benzoylserin, das im übrigen noch die Amidbindung, das Hydroxyl und Carboxyl im Serinrest aufweist.

Das N-Benzoylserin trägt den Benzoylrest, also die vereinfachte Peptidbindung, am Stickstoff. Wir haben es umwandeln können in ein zweites Benzoylserin (s. nebenstehende Formeln), das keine Säureamidgruppe mehr enthält, dafür aber eine Estergruppe. Es trägt sein Benzoyl am Sauerstoff. Man könnte bei ihm von einer *O-Peptidbindung* oder *Esterpeptidbindung* sprechen. In der Mitte zwischen beiden Peptidmodellen steht ein dritter

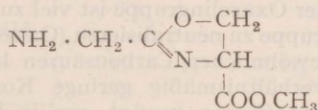
Stoff, bei welchem der maskierte Benzoylrest gleichzeitig mit dem Sauerstoff und dem Stickstoff in Verbindung steht. Durch Wasserabspaltung ist hier ein Ringsystem entstanden, das wir Chemiker mit dem Namen *Oxazolinring* bezeichnen. Wir haben also hier drei verschiedene Formen der Peptidbindung: die Amidpeptidbindung, die Esterpeptidbindung und die Oxazolinpeptidbindung. Wichtiger als die Auffindung von zwei neuen Peptidformen scheint mir die Tatsache, daß alle diese Stoffe in einem engen genetischen Zusammenhang stehen und mit großer Leichtigkeit ineinander übergehen. Denn die beiden neuen Peptidformen sind bei gewissen Wasserstoffionenkonzentrationen außerordentlich instabil. Das Oxazolin ist in alkalischer oder neutraler Lösung, z. B. als Alkalisalz, recht beständig. Sobald man es aber aus seinen Salzen in Freiheit setzt, beginnt das Carboxyl des freien Oxazolinpeptids zu wirken. Die Basizität der Oxazolingruppe ist viel zu gering, um die Säuregruppe zu neutralisieren (Oxazoline bilden mit den gewöhnlichen Carbonsäuren keine Salze) und die verhältnismäßig geringe Konzentration der Wasserstoffionen genügt, um in kurzer Zeit völlige Umlagerung in das Esterpeptid zu bewirken. Dieses Esterpeptid bleibt umgekehrt in saurer Lösung unverändert. Hier ist nämlich die verhältnismäßig stark basische Aminogruppe durch Salzbildung mit dem freien Carboxyl neutralisiert und unwirksam gemacht. Sobald das Carboxyl durch Salzbildung abgestumpft wird, entfaltet die frei gemachte Aminogruppe ihre basischen Eigenschaften, reißt das Benzoyl vom Sauerstoff weg an sich und erzeugt so in wenigen Minuten wieder das altbekannte Amidpeptid.



Damit ist eine Reihe von Umwandlungen bei proteinverwandten Stoffen bekannt geworden, die ganz an die Instabilität der echten Proteine erinnern. Nur ein Schritt erfolgt bei unseren Versuchen noch unter umständlicher und verhältnismäßig kräftiger chemischer Einwirkung: Die Überführung des Amidpeptids ins Oxazolin unter Wasserabspaltung: Wir müssen dafür unter vorübergehender Maskierung des Carboxyls kurze Zeit mit kaltem Thionylchlorid in Berührung lassen. Wir hoffen aber auch in diesem, für die Berechtigung unserer Anschauungen nicht entscheidenden Punkt noch eine bessere Annäherung an biologische Verhältnisse zu erreichen.

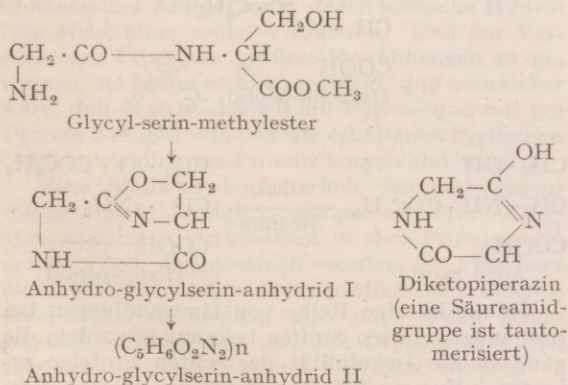
Wenn hier an unseren künstlich vereinfachten Peptidmodellen die Verhältnisse schon verhältnismäßig verwickelt sind, werden wir uns nicht wundern, daß sie um so komplizierter werden, je mehr wir uns echten Peptiden und Proteinen nähern. Nur durch diese schrittweise Annäherung werden wir aber auch alle die verschiedenen gegeneinander wirkenden strukturellen Kräfte kennenlernen, die uns am hochmolekularen Protein den Blick völlig trüben oder versperren.

Erwartungsgemäß folgt schon das Dipeptid Glycylserin nicht mehr dem oben geschilderten Schema des Benzoylserins. Als wir nämlich das Glycylserin in Form seines Methylesters unseren Umwandlungsverfahren (Auflösen in kaltem Thionylchlorid) unterwarfen, entstand zunächst ein chlorhaltiges Zwischenprodukt, das mit verdünntem Ammoniak aber nicht den einfachen Oxazolinpeptid-ester



lieferte, sondern sofort unter Abspaltung von Methylalkohol einen neutralen Stoff $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2\text{N}_2$, den wir vorerst Anhydroglycylserinanhydrid nennen möchten.

Man könnte versucht sein, den Vorgang durch die beiden ersten nachstehenden Formeln wiederzugeben, also anzunehmen, daß neben der Oxazolinbildung auch noch intramolekulare Amidierung eingetreten ist. Der so entstandene zweite Ring würde sich von einem tautomerisierten Diketopiperazinring ableiten.



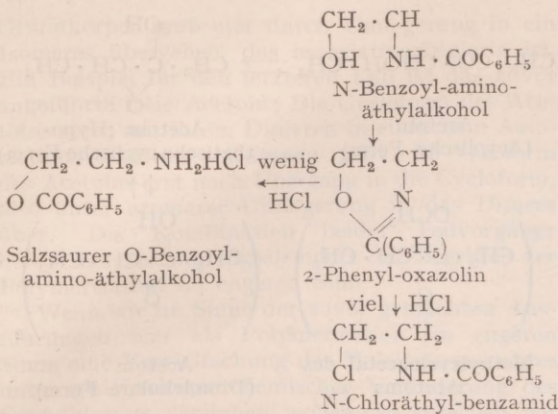
Ich muß aber doch darauf hinweisen, daß die Reaktionen des neuen Anhydroglycylserinanhydrids so merkwürdige sind, daß seine Struktur noch genauer Prüfung bedarf. Ohne hierauf näher einzugehen, erwähne ich vorerst nur, daß das Anhydrid schon bei kurzer Berührung mit schwacher Alkalilauge und nachträglichem Ansäuern in ein Isomeres umgewandelt wird. Es ist sicher, daß wir mit diesen beiden Anhydroverbindungen zwei

ganz neue Typen von Peptidanhydriden aufgefunden haben.

Ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß solche Oxazoline oder analoge instabile Ringsysteme am Aufbau der natürlichen Proteine beteiligt sind*). Auch das Vorkommen von Esterpeptiden ist keineswegs ausgeschlossen. Aber der direkte Nachweis ist noch nicht einwandfrei gelungen. Wie schon erwähnt, ist die übliche Methodik der Hydrolyse und Aufarbeitung, bei welcher Säuren und Alkalien zur Verwendung gelangen, für ihre Auffindung sehr wenig geeignet, weil sie dabei in einfache Amidpeptide übergehen müßten. Wir suchen darum eine neue Methodik zu finden. Einen Fingerzeig, wenn auch keinen strikten Beweis, wird die fermentative Untersuchung unserer künstlichen Oxazoline und oxazolinähnlichen Anhydride bringen.

Nachdem in meinen Ausführungen das Auftreten von instabilen Ringsystemen häufig erwähnt worden ist, darf ich vielleicht noch bemerken, daß mir die Bedeutung solcher Ringsysteme in Proteinen nicht nur darin zu liegen scheint, daß sie wegen ihrer eigenen Instabilität ein Bild von der leichten Zersetzlichkeit der Proteine geben. Häufig sind Ringe auch die willkommene Erklärung für viele auffallend leicht erfolgende Umlagerungen. Der Übergang von N-Peptid in O-Peptid und umgekehrt wird uns verständlich, wenn wir sehen, wie zunächst der *eine* Säurerest, der anfangs am Stickstoff sitzt, Valenzen nach dem Sauerstoff spielen läßt, um dann unter geeigneten Bedingungen seine Valenzverhältnisse so zu verschieben, daß die Sauerstoffbindung gestärkt und die Stickstoffbindung geschwächt und dann ganz gelöst wird. In der Möglichkeit zum spielenden Ausgleich der einzelnen Valenzbeiträge, die wir uns auf keinen Fall ihrer Größe nach als festliegend vorstellen dürfen, liegt eine vorzügliche Funktion der Ringsysteme, die ihnen die Aufgabe zuweist, Gruppen in Reaktionen hineinzureißen, die sonst derselben Reaktion nicht zugänglich wären. Sie ermöglicht andererseits, je nach den Reaktionsbedingungen, in sehr fein abgestimmter Weise auf ganz verschiedene Art zu reagieren. Dasselbe Oxazolin, das z. B. mit geringen Salzsäurebeiträgen seinen organischen Säurerest nach dem Sauerstoff hin unter gleichzeitiger Salzbildung verschiebt, wirft ihn, wenn mehr Salzsäure zugegen ist, nach dem Stickstoff hin unter gleichzeitiger Chlorierung¹⁰⁾:

*) P. KARRER und GRÄNACHER⁹⁾, deren neueste Untersuchung über Aminosäurederivate sich in ähnlichen Bahnen bewegt wie obige Ausführungen, haben gezeigt, daß auch die Acylderivate der einfachen Aminosäureamide in Oxazolderivate übergeführt werden können. Dieser Oxazolinring führt, wenn sich an ihm die ursprüngliche Säureamidgruppe beteiligt, zu einer auffallend leichten Aufspaltung derselben in mineral-saurer Lösung. Genau dieselbe leichte Spaltbarkeit hatten früher BERGMANN, BRAND und WEINMANN⁷⁾ an einem Ringderivat des Benzoylaminoxybuttersäureamids beobachtet.



Wenn ich im ersten Teil meiner Ausführungen versucht habe, neues Material über den Chemismus der Proteine an Hand *experimenteller* Untersuchungen ihrer einfachen Bausteine beizubringen, so habe ich jetzt einiger *theoretischer* Begriffe und Anschauungen über das *allgemeine Bauprinzip* der Proteine und ähnlicher hochmolekularer Komplexe zu gedenken. Haben wir uns im ersten Teil in den gewohnten Bahnen der guten alten Strukturchemie bewegt, so behandeln wir jetzt Anschauungen, welche den Gedankengängen des Kolloidchemikers mit seinen vergrößerten oder gehäuften Molekülen näherliegen. Wir wollen uns aber dabei klar bleiben, daß auch die Erscheinungen der Kolloidchemie sich auf strukturchemische Vorgänge zurückführen lassen müssen. Ein Beispiel dafür habe ich erst kürzlich durch den Nachweis erbracht, daß eine so ausgesprochene Adsorptionserscheinung wie die Jodstärkebildung in dieselbe Verbindungsklasse gehört wie die Jodjodkaliumverbindungen der einfachsten synthetischen Glucoside, bei welchen die Jodreaktion auf die eigenartige Sauerstoffbrücke lokalisiert werden konnte¹¹⁾

Im letzten Jahr ist eine Hypothese entwickelt worden, welche die Chemie der Proteine von einer ganz neuen Seite betrachten möchte. Man hat, wie schon zuvor erwähnt, festgestellt, daß das Fibrin der Seide ein gut entwickeltes Röntgenspektrum gibt. Da solche Spektren durch die Interferenz des Röntgenstrahls an einem regelmäßigen Gitter entstehen, müssen die Elemente des Fibrinmoleküls gitterförmig, d. h. regelmäßig im Raum angeordnet sein, und die Regelmäßigkeit ist nach den Abmessungen des Röntgenspektrums eine solche, daß sie durch Aneinanderreihung eines ganz einfachen Komplexes aus ganz wenigen Aminosäuren verursacht zu sein scheint. Man hat darum die Idee erwogen, ob nicht der kristallisierte Teil des natürlichen Seidenfibrins seiner Konstitution nach durch regelmäßige Wiederholung, durch *Polymerisation* eines ganz einfachen Grundkörpers, etwa eines Diketopiperazins, zustande kommt. An die Stelle der sehr langen Peptidketten aus vielen und verschiedenen Aminosäuren, wie sie FISCHER annahm, tritt hier die Anschauung, daß ein einfacher, vielleicht cycli-

scher Grundkörper durch Polymerisation das komplexe Proteinmolekül ergeben kann. Der regelmäßig wiederkehrende Grundkörper des Polymerisates soll die für das Röntgenspektrum notwendige Gitterregelmäßigkeit verursachen. HERZOG und BRILL haben diese Hypothese mit aller Vorsicht zur Diskussion gestellt⁸⁾.

HERZOG¹²⁾ hat ferner schon 1916 die Vermutung ausgesprochen, daß man es in den Proteinen mit komplexen Verbindungen zu tun haben könnte. Ähnliche Gedanken haben dann 1920 K. HESS¹³⁾ und EDM. STIASNY¹⁴⁾ fast gleichzeitig geäußert, die von Nebervalenzen und Restaffinitäten sprechen. Und in jüngster Zeit hat sich auch ABDERHALDEN⁵⁾ dieselbe Anschauung zu eigen gemacht, wenn er das Eiweiß für eine Zusammenfassung von untereinander durch Nebervalenzen assoziierten Komplexen ansieht. Allen diesen Hypothesen gemeinsam ist der Gedanke, daß in den Proteinen kleinere Bausteine (mögen es nun Polypeptide, Peptone, Diketopiperazine oder diketopiperazinhaltige Komplexe sein) durch eine feinere Art von Valenzbetätigung (Polymerisation, Assoziation, Nebervalenzen, Restaffinitäten) zusammengehalten werden.

Die neuen Anschauungen werden zweifellos in den nächsten Jahren Gegenstand vielfacher Erörterung sein. Es verlohnt sich darum, hier einmal genauer zu untersuchen, was sie uns inhaltlich eigentlich sagen, um so mehr, als die Begriffe „Polymerisat“ und „Assoziat“ über die Eiweißchemie hinaus ganz allgemein für die Chemie hochmolekularer Stoffe von Bedeutung sind.

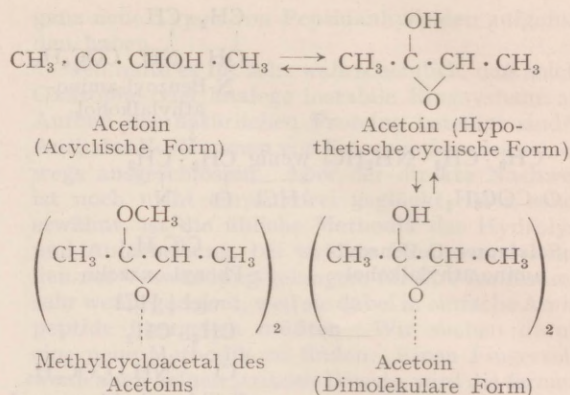
Mit Polymerie bezeichnet man gewöhnlich die Tatsache, daß zwei Stoffe bei gleicher Zusammensetzung verschiedenes Molekulargewicht und damit verschiedenes Verhalten zeigen. Nach einer solchen allgemeinen Definition des Polymeriebegriffs stehen auch solche Stoffe im Verhältnis der Polymerie, die an sich relativ wenig miteinander zu tun haben, z. B. wäre der Traubenzucker $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ein Polymeres der Essigsäure $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. Diese Konstatierung ist deshalb nicht ganz überflüssig, weil wir uns klar sein müssen, wie inhaltsarm der Polymeriebegriff in seiner allgemeinen Bedeutung ist. Erst durch sukzessive Einschränkung können wir ihm solche speziellen Merkmale beilegen, daß er für unsere Theorien überhaupt brauchbar ist. Die Polymerisationstheorie hat z. B. natürlich nur dann einen Sinn, wenn wir für ihre Zwecke den Begriff der Polymerie nur auf solche Stoffe anwenden wollen, welche tatsächlich durch Polymerisation ineinander übergehen können, also in genetischer Beziehung zueinander stehen. Auch dann ist der Begriff der Polymerisation noch so allgemein, daß er unter anderem jede kolloidchemische Aggregation eines Stoffes — falls eine solche überhaupt ohne Änderung der Zusammensetzung und ohne jede Beteiligung des Lösungsmittels oder anderer Fremdstoffe möglich ist — mit umfassen würde, andererseits aber auch so tiefgehende Umwandlungen, wie den Übergang von Formaldehyd in

Hexosen. Wir nehmen darum eine weitere Unterteilung vor und unterscheiden als krasse Gegensätze den weniger tiefgreifenden, umkehrbaren Vorgang der *Assoziation* von jener *Polymerisation im engeren Sinne*, welche mit einer ausgesprochenen chemischen Veränderung verbunden ist, die nicht ohne weiteres umzukehren ist. Aber natürlich sind dies nur Extremfälle, die durch Übergänge miteinander verbunden sind.

Die Erscheinung der *Assoziation* ist in ihrem Umfang und in ihrer theoretischen Bedeutung bisher etwas stiefmütterlich behandelt worden. Das hängt wohl damit zusammen, daß die *Assoziation* dem Chemiker gewöhnlich nur als störende Nebenerscheinung bei der Molekulargewichtsbestimmung gelöster oder gasförmiger Stoffe begegnet ist. Sie wird in der organischen Chemie vielfach als eine Eigentümlichkeit hydroxylhaltiger Stoffe beschrieben, welche die Ermittlung des wirklichen Molekulargewichts in gewissen Lösungsmitteln erschwert, eine Eigentümlichkeit, die durch Anwendung hydroxylhaltiger Lösungsmittel zu vermeiden ist. So ist der Irrtum entstanden, als ob es sich bei der *Assoziation* um eine Zusammenschiebung von Molekülen im Lösungszustand handle, die erst durch Verwendung von hydroxylhaltigen Lösungsmitteln unter Herstellung des „normalen“ Molekulargewichts verhindert werden kann. Im Gegenteil: der assoziierte Zustand ist für manche Stoffe unter gewissen Versuchsbedingungen der normale Zustand und die scheinbare assoziationshemmende Wirkung hydroxylhaltiger Lösungsmittel ist darauf zurückzuführen, daß sich diese Lösungsmittel chemisch unter Aufspaltung des assoziierten Stoffes mit seinen Spaltmolekülen verbinden, sich ihrerseits mit ihm zu einer lockeren Verbindung aus mehreren nicht mehr wesensgleichen Molekülteilen zusammenschließen. Schon diese Einwirkung hydroxylhaltiger Lösungsmittel zeigt, daß die Kräfte, welche die *Assoziation* bewirken, nicht nur zwischen zwei gleichartigen, sondern auch zwischen verschiedenartigen Molekülen spielen können.

Zu einer weiteren Klärung des Assoziationsbegriffes mag es beigetragen haben, als wir in den letzten Jahren¹⁵⁾ nachweisen konnten, daß sehr ausgeprägte Assoziationserscheinungen bei gewissen einfachsten Stoffen der Zuckergruppe, die kein Hydroxyl enthalten, eintreten. Ein Beispiel, das Methylcycloacetal des Acetoin, ist im folgenden wiedergegeben. Es handelt sich hier um ein Derivat des Ketonalkohols Acetoin, den wir uns zunächst in seine cyclische Form umgewandelt und dann im Hydroxyl methyliert denken müssen.

Bei dem Methylcycloacetal des Acetoin ist die Neigung zur Bildung von Doppelmolekülen so stark ausgebildet, daß bisher selbst in hydroxylhaltigen Lösungsmitteln eine Sprengung der Doppelmoleküle, eine Dissoziation, nicht zu beobachten war. Erst durch Überhitzung im Gaszustand läßt sich die Dissoziation erzwingen, aber sie ist reversibel. Auch das Acetoin selber, dessen offene Form



keinerlei Neigung zur *Assoziation* zeigt, assoziiert in seiner Cycloform. Zweifellos hängt die *Assoziation* hier nicht mit Hydroxylgruppen zusammen, sondern mit dem enggespannten Dreiring und die assoziierenden Kräfte gehen, wenigstens in der Hauptsache von dem Ringsauerstoff aus*). Wir haben es hier mit einem Fall von mehrwertigem Sauerstoff zu tun, bei welchem die Mehrwertigkeit zwischen zwei gleichen Teilmolekülen zur Wirkung kommt. Wir dürfen uns darum vermerken, daß die bekannte Spaltung des Hexaphenyläthans zu Triphenylmethyl und dessen Wiedervereinigung zum Äthanderivat eine ganz ähnliche affinitative Grundlage hat. Das im Triarylmethyl dreiwertige Kohlenstoffatom vermag mit Hilfe von Affinitätsresten eine höhere Wertigkeit zu entwickeln. Nach alledem werden wir die *Assoziation* nur als einen Spezialfall der allgemeinen Neigung zur Bildung von Molekülverbindungen betrachten. Es handelt sich um die Neigung gewisser Moleküle, sich durch Affinitätsreste einzelner Atome oder Atomgruppen in reversibler Form und ohne Verschiebung der Atome der Teilmoleküle untereinander zu größeren Verbänden zu vereinigen. Der spezielle Unterschied der *Assoziate* von anderen lockeren Restvalenzverbindungen liegt in der Gleichheit der beiden zusammentretenden Molekülarten, ist also mehr formaler Natur. Dagegen ist die Zweizahl der Komponenten keineswegs Bedingung für den *Assoziationsbegriff*. Wenn eine Molekülart infolge ihrer Struktur assoziationsfähige Nebervalenzen aufweist, wird sie dieselben unter geeigneten physikalischen Bedingungen automatisch betätigen. Wenn also ein Stoff nicht ohne weiteres in ein zugehöriges beständiges Polymeres umgewandelt wird, dürfen wir annehmen, daß beide nicht im einfachen *Assoziationsverhältnis* stehen. Entweder handelt es sich überhaupt nicht um *Assoziation*, oder der

*) In valenztechnischer Beziehung wichtig wäre hier vor allem die Frage, ob unser neuer *Assoziations*typus symmetrisch gebaut ist; denn außer einer *Assoziation* von Brückensauerstoff mit Brückensauerstoff lassen sich, trotz der Gleichheit der beiden Teilmoleküle, auch sehr wohl unsymmetrische Formen der Verknüpfung denken. Die Entscheidung solcher Fragen ist einwandfrei wohl nur mit physikalischen Methoden möglich.

Grundkörper muß erst durch Umlagerung in ein Isomeres übergehen, das assoziationsbegierig ist. Ein Beispiel für den letzteren Fall ist das zuvor angeführte freie Acetoin: Die Cycloform des Acetoin steht mit ihrem Dimeren in einfachem Assoziationsverhältnis. Dagegen geht die Oxoform des Acetoin erst nach Übergang in die Cycloform, also unter atomarer Umlagerung in das Dimere über. Die Kombination beider Teilvorgänge liefert die Bestimmungselemente des Begriffes der Polymerisation im engeren Sinn.

Wenn wir im Sinne der zuvor gemachten Ausführungen hier als Polymerisation im engeren Sinne eine Vervielfachung des Molekulargewichtes unter gleichzeitiger chemischer Veränderung des Grundkörpers verstehen wollen, so sprechen wir damit ausdrücklich aus, daß der Grundkörper und das Polymerisat, wenn sie auch in chemischer Beziehung zueinander stehen, doch in wesentlichen Strukturpunkten voneinander verschieden sind. Der sog. Grundstoff gibt beim Übergang in das hochmolekulare Polymerisat wesentliche Teile seiner Struktur auf.

Wenn wir also im Sinne der Polymerisationstheorie irgendeinen cyclischen Stoff als Grundstoff des Polymerisates Eiweiß oder des Polymerisates Stärke ansprechen wollen, so behaupten wir damit nur, daß beide bei verschiedenem Molekulargewicht gleiche Zusammensetzung haben und ineinander überführbar sind, wir sagen aber damit nicht aus, daß das Polymerisat noch dasselbe Ringsystem hat wie der Grundstoff, oder daß es überhaupt noch ein Ringsystem hat.

Insofern bietet die Assoziations- und die Polymerisationstheorie neben der gleichen Zusammensetzung von Grundstoff und Assoziat auch noch, daß beide die gleiche Atomanordnung aufweisen. Wir können uns ihren sachlichen Inhalt vielleicht so wiedergeben, daß (im Falle ihrer Richtigkeit) das seiner Größe nach noch unbekannte Eiweißmolekül aus kleineren, ebenfalls noch unbekanntenen Komplexen besteht, die in verhältnismäßig lockerer Form durch Valenzreste zusammengefügt sind und leicht wieder voneinander zu lösen sein müssen.

Beide Theorien, die Assoziations- und die Polymerisationstheorie sagen uns nichts über die Struktur der assoziierenden oder polymerisierenden Grundstoffe, nichts über die Lokalisation der Restvalenzen, nichts über die chemischen Veränderungen bei der vorausgesetzten Polymerisation. Die Vermittlung dieser Dinge muß nach wie vor dem Experiment überlassen bleiben. Wir haben darum im Institut für Lederforschung das Proteinproblem und die Polymerisationsfrage lediglich vom experimentellen Standpunkt bearbeitet. Wir legen das Schwergewicht auf das genaue Studium der verschiedenen möglichen Bildungselemente

der Proteinbausteine und auf das Studium assoziierender und polymerisierender Atomgruppen. Einen ersten kleinen Erfolg glauben wir hier mit der Auffindung des zuvor erwähnten Anhydroglycylserinanhydrids erreicht zu haben. Denn der Übergang des Anhydrids I in das Anhydrid II ist scheinbar eine echte Polymerisation. Das leicht lösliche Anhydrid I vom Molekulargewicht 126 geht bei der kürzesten Berührung mit schwachem Alkali und nachherigem Ansäuern in das gleichzusammengesetzte Anhydrid II über, das in allen Lösungsmitteln schwerlöslich oder unlöslich ist und zweifellos ein hohes Molekulargewicht hat. Wo es, wie von heißem Wasser, aufgenommen wird, entsteht keine echte Lösung, sondern eine kolloidale, trübe Flüssigkeit. Da solche Vorgänge bisher bei einfachen Eiweißbausteinen kaum bekannt¹⁶⁾ sind, hoffen wir aus dem weiteren Studium derartiger Modelle genau wie in der Zuckergruppe erschließen zu können, an welche Atome oder Atomgruppen die Lust zur Bildung größerer Moleküle gebunden ist.

Literatur:

- 1) EMIL FISCHER, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **39**, 607. 1906; Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine **I**, S. 80.
- 2) EMIL FISCHER, Zeitschr. f. physiol. Chem. **99**, 54. 1916.
- 3) N. TROENSEGAARD, Zeitschr. f. physiol. Chem. **112**, 86. 1920 u. **127**, 137. 1923.
- 4) P. BRIGL, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **56**, 1887. 1923.
- 5) E. ABDERHALDEN, Die Naturwissenschaften **12**, 716. 1924; E. ABDERHALDEN und E. KOMM, Zeitschr. f. physiol. Chem. **139**, 181. 1924.
- 6) T. SASAKI, Biochem. Zeitschr. **114**, 64. 1921.
- 7) M. BERGMANN, E. BRAND und F. WEINMANN, Zeitschr. f. physiol. Chem. **131**, 1. 1923.
- 8) R. O. HERZOG und W. JANKE, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **53**, 2162. 1920; R. BRILL, Liebigs Ann. d. Chem. **434**, 204. 1923; R. O. HERZOG und M. KOBEL, Zeitschr. f. physiol. Chem. **134**, 299. 1924 (Anm. 2).
- 9) P. KARRER und CH. GRÄNACHER, Helvetica chimica acta **7**, 763. 1924.
- 10) S. GABRIEL und TH. HEYMANN, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **23**, 2493. 1890.
- 11) M. BERGMANN, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **57**, 753. 1924; M. BERGMANN und ST. LUDEWIG, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **57**, 961.
- 12) R. O. HERZOG in ULLMANN, Enzyklopädie der technischen Chemie, „Eiweißkörper“ S. 495, Z. 3. 1916.
- 13) K. HESS, Zeitschr. f. Elektrochemie **26**, 232. 1920.
- 14) EDM. STIASNY, Collegium 1920, H. 602, S. 255 und Science **57**, Nr. 1478, S. 483. 1923.
- 15) M. BERGMANN und A. MIEKELEY, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **54**, 2150. 1921; M. BERGMANN und ST. LUDEWIG, Liebigs Ann. d. Chem. **436**, 173. 1924.
- 16) Vgl. dazu H. LEUCHS und W. GEIGER, Ber. d. Dtsch. chem. Ges. **41**, 1721. 1908.

Zur spektrophotometrischen Bestimmung der Temperatur glühender Körper.

Von HERMANN SCHMIDT, Düsseldorf.

Die Aufgabe, durch Messung der Wärmestrahlung eines Körpers, etwa durch Bestimmung seiner Gesamtstrahlungsenergie oder durch spektrale Messungen, wie z. B. die Ermittlung der Lage des Strahlungsmaximums, die Temperatur der strahlenden Materie zu bestimmen, hat für die Physik, die Astrophysik und die Technik überall da, wo es sich um die Messung hoher Temperaturen handelt, eine außerordentliche Bedeutung. Leider ist das Gebiet der Strahlung nichtschwarzer Körper noch wenig entwickelt und die Strahlungspyrometrie in ihrer Leistungsfähigkeit daher vielfach beschränkt. Zwar lassen sich häufig auf einfache Weise die Strahlungstemperaturen mit großer Genauigkeit bestimmen, aber die Temperatur des strahlenden Körpers bleibt trotzdem oft unbekannt. Der einzige Weg von der durch ihre spezifische Intensität und ihre Frequenz bestimmten Temperatur einer im statistischen Sinne monochromatischen Strahlung zu der Temperatur der die Strahlung emittierenden Materie führt durch das Gesetz von KIRCHHOFF über das Absorptionsvermögen. HOLBORN und HENNING haben diesen Zusammenhang mit Hilfe des Wienschen oder des Planckschen Gesetzes formuliert. Solange wir bei allen pyrometrischen Untersuchungen auf diese Grundlage angewiesen sind, verdient daher das Absorptionsvermögen besondere Aufmerksamkeit. In dem Folgenden wird an einigen einfachen Beispielen diese Bedeutung des Absorptionsvermögens für die Pyrometrie ersichtlich werden.

I.

1. Wir besprechen zunächst eine von O. LUMMER und E. PRINGSHEIM^{9, 10}) angegebene Temperaturbestimmungsmethode. LUMMER und PRINGSHEIM fanden für die Hohlraumstrahlung für die Lage des Strahlungsmaximums

$$(1) \quad \lambda_m \cdot T = 2940,$$

wie es das Wiensche Gesetz verlangt, und für das blanke Platin entsprechend

$$(2) \quad \lambda_m \cdot T = 2630.$$

Sie schließen nun die Temperatur eines beliebigen Strahlers durch Ermittlung der Lage seines Strahlungsmaximums in zwei Grenzen ein unter der Voraussetzung, daß

$$(3) \quad 2940 > \lambda_m T > 2630$$

ist. Dies ist aber nicht erlaubt, solange das Absorptionsvermögen als Funktion von (λ, T) unbekannt ist [vgl. auch ⁵⁾]; denn, auch wenn für die Strahlung des untersuchten Körpers

$$\lambda_m \cdot T = \text{const.}$$

gilt, was zunächst durchaus fraglich ist, so braucht trotzdem die Beziehung (3) nicht erfüllt zu sein.

Man sieht dies¹³⁾ wie folgt: Die Emission E_λ eines beliebigen Strahlers ist, wenn wir der Einfachheit halber das Wiensche Strahlungsgesetz nehmen, in bekannten Bezeichnungen

$$(4) \quad E_\lambda = A_{\lambda T} \cdot c_1 \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}.$$

Bildet man für $\lambda = \lambda_m$

$$\left\{ \frac{\partial E_\lambda}{\partial \lambda} \right\}_{\lambda = \lambda_m} = 0,$$

so findet man

$$(5) \quad \left\{ \lambda T = \frac{c_2}{5} + \frac{1}{5} \frac{\lambda^2 \cdot T}{A} \cdot \frac{\partial A}{\partial \lambda} \right\}_{\lambda = \lambda_m}$$

oder

$$(6) \quad \left\{ \lambda T = \frac{c_2}{5 - \lambda \frac{A'}{A}} \right\}_{\lambda = \lambda_m}; \quad A' = \frac{\partial A}{\partial \lambda}.$$

Damit $\lambda_m \cdot T = \text{const.}$ wird, ist hinreichend, daß

$$(7) \quad \frac{A'}{A} = \frac{a}{\lambda} \quad \text{oder} \quad A = \psi(T) \cdot \lambda^a, \quad a \geq 0,$$

wo $\psi(T)$ eine willkürliche von λ freie Temperaturfunktion ist. Mit Gleichung (7) wird aber:

$$(8) \quad \lambda_m T = \frac{c_2}{5 - a} = \text{const.}$$

Für den schwarzen oder grauen Körper ist nach Gleichung (5)

$$\lambda_m T = \frac{c_2}{5}.$$

Ob für einen Strahler

$$\lambda_m T \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} \frac{c_2}{5}$$

ist, hängt also davon ab, ob

$$\frac{\partial A}{\partial \lambda} \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} 0$$

ist. Ebenso steht von vornherein nichts im Wege, daß

$$\lambda_m \cdot T < 2630$$

wird.

2. Aber auch, wenn man mit LUMMER und PRINGSHEIM^{9, 10}) die Bedingung stellt, daß der untersuchte Strahler den Gesetzen

$$(9) \quad E_m = B \cdot T^\alpha$$

für das Strahlungsmaximum E_m und

$$(10) \quad \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \sigma \cdot T^{\alpha-1}$$

für die Gesamtstrahlung gehorcht, wo B , σ , α drei dem Strahler eigentümliche Konstanten sind und α zwischen 5 und 6, den α -Werten für den schwarzen Körper und das blanke Platin liegt, darf man nicht folgern, daß der Wert der Konstanten des Verschiebungsgesetzes zwischen 2940 und 2630 liegt. Dabei sehen wir von einer Berücksichtigung des diesen Zahlen zugrunde liegenden veralteten c_2 -Wertes ab.

Setzt man nämlich den Ausdruck (6) für λ_m in die Wiensche Strahlungsformel (4) ein, so ergibt sich für das Energiemaximum E'_m wegen Gleichung (9)

$$E'_m = A \cdot c_1 \left\{ \frac{5 - \lambda \cdot \frac{A'}{A}}{c_2} \right\}^5 \cdot T^5 \cdot e^{-\left(5 - \lambda \cdot \frac{A'}{A}\right)} = B \cdot T^{\alpha}$$

Mit Gleichung (6) und Gleichung (7) wird hieraus

$$(11) \quad E_m = \text{const. } \psi(T) \cdot T^{5-a} = B \cdot T^{\alpha}$$

Die Konstante a bleibt also unbestimmt.

Auch die Bedingung (10) ändert daran nichts. Nach ihr wird

$$\int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = c_1 \cdot \psi(T) \cdot \int_0^{\infty} \lambda^{a-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} \cdot d\lambda = \sigma \cdot T^{\alpha-1}$$

Setzt man

$$\frac{c_2}{\lambda T} = x; \quad \lambda = \frac{c_2}{x \cdot T}; \quad d\lambda = -\frac{c_2}{T x^2} dx,$$

so ergibt sich

$$(12) \quad \int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \text{const. } \psi(T) \cdot T^{4-a} = \sigma \cdot T^{\alpha-1},$$

die nämliche Beziehung wie Gleichung (11), wie zu erwarten war.

Gleichung (11) und Gleichung (12) zeigen, daß die Beziehungen (9) und (10) das Absorptionsvermögen Gleichung (7) nicht so weit bestimmen, daß aus

$$5 < \alpha < 6$$

für die Konstante a

$$0 > a > -0,5$$

gefolgert werden kann.

In Gleichung (7) wird vielmehr durch α nur die Differenz ($b - a$) der Exponenten b der Temperatur und a der Wellenlänge bestimmt; nach Gleichung (11) ist nämlich

$$\psi(T) = \text{const. } T^{a+\alpha-5} = \text{const. } T^b,$$

also

$$\alpha - 5 = b - a.$$

Schließlich ist noch zu sagen, daß, falls $\alpha > 5$ ist, es jedenfalls in höheren Temperaturen Tempe-

raturfunktion sein muß. Gleichung (9) und Gleichung (10) sind also außerdem von vornherein in ihrem Gültigkeitsbereich beschränkt.

II.

Auch bei der Temperaturbestimmung nach der Methode der logarithmischen Isochromaten hängt die Bedeutung des Meßergebnisses durchaus von dem spektralen Verlauf des Absorptionsvermögens ab. Der gemeinsame Schnittpunkt der schwarzen oder grauen logarithmischen Isochromaten genügt nicht zur Bestimmung der Temperatur der Vergleichslichtquelle, solange ihr Absorptionsvermögen in Abhängigkeit von der Wellenlänge unbekannt ist; ebensowenig gelingt in diesem Fall die Temperaturbestimmung durch Ermittlung der Lage des Strahlungsmaximums, wie wir vorher gesehen haben. Aber auch die Übereinstimmung der nach beiden Methoden gewonnenen Ergebnisse läßt die Temperatur des untersuchten Strahlers unbestimmt; diese Übereinstimmung ist vielmehr selbstverständlich. Durch den gemeinsamen Schnittpunkt der Isochromaten wird vielmehr die Farbtemperatur der Strahlung der Vergleichslichtquelle bestimmt; im Falle der Unabhängigkeit der Farbtemperatur von der Wellenlänge ist die Lage des Strahlungsmaximums ebenfalls ein Maß für die Farbtemperatur der Vergleichsstrahlung, die nur für konstantes, von der Wellenlänge unabhängiges Absorptionsvermögen gleich der Temperatur des strahlenden Körpers ist.

Diese Zusammenhänge zwischen der Bedeutung der durch den gemeinsamen Isochromatenschnittpunkt gefundenen Temperatur, der Farbtemperatur und dem Ergebnis der Methode des Energiemaximums sind weitere Beispiele¹⁴⁾ für die Rolle des Absorptionsvermögens in der Pyrometrie.

1. *Isochromatenschnittpunkt und Temperatur der Vergleichslichtquelle.* Ist $E_{k\lambda}$ die monochromatische Strahlungsintensität einer nichtschwarzen Vergleichslichtquelle mit dem beliebigen Absorptionsvermögen A_{λ} (von einer Temperaturabhängigkeit kann abgesehen werden) bei der konstanten Temperatur T_k und ist $E_{0\lambda}$ die monochromatische Strahlungsintensität des schwarzen Körpers bei der veränderlichen Temperatur T , so ist im Gültigkeitsbereich der Wienschen Strahlungsformel eine schwarze logarithmische Isochromate^{11, 16)} durch

$$(13) \quad \ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}} = \frac{c_2}{\lambda T_k} - \frac{c_2}{\lambda T} + \ln \frac{1}{A_{\lambda}}$$

gegeben. $\ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}}$ ist eine lineare Funktion der reziproken Temperatur T des schwarzen Körpers. Die Koordinaten des Schnittpunktes der schwarzen Isochromaten für λ_1 und λ_2 sind

$$(14) \quad \ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}} = \frac{\lambda_2 \cdot \ln A_{\lambda_2} - \lambda_1 \cdot \ln A_{\lambda_1}}{\lambda_1 - \lambda_2},$$

$$(15) \quad \frac{1}{T} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{c_2} \frac{\ln A_{\lambda_1} - \ln A_{\lambda_2}}{\lambda_1 - \lambda_2} + \frac{1}{T_k}.$$

Für graue Isochromaten ($A_0 = \text{const.}$) geht Gleichung (14) über in

$$(14a) \quad \ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}} = \frac{\lambda_2 \cdot \ln A_{\lambda_2} - \lambda_1 \cdot \ln A_{\lambda_1}}{\lambda_1 - \lambda_2} + \ln A_0,$$

während die Abszisse Gleichung (15) unverändert bleibt. Sollen sich die Isochromaten etwa des sichtbaren Spektralgebietes sämtlich in einem Punkt schneiden, so müssen die Schnittpunktkoordinaten in dem gewählten Spektralbereich von λ unabhängig sein. Das ist außer für konstantes Absorptionsvermögen, insbesondere für $A = 1$, der Fall, wenn

$$\ln \frac{A_{\lambda_1}}{A_{\lambda_2}} = \pm b \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}$$

ist, d. h. wenn

$$(16) \quad A_\lambda = a \cdot e^{\mp \frac{b}{\lambda}}$$

ist, da A_{λ_1} und A_{λ_2} ausschließlich von λ_1 bzw. λ_2 abhängen. Die Bedeutung der Abszisse des gemeinsamen Schnittpunktes der logarithmischen Isochromaten ergibt die Verbindung von Gleichung (15) und Gleichung (16)

$$(17) \quad \frac{1}{T} = \pm \frac{b}{c_2} + \frac{1}{T_k};$$

seine Ordinate ist für schwarze Isochromaten¹²⁾ bei $A = \text{const.}$

$$(18) \quad \ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}} = \ln \frac{1}{A},$$

für graue Isochromaten ($A_0 = \text{const.}$)

$$\ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}} = \ln \frac{A_0}{A}.$$

Bei einem Absorptionsvermögen wie Gleichung (16) wird entsprechend

$$\ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}} = \ln \frac{1}{a} \quad \text{bzw.} \quad \ln \frac{E_{0\lambda}}{E_{k\lambda}} = \ln \frac{A_0}{a}.$$

Gleichung (17) zeigt ferner, daß man beim Vorhandensein eines gemeinsamen Isochromatenschnittpunktes bei Kenntnis der Temperatur T_k der Vergleichslichtquelle den Verlauf des Absorptionsvermögens bestimmen kann; die Ordinate ergibt die Konstante a .

Je nach der Art der Abhängigkeit des Absorptionsvermögens von der Wellenlänge ist nach Gleichung (17)

$$(19) \quad T \begin{matrix} \geq \\ < \end{matrix} T_k.$$

Nur bei konstantem Absorptionsvermögen gilt $T = T_k$.

Meist wird das nach der Isochromatenmethode ermittelte

$$T > T_k$$

sein, da bei einer großen Zahl von Körpern das Absorptionsvermögen mit wachsender Wellenlänge abnimmt*), in Gleichung (17) also das untere Vorzeichen gilt. Von der Bedeutung der Ordinate des Isochromatenschnittpunktes ist bisher offenbar überhaupt kein Gebrauch gemacht worden. O. LUMMER⁸⁾ und E. BENEDICT¹⁾ haben die aus der Abszisse des gemeinsamen Isochromatenschnittpunktes ermittelte Temperatur T fälschlich als die Temperatur T_k der Vergleichslichtquelle angegeben und das Absorptionsvermögen demgemäß als konstant angenommen¹⁰⁾.

Obgleich im wesentlichen unter Darstellung des obigen Sachverhaltes P. D. FOOTE und C. O. FAIRCHILD²⁾, E. P. HYDE⁷⁾ und mit besonderer Ausführlichkeit CL. SCHAEFER¹²⁾ auf diese nicht einwandfreie Verwendung der Isochromatenmethode hingewiesen haben, findet sie sich auch in neuester Zeit**) noch wieder.

2. *Isochromatenschnittpunkt und Farbtemperatur.* Der gemeinsame Schnittpunkt der logarithmischen Isochromaten zeigt an, daß das Verhältnis der Intensitäten der monochromatischen Strahlungen der Vergleichslichtquelle und des schwarzen Körpers für alle Wellenlängen für die Temperatur T_k , die durch die Abszisse des Schnittpunktes bei bekanntem Absorptionsvermögen bestimmt wird, gleich ist. Er ist deshalb ein Kennzeichen dafür, daß die Farbtemperatur^{6, 15)} der Strahlung der Vergleichslichtquelle von der Wellenlänge unabhängig ist; im Gegensatz dazu bleibt bei farbypyrometrischen Messungen, z. B. mit Hilfe des Leukoskops von HELMHOLTZ¹⁵⁾, die wichtige Frage der Unabhängigkeit der Farbtemperatur von der Wellenlänge unbeantwortet. Die Temperatur T der Abszisse des gemeinsamen Schnittpunktes ist die Farbtemperatur der Vergleichsstrahlung³⁾. Danach ist die Isochromatenmethode bei Beachtung des Hinweises von CL. SCHAEFER¹²⁾, den Isochromatenschnittpunkt wegen des spitzen Winkels, unter dem sich die Isochromaten schneiden, nicht graphisch, sondern durch Berechnung der einzelnen Isochromaten nach der Methode der kleinsten Quadrate zu bestimmen, auf Grund der Benedictschen Arbeit¹⁾ geeignet, die Farbtemperatur der Strahlung der Vergleichslichtquelle zu ermitteln.

3. *Isochromatenschnittpunkt und Strahlungsmaximum.* E. BENEDICT¹⁾ hat aus dem gemeinsamen Schnittpunkt der logarithmischen Isochromaten bei Verwendung des positiven Kraters einer Kohlenbogenlampe als Vergleichslichtquelle auf konstantes Absorptionsvermögen der Kohle geschlossen und dementsprechend die Temperatur des positiven Kraters zu 4200° abs. angegeben ($T = T_k$). Mit der nicht hinreichend begründeten

*) Vgl. auch die Durchlässigkeit des Jenaer Rotfilters F. 4512, die nahezu durch $a \cdot e^{-\frac{b}{\lambda}}$ gegeben ist.

**) Vgl. 4), wo auch die unter I. besprochene Methode ohne Kritik übernommen ist.

Folgerung $A = \text{const.}$ und $\lambda_m = 0,7 \mu^8$) ergibt sich andererseits aus

$$(20) \quad \lambda_m \cdot T = \frac{c_2}{5} = 2940,$$

was für beliebige Werte des von λ unabhängigen Absorptionsvermögens gilt,

$$T = 4200^\circ \text{ abs.}$$

Beide Methoden liefern also übereinstimmende Ergebnisse. Es fragt sich, ob in dieser Übereinstimmung über den Nachweis der Sorgfalt der Messungen hinaus der Beweis dafür liegt, daß das Meßergebnis die Temperatur des untersuchten Strahlers darstellt. Eine einfache Rechnung zeigt, daß dies nicht der Fall ist.

Der gemeinsame Isochromatenschnittpunkt macht notwendig, daß entweder

$$(21) \quad A = \text{const}$$

oder

$$A = a \cdot e^{\mp \frac{b}{\lambda}}$$

ist. Es ist zu zeigen, daß in diesen beiden Fällen die Methoden zum gleichen Ergebnis führen, in einer Übereinstimmung ihrer Ergebnisse also keine Beschränkung der Form des Absorptionsvermögens liegt, so daß die Temperatur des Vergleichsstrahlers unbestimmt bleibt.

Die Lage des Strahlungsmaximums ist durch

$$\left\{ \lambda T_k = \frac{c_2}{5 - \lambda \cdot \frac{A'}{A}} \right\}_{\lambda = \lambda_m}; \quad A' = \frac{\partial A}{\partial \lambda}$$

gegeben.

Hieraus folgt

$$(22) \quad \left\{ \frac{1}{T_k} = \frac{5 \lambda}{c_2} - \frac{\lambda^2 \cdot \frac{A'}{A}}{c_2} \right\}_{\lambda = \lambda_m}$$

Berechnet wird jedoch die Temperatur T , als ob der untersuchte Strahler schwarz oder grau wäre, aus der Beziehung (20); dann ist

$$\frac{1}{T} = \frac{5 \lambda_m}{c_2},$$

und nach Gleichung (22) wird hiermit

$$(23) \quad \left\{ \frac{1}{T_k} = \frac{1}{T} - \frac{\lambda^2 \cdot \frac{A'}{A}}{c_2} \right\}_{\lambda = \lambda_m}$$

Die Abszisse des Isochromatenschnittpunktes war:

$$(15) \quad \frac{1}{T_k} = \frac{1}{T} - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{c_2} \frac{\ln A_{\lambda_1} - \ln A_{\lambda_2}}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

Gleichung (23) und (15) führen in den beiden allein möglichen Fällen der Gleichung (21) zu dem nämlichen Ergebnis:

$$\frac{1}{T_k} = \frac{1}{T},$$

bzw.

$$\frac{1}{T_k} = \frac{1}{T} \mp \frac{b}{c_2}.$$

Überdies ist dafür, daß sich die nach der λ_m -Methode ermittelten reziproken Temperaturwerte nur um eine von Null verschiedene Konstante von $\frac{1}{T_k}$ unterscheiden, die zweite der Bedingungen der Gleichungen (21) für das Absorptionsvermögen notwendig.

Im Fall der Unabhängigkeit der Farbtemperatur von der Wellenlänge läßt sich also die Farbtemperatur durch Ermittlung des Strahlungsmaximums bestimmen. Bei subjektiver Beobachtung beschränkt sich allerdings die Anwendungsmöglichkeit dieses Verfahrens auf sehr hohe Temperaturen. Ist von einem Strahler bekannt, daß für ihn $\lambda_m \cdot T = \text{const}$ gilt, und bilden die Isochromaten ein Strahlenbüschel, so muß $A = \text{const}$ sein. Die Möglichkeit der Abhängigkeit $A = c_0 \cdot \lambda^c$, die das Verschiebungsgesetz dem Absorptionsvermögen noch offen läßt, Gleichung (7), ist mit der Bedingung für den gemeinsamen Schnittpunkt der Isochromaten unverträglich.

Literaturverzeichnis:

- 1) BENEDICT, E., Ann. d. Physik 47, 641. 1915.
- 2) FOOTE, P. D. und C. O. FAIRCHILD, Journ. Wash. acad. 6, 193. 1916.
- 3) FOOTE, P. D., Journ. Wash. acad. 6, 317. 1916.
- 4) HAGENBACH, A., Der elektrische Lichtbogen. Handb. d. Radiologie 4, 2. II. Aufl. Leipzig 1924.
- 5) HENNING, F., Physikal. Zeitschr. 20, 45. 1919.
- 6) HENNING, F., Ergebn. d. exakt. Naturwissenschaften 1, 163. 1922.
- 7) HYDE, E. P., Ann. d. Physik 49, 144. 1916.
- 8) LUMMER, O., Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur. Braunschweig 1914.
- 9) LUMMER, O. und E. PRINGSHEIM, Verhandl. d. Dtsch. phys. Ges. 1, 232. 1899.
- 10) LUMMER, O. und E. PRINGSHEIM, Verhandl. d. Dtsch. phys. Ges. 3, 36. 1901.
- 11) PASCHEN, F. und H. WANNER, Berl. Ber. 1899, S. 5.
- 12) SCHAEFER, CL., Ann. d. Physik 50, 841. 1916.
- 13) SCHMIDT, HERMANN, Zeitschr. f. Phys. 23, 225. 1924.
- 14) SCHMIDT, HERMANN, Zeitschr. f. Phys. 29, 81. 1924.
- 15) SCHMIDT, HERMANN, Mitt. a. d. K. W.-I. f. Eisenforschung 6, 7. 1924.
- 16) WANNER, H., Ann. d. Physik 2, 141. 1900.

Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung,
Nov. 1924.

Eine biologische Methode zur Untersuchung des Lichtklimas im Wasser.

Von F. RUTTNER, LUNZ.

Von allen äußeren Bedingungen, unter denen die Pflanzen und Tiere des Wassers leben, sind die in den verschiedenen Tiefen der Gewässer herrschenden Lichtverhältnisse bisher am wenigsten durch exakte Messungen untersucht worden. Die wechselnde Trübung durch belebte und unbelebte Teilchen mannigfacher Art, der Gehalt an gelösten Stoffen, die Reflexion an der Oberfläche und am Untergrund beeinflussen die Zusammensetzung und Intensität des Lichtes und bedingen, daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle das Lichtklima eines Sees nicht ohne weiteres aus den durch Laboratoriumsversuche bekannten Absorptionsgesetzen des Lichtes im Wasser theoretisch erschlossen werden kann.

Bei der außerordentlichen Bedeutung, die das Licht für das Gesamtleben des Wassers besitzt, hat es allerdings nicht an mehr oder minder erfolgreichen Versuchen gefehlt, durch die Konstruktion geeigneter Apparate die in bestimmten Tiefen herrschende Beleuchtung qualitativ und quantitativ zu untersuchen. Doch die Mehrzahl dieser meist recht komplizierten und daher kostspieligen Einrichtungen ist über die ersten Versuche nicht hinausgekommen und keine konnte sich in der limnologischen Methodik dauernd einbürgern. So kommt es denn, daß auch jetzt noch optische Untersuchungen an Gewässern in den meisten Fällen auf die wohl außerordentlich einfache, aber ebenso unzuverlässige Bestimmung der Sichttiefe mittels der Secchischen weißen Scheibe beschränkt bleiben.

Zweifellos steht unter den Lebensvorgängen, welche durch das Licht beeinflußt werden, die Assimilation der Kohlensäure durch die grüne Pflanze in ihrer Bedeutung im Haushalte der Natur bei weitem obenan. Da nun in den Gewässern die direkte Lichtmessung mit Hilfe von Apparaten so große Schwierigkeiten bereitet, ist mehrfach der Gedanke aufgetaucht, die assimilatorischen Leistungen der Gewächse in verschiedenen Tiefen heranzuziehen und auf diese Weise Rückschlüsse auf das Eindringen der diesen Vorgang bedingenden, also vornehmlich der langwelligen Lichtstrahlen zu ermöglichen. Eine auf derartigen Gedankengängen aufgebaute Methode hätte aber für die Limnologie noch einen besonderen Vorteil: sie wäre geeignet, das Verhalten der einzelnen Pflanzenspezies gleich draußen in deren Lebensraum zu ermitteln, während physikalische Lichtmessungen nur dann mit Erfolg als Grundlage zur Klärung ökologischer Probleme verwendet werden können, wenn die Reaktionsweise der betreffenden Organismen vorher durch Laboratoriumsexperimente festgestellt wurde. Unter den in dieser Richtung zielenden Vorschlägen ist in erster Linie jener von KNY zu nennen, welcher empfiehlt, Wasserpflanzen in ver-

schiedene Tiefen zu versenken und aus der Stärkebildung im Chlorophyllkorn die Assimilation und damit auch die dort herrschende Lichtintensität zu beurteilen. Doch auch dieses Verfahren hat keine weitere Verbreitung gefunden, zumal es kaum geeignet ist, zahlenmäßig ausdrückbare Ergebnisse zu liefern.

Die Veränderungen, welche die Assimilation der Kohlensäure durch submerse Gewächse in der Konzentration der an Calciumbicarbonat reichen natürlichen Wässer hervorruft, weisen uns nun einen Weg, die Assimilationsgröße unter den jeweilig herrschenden Lichtverhältnissen genau zu ermitteln und damit auch bestimmte Vorstellungen über das Eindringen der von der Pflanze ausnutzbaren Strahlen in die Gewässer zu gewinnen.

Bekanntlich steht die Kohlensäure den Pflanzen im Wasser nur zum geringsten Teil als frei gelöstes Gas zur Verfügung. In weitaus größerer Menge ist sie als sog. halbgebundene Kohlensäure in den Bicarbonaten enthalten, denen sie durch den Assimilationsvorgang entzogen wird. Liegt, wie es im Süßwasser regelmäßig der Fall ist, Calciumbicarbonat vor, so führt dessen Umwandlung in Carbonat zu einer Verringerung der Konzentration des Wassers, da CaCO_3 viel weniger löslich ist als $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ und somit bei Kohlensäureentzug ausfallen muß. Bekannt sind ja die Kalküberzüge an den Blättern untergetauchter Wasserpflanzen, wie Elodea, Potamogeton, Chara u. a., sowie die Kalkinkrustationen zahlreicher Algenkolonien (besonders Schizophyceen), welche vornehmlich diesem Vorgang ihre Entstehung verdanken. Da stets die der entzogenen Kohlensäure äquivalente Menge von Kalkcarbonat ausfallen muß, so ergibt die Bestimmung der Konzentrationsabnahme gleichzeitig auch quantitativ die assimilatorische Leistung der Pflanze. Diese Konzentrationsabnahme kann nun durch Messung des elektrolytischen Leitvermögens des Wassers, das ja bei verdünnten Lösungen der Elektrolytkonzentration proportional ist, in einfachster Weise außerordentlich genau ermittelt werden¹⁾.

Dieses Verfahren wurde nun auch bei Freilandversuchen im Lunzer Untersee zur Bestimmung der Assimilationsgröße von Wasserpflanzen in verschiedenen Tiefen herangezogen, und seine Einzelheiten mögen im folgenden kurz beschrieben werden.

Abgesehen von der etwas kostspieligen Apparatur zur Messung des elektrolytischen Leitvermögens²⁾, läßt die Methode an Einfachheit nichts

¹⁾ Vgl. F. RUTTNER, Das elektrolytische Leitvermögen verdünnter Lösungen unter dem Einflusse submerser Gewächse I. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Mathem.-Naturw. Kl., 130. 1921.

²⁾ Wir verwenden die von M. PLEISSNER (Wasser und Abwasser, 2. 1910) angegebene, tragbare Zusammenstellung.

zu wünschen übrig. In Flaschen von genau bekanntem Inhalt (ca. 300 ccm), die mit gut schließenden Glasstopfen versehen und mit dem Wasser des betreffenden Sees gefüllt sind, werden mehrere Sprosse einer kräftig assimilierenden Wasserpflanze (z. B. *Elodea canadensis*) von einem verankerten Schwimmer aus in die zu prüfenden Tiefen versenkt und mehrere Stunden exponiert. Die Differenz der elektrolytischen Leitfähigkeiten vor und nach der Exposition zeigt die Konzentrationsabnahme des Wassers an, welche in der kurzen Zeit, während der die viel langsamer erfolgende Aufnahme von Nährstoffen nicht in Betracht kommt, ausschließlich durch den Ausfall von Calciumcarbonat bedingt wird. Die Menge desselben kann nun einem Diagramm, das die Konzentrationen von Calciumbicarbonatlösungen mit deren Leitfähigkeit in Beziehung bringt, entnommen und daraus (am besten auf 1 g Trockensubstanz der verwendeten Wasserpflanzen bezogen) die assimilierte Kohlensäure in Milligramm berechnet werden.

Da nicht nur die Lichtintensität, sondern auch die Temperatur die Kohlensäureassimilation in hohem Grade beeinflusst, wird man dort, wo es sich um eine vergleichende Feststellung der alleinigen Lichtwirkung in verschiedenen Tiefen handelt, für die Beobachtungen am zweckmäßigsten solche Zeiten wählen, in welchen keine oder nur eine geringe Temperaturschichtung unter der Oberfläche vorhanden ist, vor allem also die Herbstmonate. Will man jedoch lediglich die untere Grenze der Assimilation in einem Gewässer feststellen, so wird eine Berücksichtigung der Temperaturverhältnisse von geringerer Bedeutung sein. Gleichzeitige Beobachtungen der Lichtintensität über der Wasseroberfläche (etwa mit dem Eder-Hechtschen Graukeilphotometer ausgeführt) können die Beziehung der gewonnenen Ergebnisse zu den außer Wasser herrschenden Beleuchtungsverhältnissen herstellen.

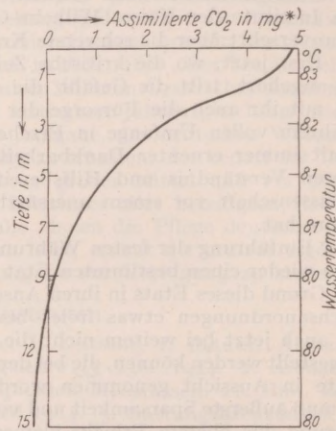
Als Beispiel sei aus zahlreichen Beobachtungen eine Versuchsreihe herausgegriffen, die im Herbst 1922 bei annähernd vollständiger Homothermie in den Wasserschichten oberhalb 15 m ausgeführt wurde. In jeder der untersuchten Tiefen wurden 2 Flaschen mit je 6 fingerlangen Sprossen *Elodea* 5 Stunden lang bei lichtem Talnebel¹⁾ exponiert und die Mittelwerte der Beobachtungen sind in folgendem Diagramm wiedergegeben.

Eine nähere Diskussion dieses Diagrammes würde hier zu weit führen, sie soll mit jener zahlreicher anderer Beobachtungen einer späteren Veröffentlichung vorbehalten werden. Es sei nur darauf hingewiesen, daß an dem Versuchstage die untere Grenze der wirksamen Assimilation von *Elodea* etwa bei 10 m lag, in größerer Tiefe wird der Wert negativ, d. h. es ist durch die Atmung

¹⁾ Die mit dem Eder-Hechtschen Graukeilphotometer gemessene absolute Lichtmenge während der fünfständigen Expositionszeit betrug oberhalb der Wasserfläche 7546 Bunsen-Roscoë-Einheiten.

mehr Kohlensäure abgeschieden worden, als assimiliert werden konnte, was eine Auflösung von festem Kalkcarbonat und Erhöhung des Leitvermögens bedingte. Bei anderen Beobachtungen an wolkenlosen Sommertagen konnte die untere Grenze der wirksamen Assimilation für diese Pflanze bei 15, ja bei 18 m festgestellt werden.

Die Methode kann je nach Bedarf auch in der Weise modifiziert werden, daß man, anstatt zahlreiche Flaschen mit Wasserpflanzen in verschiedenen Tiefen gleichzeitig zu exponieren, einen und denselben Versuch nacheinander in die zu untersuchenden Tiefen versenkt, wobei eine Exposition von je einer Stunde genügt. Dies hat den Vorteil, daß die individuellen Unterschiede der Assimila-



*) Für 1 g Trockensubstanz und 1 Stunde Belichtungszeit berechnet.

tionsenergie, die bei verschiedenen Sprossen derselben Pflanzenart häufig vorkommen, ausgeschaltet werden.

Fragen wir uns nun, was diese Methode für die Limnologie zu leisten verspricht. Zunächst könnten vergleichende, mit ein und derselben gut assimilierenden Pflanzenart (z. B. *Elodea canadensis*) vorgenommene Feststellungen der unteren Assimilationsgrenze in möglichst vielen und verschiedenen Seen Aufschlüsse über das Lichtklima der Gewässer geben, die für die Biologie um so wertvoller wären, als sie gerade auf der lebenswichtigsten Lichtwirkung, der Kohlensäureassimilation basieren. Ferner ist, wie schon früher erörtert, das Verfahren geeignet, die Lichtbedingungen in verschiedenen Tiefen und Teilen ein und desselben Sees, im freien Wasser, über hellem und dunklem Schlammgrund, über der Vegetation, zu beobachten und schließlich durch Parallelversuche mit verschiedenen Arten auch die Lichtansprüche der submersen Gewächse und deren assimilatorische Leistungen im Gewässer selbst zu vergleichen und so zur Klärung des Verteilungsproblems der Pflanzenwelt im Wasser beizutragen.

Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft (Oktober 1923 bis Oktober 1924).

Allgemeiner Bericht.

Erstattet vom Präsidenten A. v. HARNACK.

Das vergangene Jahr bedeutete für die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in mancher Hinsicht den Beginn einer neuen Epoche. Die Stabilisierung der Währung brachte der Gesellschaft die Möglichkeit, von dem notdürftigen Aufrechterhalten der Institute allmählich wieder zu einem planvollen und gesicherteren Arbeiten überzugehen. In der Inflationszeit stand notwendigerweise der Gedanke, die Institute wenigstens in ihrem Bestande zu erhalten, allen anderen Interessen voran; und die wissenschaftliche Arbeit erfuhr dadurch häufig die nachteiligste Beschränkung. Nur der aufopfernden Mithilfe aller beteiligten Kreise, der Reichs- und Staatsstellen sowie der unterstützenden Industrie, ist es gelungen, die Institute der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft im ganzen unversehrt über die schwerste Krise hinwegzubringen. Erst jetzt, wo die kritische Zeit der Vergangenheit angehört, tritt die Gefahr, die damals bestand, und mit ihr auch die Fürsorge der beteiligten Stellen in ihrem vollen Umfange in Erscheinung und läßt uns mit immer erneuter Dankbarkeit derer gedenken, deren Verständnis und Hilfsbereitschaft die deutsche Wissenschaft vor einem unersätzlichen Verluste bewahrt hat.

Nach der Einführung der festen Währung erhielten die Institute wieder einen bestimmten Etat und konnten sich auf Grund dieses Etats in ihren Anschaffungen und Versuchsanordnungen etwas freier bewegen, obwohl ihnen auch jetzt bei weitem nicht die Mittel zur Verfügung gestellt werden können, die bei der Gründung der Institute in Aussicht genommen worden waren. Auch jetzt muß äußerste Sparsamkeit und vorsichtigste Betriebsführung das oberste Prinzip bleiben, doch in dem knappen Rahmen ist immerhin die Möglichkeit gegeben, wissenschaftliche Arbeiten zu planen und durchzuführen.

So belebte sich die Tätigkeit in allen Instituten; auch die notwendigsten Ergänzungen der wissenschaftlichen Apparatur konnten nach und nach beschafft werden. Man darf hoffen, daß nach einer Zeit schwerster Gefährdung des Bestehenden nach und nach wieder ein neuer Aufbau beginnen kann.

Über den Stand der wissenschaftlichen Arbeiten in den einzelnen Instituten werden die Direktoren selbst berichten.

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft ist stets bestrebt, ihren Arbeitskreis zu erweitern und ihre Tätigkeit neuen Forschungsgebieten zuzuwenden. Wenn auch die wirtschaftliche Lage diesen Bestrebungen zur Zeit enge Grenzen setzt, so brachte doch das vergangene Jahr der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft einen äußerst wertvollen Zuwachs durch die auf Wunsch des Stiftungsratsausschusses der Anstalt und der Bayerischen Regierung erfolgte Eingliederung der *Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie* in München in den Kreis der Kaiser Wilhelm-Institute. Vertreter der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft im Stiftungsrat der Anstalt sind die Herren Dr. GLUM, Dr. v. GWINNER, Dr. SALOMONSOHN und RABBETHGE. Durch die großzügige Beihilfe des Reiches gelang es, die Anstalt in ihrem Bestande zu sichern.

Die Tätigkeit der im vorhergehenden Jahre übernommenen Biologischen Station Lunz hat sich unter der Verwaltungsgemeinschaft der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft mit der Akademie der Wissenschaften in Wien günstig entwickelt. Im Juni 1924 fand in Lunz die feierliche Übernahme der Station durch die Kaiser

Wilhelm-Gesellschaft und die Akademie der Wissenschaften in Wien statt. Im vergangenen Sommer konnten 12 Stipendien für vierwöchigen Studienaufenthalt in Lunz an Reichsdeutsche und Deutsch-Österreicher vergeben werden.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie hat eine besonders wertvolle Erweiterung erfahren durch die Eingliederung einer Forschungsstelle für Physiologie, deren wissenschaftliche Leitung Herr Prof. Dr. MEYERHOF, bisher Professor an der Universität Kiel, übernommen hat, und in der er seine bedeutungsvollen physiologischen Arbeiten, die im vergangenen Jahre durch den Nobelpreis ausgezeichnet wurden, fortsetzen wird.

Der Erweiterungsbau der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen ist in Angriff genommen worden und wird im Laufe des nächsten Jahres fertiggestellt werden. Die Anstalt erhält dadurch erheblich verbesserte Arbeitsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Strömungswissenschaft, auf deren Bedeutung die breitere Öffentlichkeit erst kürzlich durch die Probefahrt des Flettner-Rotor-Schiffes, dessen wissenschaftliche Erprobung in der Anstalt erfolgt ist, aufmerksam gemacht worden ist.

Neben der Fürsorge für ihre Institute war die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft auch im letzten Jahre bemüht, die Arbeiten einzelner Forscher zu unterstützen. Allerdings setzten die geringen Mittel diesen Bestrebungen recht enge Grenzen. Wie bereits im vergangenen Jahre, so erhielt auch in diesem Jahre Herr Prof. CLOOS in Breslau für seine geologischen Arbeiten eine Unterstützung; außerdem wurde Herrn Prof. KÜHN in Göttingen ein Betrag zur Fortsetzung seiner Vererbungsforschungen zur Verfügung gestellt, ebenso Herrn Prof. BUCHNER in Greifswald für seine Versuche über „Tierisches Licht“.

Die Zahl der Mitglieder der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft ist im Berichtsjahre von 300 auf 330 angewachsen. Eine Werbeaktion, welche die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft im Anfang des Jahres 1924 unternahm, hat gezeigt, daß in weiten Kreisen erfreuliches Interesse für die Unternehmungen der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft besteht. Nachdem die Mitgliedsbeiträge im Dezember 1923 auf Goldmark umgestellt wurden, konnten sie wieder zur Deckung von Ausgaben der Gesellschaft herangezogen werden, zumal da viele Mitglieder ihre Beiträge freiwillig erhöhten. Allerdings können die Mitgliedsbeiträge noch lange nicht wieder in dem Umfange, wie es vor dem Kriege der Fall war, zur Deckung der Ausgaben herangezogen werden; es ist aber zu hoffen, daß die Mitgliedsbeiträge allmählich wieder eine größere Rolle im finanziellen Aufbau der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft übernehmen können.

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft hat im letzten Jahre den Tod folgender Mitglieder zu beklagen:

Gen.-Dir. BECKER, Krefeld;
 CARL v. OSTERTAG-SIEGLE, Stuttgart;
 Komm.-Rat SCHOELLER, Düren;
 Bankdirektor MANKIEWITZ, Berlin;
 Geh. Justizrat CARP, Düsseldorf;
 Dr. e. h. DIEDERICHSEN, Hamburg.

Ihnen allen wird die Gesellschaft stets ein ehrenvolles Andenken bewahren.

Herr Geheimer Regierungsrat Professor Dr. CORRENS, I. Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für Biologie, feierte am 19. Sept. 1924 seinen 60. Geburtstag.

Herr Prof. HAHN, bisher wissenschaftliches Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie, erhielt einen Ruf an die Technische Hochschule in Hannover. Er lehnte ihn ab und wurde zum II. Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie ernannt. Wie bereits erwähnt, folgte Herr Prof. MEYERHOF, bisher in Kiel, einem Rufe an das Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie. Frl. Prof. Dr. LISE MEITNER, wissenschaftliches Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie, erhielt die silberne Leibnizmedaille.

Zwei Direktoren der Kaiser Wilhelm-Institute befinden sich zur Zeit im Auslande: Herr Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. HABER unternimmt eine Weltreise, bei der er verschiedene Universitäten der Vereinigten Staaten von Amerika und von Japan besuchen wird. Herr Prof. GOLDSCHMIDT hat sich nach Japan begeben, um dort seine vor dem Kriege begonnenen Vererbungs-forschungen abzuschließen.

Herr Dr. KÖRBER, bisher stellvertr. Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für Eisenforschung in Düsseldorf, wurde zum Direktor desselben Institutes ernannt. Herr Prof. Dr. THIENEMANN, Leiter der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Plön wurde zum o. Professor an der Universität Kiel ernannt.

Der Senat der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft trat in der Berichtszeit zweimal zusammen. Am 16. Dezember 1924 wird die 11. Hauptversammlung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft stattfinden, die durch einen Vor-

trag des Wirklichen Geheimen Rats Dr. O. VON MILLER über „Ausnützung der Wasserkräfte“ eingeleitet werden soll, und an die sich ein Bierabend anschließen wird. Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft veranstaltet im Winter 1924/25 wiederum eine Reihe von Vorträgen. Es sprechen Herr Geh. Hofrat Prof. Dr. KRAEPELIN, Direktor der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser Wilhelm-Institut) in München, über „Das Rätsel der Paralyse“; Herr Prof. Dr. HARTMANN, wissenschaftliches Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Biologie, über „Biologie und Philosophie“; Herr Prof. Dr. MEYERHOF, wissenschaftliches Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Biologie, über „Der Zusammenhang der Arbeitsleistung des Muskels mit den zugrunde liegenden chemischen Prozessen“; Herr. Geh. Regierungsrat Prof. Dr. NERNST, Senator der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, über „Kausalgesetz und neuere Naturforschung“; Herr Prof. Dr. THIENEMANN, Leiter der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Plön, über „Der See als Lebensinheit“.

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft steht nach den vergangenen kritischen Jahren gleichsam wieder am Beginn ihrer Aufgabe, der deutschen Wissenschaft ihren hohen Rang zu erhalten. Sie bedarf zur Durchführung ihrer Zwecke großer Mittel und vor allem des tatkräftigen Interesses aller beteiligten Kreise. Deshalb muß an alle, denen die Pflege deutscher Wissenschaft am Herzen liegt, erneut der Aufruf ergehen, sich der großen Aufgabe zur Verfügung zu stellen.

Berichte aus den einzelnen Instituten.

Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem.

Das Institut hat über einige wichtige Veränderungen zu berichten: Die Leitung der Abteilung für Entwicklungsmechanik wurde gegen Schluß des Jahres 1923 dem Privatdozenten der Zoologie in Freiburg i. Br., Dr. OTTO MANGOLD, übertragen, der mit Schluß des Wintersemesters 1923/24 nach Dahlem übersiedelte. Gegen Schluß des Sommersemesters 1924 bezog ferner Professor Dr. OTTO MEYERHOF eine neue physiologische Abteilung, die ihm von der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft im Institut eingerichtet worden war. Die dazu nötigen Räume wurden dadurch gewonnen, daß einerseits die bisherigen Arbeitszimmer für Gäste eingezogen wurden, andererseits die Abteilung für Entwicklungsmechanik eingeschränkt wurde. Anfang September 1924 hat sich der 2. Direktor des Institutes, Professor Dr. R. GOLDSCHMIDT, nach Tokio eingeschifft, wohin er von der japanischen Regierung für 2 Jahre berufen worden ist, und wo er seine Studien über die Artbildung bei Schmetterlingen fortzusetzen gedenkt.

Einzelberichte.

I. Abteilung Correns. Die Versuche über Vererbung und Geschlechtsbestimmung wurden fortgesetzt. Veröffentlicht wurde: 1. Lang- und kurzgrifflige Sippen bei *Veronica gentianoides*. Biol. Zentralbl. 43, H. 6. Januar 1924. 2. Über den Einfluß des Alters der Keimzellen. I. Dritte Fortsetzung der Versuche zur experimentellen Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses. Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss., Mathem.-naturw. Kl. IX. 1924. Ferner erschien die in der Abteilung ausgeführte Arbeit des Professors SEIGO FUNAKA: Beiträge zur Kenntnis der Anatomie panaschierter Blätter. Biol. Zentralbl. 44, H. 7. Juli 1924. Der Assistent, Dr. FRITZ VON WETTSTEIN, setzte seine genetischen und cytologischen Untersuchungen an Laubmoosen fort und las an der Universität. Er veröffentlichte: 1. Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Moose auf genetischer

Grundlage. I. Zeitschr. f. induct. Abstammungs- u. Vererbungslehre 33, 236. 1924. 2. Kreuzungsversuche mit multiploiden Moosrassen. II. Biol. Zentralbl. 44, H. 4. April 1924. 3. Gattungskreuzungen bei Moosen. Zeitschr. f. induct. Abstammungs- u. Vererbungslehre 33, 1924. Frl. Dr. med. AGNES BLUHM brachte ihre Versuche zur Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses bei Säugetieren zum Abschluß und begann mit Vorversuchen zur Entscheidung der Frage, ob die Schädigungen der Nachkommenschaft durch elterlichen Alkoholismus erblicher Natur sind, oder nicht. Es handelt sich bei diesen Vorversuchen in erster Linie um Ermittlung der den Versuchstieren zu injizierenden Dosis Alkohol, die so beschaffen sein muß, daß sie schädigend auf die Nachkommen wirkt, aber nicht derart auslesend, daß nur die besonders kräftigen überleben und zur Fortpflanzung gelangen. Gleichzeitig züchtete sie Ausgangsmaterial für den Hauptversuch, das, um größtmögliche Erbgleichheit der Versuchs- und Kontrolltiere zu erzielen, in längerer strenger Inzucht (möglichst Wurfgeschwister) gewonnen werden muß. Veröffentlichungen: Außer einer zusammenfassenden Darstellung der erstgenannten Versuche „Über einige Versuche, bei Säugetieren das Zahlenverhältnis der Geschlechter zu beeinflussen“, Arch. f. Rassen- u. Gesellschaftsbiol. 16, 1, eine Reihe biologischer Artikel im Handwörterbuch der Sexualwissenschaft, herausgegeben von M. MARCUSE, Bonn 1923 und ein auf dem 17. internationalen Kongreß gegen den Alkoholismus zu Kopenhagen, August 1923, gehaltenen Vortrag.

II. Abteilung Goldschmidt. Der Leiter der Abteilung setzte seine Untersuchungen über verschiedene Probleme der Vererbungslehre und verwandter Gebiete fort und nahm mehrere neue in Angriff. Außer dem Assistenten, Dr. SÜFFERT, arbeiteten in der Abteilung Frl. Dr. K. PARISER, Frau Dr. SCHEINKIN-HAREVEN, Professor MINAMI, Professor TAKECHI. Es wurden veröffentlicht: R. GOLDSCHMIDT, Untersuchungen zur Genetik der geographischen Variation I. Arch. f. Ent-

wicklungsmechan. d. Organismen 101, S. 1/3. R. GOLDSCHMIDT, Weitere Beiträge zur Kenntnis des Gynandromorphismus. Biol. Zentralbl. 43, S. 5. R. GOLDSCHMIDT und S. MINAMI, Vererbung der sekundären Geschlechtscharaktere. Studia Mendeliana 1924. F. SÜFFERT, Bestimmungsfaktoren des Zeichnungsmusters bei Saisondimorphismus von *Araschnia levana prorsa*. Biol. Zentralbl. 44. 1924. F. SÜFFERT, Morphologie und Optik der Schmetterlingsschuppen, insbesondere der Schillerfarben der Schmetterlinge. Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 1. 1924.

III. Abteilung Hartmann. Der Leiter der Abteilung brachte seine Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Volvocineen zum vorläufigen Abschluß. Die Untersuchungen über Vererbung und Fortpflanzung bei Salinenkrebsen wurden weitergeführt. Der Assistent Dr. V. JOLLOS, setzte seine Vererbungs- und cytologisch-entwicklungsphysiologischen Untersuchungen an verschiedenen Protisten fort, desgleichen die Untersuchungen über Vererbung und Geschlechtsbestimmung an Amphibien und Zecken. An der Universität hielt er verschiedene Vorlesungen ab. Der Assistent Dr. K. BELAR führte seine cytologisch-entwicklungsphysiologischen Arbeiten an verschiedenen Protisten weiter, desgleichen seine Untersuchungen über Geschlechtsbestimmung und Parthenogenese an Nematoden. Im Frühjahr 1924 habilitierte er sich an der Universität Berlin. In der Abteilung arbeiteten ferner noch Herr C. STERN über cytologisch-entwicklungsphysiologische Untersuchungen an Heliozoen und promovierte mit dieser Arbeit im Winter 1923. Herr J. HÄMMERLING führte Arbeiten über die Fortpflanzung bei Würmern aus. Er promovierte mit dieser Arbeit im Frühjahr 1924. In der Abteilung arbeitet außerdem der Doktorand Herr LUNTZ. Es wurden veröffentlicht: M. HARTMANN, Veränderung der Koloniebildung von *Eudorina elegans* und *Gonium pectorale* unter dem Einfluß äußerer Bedingungen. IV. Mitt. Im Druck, Arch. f. Protistenkunde. M. HARTMANN, Der Ersatz der Fortpflanzung an Amöben durch fortgesetzte Regeneration. Im Druck im Arch. f. Protistenkunde. V. JOLLOS, Untersuchungen über die Variabilität und Vererbung bei Arcellen. Im Druck im Arch. f. Protistenkunde. K. BELAR, Untersuchungen an *Actinophrys sol* Ehrbg. II. Arch. f. Protistenkunde 48. K. BELAR, Cytologie der Merospermie. Zeitschr. f. Zellen- u. Gewebelehre 1. 1924. K. BELAR, Chromosomenzyklus bei parthenogenetischen Erdnematoden. Biol. Zentralbl. 43, S. 5. C. STERN, Untersuchungen über *Acanthocystiden*. Arch. f. Protistenkunde 48. J. HÄMMERLING, Über dauernd teilungsfähige Körperzellen bei *Aeolosoma hemprichi* Ehrbg. Biol. Zentralbl. 1924, H. 5.

IV. Abteilung Warburg. Es wurden folgende Arbeiten ausgeführt: Über die Aktivierung stickstoffhaltiger Kohlen durch Eisen. Biochem. Zeitschr. 145, 401. 1924. Über die Blackmansche Reaktion. Biochem. Zeitschr. 146, 486. 1924. Über die Oxydation von Fructose in Phosphatlösungen. Biochem. Zeitschr. 146, 380. 1924. Versuche an überlebendem Carcinomgewebe (wird erst gedruckt). Vorl. Mitt. i. d. Klin. Wochenschr. 1924, Nr. 24.

V. Abteilung Mangold. Der Leiter der Abteilung setzte seine Untersuchungen zum Problem der Determination der Keimesbezirke an Tritonen weiter fort. In Gemeinschaft mit seinem Assistenten Dr. SEIDEL wurde auch speziell die Analyse heteroplastischer Keimverschmelzungen im Zweizellenstadium gefördert. Ferner führte er Untersuchungen über den chemischen Sinn des Regenwurms weiter. Er habilitierte sich aufs neue

an der Universität Berlin. Dr. SEIDEL dehnte seine Untersuchungen über die Embryonalentwicklung an Insekten weiter aus. Veröffentlichungen: OTTO MANGOLD, Beobachtungen und Experimente zur Biologie des Regenwurms. (Lauterzeugung, Formsinn und chemischer Sinn.) Zeitschr. f. vergl. Physiol. Im Druck.

Kaiser Wilhelm-Institut für experimentelle Therapie und Biochemie, Berlin-Dahlem.

Bakteriologische Abteilung (A. v. WASSERMANN).

Seit Mitteilung seiner spezifischen Serodiagnostik auf aktive Tuberkulose hat A. v. WASSERMANN unablässig an einer Vervollkommnung der Methodik gearbeitet. Die Herstellung des Antigens aus Tuberkelbacilleneiweiß und Lecithin durch den Verbraucher selbst hat sich nicht gleichmäßig bewährt; von ungeschulten Händen sind offenbar vielfach Antigene hergestellt worden, die den Anforderungen einer streng spezifischen Serodiagnostik nicht genügten. Es sind daher Versuche eines bereits mit Lecithin beladenen haltbaren Antigens aufgenommen, die vor ihrem erfolgreichen Abschluß stehen. Die Wirkungsweise des Lecithins bei dem Reaktionsablauf ist von Dr. KLOSTOCK studiert und in dem Sinne einer Verstärkung und Sichtbarmachung einer spezifischen Antigen-Antikörperreaktion gelöst worden.

Auf dem Gebiete der Syphilisprophylaxe und -therapie wurde in Gemeinschaft von v. WASSERMANN mit Dr. BENDA, in der Firma Leopold Cassella & Co., Frankfurt a.M., und Professor REITER weitergearbeitet. Die zunächst an Tierversuchen gewonnenen erfolgversprechenden Ergebnisse zeigten, auf den Menschen übertragen, nicht die erwarteten Resultate. Es wurde daher mit Prüfung weiterer Arsenpräparate begonnen, wobei es gelang, eine organische Arsenverbindung zu finden, die im Tierversuch einen günstigen chemotherapeutischen Index aufweist; Untersuchungen am Menschen stehen bevor.

Unter Verwendung des früher von C. NEUBERG als hydrotropisches Salz erkannten Natr. benz. wurden in Gemeinschaft mit Professor REITER Versuche über perorale Immunisierung gegen eine Reihe von Infektionen angestellt. Es zeigte sich hierbei, daß es auf diesem Wege gelingt, den Darm für die Impfstoffe durchgängig zu machen und in dem Organismus die Bildung von Schutzstoffen auszulösen. Das Verfahren, dessen Veröffentlichung unmittelbar bevorsteht, dürfte große praktische Bedeutung erlangen.

Neben den bereits genannten Arbeiten wurden folgende Untersuchungen ausgeführt. Von Professor REITER: 1. Beitrag zur Frage der Wiederinfektion bei experimenteller Kaninchensyphilis. Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh. 92. 2. Untersuchungen über den serologischen Nachweis experimenteller Kaninchensyphilis. Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh. 3. Die Reinzüchtung der *Spirochaeta pallida* und der *Spirochaeta dentium* (vorgetragen auf der Naturforscherversammlung in Innsbruck, Sept. 1924). 4. Studien über lokale Immunität. In Vorbereitung. 5. Studien über die Recurrenzspirochäten. In Vorbereitung. — Sanitätsrat CITRON hat sich der Insulinforschung zugewandt, sein Arbeitsgebiet ist im einzelnen folgendes: 1. Methodik der Blutzuckerbestimmung, insbesondere Mikromethodik. In Arbeit. 2. Versuche über die Einwirkung oraler Darreichung von Insulin auf den Blutzucker. In Arbeit. 3. Methodik der Harnzuckerbestimmung, die zur Konstruktion eines neuen Apparates zur quantitativen Zuckerbestimmung auf densimetrischem Prin-

zip geführt haben. Dtsch. med. Wochenschr. — Dr. KLOPSTOCK hat insbesondere in zahlreichen Untersuchungen die physikalisch-chemischen Grundlagen unserer serodiagnostischen Untersuchungsmethoden und der Wirkungsweise des Komplements zu klären gesucht. 1. Über die Wirkungsweise der Lipide bei der Serodiagnose auf aktive Tuberkulose und der Serodiagnostik überhaupt. Dtsch. med. Wochenschr. 1924. Nr. 1. 2. Komplexe Konstitution des Komplements und kolloid-chemische Struktur des Serumweißes. Dtsch. med. Wochenschr. 1924, Nr. 35. 3. Komplementadsorption durch Farbstoffe. Biochem. Zeitschr. 149. 1924. 4. Zur Übertragung der Tuberkulinüberempfindlichkeit. Zeitschr. f. Immunitätsforsch. u. exp. Therapie 40. 1924. 5. Komplementadsorption durch Farbstoffe. Beitrag zu den physikalisch-chemischen Grundlagen der WaR. Klin. Wochenschr. 3, Nr. 32. 6. Chemotherapie der experimentellen Meerschweinchentuberkulose. Erscheint in der Zeitschr. f. Tuberkul. 7. Serumfarbstoffphänomene. Erscheint im Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh. 8. Über die Natur des d'Hérelleschen Lysins. In Vorbereitung. 9. Die Wirkungsweise des sog. Komplements. In Vorbereitung. — Dr. KADISCH bearbeitete: 1. Vitro- und Vivoveruche über Calciumhypochlorit (zu Fortsetzung von Versuchen mit Geheimrat M. FICKER). Veröffentl. i. d. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. Jahrg. 1924. 2. Vitrowirkung von Wismutsalzen auf Trypanosomen und Spirochäten. Noch nicht abgeschlossen. 3. Aktivierung und Haltbarkeit des Tetanustoxins. — Professor OGAVA aus Tokio ist mit vergleichenden Untersuchungen über die Wirkungsweise von Extrakten aus säurefesten Bakterien bei Tuberkulose beschäftigt. — Dr. KUROKAWA aus Kobe arbeitet über verschiedene Methoden der Immunisierung gegen Streptokokken-, Pneumokokken- und Mäuse-typhusinfektionen.

Chemische Abteilung (C. NEUBERG).

I. Untersuchungen über die Sulfatase.

Für die im Stoffhaushalt des Menschen und der Tiere bedeutsame Gruppe der sog. Äthersulfate, d. h. der esterartigen Verbindungen von Schwefelsäure mit Phenolen, haben wir ein Ferment, die Sulfatase, aufgefunden, das die biologische Spaltung jener Stoffe besorgt. Wir konnten zeigen, daß dieses Enzym nicht nur auf die einfache Phenol-äther-schwefelsäure eingestellt ist, sondern auch die physiologisch häufiger zu beobachtende p-Kresol-schwefelsäure angreift. Weiter wurde festgestellt, daß Sulfatase unter den natürlichen Verhältnissen wirkt, indem sie die enzymatische Zerlegung der Äthersulfate im normalen und pathologischen Harn zuwege bringt. Schließlich wurde ihre Einwirkungskraft auch auf künstlich gewonnene, nicht als Naturprodukte auftretende Ätherschwefelsäuren dargestellt. Zum Zwecke des weiteren Studiums der Sulfatase wurden Schwefelsäureester von Naturstoffen künstlich bereitet (Veröffentlichungen 1—7).

II. Untersuchungen über Phosphatasen.

Angesichts der Bedeutung der organischen Phosphorsäureverbindungen wurden die in früheren Jahren schon betriebenen Untersuchungen über Phosphorsäure lösende Enzyme erweitert. Dabei ergab sich folgendes: Sowohl im Tierkörper als in Pilzen und Bakterien finden sich Enzyme, welche die Phosphorsäureabkömmlinge der Zuckerarten und verwandter Stoffe zerlegen. Die Hexose-di-phosphorsäure erwies sich als spaltbar durch Fermente aus den Organen und der Knochenhaut. Auch in erdbewohnenden Bakterien kommt ein

Enzym vor, das dieses Substrat hydrolysiert; es ist begleitet von Fermenten, welche die Glycerophosphate und das Lecithin sowie die Nucleinsäuren angreifen. Die durch Abbau aus der Hexose-di-phosphorsäure entstehende Hexose-mono-phosphorsäure wird gleichfalls durch die genannten physiologischen Agentien zersetzt. Im Zusammenhange mit diesen Untersuchungen wurde die konstitutionelle Beziehung der Hexose-mono-phosphorsäure zur Hexose-di-phosphorsäure geklärt (Veröffentlichungen 8—14).

III. Untersuchungen über die Takadiastase.

Der Umstand, daß von dem Pilz *Aspergillus oryzae* die unter I. und II. erwähnten Enzyme (Sulfatase und Phosphatasen) hervorgebracht werden, war Veranlassung, nach anderen Fermenten in diesem eigentümlichen Material zu suchen. Das Ergebnis war überraschend. Die Takadiastase erwies sich geradezu als ein Arsenal zahlreicher Enzyme; in ihr wurden Cellase, Inulase, Lactase, β -Glucosidase, Amygdalase, Lab sowie ein peptolytisches Ferment entdeckt (Veröffentlichungen 15—21).

IV. Untersuchungen über die Gärungserscheinungen.

Über das Wesen der „phytochemischen Reduktion“, die wegen ihrer Beziehung zu den Teilprozessen der Zuckerspaltung von Wichtigkeit ist, wurden neue Erfahrungen an Substanzen gesammelt, die besondere Empfindlichkeit oder besondere Struktur aufweisen. Bezüglich des Verlaufs der anaeroben Pflanzenatmung, die seit PASTEURS Zeiten mit der Gärung in Beziehung gesetzt worden ist, wurde eine Beobachtung mitgeteilt, die den eigentlichen Zusammenhang hinsichtlich des Chemismus kennzeichnet. Es gelang der Nachweis, daß die Alkoholbildung bei der anaeroben Atmung, beispielsweise der Erbsen, sich genau wie die Produktion von Weingeist bei der alkoholischen Gärung über die Stufe des Acetaldehyds vollzieht. Der Acetaldehyd, der eine sich immer deutlicher offenbarende große Bedeutung für den allgemeinen Stoffwechsel erlangt, wurde weiterhin in eine neue Relation zur alkoholischen Gärung gebracht. Normalerweise entsteht der Acetaldehyd im Verlaufe der alkoholischen Zuckerspaltung, kann aber ohne besondere Eingriffe in den Gärungsvorgang nicht zutage treten; denn er verschwindet in dem innerlich ausgeglichenen System oxydativer und reduktiver Vorgänge, indem er durch Hydrierung in Alkohol verwandelt wird. Fügt man nun Acetaldehyd zu einer auf übliche Weise zur Gärung gebrachten Zuckerlösung, so vollzieht sich ein unerwarteter Vorgang. Der zugegebene Acetaldehyd, C_2H_4O , erzeugt mit dem im normalen Prozeß intermediär entstehenden Acetaldehyd durch Kernsynthese zu 100% einen Stoff, der bisher niemals bei der alkoholischen Gärung beobachtet war, das Acetoin, $C_4H_8O_2$. Es ergibt sich daraus eine Feststellung von grundsätzlicher Bedeutung. Beim Zusammentreffen ungewöhnlicher Mengen eines intermediären und schon auf der Bahn der Oxydation liegenden Spaltungsproduktes, des Acetaldehyds, mit dem in normaler Umwandlung begriffenen Ausgangsmaterial, dem Zucker, wird eine Umkehr der in Gang befindlichen Zerlegung eingeleitet und der Weg des biochemischen Wiederaufbaues beschritten. Bei den heute klar liegenden Beziehungen zwischen Zucker und Brenztraubensäure war unser weiterer Befund von Wichtigkeit, daß Zugabe von Acetaldehyd auch zu gärender Brenztraubensäure jene Kohlenstoffketten-Synthese zur Folge hat; dabei handelt es sich um eine reine Fermentbetätigung. Die Oxalessigsäure liefert neben Butylenglykol und Äpfelsäure denselben Stoff.

Schließlich wurde eine einfache Versuchsanordnung beschrieben, welche die Carboxylasewirkung im Vorlesungsversuche zu demonstrieren gestattet, und des weiteren wurden die Gesichtspunkte klargestellt, die sich aus den erwähnten Untersuchungen für die Verwendung des Zuckers zur biologischen Synthese ergeben (hierüber liegen bisher vor die Veröffentlichungen 22—29).

V. Die enzymatische Spaltung acylierter Aminosäuren.

Eine benzoyleerte Aminosäure, die Hippursäure, ist ein Produkt des tierischen Stoffwechsels; in der Takadiastase wurde ein Ferment beobachtet, das die enzymatische Zerlegung der Hippursäure auslöst. Weiter wurde festgestellt, daß dasselbe Enzym auch die Phenacetursäure hydrolysiert. Namentlich aber involviert die Benutzung dieses Fermentes eine in theoretischer Hinsicht beachtenswerte Anwendung des Verfahrens zur Spaltung von Homologen des Glykoll. Es wird nämlich auch das d, l-Benzoyl-Alanin zerlegt und zwar in asymmetrischer Richtung; damit ist ein Verfahren gegeben, das die gleichzeitige Gewinnung der beiden optisch aktiven Komponenten von Eiweißbausteinen auf rein enzymatischem Wege ermöglicht (Veröffentlichungen 30—32).

VI. Untersuchungen über die Umsetzungen der Kohlenhydrate durch tierische Zellen.

In Fortführung unserer vorangegangenen Arbeiten über die Entstehung von Acetaldehyd beim Abbau der Kohlenhydrate durch tierische Zellen wurde Bildung und Herkunft des Acetaldehyds aus verschiedenen Quellen mit Hilfe des „Abfangverfahrens“ untersucht und ermittelt, welche Stoffe als Lieferanten des Acetaldehyds in Betracht kommen. Nach einwandfreier Identifizierung des auftretenden Stoffes als Acetaldehyd gesellt sich dieser nunmehr zu der altbekannten Milchsäure als ein sicheres Umwandlungsprodukt im intermediären Stoffwechsel der Warmblüterzelle.

Unser Befund, daß die Bildung von Acetaldehyd durch das Hormon des tierischen Zuckerstoffwechsels, das Insulin, gesteigert wird, wurde für die insulinähnlichen Stoffe des Pflanzenreiches, beispielsweise für das Glykokinin der Hefenzelle, bestätigt, und weiter ist an Hand des Auftretens von Acetaldehyd gezeigt worden, daß andere Inkrete ebenfalls in den Kohlenhydratabbau eingreifen. Bei geeigneter Dosierung heben sich Insulin und Adrenalin in ihrer Einwirkung auf den oxydativen Kohlenhydratabbau auf. Die Bildung von Acetaldehyd durch die tierische Zelle wird durch Phloridzin in spezifischer Weise gehemmt. Im Zusammenhange mit diesen Fragen stehen Untersuchungen über tierische Carboxylase (Veröffentlichungen 33—39).

VII. Verschiedenes.

Über die im Jahre 1916 aufgefundene Erscheinung der Hydrotropie, d. h. der merkwürdigen Löslichmachung in Wasser unlöslicher Stoffe mit Hilfe von wässrigen Salzlösungen, ist eine erweiternde Untersuchung vorgenommen, und zusammenfassend ist der Gegenstand im „Handb. d. prakt.-wissenschaftl. Pharmazie“ von THOMS in einem Artikel über „Abnorme Löslichkeiten“ besprochen. Mehrere monographische Abhandlungen wurden für verschiedene Handbücher geliefert, so ein Artikel über die allgemeine Chemie der Kohlenhydrate, einer über die stickstoffhaltigen Zuckerarten, ferner über die Chemie der Neubildungen (Geschwülste) und endlich ein Beitrag über die Phy-

siologie der Sonnenstrahlung für das vom Preußischen Wohlfahrtsministerium herausgegebene Handbuch der medizinischen Klimatologie und Balneographie (Veröffentlichungen 40—45).

Liste der Veröffentlichungen.

1. C. NEUBERG, Über das neue Ferment Sulfatase. Naturwissenschaften 1924.
2. C. NEUBERG und K. LINHARDT, Über Sulfatase. II. Mitteil. Biochem. Zeitschr. 142.
3. J. NOGUCHI, Über Sulfatase. III. Mitteilung. Biochem. Zeitschr. 143.
4. J. NOGUCHI, Über Sulfatase. IV. Mitteilung. Biochem. Zeitschr. 144.
5. R. TAMBA, Über einen Schwefelsäureester der Stärke. Biochem. Zeitschr. 141.
6. S. AKAMATSU, Über Galaktose-schwefelsäure. Biochem. Zeitschr. 142.
7. J. HATANO, Über Gelatine-schwefelsäure und Casein-schwefelsäure. Biochem. Zeitschr. 145.
8. Y. TAKAHASHI, Über die Spaltung von Hexose-di-phosphorsäure durch verschiedene Organe. Biochem. Zeitschr. 145.
9. Y. TAKAHASHI, Über die enzymatische Zerlegung von Hexose-mono-phosphorsäure durch Extrakte des Femur. Biochem. Zeitschr. 146.
10. S. AKAMATSU, Über das Vorkommen von Glycero-phosphatase in der „Takadiastase“. Biochem. Zeitschr. 142.
11. S. AKAMATSU, Über Lecithinspaltung durch „Takadiastase“. Biochem. Zeitschr. 142.
12. J. NOGUCHI, Über die Hexose-mono-phosphatase der Takadiastase. Biochem. Zeitschr. 143.
13. J. NOGUCHI, Über den Abbau von Nucleinsäuren durch Takadiastase. Biochem. Zeitschr. 147.
14. C. NEUBERG und E. REINFURTH, Über die Beziehungen der Hexose-mono-phosphorsäure zur Hexose-di-phosphorsäure. Biochem. Zeitschr. 146.
15. C. NEUBERG und O. ROSENTHAL, Über die Cellase der Takadiastase. Biochem. Zeitschr. 143.
16. Y. TAKAHASHI, Über das Vorkommen von Inulase in der Takadiastase. Biochem. Zeitschr. 144.
17. J. HATANO, Über „Taka-lab“. Biochem. Zeitschr. 149.
18. J. HATANO, Über die Spaltung verschiedener β -Glucoside durch Takadiastase. Biochem. Zeitschr. 151.
19. J. HATANO, Über Amygdalinspaltung durch Takadiastase. Biochem. Zeitschr. 151.
20. J. HATANO, Über die Spaltung von Seidenfibroinpepton durch Takadiastase. Biochem. Zeitschr. 151.
21. C. NEUBERG und O. ROSENTHAL, Über Taka-Lactase. Biochem. Zeitschr. 145.
22. S. AKAMATSU, Phytochemische Reduktion in der Cyclohexanreihe.
23. H. K. SEN, Die biochemische Umwandlung von unsymmetrischem Di-chlor-aceton in optisch aktiven α, α -Di-chlor-iso-propyl-alkohol. Biochem. Zeitschr. 151.
24. P. SANTOMAURO, Über die phytochemische Reduktion des Methyl- α -chlor-äthyl-ketons. Biochem. Zeitschr. 151.
25. C. NEUBERG und A. GOTTSCHALK, Beobachtungen über den Verlauf der anaeroben Pflanzenatmung. Biochem. Zeitschr. 151.
26. C. NEUBERG und O. ROSENTHAL, Zusammenhang von carboligatischer Synthese mit carboxylatischem Abbau. Berichte 1924.
27. C. NEUBERG und E. REINFURTH, Eine neue Form der Umwandlung des Acetaldehyds durch gärende Hefe. Biochem. Zeitschr. 143.
28. C. NEUBERG, Einige Beobachtungen über Hefenfermente. Biochem. Zeitschr. 152.
29. C. NEUBERG, Die Verwendung des Zuckers zur biologischen Synthese. Deutsche Zuckerindustrie 1924.
30. C. NEUBERG und K. LINHARDT, Die enzymatische Spaltung benzoyleierter Aminosäuren und ihr asymmetrischer Verlauf. Biochem. Zeitschr. 147.
31. C. NEUBERG und J. NOGUCHI, Über die enzymatische Spaltung der Phenacetursäure. Biochem. Zeitschr. 147.
32. C. HOPPERT, Über ein neues biochemisches Verfahren zur Spaltung racemischer Aminosäuren. Biochem. Zeitschr. 149.
33. C. NEUBERG und A. GOTTSCHALK, Quantitative Untersuchungen über

die Bildung und Herkunft des Acetaldehyds im intermediären Zellstoffwechsel der Warmblüter. *Biochem. Zeitschr.* 146. 34. C. NEUBERG und A. GOTTSCHALK, Abtrennung und Identifizierung des im intermediären Stoffwechsel überlebender Warmblüterzellen gebildeten Acetaldehyds. *Biochem. Zeitschr.* 146. 35. C. NEUBERG und A. GOTTSCHALK, Weitere Untersuchungen über die Entstehung von Acetaldehyd in tierischen Organen. *Biochem. Zeitschr.* 151. 36. A. GOTTSCHALK, Die Beeinflussung des oxydativen Kohlenhydratabbaues durch Inkrete. *Klin. Wochenschr.* 1924. 37. A. GOTTSCHALK, Der Acetaldehyd im intermediären Zellstoffwechsel. *Klin. Wochenschr.* 1924. 38. A. GOTTSCHALK, Über tierische Carboxylase. *Biochem. Zeitschr.* 146. 39. A. GOTTSCHALK, Über den Wirkungsmechanismus von Glykokinin aus Hefe auf den Stoffumsatz von Leberzellen. *Dtsch. med. Wochenschr.* 1924. 40. R. TAMBA, Hydrotropische Erscheinungen. *Biochem. Zeitschr.* 145. 41. C. NEUBERG, Zuckerarten. *Handb. d. Biochemie* 2. Aufl. 1924. 42. K. LINHARDT, Stickstoffhaltige Kohlenhydrate. *Handb. d. Biochemie* 2. Aufl. 1924. 43. C. NEUBERG und A. GOTTSCHALK, Chemie der Neubildungen. *Handb. d. Biochemie d. Menschen u. d. Tiere* 2. Aufl. 1924. 44. C. NEUBERG und L. PINCUSSEN, Von der Physiologie der Sonnenstrahlung. *Handb. d. Balneologie, med. Klimatologie u. Balneographie.* 1924. 45. C. NEUBERG, Über abnorme Löslichkeiten. *Handb. d. prakt. u. wissenschaftl. Pharmazie.*

Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser Wilhelm-Institut), München.

Psychologische Abteilung (EMIL KRAEPELIN).

Die wissenschaftlichen Arbeiten der Abteilung gliedern sich hauptsächlich in zwei bzw. drei Gruppen, nämlich theoretische und praktische arbeitspsychologische Untersuchungen und Alkoholforschung. Das Ziel der arbeitspsychologischen Untersuchungen im Rahmen der Anstalt ist, jene psychischen Vorgänge zu erforschen, welche die Arbeitsleistung wesentlich beeinflussen, namentlich die Ermüdung, und dadurch allmählich die Grundlagen zu schaffen für eine wirtschaftlich und gesundheitlich zweckmäßige Regelung der Arbeitsverhältnisse. Die Pausenversuche wurden nach verschiedenen Richtungen fortgeführt, ferner wurde der Einfluß von körperlicher Arbeit sowie von Nahrungsaufnahme auf die geistige Arbeitsleistung untersucht. Die praktischen Untersuchungen in Betrieben erfuhren leider durch die allgemeinen Betriebs-einschränkungen in der Industrie eine unliebsame Unterbrechung, doch wurde auch in der Erprobung der theoretisch gewonnenen Ergebnisse fortgefahren. Auf dem Gebiete der Alkoholforschung wurde über die Wirkung verschiedener Konzentrationen sowie über die Unterschiede der Alkoholwirkung bei Verteilung ein und derselben Menge Alkohols auf verschiedene Gaben gearbeitet. Außerdem wurden die Versuche des Abteilungsleiters über die geistige Entwicklung bei Kindern verschiedener Altersstufen und die Schlaf-tiefenmessungen weiter fortgeführt.

Der Leiter der Abteilung setzte seine lehrbuchmäßige Bearbeitung der Psychosen bei organischen Gehirnkrankungen fort. Vor allem wurden für die Geistesstörungen bei angeborener und erworbener Syphilis, unter denen sich etwa 1450 männl. und 450 weibl. Paralysefälle befinden, im weitesten Umfange Katamnesen erhoben, abgeschrieben und auszugsweise in die Arbeitszählkarten eingetragen. — Für eine

von Dr. NIKULA (Helsingfors) umfassend angelegte Arbeit über die „Psychosen nach dem 60. Lebensjahre“ wurden ebenfalls mehrere hundert Katamnesen, größtenteils über senile und arteriosklerotische Psychosen, beschafft und teilweise erledigt. Die 105 Bände umfassenden Arbeitszählkarten der psychiatrischen Klinik wurden dem neueren Stande der klinischen Forschung entsprechend umgruppiert, um nach Abschluß der systematischen Katamnestizierung ihren endgültigen Standort zu erhalten. Die vorhandenen *Hilfskartotheken* wurden nach Möglichkeit ergänzt; auch die *Forschungskartotheke* erhielt wieder eine Reihe wichtiger Fälle. Neu begonnen wurde mit der Anlegung einer sämtlichen Klinikfälle der Jahrgänge 1905–1922 (ca. 16 000) umfassenden *Diagnosenkartotheke*; durch diese soll eine Kontrolle des Zählkartenmaterials ermöglicht sowie eine übersichtliche Zerlegung der klinischen Hauptgruppen in ihre Untergruppen erreicht und die rein symptomatischer Betrachtungsweise dienende Forschungskartotheke entlastet werden.

Histologische Abteilung. (WALTER SPIELMEYER).

Im letzten Jahre wurde über folgende Themata gearbeitet bzw. berichtet: Das anatomische Substrat der Epilepsie, die Tabespathogenese und die Abbauvorgänge im peripheren und zentralen Nervensystem (SPIELMEYER); Keuchhustenklampsie, Stoffspeicherung und Stofftransport im Nervensystem (SPATZ, München); Versuche mit Vitalfärbungen zur Erklärung der Lokalisation entzündlicher Prozesse des Nervensystems (SPATZ in Gemeinschaft mit BLUM-Köln und GÜTMANN-München). Luft- und Fettembolie im Gehirn, Reaktion um metastatische Geschwülste (NEUBÜRGER-München); Hirnveränderungen bei CO-Vergiftungen (HILLER-München); Ergänzung dieser Untersuchung durch MEYER-Bonn. Experimentelle Studien über Erweichung der Hirnrinde (SAITO-Tokio), Zentrale Veränderungen bei Bleivergiftung (WIESBAUM-Bonn), Organisation der Rückenmarksherde bei perniziöser Anämie (HEIDENHAIN-Tübingen). Picksche Atrophie (ONARI-Mukden). Fettsubstanzen in den Stammganglien (KODAMA-Tokio), Anatomische Gruppierung der senilen Verblödungsprozesse (GRÜNTAL-München), Hodgkinsche Krankheit und Rückenmarksnekrose (WALTHARD-Zürich), Histologie der Epiphyse (QUAST-Bonn). Befunde an inneren Organen bei experimenteller Kaninchensyphilis (TERPLAN-Prag und NEUBÜRGER), Hortegasche Zellen (METZ-Holstein und SPATZ), Neurotische Muskelatrophie (PETTE-Hamburg).

Serologische Abteilung (FELIX PLAUT).

Die seit 4 Jahren im Gange befindlichen Arbeiten über experimentelle Syphilis, insbesondere des Nervensystems, wurden von dem Abteilungsleiter in Gemeinschaft mit Professor P. MULZER und Dr. K. NEUBÜRGER fortgesetzt. Die nach Überimpfung von syphilitischem und paralytischem Material entstehenden Kaninchen-Encephaliden wurden weiter erforscht. Der Beweis für die syphilitische Natur der Encephalitis bei syphilitischen Kaninchen konnte dadurch erbracht werden, daß es gelang, durch Überimpfung von encephalitischem Kaninchengehirn auf gesunde Kaninchen syphilitische Orchitis zu erzeugen (*Münch. med. Wochenschr.* 1924, Nr. 1). Die sog. „Paralyse-Encephalitis“ der Kaninchen wurde experimentell weiter ausgebaut. PLAUT, MULZER und NEUBÜRGER berichteten über ihre Forschungen auf dem Kongreß der Deutschen dermatologischen Gesellschaft (*Arch. f. Dermatol. u. Syphilis* 145. 1914). Experimentell-

therapeutisch wurde über Wismut und Vanadium, neuerdings auch über Stovarsol bzw. Spirocid, gearbeitet. Über die aus der Abteilung hervorgegangene Recurrentherapie der Paralyse sowie über die Malaria-behandlung wurden weitere Erfahrungen gesammelt (Veröffentlichungen befinden sich im Druck).

Der Abteilungsleiter veröffentlichte gemeinsam mit Professor W. GILBERT weitere Untersuchungen über das menschliche Kammerwasser: Über Kammerwasseruntersuchungen. II. Die Goldsolreaktion des Kammerwassers. Arch. f. Augenheilk. 94, 175. 1924. Weitere Veröffentlichungen aus der Abteilung: Dr. KURT BLUM, Vergleichende Untersuchungen über den klinischen Wert der Goldsolreaktion und der Normomastixreaktion (KAFKA). Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie 86, 574. 1924. Über die WaR. im Serum normaler und syphilitischer Kaninchen. Zeitschr. f. Immunitätsforsch. 40, 195. 1924. Versuche über die Agglutination der Spirochaete pallida. Münch. med. Wochenschr. 1924, Nr. 25; u. Zeitschr. f. Immunitätsforsch. u. exp. Therapie 40, 491. 1924. D. MATSUO (Tokio): Über die Brucksche Flockungsreaktion in ihrer Anwendung auf menschlichen Liquor und auf Kaninchenblut. Dermatol. Wochenschr. im Druck.

Genealogisch-demographische Abteilung (ERNST RÜDIN).

In der Berichtszeit wurden folgende Themata bearbeitet: Über erbliche Beziehungen des manisch-depressiven Irreseins (RÜDIN, KAHN, München), der Hysterie (MEYER, München), der Dementia praecox (HOFFMANN, Tübingen, LANGE, München, KAHN, München), der senilen Demenz (WEINBERGER, GABERSEE, SCHWARZ, Bayreuth), der Epilepsie bei Kriegshirnverletzten (MÄKELÄ, Helsingfors), über Körperbau und Psychose (HENCKEL, München), über Zwillingsspsychosen (LUXENBURGER, München), über Fruchtbarkeit der Geisteskranken (PEUST, Magdeburg), über das Schicksal der Kinder eklamptischer Mütter (ENTRES, Eglfing), über die erbliche Belastung nicht geisteskranker Personen (LUXENBURGER).

Publikationen: DONNER, Helsingfors: Die arteriosklerotische Belastung der Paralytiker und anderer Geisteskranker. ENTRES: Die Nachkommen eklamptischer Mütter. HENCKEL: 1. Körperbaustudien an Schizophrenen. 2. Der Habitus der Zirkulären. 3. Konstitutioneller Habitus und Rassenzugehörigkeit. 4. Die Korrelation von Habitus und Erkrankung. LANGE: Ein schizophrene Bauerngeschlecht. RÜDIN: 1. Erblichkeit und Psychiatrie. 2. Über rassenhygienische Familienberatung.

Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung, Berlin.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung hat seit seinem Bestehen unter dem gegenwärtigen schweren ökonomischen Druck nur einen kleinen Teil seines Arbeitsprogramms in Angriff nehmen können.

Im Mittelpunkt dieses durchgeführten Arbeitsprogramms steht die *normal-anatomische Gliederung des Gehirns* in eine möglichst große Reihe selbständige Funktionen vollführender Unterabschnitte auf Grund der Feststellung eines jedesmaligen besonderen Baues. Diese Gliederung hat sich bisher vor allem auf das Großhirn bezogen. Aus früher durchgeführten Experimenten an beinahe 200 Affengehirnen ging hervor, daß diese anatomischen Differenzen im Bau der Großhirnrinde der Ausdruck grundlegender funktioneller Verschiedenheiten sind. Auf Grund von Reizversuchen, die der Breslauer Neurologe FOERSTER an der menschen-

lichen Hirnrinde durchgeführt hat und von Herd erkrankungen des menschlichen Gehirns, welche von C. und O. VOGT im Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung untersucht wurden, konnte ferner festgestellt werden, daß die gleichgebauten Abschnitte von Mensch und Tier identische Funktionen haben, und daß diejenigen Hirnabschnitte, welche beim Menschen eine besonders weitgehende Entwicklung zeigen, auch Träger der spezifisch menschlichen Funktionen sind. Zu Anfang dieses Jahrhunderts unterschied man in der Hirnrinde etwa zwölf nicht scharf begrenzte und in ihrem spezifischen Bau unerkannt gebliebene Gebiete. C. und O. VOGT ist es in 25jähr. Arbeit gelungen, die menschliche Großhirnrinde in 200 haarscharf gegeneinander abgegrenzte Rindenfelder zu gliedern. Ein Atlas, welcher die Felderung eines Gehirns eines Durchschnittseuropäers mit mehreren 100 Tafeln Abbildungen illustriert, nähert sich seinem Abschluß. Dadurch wird nicht nur die normal-anatomische Grundlage für die Erfassung feinerer pathologisch-anatomischer Abweichungen geschaffen. Es wird ferner nicht nur die Möglichkeit gegeben, für identisch gebaute Regionen Befunde vom Tiergehirn auf das menschliche zu übertragen und die beim Menschen besonders entwickelten Felder als Träger der menschlichen Funktionen ansprechen zu können. Es wird vielmehr zugleich eine Basis geschaffen für eine vergleichende Hirnanatomie der menschlichen Rassen und weiterhin für die Erkennung der spezifischen Hirneigentümlichkeiten des einzelnen Individuums.

Im Anschluß an ihre frühere Gliederung des Thalamus opticus (d. h. eines Hirnteiles, welcher ein wichtiges Umschaltungsorgan zwischen der Peripherie und dem Großhirn darstellt) der niederen Affen arbeitet C. VOGT zur Zeit ferner an einer Gliederung des Thalamus opticus bei den Anthropoiden und dem Menschen. Sie schafft damit die Grundlage für das Erkennen der für die einzelnen Großhirnabschnitte charakteristischen Faserverbindungen mit der Peripherie. Dieses Studium wird neue Hinweise für die Funktion der einzelnen Hirnteile gewähren. Gleichzeitig verspricht es Einblicke in die Frage, wie weit der Thalamus opticus außer einer Umschaltung von Großhirnreizen selbst auch noch Anregungen in die Peripherie entsendet.

Neben diesen Studien wurden auch die pathologisch-anatomischen Arbeiten fortgesetzt.

M. BIELSCHOWSKY unternahm weitere histo-pathologische Untersuchungen zum Zwecke der Erkennung der Genese der studierten Prozesse.

C. und O. VOGT setzten ihre pathologisch-anatomischen Studien vornehmlich zur Vertiefung ihrer *Pathoklinenlehre* fort, d. h. der Lehre, nach welcher Erkrankungen des Nervensystems wie andere Krankheiten dadurch entstehen, daß *einzelne* erbliche Tendenzen der Keimzellen oder *einzelne* Abschnitte des mehr oder weniger bereits ausgebildeten Nervensystems *allein* auf *diffuse* Schädigungen mit krankhaften Prozessen reagieren.

Im Jahresbericht April 1921 bis Oktober 1922 hat O. VOGT bereits über die Bedeutung der einschlägigen Forschungen berichtet. Er kann jetzt hinzufügen, daß das Studium der pathoklinen Erscheinungen des Ammonshorns — d. h. eines wegen seiner besonderen Lage der physiologischen Forschung besonders wenig zugänglichen Teiles des Großhirns — zu einer neuen und natürlichen Zerlegung desselben in besondere Organe darstellende Unterabteilungen geführt hat. Die pathoklinen Erscheinungen bilden so einen neuen Forschungsweg für die Lokalisationslehre.

In dem erwähnten Bericht hat O. VOGT auch bereits die Anschauung zu begründen versucht, daß die Pathoklise nur einen Spezialfall der Physioklise darstellt. Diese führt nach O. VOGT zur Entstehung eines Teiles jener realen Sippen, in welche die zoologische und botanische Systematik die Lebewesen gliedert. Das Kaiser Wilhelm-Institut für Hirnforschung konnte in diesem Jahre dazu übergehen, durch Schaffung einer genetischen Abteilung seinerseits physiokline Erscheinungen weiter zu verfolgen. Dieses ist bisher wegen Mangels an Raum leider nicht durch Experimente geschehen, sondern nur durch eine eingehende Analyse der in der Natur vorkommenden Variationen (Phänotypen) einiger sehr stark variierender Insekten-gattungen.

Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie, Berlin.

Seit drei Jahren wird in dem Institut nur die experimentell physiologische Richtung gepflegt, die übrigen Abteilungen ließ der Direktor vorläufig eingehen, um der allein noch bestehenden Abteilung ATZLER größere Entwicklungsmöglichkeiten zu schaffen.

Unsere politische und wirtschaftliche Lage verlangt dringender denn je eine Leistungssteigerung der Industrie. Die wichtige Rolle, welche zur Lösung dieser Aufgabe der Arbeitsphysiologie zufällt, haben die maßgebenden Kreise schon längst erkannt. So ist es wohl auch zu verstehen, daß der hier vertretenen Arbeitsrichtung von technischen Kreisen ein immer größeres Interesse entgegengebracht wird.

Nachdem es gelungen ist, alle im Fabrikbetriebe vorkommenden Bewegungsformen auf eine begrenzte Zahl von Elementarbewegungen zurückzuführen, ist das Problem der Anpassung des menschlichen Motors an das Handwerkszeug bzw. an die Maschine experimentell faßbar geworden. Schon jetzt können auf Grund unserer ausgedehnten Versuche dem Betriebsleiter und dem Maschinenkonstrukteur allgemeine Regeln gegeben werden, die für eine rationelle Betriebsführung von grundlegender Bedeutung sind.

In einer neu begonnenen Versuchsserie ist die Frage der optimalen Arbeitsdauer experimentell in Angriff genommen worden. Die bisherigen Befunde berechtigen zu der Hoffnung, daß in nicht zu ferner Zeit wissenschaftlich fundierte Angaben über die günstigste tägliche Arbeitszeit und die beste Anordnung der Pausen für die einzelnen Berufsklassen gemacht werden können.

Durch die bisherigen Arbeiten der Abteilung ist ein gangbarer Weg ausfindig gemacht worden, auf dem das Ziel einer rationellen Intensivierung der Arbeit sicher erreicht wird. Je großzügiger die Abteilung ausgebaut wird — was wegen des Raummangels unbedingt nötig ist —, um so rascher wird sie ihre Aufgabe zu erfüllen vermögen.

Neben diesen mehr praktischen Arbeiten wurde eine Reihe rein theoretischer Untersuchungen angestellt, die sich meist mit den Rückwirkungen der Arbeit auf den Gesamtorganismus befassen.

An der Abteilung arbeiteten im Berichtsjahre als Gäste die Herren Dr. MEESMANN, Oberarzt der Augenklinik der Charité, die Dr. Dr. SCHULZ, FICHTE, SCHÖNER, SCHRÖDER, TSUNOO, HORIUSKI, TAKENAGA, UEKI, NAKAGAWA, KIRIHARA, IWAI. An die Abteilung wurden kommandiert die Herren Stabsarzt Dr. FÜLL und Oberarzt Dr. BAADER von der Reichswehr und Herr Dr. NEBULONI vom Institut für soziale Hygiene in Rom. Die medizinische Poliklinik in Königsberg und das pharmakologische Institut in Greifswald ent-

sandten die Herren Dr. EWIG und Dr. SIMONSOHN zur Erlernung der hier geübten Methoden.

Folgende Arbeiten wurden veröffentlicht: ATZLER, Die Aufgaben der Physiologie in der Arbeitswissenschaft. Technik und Wirtschaft 1924. ATZLER, Probleme der Arbeitsphysiologie. Umschau 1924. ATZLER, Über funktionelle Anpassungserscheinungen des menschlichen Körpers. Jahrb. f. Leibesübungen 1924. ATZLER, Aufgaben und Probleme der Arbeitsphysiologie. Dtsch. med. Wochenschr. 1924. ATZLER, Berufliche Arbeit als physiologisches Problem. Naturwissenschaften 1924. A. MEESMANN, Über die Abhängigkeit des intraokularen Druckes von der Wasserstoffionenkonzentration des Kammerwassers. Arch. f. Augenheilk. 1924. R. UEKI, Untersuchungen über die Veränderungen der Pufferungspotenz bei Muskelarbeit. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. C. NAKAGAWA, Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Harnbildung der künstlich durchströmten Niere. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. M. IWAI, Untersuchungen über den Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Coronargefäße und die Herz-tätigkeit. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. S. KIRIHARA, Über den Einfluß kleinster Säure- und Laugenmengen auf den Blutdruck. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. K. TAKENAGA, Beitrag zur Frage der Gehirndurchblutung. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. G. RAETHEL, Über das Verhalten von Warmblütern in sauerstoffarmer Luft. Cremers Beitr. 1924. K. SCHULZ, Über die Dissoziation des Calciums und Kaliums in gummiarabikumhaltigen Blutersatzflüssigkeiten. K. HORIUCKI, Über den Einfluß des Harnstoffs auf die Nierengefäße. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. K. TAKENAGA, Gefäßreaktionen und Adrenalinbildung der isolierten Nebenniere. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. LEHMANN und MEESMANN, Über das Bestehen eines Donnangleichgewichts zwischen Blut und Kammerwasser bzw. Liquor cerebrospinalis. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. S. TSUNOO, Beiträge zum Problem der Bluterinnerung. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. E. MÜLLER, Der Einfluß der Laktationen auf die Gefäßweite mit Beiträgen zur Methodik der Gefäßdurchspülung beim Frosch. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924. R. UEKI, Über den Wassergehalt der Organe trocken gehaltener Frösche. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1924.

Die mit Mitteln der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft im Physiologischen Institut der Universität Halle, Emil Aberdalden, ausgeführten Forschungen.

Wie in einem ausführlichen, in den *Naturwissenschaften* veröffentlichten Aufsatz bereits mitgeteilt worden ist, sind die Forschungen über die *Struktur der Eiweißstoffe* erneut von verschiedenen Gesichtspunkten aus aufgenommen worden. Einerseits wurde der Versuch unternommen, das Eiweiß *stufenweise* abzubauen und die dabei entstehenden Produkte in reinem Zustande darzustellen, um dann ihre Struktur aufzuklären. Es gelang, eine ganze Reihe von Verbindungen zu gewinnen, die der Gruppe der *Diketo-piperazine* angehören. Darüber hinaus wurden Verbindungen isoliert, die *Anhydride darstellen, an deren Aufbau mehr als zwei Aminosäuren beteiligt sind*. Die Auffindung der erwähnten Verbindungen führte zu der Vermutung, daß im Eiweißmolekül entsprechende Anhydride vorhanden sind. Es war jedoch ein weiter Weg zurückzulegen, um für diese Auffassung einen eindeutigen Beweis zu erbringen. Zunächst wurde

geprüft, unter welchen Bedingungen aus Aminosäuren und vor allen Dingen aus Dipeptiden Diketopiperazine hervorgehen. Umfassende Versuche zeigten, daß die Bildung von Diketopiperazinringen sehr leicht erfolgt. Es lassen sich aus diesem Ergebnis Schlüsse auf eine *dipolare Struktur der Dipeptide* ziehen. Mit der eben erwähnten Feststellung war es fraglich geworden, ob die aus Eiweiß gewonnenen Diketopiperazine in diesem primär vorgebildet sind. Zur Prüfung dieses Problems wurden nunmehr zwei Wege eingeschlagen. Einmal wurden *Diketopiperazine und die entsprechenden Dipeptide der Reduktion* ausgesetzt, und zwar unter ganz genau den gleichen Bedingungen. Es sollte geprüft werden, ob dabei für jede Gruppe charakteristische Verbindungen entstehen. Die Diketopiperazine ergaben die entsprechenden *Piperazine*, während aus Dipeptiden andere Verbindungen erhalten wurden. Ein zweiter Weg war der folgende: Es wurden *Diketopiperazine und Dipeptide der Oxydation* unterworfen und wiederum nach für die genannten Verbindungen charakteristischen Produkten gesucht. Nun war der Weg frei, aus Eiweiß und seinen Abbaustufen durch Reduktion und Oxydation nach Verbindungen zu fahnden, die einerseits nur aus vorgebildeten Diketopiperazinen oder Polypeptidketten hervorgegangen sein konnten. *Es gelang, bei der Reduktion Piperazine zu isolieren und damit zu beweisen, daß im Eiweiß Anhydride vorgebildet sind.* Es glückte dann noch, den Nachweis zu führen, daß *Eiweiß und Peptone mit für Carbonylgruppen charakteristischen Reagenzien eine positive Reaktion geben.* Auch hier wurden vergleichsweise Diketopiperazine und Polypeptide geprüft. Die letzteren geben keine Reaktion mit den angewandten Reagenzien, wohl aber die ersteren. So konnte dann auch auf diesem Wege der Beweis erbracht werden, daß das Eiweißmolekül Anhydridstruktur hat. Es wird angenommen, daß das Eiweiß aus einer Zusammenfassung einfacherer Komplexe besteht, die unter sich mittels Nebenvalenzen zusammengehalten werden. Die Elementarkomplexe enthalten Diketopiperazine (evtl. in tautomeren Formen) und mit diesen verknüpft Aminosäuren oder Polypeptide. Bei den erwähnten Versuchen, die fortgesetzt werden, wurde ich von den Herren Dr. KLARMANN, Dr. SCHWAB und Dr. KOMM unterstützt.

Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem.

Die Arbeit litt im Berichtsjahre stark unter den ungünstigen allgemeinen wirtschaftlichen Verhältnissen. Das Institut wird jetzt fast allein von der Emil-Fischer-Gesellschaft zur Förderung der chemischen Forschung unterhalten. Die Gesellschaft war außerstande, die der Teuerung entsprechenden Mittel zur Aufrechterhaltung des bisherigen Betriebs zur Verfügung zu stellen. Die Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter mußte aufs äußerste eingeschränkt werden; auch Kürzung der Arbeitszeit ließ sich nicht vermeiden. Unter diesen Umständen begrüßte das Institut es besonders dankbar, daß ihm von verschiedenen Seiten durch einmalige Geldspenden sowie durch kostenlose Überlassung von Chemikalien und sonstigem Material Hilfe zuteil wurde, u. a. von den folgenden Fabriken: Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation Berlin, Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen, Bayerische Stickstoff-Werke Berlin, Farbwerke vorm. Friedr. Bayer & Co. Leverkusen, Goetz Berlin-Friedenau, Heylandt G. m. b. H. Berlin-Mariendorf, Kunheim Berlin, Merck Darmstadt, Riedel Berlin, Sauerstoffwerk Borsigwalde der Linde's Eismaschinen A.-G., Schering Berlin, Stoltzenberg Hamburg.

Abteilung Hahn-Meitner: Die Untersuchungen über die Beziehungen zwischen β - und γ -Strahlen wurden fortgesetzt und der Nachweis erbracht, daß typische α -Strahler auch γ -Strahlen emittieren, die sich in sekundären β -Strahlspektren bemerkbar machen. Hierher gehören die β -Strahlspektren von Radioaktinium und Radium. Beim letzteren wurde die Wellenlänge der emittierten γ -Strahlen genau ermittelt. Aus diesen Befunden konnten für den Mechanismus des Zerfalls radioaktiver Atome einige wichtige Schlüsse gezogen werden. Eine Reihe anderer Arbeiten bezieht sich auf die Untersuchung von α -Strahlen verschiedener Reichweite, insbesondere auf solche extrem langer Reichweiten. Die Untersuchungen wurden für mehrere Gase teils nach der Wilsonschen Nebelmethode, teils nach der Szintillationsmethode ausgeführt und sollen auf die Probleme der Atomzertrümmerung ausgedehnt werden. Ein drittes in mehreren Arbeiten angegriffenes Problem ist die Untersuchung der Oberflächenbeschaffenheit auf Grund der Emanierfähigkeit oberflächenreicher Substanzen. Dabei gelang es, feste Radiumpräparate herzustellen, die bei gewöhnlicher Temperatur bis zu 99% ihrer Emanation abgeben. Im gleichen Rahmen bewegen sich Untersuchungen über Adsorptionsfähigkeit und absolute Oberflächenbestimmungen. Schließlich wurde eine Arbeit über die elektrochemische Herstellung radioaktiver Substanzen auf sehr kleinen Oberflächen durchgeführt.

Abteilung Hess: Die Arbeiten über Cellulose und verwandte Stoffe wurden weitergeführt. Die für die Cellulose ausgearbeitete Methode zur Bestimmung ihrer kleinsten selbständig reagierenden Einheit mit Hilfe von Kupferoxydammoniaklösung wurde an weiteren Zuckern geprüft. Die Anwendung der Methode auf das Lichenin erlaubte, sein Verhältnis zu Cellulose näher festzulegen. Auch wurde mittels der Kupferamminmethode die Hydrocellulose aufgeklärt. Die Untersuchung der Acetylcellulosen führte u. a. zu einer makro-kristallinen Form, der nachweislich chemisch intakte Cellulose zugrunde liegt. Die Untersuchung der Cellobiosebildung aus Cellulose wurde erfolgreich weitergeführt. Ein neuer Abbau für Methylisopelletierin und Methylconhydrinon hat die früher geäußerte Auffassung über das Isomerieverhältnis beider Alkaloide bestätigt.

Abteilung Stock: Hier erfuhr die wissenschaftliche Arbeit eine besondere Hemmung dadurch, daß der Leiter und die sämtlichen wissenschaftlichen Mitarbeiter infolge fortgesetzten Einatmens quecksilberdampf-haltiger Luft mehr oder minder schwer an chronischer Quecksilbervergiftung erkrankten, übrigens auch eine Folge der ungünstigen Geldlage, da die zentrale Entlüftungsanlage des Instituts ersparnis-halber seit längerer Zeit außer Betrieb gesetzt war. Abgeschlossen und veröffentlicht wurden die beiden Untersuchungen über die Wärme-Zersetzung des Kohlenoxysulfides und über die Pentabor-Hydride. Jene lieferte einen vollständigen Überblick über den zweifachen Zerfall des COS in CO + S und in CO₂ + CS₂ und über die Möglichkeit des Überganges von Kohlenoxysulfid in Schwefelkohlenstoff. Diese verschaffte die Bekanntschaft mit drei Pentabor-Hydriden (B₅H₉, B₅H₁₀, B₅H₁₁) und mit verschiedenen merkwürdigen, für die spätere theoretische Deutung der Borchemie wertvollen Reaktionen dieser Stoffe. Die Erforschung der Borchemie wird fortgesetzt, zur Zeit hauptsächlich durch eingehendes Studium des einfachsten Borhydrides B₂H₆, seiner Umsetzungen und seiner Kristallstruktur. Die Ausarbeitung eines auf

der Änderung des Auftriebes leichter Körper beruhenden Verfahrens zur Gasdichtebestimmung führte zur Konstruktion verschiedener Gaswagen, mit denen einerseits Gasdichte und Molekulargewicht mit sehr kleinen Gasmenngen — wenigen Kubikzentimetern — schnell und einfach zu bestimmen sind, andererseits Gasdichten mit höchster, anders kaum zu erreichender Genauigkeit gemessen werden können (im Berichtsjahre erprobt bei einer Atomgewichtsbestimmung des Bors mittels Messung der Dichten des B_2H_6). Diese Verfahren sind vieler Anwendungen fähig. Die Benutzung magnetischer Kräfte für die Einstellung der Wagen erweitert die Möglichkeiten. In Angriff genommen wurden u. a. Untersuchungen über den Zerfall des Phosgens und über die für vergleichende Gasdichtemessungen bedeutungsvollen Schwankungen der Dichte und der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.

Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem.

Es sei vorausgeschickt, daß sich dieser Bericht nicht bloß auf Arbeiten bezieht, die im Berichtsjahr veröffentlicht worden sind, sondern auch auf solche, die abgeschlossen vorliegen und demnächst erscheinen werden.

Von physikalischen Untersuchungen seien folgende erwähnt: Es wurde der Mechanismus der elektrischen Aufladung kleiner, in ionisierter Luft schwebender Tröpfchen (Radius = $5 \cdot 10^{-5}$ bis $20 \cdot 10^{-5}$ cm) theoretisch wie experimentell völlig klargestellt. Bekanntlich kann man mit Hilfe solcher Tröpfchen das elektrische Elementarquantum bestimmen. Der schon seit Jahren im Institut verfolgte Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und Chemilumineszenz hat neuerdings zum Ergebnis geführt, daß vielfach die Fluoreszenzspektren quantitativ mit den Chemilumineszenzspektren übereinstimmen; dies war z. B. bei einigen fluoreszierenden Farbstoffen der Fall, die man durch selbst nicht leuchtende Reaktionen zum Leuchten bringen konnte. Auch eine eingehende Untersuchung der Phasengrenzkräfte an Glas, Email und an der Grenze organischer Flüssigkeiten verdient hervorgehoben zu werden.

Unter den chemischen Arbeiten sind folgende wohl bemerkenswert: Es wurden die chemischen Eigenschaften des atomaren Wasserstoffes, wie er bei der Glimmentladung entsteht, näher untersucht; die Versuche erlaubten Rückschlüsse auf die Konzentration und die Lebensdauer der H-Atome. Bei der Erforschung der eigenartigen Gruppe von Abkömmlingen, die sich vom Calciumsilizid ableiten, hat sich ergeben, daß das sog. Siloxen sechs Si-Atome in einer Bindung enthält, die der Bindung der C-Atome im Benzolring ähnelt.

Die im Institut ausgeführten kolloidchemischen Untersuchungen befassen sich in erster Linie mit der Frage nach der Formart und der Gestalt der Kolloidteilchen. Mit Hilfe von Röntgenspektrogrammen konnte gezeigt werden, daß die Teilchen vieler Sole kristallin sind, daß aber in manchen Fällen amorphe Teilchen vorhanden sind, die selbst in langen Zeiten nicht kristallisieren. Auch die Teilchen vieler Gele, wie die der Chininsalze, erweisen sich als kristallin und nadelförmig. Mit dem kristallinen Bau der Teilchen hängt meist die Doppelbrechung zusammen, die viele kolloide Lösungen zeigen. Ihr Auftreten in kolloiden Farbstofflösungen bei Elektrolytzusatz ließ sich als eine Koagulation deuten, bei der die Teilchen in gerichteter Weise aneinander gelagert werden. Es ist

gelungen, einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der Doppelbrechung kolloider Lösungen und ihrem Dichroismus aufzufinden. Diese Gesetzmäßigkeit gilt auch für Doppelbrechung und Dichroismus polierter Farbstoff- und Metallschichten. Die nicht-kugelige Form von Kolloidteilchen braucht nicht auf ihrer kristallinen Formart zu beruhen. So bestätigte es sich, daß die Teilchen der Kautschukmilch nicht-kugelig sind und zwar birnenförmig. Es rührt dies daher, daß die zähe Flüssigkeit der Teilchen von einer festen Haut umgeben ist. Über die technische Bedeutung der Arbeiten über Kautschukmilch kann vielleicht später ausführlicher berichtet werden. Bei allen diesen Untersuchungen bewährte sich die neu eingeführte Anwendung der Azimutblende beim Ultramikroskop als ein wertvolles Hilfsmittel.

Vielleicht hängt mit der besonderen Form der Teilchen eine merkwürdige Erscheinung zusammen, die neuerdings an alten Eisenoxydsolen beobachtet wurde. Sie erstarren bisweilen umkehrbar zu gallertigen Massen, die aus völlig regelmäßig angeordneten Schichten in einem Abstand von etwa $\frac{1}{4}$ Lichtwellenlänge bestehen. Dies bedingt das Auftreten von prachtvollen Interferenzfarben, die den Schillerfarben der Schmetterlingsschuppen ähneln.

Schließlich sei noch die Anwendung der Kolloidchemie auf einige medizinische Fragen berührt. Es konnte festgestellt werden, daß die sog. Paraglobuline aus antitoxischen Seren (Diphtherie-, Tetanusserum u. a.) stärker sensibilisierend auf Eisenoxydsolen wirken als die Paraglobuline aus gesunden Seren. Beim Luesserum wurde dagegen sichergestellt, daß nicht die Paraglobuline, sondern die Euglobuline die Eiweißfraktion des Serums sind, die verändert ist. Sie zeigen die WaR., während dies die aus dem Serum stammenden Paraglobuline und Albumine nicht tun. Merkwürdigerweise kann man ein gesundes Serum durch Tannin so verändern, daß es die WaR. gibt.

Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung, Mülheim (Ruhr).

Das vollständige Verzeichnis der Arbeiten des Jahres 1923 findet sich im Tätigkeitsbericht 1923. Veröffentlicht sind sie z. T. in der Brennstoffchemie, z. T. werden sie in dem soeben fertiggestellten Band 7 der Gesammelten Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle erscheinen. Hier seien nur die wichtigsten davon, ferner die wesentlichsten von der 1. Hälfte 1924 angeführt.

A. Betr. *Reduktion von Kohlenoxyd*. Über die Herstellung synthetischer Ölgemische (Synthol) durch Aufbau aus Kohlenoxyd und Wasserstoff: 1. Versuche über den Einfluß der verschiedensten Faktoren auf die Syntholbildung. 2. Untersuchung der bei dem Syntholprozeß entstehenden flüssigen Reaktionsprodukte. 3. Über die gasförmigen Reaktionsprodukte des Syntholprozesses. Über die Reduktion des Kohlenoxyds an verschiedenen Kontaksubstanzen: 1. Versuche bei gewöhnlicher Temperatur. 2. Versuche unter erhöhtem Druck. Über die Reduktion des Kohlenoxyds und Kohlendioxyds mit Wasserstoff im kalt-warmen Rohr unter Druck. Versuche zur Herstellung von reinem Kohlenstoff.

B. Verschiedene Arbeiten über die Bestandteile des Urteers u. a. im Hinblick auf seinen Gehalt an Carbonsäure und Aceton. Über Beziehungen zwischen Urteer, Kokereiteer und Erdöl. Reduktionsversuche an verschiedenen Urteerölen.

C. Arbeiten über die Konstitution der Kohle. Über das Bitumen der rheinischen Braunkohle. Vergleichende Untersuchung über Lignin und Cellulose.

D. Über die Verbrennung von Methan zu Formaldehyd.

E. Elektrochemische Arbeiten. Über die Vorgänge bei der Entladung der Knallgaskette. Beobachtungen an galvano-thermischen Elementen. Versuche zum Aufbau isothermer Gaskonzentrationsketten. Elektromotorische Ausnutzung der Oxydation fester und flüssiger Brennstoffe. Über das kathodische Verhalten von Kohlenstoff.

Die analytische Abteilung des Instituts war in wachsendem Maße mit Untersuchungen für die Industrie beschäftigt.

Schlesisches Kohlenforschungsinstitut der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, begründet von der Fritz von Friedländer-Fuld-Stiftung, Breslau.

Die Existenz des schlesischen Kohlenforschungsinstitutes der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zu Breslau war gegen Ende des letzten Berichtsjahres schwer bedroht. Die reichen Mittel der Fritz von Friedländer-Fuld-Stiftung schmolzen infolge der Geldentwertung dahin, die Hilfe anderer Freunde des Institutes reichte nicht aus, um die Arbeiten weiter zu führen. In dieser Notlage gelang es, die drei Schlesischen Kohlen-Syndikate in Waldenburg, Gleiwitz und Kattowitz für das Schlesische Kaiser Wilhelm-Institut zu gewinnen. Indem die Mitglieder der genannten Konventionen regelmäßige Beiträge — zunächst auf die Dauer von 5 Jahren ab 1. Dezember 1923 — leisteten, wurde es allmählich möglich, die schwersten Schäden der Inflationszeit auszugleichen und nach der unerträglichen Defizitwirtschaft wieder einen geordneten Haushaltsplan durchzuführen.

Auf die Institutsarbeit übten die soeben geschilderten Verhältnisse insofern einen Einfluß aus, als sich die Industrie für ihre Hilfeleistung eine besonders rege Zusammenarbeit mit dem Institute ausbedungen hatte. So wurden neben der Fortführung reinwissenschaftlicher Forschungsarbeiten über den Chemismus der Kohle vornehmlich zwei Probleme behandelt, welche besonders für die Schlesische Montan-Industrie eine hohe technische Bedeutung besitzen. Die Gewinnung von Hüttenkoks aus sonst wenig für Kokereizwecke geeigneten schlesischen Kohlen und die rationellste Verwertung des in Schlesien in großen Mengen anfallenden Steinkohlenstaubes. Auf beiden Arbeitsgebieten wurden erfreuliche Resultate erzielt, die zur gegebenen Zeit in unseren „Mitteilungen“ veröffentlicht werden. Weitere Förderung fanden die Bemühungen zur Herstellung eines tragfähigen, leicht entflammaren, stark reduzierenden Halbkokes, der zur Verhüttung von Erzen geeignet ist. Durchgeführt wurde die Druckhydrierung der hochsiedenden Anteile schlesischen Kokereiteeres. Die Ergebnisse dieser Studie sind in einer umfangreichen Dissertation niedergelegt. Weiter vertieften verschiedene Arbeiten des Institutes unsere Kenntnis von den Polymerisationsvorgängen organischer Verbindungen. Die eine dieser Arbeitsreihen hatte technisch brauchbare Ergebnisse für die Reinigung der Benzolkohlenwasserstoffe, die andere Arbeit gab das wissenschaftliche Material für eine Dissertation.

Zur Zeit baut das Institut auf seinem Grundstücke einen geräumigen technischen Versuchsraum sowie ein unterkellertes Haus für Werkstatt, Arbeits- und Lageräume.

Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf.

Die durch die wirtschaftlichen und politischen Verhältnisse des Jahres 1923 bedingte schwierige finanzielle Lage des Instituts, die sich bei der sprunghaft fortschreitenden Geldentwertung im Herbst in besonders starkem Ausmaße fühlbar machte, hatte im Laufe des vergangenen Jahres zu starken Eingriffen in den Bestand des wissenschaftlichen und technischen Personals des Instituts gezwungen; zeitweilig mußte sogar gänzliche Stillelegung einzelner Abteilungen in Erwägung gezogen werden. Die Stabilisierung der Währung Ende des Vorjahres und die in dieser Zeit einsetzenden Sonderzuschüsse seitens einer Reihe von Werken haben der Abwärtsbewegung Einhalt geboten und im Laufe dieses Jahres konnte sogar die allerdingste Wiederauffüllung des Personals des Instituts vorgenommen werden.

In das Berichtsjahr fällt die Herausgabe eines neuen Bandes der Mitteilungen mit folgenden 10 Arbeiten: FRITZ WÜST und PAUL RÜTTEN, Vergleichende Untersuchungen über die Gasdurchlässigkeit, Porosität, Druckfestigkeit und Reduktionsgeschwindigkeit von Eisenerzen. PETER BARDENHEUER und GUSTAV THANHEISER, Beitrag zur physikalischen Untersuchung von Koks. FRIEDRICH KÖRBER und IVAR BULL SIMONSEN, Dynamische Prüfung des Stahls bei höheren Temperaturen. FRIEDRICH KÖRBER und WALTER ROHLAND, Das elastische Verhalten kaltgereckten Stahles. FRIEDRICH KÖRBER und WALTER ROHLAND, Über den Einfluß von Legierungszusätzen und Temperaturänderungen auf die Verfestigung von Metallen. FRANZ WEVER, Über die Walzstruktur kubisch kristallisierender Metalle. HANS SCHNEIDERHÖHN, Untersuchungen über die Aufbereitungsmöglichkeit der Eisenerze des Salzgitterschen Höhenzuges auf Grund ihrer mineralogisch-mikroskopischen Beschaffenheit. ARNOLD CIRSARZ, Mineralogische und mikroskopische Untersuchungen der Erze und Nebengesteine des Roteisensteinlagers der Grube Maria bei Braunfels a. d. Lahn. FRITZ SOMMER, Die technische Entwicklung der Solinger Klingenfabrikation. FRIEDRICH KÖRBER und WERNER KÖSTER, Über den körnigen Zementit.

Die augenblickliche Arbeitsrichtung der einzelnen Abteilungen sei durch eine kurze Übersicht über die hauptsächlichsten zur Zeit in Angriff genommenen Untersuchungen gekennzeichnet.

Die Arbeiten der mechanischen Abteilung befassen sich teils mit der Weiterentwicklung bestehender, teils mit der Ausarbeitung neuer Prüfungsverfahren, bei denen besonderer Wert auf die Ausgestaltung der dynamischen Prüfungen gelegt wird. Größere Untersuchungsreihen betreffen den Einfluß der Wärmebehandlung auf die Eigenschaften legierter Baustähle die Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften, besonders der Kalzähigkeit von gegossenem und geschmiedetem Stahl und die Regenerierung überhitzter Kohlenstoffstähle. Weitere Arbeiten dienen der Klärung der Eigenschaftsänderung der Metalle durch Kaltbearbeitung, in engem Anschluß an röntgenogrammetrische Untersuchungen des Röntgenlaboratoriums der physikalischen Abteilung.

Andere Untersuchungen dieses Laboratoriums sollen strukturanalytische Unterlagen für die Deutung des Härtungsvorganges von Stählen erbringen. Das thermische Laboratorium der physikalischen Abteilung befaßt sich mit der Nachprüfung und genaueren Festlegung einer Reihe ungeklärter Punkte der grundlegenden Zustands-Diagramme der Eisenlegierungen. Pyrometrische Untersuchungen sollen die Grundlage

für eine exakte Temperaturmessung im Gebiete der bei der Stahlerzeugung und Verarbeitung auftretenden hohen Temperaturen schaffen.

In der metallographischen Abteilung des Instituts wird neben einer Reihe kleinerer Untersuchungen die für Werkzeugstähle wichtige Frage der Ausbildung des Perlits, insbesondere die Beeinflussung der Form der Karbidabscheidung durch Wärmebehandlung verfolgt.

In der metallurgischen Abteilung wird der Vorgang der bei der Erstarrung und Abkühlung von Gußstücken zu beobachtenden Schwindung eingehend studiert, dessen Kenntnis von Wichtigkeit ist, um dem Auftreten von Spannungen und Rissen in Gußstücken erfolgreich entgegenarbeiten zu können. Ferner sollen die metallurgisch-chemischen Vorgänge in der Schmelze, insbesondere der Desoxydationsprozeß, einer eingehenden Untersuchung unterworfen werden.

Die Erz-Abteilung ist durch Aufstellung neuer Maschinen in die Lage versetzt, nun auch in größerem Umfange Aufbereitungsversuche mit armen deutschen Eisenerzen durchzuführen. Daneben wird die mikroskopische Untersuchung der in Frage kommenden Erzsorten zwecks Schaffung der für die Auswahl des geeigneten Aufbereitungsganges wichtigen Unterlagen gefördert.

Die chemische Abteilung hat die in Angriff genommenen größeren Forschungsarbeiten einstweilen zurückstellen müssen, da sie bei der augenblicklichen geringen Zahl von Hilfskräften kaum in der Lage ist, den Anforderungen der verschiedenen Abteilungen auf Durchführung von analytischen Untersuchungen prompt nachzukommen.

Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem.

Die im letzten Jahresbericht erwähnte Verbindung des Instituts in Personalunion mit dem Staatlichen Materialprüfungsamt hat sich als fruchtbar erwiesen.

Durch metallographische Untersuchungen wurde das Gesamtschwindmaß vieler Metalle und Legierungen festgestellt, der Einfluß der Gattierung auf die Schwindung von Gußeisen und der chemischen Zusammensetzung auf die Schwindung der Aluminium-Zink-Legierungen aufgeklärt, an den drei Legierungsreihen Kupfer-Zinn, Kupfer-Zink und Kupfer-Aluminium der Diffusions- und Auflösungs Vorgang und sein Zusammenhang mit den Seigerungserscheinungen erforscht, eine Oberflächenschutzwirkung infolge oxydierenden Glühens an Aluminiumrohren beobachtet, das ternäre System Kupfer-Blei-Antimon nachgeprüft, sowie durch metallurgische Untersuchungen die chlorierende Röstung von Zinksulfid und die elektrolytische Abscheidung und Raffination von Blei bearbeitet.

Auf dem Gebiet der Festigkeitslehre ergab sich beim Vergleich der Fließkegel von Flußeisen, Stahl, Kupfer, Blei und Plastilin eine merkwürdige Gleichartigkeit der Gestalt. Diese Gesetzmäßigkeit wird, besonders im Hinblick auf den praktisch bedeutsamen Anteil der Fließkegellänge an der Bruchdehnung und auf theoretisch wichtige Fragen der Plastizitätslehre, an Hand des im Amt seit Jahrzehnten angesammelten Tatsachenmaterials weiter verfolgt werden. Eine ähnliche Auswertung der amtlichen Erfahrungen ist in Form eines allgemeinen Studiums statistischer Methoden eingeleitet worden. Durchgeführt sind in Gemeinschaft mit der röntgenographischen Abteilung einige auf grundsätzliche Probleme abzielende Untersuchungsreihen über den Einfluß der Kaltverformung

auf die mechanischen Eigenschaften und den Feinbau von Zink. Zur Förderung der Kenntnis von Metallreckprozessen wurden Versuche an Wismut, Steinsalz, Quarz und Kautschuk herangezogen. An Edelmetallen und deren Legierungen wird die Veränderung der physikalischen Eigenschaften als Funktion von Anlaßtemperaturen ermittelt.

Die Neueinrichtung und Erweiterung der Röntgenabteilung wurde im Berichtsjahr vollendet. Die Arbeiten erstreckten sich auf die graphische Auswertung von Röntgendiagrammen auf die Anwendung der Drehkrystallmethode, auf die Änderung der Gitterparameter beim Zusammentreten der Elemente zu Mischkrystallen, auf die Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten, auf Strukturbeobachtungen an kalt gewalztem und gezogenem Aluminium verschiedenen Reinheitsgrades, sowie auf die Verbindungen der Röntgenographie mit solchen Teilen der Materialkunde, welche bisher die wahrscheinlichen Erfolge des neuen Hilfsmittels noch nicht ausgenutzt haben.

Veröffentlichungen: O. BAUER, Gesamtschwindmaß von Metallen und Legierungen. O. BAUER und W. HEIDENHAIN, Schwindung der Al-Zn-Legierungen. O. BAUER und E. PIWOWARSKY, Versuche über Diffusions- und Auflösungs Vorgänge. O. BAUER und K. SIPP, Lunke- rung und Schwindung beim Gußeisen. W. v. MOELLEN- DORFF, Die Gestalt des Fließkegels. G. SACHS, Zur Analyse des Zerreißversuchs. H. SCHACK, Das ternäre System Kupfer-Blei-Antimon. E. SCHIEBOLD, Die Verfestigungsfrage vom Standpunkt der Röntgen- forschung. E. SCHIEBOLD, Über die graphische Aus- wertung von Röntgenphotogrammen. K. SELLIEN, Chlorierende Röstung von Zinksulfid. G. TITSCHACK, Abscheidung und Raffination von Blei. R. VOGEL, Wachstumsformen und Korngröße in Metallen.

Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie, Berlin-Dahlem.

Die seit Bestehen des Instituts durchgeführten methodischen Untersuchungen auf dem *Wollgebiet* konnten in einer Monographie zusammengefaßt werden, in der für die wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wollhaares, -garnes und -gewebes qualitative und tunlichst auch quantitative Unter- suchungsmethoden angegeben oder wenigstens an- geregt werden. Weiter sind Einblicke in die kolloid- chemischen Veränderungen bei der Herstellung der *Viscoseseide* gewonnen worden. Der als Reifung be- zeichnete Alterungsvorgang hat sich als Vergrößerung einerseits und als Dehydration der Kolloidteilchen andererseits erwiesen. Die fortgesetzte Untersuchung der *Cellulose* hat auf röntgenspektrographischem Wege zu der Erkenntnis geführt, daß sie stets aus einem Gemisch von wenigstens zwei kristallisierten Verbin- dungen besteht. Durch weitere *Krystalluntersuchungen mit Röntgenstrahlen* ist eine Verbreiterung und Ver- tiefung der für die Untersuchung komplizierter Natur- stoffe, wie sie die Faserstoffe darstellen, nötigen Ken- ntnis erfolgt, indem die Gitter einer großen Anzahl von Stoffen untersucht wurden. Es wurden ferner natür- liche *Wachstumsstrukturen* u. a. von Asbest (Antho- phyllit) untersucht. Mit Hilfe eines neuen *Dehnungs- apparatus*, welcher den Entlastungsvorgang quantitativ zu verfolgen gestattet, wurde die Elastizitätsgrenze, die Gleitrichtung in ihrer Abhängigkeit vom Fort- schreiten des Dehnungsvorganges und in ihrem Zu- sammenhang mit Rekrystallisation und Verfestigung untersucht. Es wurde der vollständige Festigkeits-

körper vom Zink durch Reißversuche an Einkristalldrähten in flüssiger Luft festgestellt. Endlich sind die Deformationsvorgänge bei Kunstfasern untersucht worden.

Kaiser Wilhelm-Institut für Lederforschung, Dresden.

Die Arbeiten des Institutes, welche die Struktur der Eiweißstoffe zum Gegenstand haben, führten zur Auffindung zweier neuer Peptidbindungsformen und zweier neuartiger Typen von Aminosäureanhydriden. An letzteren wurde eine neuartige Polymerisation entdeckt.

Der bei Untersuchung der Formaldehydgerbung aufgefundene neue Verbindungstypus zwischen Formaldehyd und Aminen hat sich als allgemeiner gültig erwiesen.

Arbeiten aus dem Gebiet der Kohlenhydrate gelten dem Studium jener Kräfte, welche die Bildung von Molekülanhäufungen bewirken. Der aufgefundene Typus assoziierender Glucoside erlaubte eine genauere strukturchemische Festlegung der assoziierenden Kräfte und die strukturchemische Erfassung der bekannten Jodstärke-Verbindung.

Auf dem Gebiete der Fette wurde die Synthese und Strukturermittlung von sog. gemischtsäurigen Glyceriden wesentlich gefördert.

Aus dem Institut gingen im Jahre 1924 hauptsächlich folgende wissenschaftliche Arbeiten, Vorträge und Aufsätze hervor: M. BERGMANN und St. LUDEWIG, Über glucosidische Acetale einfacher 1,2-Oxyketone und über ihre Polymerisation. *Ann. d. Chemie* **436**, 173. 1924. M. BERGMANN, Über Formaldehydverbindungen der Aminosäuren. *Collegium* 1923, Nr. 639, S. 210. M. BERGMANN, Synthese und Struktur von Säureglyceriden. *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **137**, 27. 1924. M. BERGMANN und S. SABETAY, Über α -Monoglyceride hochmolekularer Fettsäuren. *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **137**, 47. 1924. M. BERGMANN und A. MIEKELEY, Notiz über Trialdehydverbindungen primärer Amine. *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **57**, 662. 1924. M. BERGMANN, Jodverbindungen einfacher 1,2-Cyclo-acetale vom Typus der Jodstärke. *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **57**, 753. 1924. M. BERGMANN und St. LUDEWIG, Über die Halogenverbindungen der Stärke. *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **57**, 961. 1924. M. BERGMANN und E. KANN, Über die Polymerisation der Aldole. *Ann. d. Chemie* **438**, 278. 1924. — M. BERGMANN und A. MIEKELEY, Umlagerungen peptidähnlicher Stoffe III. Derivate des dl-Serin. Über neuartige Anhydride des Glycylserin. *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **140**, 128. 1924. F. STATHER, Über das Tri-(m-nitrobenzoyl)-glycerin. *Ber. d. dtsh. chem. Ges.* **57**, 1392. 1924. M. BERGMANN, Über neuere Proteinchemie und die Chemie hochmolekularer Stoffe.

Am Ende des Berichtsjahres wird der erste Band der gesammelten Abhandlungen des Instituts erscheinen.

Kaiser Wilhelm-Institut für Physik, Berlin.

Die vom Kaiser Wilhelm-Institut für Physik unterstützten Arbeiten hatten im vergangenen Jahr meist Themen aus der Atomphysik zum Gegenstand, die beantragten Apparate von dauerndem Wert sind meist Diffusionspumpen aus Stahl oder elektrische Meßinstrumente. Der große Bedarf an Diffusionspumpen erklärt sich aus der Bedeutung weitgehend entleerter Gefäße für sehr viele der heutigen Versuche und aus der Neuheit dieser Pumpen. Vielfach wurden auch geringere Mittel für laufende Ausgaben und einmal

(für Dr. KOLHÖRSTER) eine Unterstützung für eine wissenschaftliche Reise bewilligt.

Um dem Kaiser Wilhelm-Institut für Physik das Eigentum an den jetzt und früher bewilligten Apparaten von bleibendem Wert zu sichern, hat das Institut für sie ein Verwaltungssystem nach dem Muster des bei der Notgemeinschaft üblichen eingeführt. Jeder Apparat erhält ein nummeriertes Eigentumsschild des Kaiser Wilhelm-Instituts; der Entleiher hat einen vorgedruckten Leihschein auszufüllen. Auch sind die Entleiher darauf hingewiesen, daß sie jeden Apparat nach Vollendung der Untersuchung, für die er bewilligt ist, zurückzugeben haben. Allerdings sind nur sehr wenige Apparate bisher zurückgegeben oder mit Bewilligung des Direktoriums des Kaiser Wilhelm-Institutes von einem auf den anderen Entleiher übertragen. Die zurückgegebenen Apparate sollen nach einem Abkommen mit der Notgemeinschaft im allgemeinen in deren Sammlungsräumen aufbewahrt werden.

Eine Neuerung im Personaletat stellen die seit dem 1. Januar 1924 für Forschungsstipendien verfügbaren 3 Assistentengehälter dar. Das Direktorium sagt den das Geld beschaffenden Instanzen dafür seinen verbindlichsten Dank. Durch Unterteilung kann das Institut damit 5–6 jüngere Physiker bei der wissenschaftlichen Forschung erhalten. Die Herren BORN (Göttingen), v. LAUE (Berlin), MIE (Freiburg), Fr. MEITNER (Berlin), Herr SCHAEFER (Marburg) und Herr W. WIEN (München) haben die Anträge dafür gestellt. Allerdings konnten auch hier nicht alle geäußerten Wünsche befriedigt werden.

Kaiser Wilhelm-Institut für Strömungsforschung (Aerodynamische und Hydrodynamische Versuchsanstalt), Göttingen.

Das wichtigste Ereignis des Berichtsjahres war die Inangriffnahme des Baues eines besonderen hydrodynamischen Forschungsinstitutes in Angliederung an die Aerodynamische Versuchsanstalt, für das die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft die Mittel bereitzustellen vermochte. Das neue Haus erhält zur Zeit den Dachstuhl. Es soll der Erforschung aller derjenigen Strömungsfragen dienen, die aus dem Bereich der Aerodynamischen Versuchsanstalt herausfallen. Ein Teil des künftigen Personals ist bereits mit der Schaffung der Versuchseinrichtungen beschäftigt, daneben ist mit theoretischen Forschungsarbeiten bereits die Arbeit des Instituts eröffnet worden.

Die Aerodynamische Anstalt ist auch im Berichtsjahr durch Aufträge seitens außenstehender Personen und Firmen stark in Anspruch genommen worden. Die Versuchsarbeiten betrafen abgesehen von dem Flugzeugbau und dem Automobilbau u. a. auch Fragen der Dampfturbinen-Lokomotiven und des Segelschiffbaues. Eine aus aerodynamischen Einsichten entstandene Neukonstruktion für die Ausnutzung des Windes für den Antrieb von Schiffen sei hier besonders erwähnt.

Die eigenen Forschungsarbeiten der Anstalt konnten dank den gegen das Vorjahr sehr wesentlichen verstärkten Betriebsmitteln, die die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft der Anstalt zur Verfügung stellen konnte, intensiver als in den letzten Jahren betrieben werden. Neben verschiedenen kleineren Arbeiten sind besonders Studien über die gegenseitige Einwirkung von Propeller und Flugzeug zu erwähnen, ferner Studien über die Beeinflussung der reibenden Grenzschichten, von denen der Widerstand abhängt, durch verschiedene Mittel.

Die Zahl der Angestellten der Anstalt hat sich im Berichtsjahr von 28 auf 33 erhöht, wobei die Mitarbeiter des im Entstehen befindlichen Hydrodynamischen Instituts mitgezählt sind.

Die Versuchseinrichtungen wurden durch weitere hochtourige Elektromotoren für den Antrieb von Propellern und durch verschiedene Meßinstrumente ergänzt.

Hydrobiologische Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Plön (Holstein).

Die Untersuchungen an Quellen in Holstein und auf Rügen und an den Salzwässern von Oldesloe wurden fortgesetzt.

In die Seenstudien wurden die Strandseen einbezogen. Eingehende Untersuchungen über die Quantität der Bodenfauna in den norddeutschen Seen werden von Herrn cand. LUNDBECK angestellt. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Wasserstoffionenkonzentration in unseren Seen und ihrer biologischen Bedeutung geschenkt. Ein von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft als Leihgabe überwiesenes Interferometer ermöglicht die Bearbeitung mancher Probleme, die bisher nicht in Angriff genommen werden konnten. Im Plöner See wurde die Ausfällung von Seekreide aus unterseeischen Quellen genauer untersucht. Die lange Eisbedeckung der Seen wurde zu Arbeiten über Sauerstoff-, Temperatur- und Planktonschichtung unter Eis ausgenutzt. Von Tiergruppen, die bei den Arbeiten an Seen, Quellen und Salzwässern besonders berücksichtigt wurden, seien Rotatorien, Nematoden, Entomotraken genannt; dazu kommen von Pflanzen die Diatomeen. Wie bisher wurde die Bearbeitung der Chironomidenmetamorphose fortgesetzt. Aus dieser Gruppe wurde auch ein umfangreiches, aus Skandinavien und der Wolga stammendes Material bearbeitet.

Über die interessante, in wassererfüllten Höhlungen der Buchen lebende Biocoenose wurde eine Dr.-Arbeit begonnen.

Mit einer umfangreichen Arbeit über das Phytoplankton unserer Seen promovierte Herr H. UTERMÖHL *summa cum laude*.

Im Frühjahr 1924 wurde in 3 Seen der Umgebung von Feldberg i. M. der eiszeitliche Reliktenkrebs *Mysis relicta* entdeckt. Eine im August vorgenommene Untersuchung aller norddeutschen Seen, die diesen Krebs beherbergen (nur der ostpreussische Mauersee konnte nicht untersucht werden), hatte das — schon 1916 vermutete — Ergebnis, daß genau wie die große Maräne sich *Mysis relicta* seit der Eiszeit nur in den wenigen norddeutschen Seen hat erhalten können, deren Sommertiefenwasser einen besonders hohen Sauerstoffgehalt besitzt.

Die Untersuchung der kleinen kalkarmen Waldseen, die einen besonders interessanten Seentypus inmitten unserer im allgemeinen kalkreichen Seen darstellen, wurde dadurch erweitert, daß mit dem Torfbohrer der Untergrund und die Verlandungserscheinungen an diesen Seen studiert wurden. Die Bearbeitung der Proben nach pollenanalytischen Methoden steht noch aus; es ist aber jetzt schon zu sehen, daß auf diese Weise die postglaziale Geschichte dieser Seen unschwer festgestellt werden kann, und damit auch das Verständnis ihrer jetzt zu beobachtenden Besonderheiten erleichtert wird.

In den Kreidebächen und -quellen der Halbinsel Jasmund auf Rügen wurden umfangreiche interferometrische Untersuchungen angestellt. Es lag nämlich von vornherein nahe, gewisse faunistische Ver-

schiedenheiten in diesem Gebiete auf Differenzen im Kalkgehalt des Wassers zurückzuführen. Das Ergebnis der Interferometerbestimmungen bewies, daß diese Annahme falsch war. Gleichzeitig von einem Geologen vorgenommene Untersuchungen bestätigten, daß hier nicht milieuchemische Ursachen für die verschiedenartige Besiedelung der fraglichen Biotope verantwortlich gemacht werden können, daß vielmehr ein nur historisch zu verstehendes Besiedelungsproblem vorliegt.

Veröffentlichungen A. THIENEMANN: 1. Zweck und Ziele der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie. Verhandl. d. int. Ver. f. th. u. a. L. Kiel S. 1–5. 2. Grundwasser — Quellen — Bach und Fluß — See und Teich — Ufer. Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden. Liefg. 115, S. 73–86 u. 97–102. 3. Die Gewässer Mitteleuropas. Eine hydrobiologische Charakteristik ihrer Haupttypen. Handb. d. Binnenfischerei Mitteleuropas I, S. 1–84. 4. Über die Chironomidengattung *Lundströmia* nebst einer Bestimmungstabelle für die Larven und Puppen der Sectio *Tanytarsus genuinus*. Zool. Anz. 58, S. 331–345. 5. Geschichte der Chironomusforschung von Aristoteles bis zur Gegenwart. Dtsch. entomol. Zeitschr. S. 517 bis 540. — FR. LENZ: 1. Chironomidenlarven aus China. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie 11, S. 506–516. 2. Einige Gedanken zur Pädagogischen Hochschule. Deutsche Schule u. deutsches Volkstum an der Saar Jahrg. 3 der „Mitt.“ 1923, Nr. 17, S. 336 bis 342. — L. BENICK: Zur Biologie der Käferfamilie Helodidae. Mit einer Übersicht der Baumhöhlenfauna von Professor Dr. A. THIENEMANN (Plön). Mitt. d. geogr. Ges. u. d. Nat.-Mus. Lübeck 2. Reihe, H. 29, S. 45–76. — J. HAUER: Habrotricha thienemanni n. sp., ein in Höhlungen der Buchen lebendes Rädertier. Arch. f. Hydrobiol. 14, S. 585–591. — FR. HUSTEDT: Zur Morphologie und Auxosporenbildung von *Melosira Jürgensi* Ag. und *M. arenaria* Moore. Arch. f. Hydrobiol. 14, S. 720–725. — W. KLIE: Über das Vorkommen von *Vigirella coeca* in einem Hallenschwimmbad. Arch. f. Hydrobiol. 15, S. 122–124. — FR. KOPPE: Die Schlammlflora der ostholsteinischen Seen und des Bodensees. Arch. f. Hydrobiol. 14, S. 619–672. — W. SCHNEIDER: Beiträge zur Kenntnis der Nematodenfauna holsteinischer Quellen. Arch. f. Hydrobiol. 14, S. 340–345. — J. SCHWEIZER: Beiträge zur Kenntnis der Tierwelt norddeutscher Quellgebiete. Acarina (Landmilben). Arch. f. Hydrobiol. 15, S. 125–132. — H. UERMÖHL: 1. Phaeobakterien (Bakterien mit braunen Farbstoffen). Biol. Zentralbl. 43, S. 605–609. 2. Ein Mutualismus (Symbiose?) zwischen subterranean Copepoden und Schwefelbakterien. Biol. Zentralbl. 44, S. 58–66. — K. VIETS: 1. Hydra-carinen aus Rügener Quellen und Bächen. Arch. f. Hydrobiol. 14, S. 315–324. 2. Holsteinische Halacariden. Arch. f. Hydrobiol. 15, S. 118–121. — G. WILLMANN: Oribatiden aus Quellmoosen. Arch. f. Hydrobiol. 14, S. 470–477.

Es erschien vom Arch. f. Hydrobiol. 14, H. 2, 3, 4; 15, H. 1 und 2 sowie Suppl. 3, H. 2 u. 3.

Die Referate über Neuerscheinungen auf limnologischem Gebiet wurden fortgesetzt.

Biologische Station in Lunz. (Kupelwiesersche Stiftung.)

Zum ersten Male darf mit diesem Jahresberichte die Biologische Station in Lunz im Kreise der Kaiser Wilhelm-Institute erscheinen. Wie jene der meisten

wissenschaftlichen Arbeitsstätten, die privatem Mäzenatentum ihre Entstehung verdanken, war auch die Existenz unserer Anstalt nach dem Kriege aufs äußerste bedroht. Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft hat es nun gemeinsam mit der Akademie der Wissenschaften in Wien unternommen, den Bestand des Institutes sicherzustellen. Es wurde der Verein „Biologische Station in Lunz“ gegründet, der in der Hauptsache durch die beiden genannten Körperschaften repräsentiert wird und dem die Herren Dr. CARL und Dr. HANS KUPELWIESER als Stifter den ganzen Besitz der Station an Gebäuden und Grundstücken, an wissenschaftlicher Einrichtung und Betriebskapital übergeben haben. Dieser Verein stellt die Mittel zur Erhaltung der Anstalt, welche die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in wissenschaftlicher Hinsicht in den Kreis ihrer Unternehmungen aufgenommen hat, bei.

So konnte sich die Lunzer Station, von Existenzsorgen befreit, wieder gänzlich ihrer Aufgabe widmen, einerseits eine günstige Arbeitsgelegenheit für biologische Studien im allgemeinen zu schaffen, andererseits aber im besonderen durch eine enge Verbindung von Beobachtungen im Freien mit Versuchen im Laboratorium zur Erforschung der Lebensverhältnisse in alpinen Gewässern beizutragen. Die ökologischen Aufnahmen im Arbeitsgebiete, so unter anderem die gemeinsam mit der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Plön unternommene Erforschung der Chironomidenfauna und die Untersuchung der Moore mit Hilfe der Pollenanalyse konnten in diesem Jahre kräftig gefördert werden. Außerdem wurden von den Mitarbeitern der Anstalt eine Reihe von Spezialstudien teils zu Ende geführt, teils neu begonnen. Von diesen seien genannt: Biologische Libellenstudien, cytologische Untersuchungen an Algen und Flagellaten, Untersuchungen über die Kohlensäure-Assimilation, der Wasserpflanzen und den Einfluß submerser Gewächse auf die Wasserstoffionen-Konzentration des Wassers. Die Ausgestaltung des Laboratoriums hat im Berichtsjahr wesentliche Fortschritte gemacht. Vor allem konnte die während des Krieges geräumte Glasausanlage wieder in Betrieb genommen und damit die Arbeitsmöglichkeiten bedeutend erweitert werden.

Vom 14. Juli bis 3. August wurde ein hydrobiologischer Kurs über das Limnoplankton als Lebensgemeinschaft abgehalten, zu welchem sich 15 Teilnehmer eingefunden hatten. Im ganzen wurde die Station während des Berichtsjahres von 36 Biologen aller Richtungen zu längerem Arbeitsaufenthalt aufgesucht, die zusammen 132 Wochen verweilten. Von den Besuchern entfielen auf Österreich 19, Deutschland 13, Tschecho-Slowakei 3, Japan 1.

Veröffentlichungen:

- H. FUCHSIG, Die im Wasser wachsenden Moose des Lunzer Seengebietes. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **12**. 1924.
- L. GEITLER, *Chroomonas caudata* n. sp. Österr. Bot. Zeitschr. 1924.
- L. GEITLER, Über *Kalyptobaktron indutum* n. gen. und *Acanthosphaera Zachariasi*, zwei planktonische Protococcaceen. Österr. Bot. Zeitschr. 1924.
- W. KOLMER, Über das Auge des Eisvogels. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **204**. 1924.
- F. RUTTNER, Die Biologische Station in Lunz (Kupelwiesersche Stiftung), ihre Einrichtung und Arbeitsweise. Handb. d. biol. Arbeitsmethoden.
- F. RUTTNER, Eine biologische Methode zur Untersuchung des Lichtklimas im Wasser. Naturwissenschaften 1924.
- O. STORCH, Die Eizellen der heterogenen Rädertiere. Zool. Jahrb. **45**.
- O. STORCH, Morphologie und Physiologie des Fangapparates der Daphniden. Ergebn. u. Fortsch. d. Zool. **6**. 1924.
- O. STORCH, Libellenstudien I. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I. **133**. 1924.

Deutsches Entomologisches Museum der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, Berlin-Dahlem.

Trotz der erheblichen wirtschaftlichen Schwierigkeiten, mit denen das Institut vor allem im Anfang des Jahres zu kämpfen hatte, konnten alle wesentlichen Aufgaben des Institutes, unter Ausschaltung aller Fragen sekundärer Ordnung, voll erfüllt werden: 1. Der externe Dienst, umfassend wissenschaftliche Auskünfte, Ausleihen von Büchern und Insekten sowie die übrige Korrespondenz (3514 Ausgangsnummern im Journal vom 1. X. 1923 bis 1. IX. 1924). 2. Die Herausgabe der zwei im Selbstverlage des Institutes erscheinenden Zeitschriften: „Entomologische Mitteilungen“ und „Supplementa Entomologica“. 3. Schriftenaustausch mit 428 Zeitschriften (darunter 341 ausländische). 4. Fortführung und Ergänzung der Bibliothek (Eingänge von über 3000 Einzelarbeiten).

Seit Juli 1924 haben sich die wirtschaftlichen Verhältnisse des Instituts wesentlich gebessert.

In der Berichtszeit sind über 22 000 Insekten von führenden Spezialisten der Welt wissenschaftlich determiniert worden. Durch ein Vermächtnis (FRANKLIN MÜLLER) fielen dem Institut über 100 000 Insekten (darunter die ganze restliche Neu-Guinea-Ausbeute von WAHNES) und umfangreiche Mengen von Literatur zu. Folgende 8 wissenschaftliche Publikationen gingen seit dem 1. Oktober 1923 aus dem Institut hervor: I. Dr. TH. BECKER, H. Sauters Formosa-Ausbeute. 1. Pipunculidae. Entom. Mitt. **13**, S. 14. 2. Ephydriidae. 1. c. S. 89. 3. Chloropidae. 1. c. S. 117. 4. Dolichopodidae. Zool. Mededel. Leiden 1924, S. 120. II. Dr. DUDA, H. Sauters Formosa-Ausbeute. Drosophilidae. Arch. Naturg. Berlin **90**, Abt. A, H. 3, S. 235. III. W. HORN: 1. Les Cicindélides des „Vaccarias“ du Rio Vacarria dans le Matto Grosso (Brésil) et leur Termitophilie. Bull. soc. science de Cluj, Rumänien, **11**, 2, S. 46. 2. Three new Cicindelidae from the Philippines. Philippine Journ. science **24**, S. 87. 3. Über die marokkanische Cicindela Coquereli Fairm. und ihre Ähnlichkeit mit dem kapensischen Relikt. Cicindela Quadriguttata Wdm. Entomol. Mitt. **13**, S. 215.