

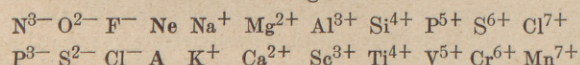
Struktur und Deformation der Elektronenhüllen in ihrer Bedeutung für die chemischen und optischen Eigenschaften anorganischer Verbindungen¹⁾.

Von K. Fajans, München.

1. *Einleitung.* Eine große Reihe von Tatsachen spricht überzeugend für die Auffassung, daß bei der chemischen Betätigung der Ionen, Atome und Moleküle eine oft ausschlaggebende Rolle ein Faktor spielt, der bis jetzt fast gar nicht in den Kreis chemischer Betrachtungen gezogen wurde und der in einer Deformation der normalen Elektronenhüllen der sich betätigenden Gebilde besteht.

Wir wollen hier hauptsächlich die Deformation der Ionen behandeln. Nach W. Kossel (1916) soll die überwiegende Mehrzahl der anorganischen Verbindungen aus Atomionen aufgebaut sein. Wenn auch die weiteren Überlegungen zeigen werden, daß in vielen der von Kossel in dieser Weise betrachteten Stoffe die Deformation der Ionen so weitgehend ist, daß man nicht berechtigt ist, sie als heteropolar aufzufassen, wollen wir doch von der Betrachtung der Atomionen ausgehen, weil dadurch die Übersicht der sich für die Deformation ergebenden Gesetzmäßigkeiten erleichtert wird.

Die Bildung von Atomionen hängt bekanntlich nach Kossel und G. N. Lewis (1916) mit dem Bestreben der Elektronenhüllen zusammen, bestimmte stabile Konfigurationen zu erreichen, als welche vor allem die der Edelgase mit acht Außenelektronen zu erwähnen ist. So haben z. B. folgende Atomionen die Elektronenkonfiguration des Neon- bzw. Argonatoms:

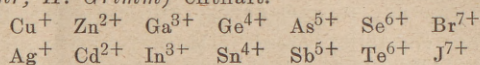


Diese die Stabilität bedingende Konfiguration der Elektronen besteht nach N. Bohr (1922) bei den Edelgasen in einer Kombination von je 4 bestimmt orientierten kreisförmigen und elliptischen Bahnen, auf welchen die äußeren Elektronen sich um den Kern des Atoms bewegen.

Eine andere wichtige Gruppe von positiven Ionen ist die, welche der Konfiguration des Cu^+ ,

¹⁾ Vortrag, gehalten in der Münchener Chemischen Gesellschaft am 25. Januar 1923. Die in dem Vortrag nur kurz besprochenen Gesichtspunkte und Resultate werden demnächst in mehreren Arbeiten, die gemeinsam mit den Herren H. Beutler, A. Holstamm, G. Joos und A. Scott in der Zs. f. Physik und in der Zs. f. physik. Chem. publiziert werden sollen, näher erläutert und begründet, sowie durch ein ausführliches Tatsachen- und Zahlenmaterial belegt werden.

Ag^+ , Au^+ entspricht und die 18 Außenelektronen (Bohr, H. Grimm) enthält.



Auch die Außenhüllen aller anderen Ionen, die nicht die Edelgaskonfiguration besitzen, z. B. Cu^{++} , Ni^{++} usw., bestehen höchstwahrscheinlich aus einer 8 übersteigenden Zahl von Elektronen.

Nähern sich entgegengesetzt geladene Ionen einander, so kommen sie, wie M. Born und A. Landé gezeigt haben (1918), in einer Entfernung zum Stillstand, in welcher die Anziehungskraft der entgegengesetzten Überschußladungen gerade der Abstoßungskraft der Elektronenhüllen gleich ist. Unter sehr vereinfachten Annahmen über die Lage der Außenelektronen ließ sich (Fajans, K. F. Herzfeld, 1920) ableiten, daß in den aus Ionen vom Edelgastypus bestehenden Alkalihalogeniden die Elektronenhüllen der unmittelbar benachbarten Ionen durch erhebliche Zwischenräume getrennt sind. Auf Grund der Born-Landéschen Theorie läßt sich weiterhin voraussagen, daß die Hülle etwa eines Halogenions näher an die Hülle eines Kations herantreten kann, wenn diese aus mehr als 8 Elektronen besteht, als wenn sie den Edelgastypus aufweist. Diese Resultate gelten für undeformierbare Hüllen; sobald man die Deformation berücksichtigen will, muß man sich zunächst mit der qualitativen Betrachtung der Tatsachen begnügen.

Die Annahme der Deformation der Elektronenhüllen ist bereits in einigen Fällen herangezogen worden, die Beziehungen zu dem Folgenden aufweisen. Auf Betrachtungen von F. Haber (1919) und A. Reiss (1920) werden wir noch zurückkommen. Hier sei aber schon auf den wichtigen Gedanken von P. Debye (1920) hingewiesen, der die van der Waalsschen Anziehungskräfte etwa zwischen zwei Edelgasatomen auf die gegenseitige Polarisation (Deformation) ihrer Elektronenhüllen zurückführt. Das Lichtbrechungsvermögen (Molekularrefraktion) des Gases hängt aber ebenfalls von der Leichtigkeit ab, mit der die Elektronenhüllen seiner Moleküle durch Licht deformierbar sind, und es ist bemerkenswert, daß Debye bei Edelgasen usw. einen Parallelismus zwischen der Größe der van der Waalsschen Kräfte und der Molekularrefraktion findet. Wenn auch die weiter zu betrachtenden Deformationen wahrscheinlich mit der von Debye behandelten wesensgleich sind, handelt es sich bei uns um Kraftwirkungen, die aus gleich zu ersiehenden Gründen um das Vielfache die van der Waalsschen Kräfte übertreffen.

2. *Optische Eigenschaften als Maß der Deformierbarkeit.* Es sei nun zunächst auf Grund der Resultate einer gemeinsam mit G. Joos ausgeführten Arbeit die Deformierbarkeit verschiedener Elektronenhüllen verglichen, wie sie sich aus dem spärlichen Material über die optischen Eigenschaften (Molekularrefraktion für unendlich lange Wellen oder die aus Dispersionsmessungen ermittelte Eigenfrequenz, die ein Maß für die Festigkeit der Bindung der Elektronen vorstellt) ergab. Man findet zunächst $\text{Ne} < \text{A} < \text{Kr} < \text{Xe}$. Die Deformierbarkeit der Edelgashüllen nimmt mit steigender Atomgröße zu. Dementsprechend ergibt sich aus Messungen von Heydweiller und seiner Schüler an Lösungen für Anionen mit Edelgasschalen $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$. Die Reihenfolge, in der die Deformierbarkeit der Halogenionen zunimmt, ist dieselbe, in der die Elektronenaffinität der betreffenden Atome fällt. Weiterhin folgt $\text{K}^+ < \text{A} < \text{Cl}^-$ (A. Wasastjerna), und es ist im allgemeinen die Deformierbarkeit der Anionen um so viel größer als die der Kationen, daß wir bei den weiteren, nur die erste Orientierung bezweckenden Betrachtungen die Deformation der Kationen außer acht lassen können. Das Resultat der erwähnten direkten Messungen können wir unbedenklich verallgemeinern, z. B. zu den Reihen $\text{Ne} < \text{F}^- < \text{O}^{2-} < \text{N}^{3-}$ oder $\text{O}^{2-} < \text{S}^{2-} < \text{Se}^{2-}$. Von großer Bedeutung für das Folgende ist die Deformation der Elektronenhülle eines Anions, wenn an dieses ein H-Kern angelagert wird. Daß hier eine besonders starke Deformation des Anions anzunehmen ist, haben schon Haber und Reis aus später noch zu besprechenden Tatsachen geschlossen. Optisch ergibt sich nun, daß diese Deformation eine sehr weitgehende Stabilisierung der Elektronenhülle der Halogenionen bedingt, und daß somit z. B. $\text{HCl} < \text{Cl}^-$ ist. Es ist nun naheliegend, auch diese Feststellung zu verallgemeinern und anzunehmen $\text{O}^{2-} > \text{OH}^- > \text{H}_2\text{O}$, eine Annahme, die uns gleich das Verständnis vielfältiger Tatsachen erleichtern wird. Schließlich sei die wiederum direkt optisch geprüfte Reihe angeführt: $\text{Ne} < (\text{FH}) < \text{OH}_2 < \text{NH}_3$.

Resultiert in den eben erwähnten Fällen der Anlagerung des H-Kerns eine Verfestigung der Elektronenhülle, so ist im Gegensatz dazu als allgemeinere Erscheinung festzustellen, daß die Elektronen des Anions durch Annäherung des Kations gelockert werden. Es fehlen zwar exakte optische Messungen, aber schon die Erscheinungen der Farbe ergeben hier viele wertvolle Aufschlüsse.

3. *Farbe.* Wie bereits J. Meisenheimer (1921) hervorgehoben hat, findet man oft bei salzartigen anorganischen und organischen Verbindungen eine Farbvertiefung von Chlorid zum Jodid. So sind z. B. die Chloride von Pb^{++} und Hg^{++} farblos, die Jodide gefärbt, was Meisenheimer auf eine mit dem Radius des Anions steigende Verzerrung seiner Elektronenhülle zu-

rückführt. Auch die Farbe der Oxyde und Sulfide wird von ihm im Sinne einer besonders leichten Deformierbarkeit von O^{2-} und S^{2-} gedeutet.

Diese Erscheinungen sind offenbar so zu verstehen, daß, während die normale, farblose Elektronenhülle der Halogenionen, des O^{2-} -Ions usw. erst im Ultraviolett absorbiert, durch die anziehende Wirkung des Kations die Elektronenbahnen in der Weise deformiert und gelockert werden, daß die betreffenden Elektronen schon unter der Wirkung des sichtbaren Lichtes Quantensprünge auszuführen vermögen. Man kann die Erscheinung als einen *Starkeffekt* betrachten, der ja gewöhnlich bei schwereren Atomen eine Verschiebung der Linien nach Rot bedingt und der in den betrachteten Fällen, infolge des intensiven elektrischen Feldes in der Entfernung von 10^{-8} cm vom Kation so deutlich in Erscheinung tritt. Daß die Bahn der Elektronen des Anions dabei in der Richtung zum Kation herübergezogen wird, folgt sehr anschaulich aus dem Verhalten etwa der Cuprisalze. Das wasserfreie CuSO_4 oder CuF_2 ist farblos, woraus man schließen muß, daß das freie Cu^{++} ebenfalls farblos ist. Die braungelbe Farbe des CuCl_2 muß deshalb die Folge der Deformation der Cl^- -Ionen sein. Entsprechend der stärkeren Deformierbarkeit des Br^- - und I^- -Ions findet man, daß das CuBr_2 bereits schwarz ist, während das CuI_2 bei gewöhnlicher Temperatur überhaupt nicht mehr existenzfähig ist, weil die Deformation des I^{2-} durch das Cu^{++} so stark ist, daß sein Elektron ganz zum Kation herübergezogen wird unter Bildung von CuI und I . Aus der Tatsache, daß auch $\text{Cu}(\text{CN})_2$ und $\text{Cu}(\text{NO}_2)_2$ im festen Zustande nicht existenzfähig sind, können wir dann den für das Folgende wichtigen Schluß ziehen, daß CN^- und NO_2^- leicht, bis zum Verlust eines Elektrons, deformierbar sind.

Eine weitere Konsequenz dieser Auffassung ist nun, daß man die blaue Farbe des Cu^{++} in wäbriger Lösung und in allen Hydraten auf die Deformation der Elektronenhülle des Wassers, die viel intensivere und abweichende Farbe in ammoniakalischer Lösung auf die Deformation der lockereren Elektronenhülle des NH_3 usw. zurückführen muß. Die bereits von Meisenheimer

²⁾ Es sei erwähnt, daß den Ausgangspunkt der hier entwickelten Theorie die vor einiger Zeit geäußerte Auffassung bildete, nach der der primäre Vorgang bei der im Licht stattfindenden Zersetzung des AgBr , ganz analog zu dem oben betrachteten Zerfall des CuJ_2 , in dem Übergang eines Elektrons vom Bromion zum Silberion des Gitters besteht, eine Auffassung, die sich in den kürzlich mitgeteilten Versuchen von W. Frankenburg und in einigen von ihm gezogenen weiteren Konsequenzen gut bewährt hat. — Über die Lage der Elektronenbahnen speziell in homöopolaren Molekülen hat C. A. Knorr eine weiter noch zu erwähnende Ansicht geäußert, deren Durchbildung in gemeinsamen Diskussionen auch für die oben erwähnte Vermutung über die Art der Orientierung der Bahnen in deformierten heteropolaren Stoffen von Wert war.

hervorgehobene Tatsache, daß die Oxyde meistens tiefer gefärbt sind als die entsprechenden Hydroxyde, ist nun auf Grund dieser Auffassung verständlich: erstens kommt das O^{--} infolge der höheren Ladung näher an das Kation heran als das OH^- , zweitens ist nach dem obigen, infolge der Verfestigung durch den H-Kern, OH^- weniger deformierbar als O^{--} . Man sieht auch, daß die Frage, ob ein Kation Eigenfarbe besitzt, durch die Betrachtung seiner Salze mit besonders schwer deformierbaren Anionen (F^- , SO_4^{--} , ClO_4^-) zu beantworten ist. Man findet so, daß nicht nur das Cu^{++} , sondern auch Fe^{++} , Fe^{+++} farblos sind. Eine systematische experimentelle Untersuchung von Farbe der Ionen von diesem Standpunkte aus ist im Gange.

Von den Resultaten eines auf Grund des großen, bereits vorliegenden Materials mit H. Beutler unternommenen Vergleichs der *deformierenden Wirkung* verschiedener an sich farbloser Kationen auf die Anionen sei zunächst erwähnt, daß bei *Kationen von Edalgastypus* diese Wirkung, soweit sie in Farberscheinungen sich bemerkbar macht, um so größer ist, je höher geladen das Kation ist und je kleiner sein Radius, d. h. je näher die Anionenhülle an die zentrale Ladung des Kations herankommen kann. Bis zu den dreiwertigen Kationen dieses Typus sind z. B. bei gewöhnlicher Temperatur alle Halogenide farblos. Bei vierwertigen macht sich bei dem kleinen Ti^{4+} die Farbe beim Bromid bemerkbar, bei dem größeren Zr^{4+} erst beim Jodid, während alle Halogenide des größten Th^{4+} farblos sind. Bei den fünfwertigen tritt die Farbe bei dem im periodischen System neben Zr stehenden Nb^{5+} und sogar noch bei dem größeren Ta^{5+} bereits beim Chlorid auf, um sich bei TaJ_5 bis zur Schwärze zu vertiefen.

Bei *Kationen, die keine Edalgashülle aufweisen*, findet man nun ein davon stark abweichendes Verhalten, denn schon bei dem an sich farblosen Ag^+ ist das Bromid und Jodid³⁾ bei gewöhnlicher Temperatur gefärbt, das Oxyd und Sulfid schwarz. Als Grund für diesen Unterschied ist zunächst das schon früher erwähnte Resultat zu nennen, daß die Außenhülle eines Anions nicht so nahe an die Hülle eines Kations mit Edalgashülle herankommen kann wie an die Hülle anderer Kationen. Dabei kann man daraus, daß Atome des Ag bzw. Cd wesentlich höhere Ionisierungspotentiale⁴⁾ und Resonanzpotentiale

³⁾ In privaten Äußerungen wurde die Farbe des AgBr von Herrn E. Zintl am hiesigen Laboratorium im Sinne der Lockerung der Elektronen der Bromionen gedeutet, von Herrn M. Volmer (Berlin) als ein Anzeichen dafür gehalten, daß AgBr kein vollkommenes Ionengitter vorstellt.

⁴⁾ Es muß hier der sehr interessanten und anregenden Arbeit von G. von Hevesy (1922) gedacht werden, der hauptsächlich auf Grund der elektrolytischen Leitfähigkeit in Kristallen die „Auflockerung von Kristallgittern“ behandelt. Der nahe und leicht zu deutende Zusammenhang dieser Erscheinung mit den hier diskutierten Deformationen ergibt sich schon daraus, daß

haben, als entsprechend Na bzw. Mg schließen, daß in der Entfernung, bis auf welche Elektronen an die Hüllen der Ionen sich nähern können, bei Ag^+ bzw. Cd^{++} ein stärkeres elektrisches Feld herrscht als bei Na^+ bzw. Mg^{++} . Daß die Entfernung zwischen den beteiligten Ionen für die Stärke der Deformation von großer Bedeutung ist, zeigt übrigens die verbreitete Erscheinung der Farbvertiefung bei Erhöhung der Temperatur, z. B. bei $PbBr_2$ oder $AgBr$. Trotz der thermischen Ausdehnung des ganzen Kristalls kommen, worauf uns Herr Herzfeld freundlichst aufmerksam gemacht hat, bei höherer Temperatur, infolge der größeren Amplituden der Wärmeschwingungen, die Ionen zeitweise näher aneinander heran als bei einer tieferen Temperatur.

Mannigfache Tatsachen auf dem Gebiete der Farbe anorganischer Verbindungen scheinen jedoch dafür zu sprechen, daß neben diesen allgemeinen Faktoren noch spezielle, in besonderen Quantenzuständen sowohl der Anionen (bzw. der neutralen, komplex angelagerten Gruppen) als auch der Kationen begründete Faktoren eine wichtige Rolle für das Zustandekommen der Deformation spielen.

4. *Gitterabstände*. Wenn die Deformation der Anionen in einem Herüberziehen seiner Elektronenbahnen in der Richtung zum Kation besteht, so ist zu erwarten, daß auch das ganze deformierte Anion näher an das Kation herantreten wird als ein starres Anion von gleicher Größe. Das kommt sehr klar zum Vorschein bei dem Vergleich der in 10^{-8} cm ausgedrückten Gitterabstände der Halogenide des Natriumions einerseits, der des viel stärker deformierenden Silberions andererseits.

	F	Cl	Br	J
Ag	2,58	2,78	2,89	2,83
Na	2,32	2,81	2,98	3,23
Diff.	+ 0,26	— 0,03	— 0,09	— 0,40

Während bei den Fluoriden der Abstand beim Silbersalz wesentlich größer ist als beim Natrium-salz, ist bei den Jodiden, offenbar infolge der starken Deformation des J^- durch das Ag^+ ausgeprägt das Umgekehrte der Fall. Die kleine Tabelle zeigt übrigens mit aller Klarheit, wie weitgehend in solchen Fällen die letzteren im Anschluß an W. L. Bragg oft herangezogene Vorstellung versagt, nach der jedem Atom eine bestimmte Wirkungssphäre zukommt. Man muß weiterhin schließen, daß entweder in den Gittern der Alkalihalogenide die äußersten Elektronenhüllen der Ionen durch weite Zwischenräume getrennt sind, was somit den in der Einleitung erwähnten theoretischen Schluß bestätigen würde,

nach von Hevesy die „Auflockerung“ um so weitgehender ist, je kleiner die Elektronenaffinität des Anions und je größer die Tendenz des Kations ein Elektron einzufangen, d. h. je größer sein Ionisierungspotential ist.

oder daß bei starker Deformation des Anions (AgJ) die Bahnen seiner Elektronen in die Hülle des Kations einzudringen vermögen.

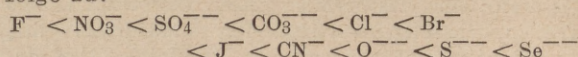
5. *Gitterenergie und Ionisierungsarbeit.* Von besonders großer Bedeutung für das Verständnis der chemischen Eigenschaften der Stoffe ist die Betrachtung des Einflusses, den die Deformation auf die energetischen Größen ausübt. Wenn starre gasförmige Ionen zu einem Salzgitter oder zu einem Molekül zusammentreten, so wird dabei Energie nach außen abgegeben (Bornsche Gitterenergie oder negative Ionisierungsarbeit), die zum überwiegenden Teil aus der Anziehungsarbeit der Überschußladungen herrührt; von dieser kommt in Abzug, als kleiner Bruchteil, die gegen die Abstoßungskräfte der Elektronenhüllen, hauptsächlich in den letzten Phasen der Annäherung zu leistende Arbeit. Läßt man nun nach Erreichen des fiktiven Gleichgewichts der starren Ionen den freiwilligen Vorgang der Deformation in Wirkung treten, so muß die Energieabgabe größer werden. Für den Fall des gasförmigen Chlorwasserstoffes ist bereits von *Haber* nachgewiesen worden, daß die bei seiner Bildung aus Ionen frei werdende Energie bedeutend die für ein starres Chlorion zu erwartende übertrifft. *Haber* deutet das als die Folge einer „Kernverschiebung“, erwähnt aber auch die Möglichkeit einer Deformation der Elektronenhülle. Es läßt sich zeigen, daß die Deformationsarbeit in diesem Falle von der Größenordnung von 100 kcal ist und etwa $\frac{1}{2}$ der gesamten Bildungswärme des HCl aus H^+ und Cl^- beträgt. Die Deformation läßt deshalb die sehr verschiedene Abstufung der *Bildungsenergien aus Ionen* bei den Halogeniden der Alkaliionen einerseits, bei den viel stärker deformierenden H^+ - oder Ag^+ -Ionen andererseits verstehen, eine Verschiedenheit, auf die für Kationen mit Hüllen verschiedenen Baues *H. Grimm* hingewiesen hat.

	F	Cl	Br	J
H	—	314	300	291
Ag	220	200	193	188
Diff.	1	19	25	32
Na	219	181	168	156

Wie aus der Tabelle, die die Energiewerte in kcal angibt, zu ersehen ist, übertrifft der Wert fürs Chlorid den fürs Jodid beim Na um 16 %, bei Ag und H nur um 6 bzw. 8 %. Zwischen Fluorid und Jodid sind die betreffenden Unterschiede 40 % bei Na und nur 17 % beim Ag. Das rührt offenbar daher, daß die Deformationsarbeit vom Fluorid zum Jodid wächst und beim Ag^+ und H^+ größer ist als beim Na^+ . Bei zweiwertigen Ionen findet man ähnliches. Während bei dem Ba^{++} vom Edeltypus die Gitterenergie des Cyanids nur um 8 kcal die des Chlorids übertrifft, beträgt der Unterschied bei dem stark deformierenden Hg^{++} infolge der viel stärkeren

Deformierbarkeit des CN^- im Vergleich zum Cl^- 50 kcal.

Auf Grund der Zusammenstellung des großen Materials der Bildungswärmen und Gitterenergien von *Grimm*, die von *A. Scott* vom Standpunkte dieser Mitteilung geordnet und fast auf das gesamte vorliegende Material ausgedehnt wurde, kann man den Satz aufstellen, daß im allgemeinen die *Gitterenergie eines Salzes mit Schwermetallkation (keine Edeltgashülle) um so mehr die eines gleichgeladenen Kations vom Edeltgastypus übertrifft, je deformierbarer das Anion ist.* So nimmt z. B. die Differenz der Gitterenergien pro 1 Grammatom zwischen Ag- und Na-Salzen von dem Wert 1 kcal beim Fluorid bis zu 60 kcal beim Selenid in folgender Reihenfolge zu:



Genau die gleiche Reihenfolge der Anionen findet man für das Ansteigen der Differenz der Gitterenergien zwischen Cd- und Ca-Salzen und mit kleinen Umstellungen allgemein für Kationen wie Tl^+ , Zn^{++} , Hg^{++} , Ni^{++} , Mn^{++} usw. bei ihrem Vergleich mit gleichgeladenen Kationen vom Edeltgastypus. Diese Reihenfolge entspricht aber im allgemeinen der der steigenden Deformierbarkeit der Anionen, wie man auf Grund der optischen Eigenschaften, speziell der Farbe, oder auf Grund der Beständigkeit der Salze leicht findet. Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, daß diese so verschiedene Abstufung der Gitterenergien bei Ionen verschiedenen Baues zum Teil wenigstens durch die Deformationsarbeit des Anions bedingt ist.

5. *Flüchtigkeit.* Daraus ergibt sich aber so gleich eine Konsequenz für die Flüchtigkeit salzartiger Verbindungen. Wenn die Deformationsarbeit im Molekül eines Salzes (etwa $HgCl_2$), infolge der einseitigen Beanspruchung des Anions, größer ist als im Gitter, wo das Anion von mehreren Seiten von Kationen umgeben ist, wird beim Verdampfen Deformationsenergie frei, die Sublimationswärme wird also kleiner als im Falle einer analogen Verbindung mit undeformierten Ionen. Auf diese Weise dürfte sich die Flüchtigkeit der Merkurihalogenide erklären. Auch die gute Löslichkeit solcher Salze wie $HgCl_2$, $CuCl_2$ usw. in organischen Lösungsmitteln steht wohl damit im Zusammenhang. Wahrscheinlich erklärt sich in derselben Weise die neuerdings von *H. v. Wartenberg* (1921) festgestellte Abstufung der Siedepunkte und Sublimationswärmen der Alkalihalogenide, deren auffallendste Abweichung von der für starre Ionen zu erwartenden Abstufung die höheren Werte für das KJ als für das NaJ bilden. Auch die von *Kossel* hervorgehobene Tatsache, daß, während $TiCl_4$ oder $SnCl_4$ viel leichter flüchtig als die entsprechenden Fluoride sind, die Bromide und Jodide wiederum steigende Siedepunkte aufweisen, ist zweifellos so zu verstehen: die Deformierbarkeit des F^- ist kleiner als die

der anderen Halogenionen, daher die dem Salztypus entsprechende Schwerflüchtigkeit der Fluoride. Bei den anderen Halogeniden verliert sich infolge der Deformation der Anionen der heteropolare Charakter, und das führt zu der für homöopolar gebaute Moleküle typischen und unschwer zu deutenden Flüchtigkeit. Daß der Siedepunkt vom Chlorid zum Jodid ansteigt, also in umgekehrter Reihenfolge wie bei heteropolar gebauten Stoffen, erklärt sich ungezwungen dadurch, daß hier die van der Waalsschen Kräfte den von *Debye* erkannten Charakter der Deformation der auf der Peripherie des Moleküls liegenden Elektronenhüllen der Halogenatome besitzen; die Deformierbarkeit steigt ja von Cl zu J.

7. *Löslichkeit und Komplexbildung.* Eine entscheidende Förderung erfährt durch die Berücksichtigung der Deformation das Problem der Löslichkeit der Salze. Die Betrachtung der Löslichkeit der Alkalihalogenide hat vor einiger Zeit zu dem bemerkenswerten Resultat geführt, daß sich die Ionen eines Salzes so verhalten, als ob sie um das hinzutretende Wasser konkurrieren würden, und daß sie um so leichter unter Bildung einer Lösung oder eines festen Hydrats (vgl. auch *M. Lambert*, 1923) auseinandergehen, je größer der Unterschied in ihrer hydrophilen Wirkung (Hydrationswärme) ist. So ist das KJ schwerer löslich als LiJ, weil J^- in seiner hydrophilen Wirkung in höherem Grade vom Li^+ als von K^+ übertroffen wird. Wie übrigens der mit *A. Holstamm* kürzlich durchgeführte Vergleich der Dampfdrucke der Lösungen zeigt, kommt die Konkurrenz der Ionen um das Wasser auch in den bereits fertigen Lösungen voll zur Geltung. Entsprechend der Abstufung der Löslichkeiten vermindert LiJ den Dampfdruck des Wassers wesentlich stärker als KJ von gleicher, nicht zu kleiner molarer Konzentration. Weiterhin tritt genau wie bei der Löslichkeit, auch bei der Dampfdruckdepression in der Reihe der Alkalichloride ein Minimum beim K-Salz auf usw. Offenbar besteht der physikalische Sinn der Konkurrenz darin, daß beide Ionen die Dipoleigenschaften aufweisende Wassermolekeln zu richten und anzulagern bestrebt sind, und daß die auf diese Weise zustande kommende Hydratation um so weitgehender und die dabei fre werdende Hydrationswärme um so größer ist, je weniger das stärkere Ion in seiner Wirkung auf das Wasser durch seinen Partner gestört wird.

Auf sehr schwerlösliche Salze findet jedoch das Konkurrenzprinzip keine allgemeine Anwendung, denn in einer sehr verdünnten Lösung kann von der Konkurrenz der Ionen um das Wasser keine Rede sein. Nun nimmt bei sehr schwerlöslichen Salzen die Lösungswärme erhebliche negative Werte an und fällt, worauf *Herzfeld* neulich hingewiesen hat, im allgemeinen parallel mit der Löslichkeit. So ist die Lösungswärme des leichtlöslichen NaJ oder AgF positiv,

die des sehr schwer löslichen AgJ beträgt —26 kcal. Die Lösungswärme eines Salzes ist aber allgemein als die Differenz zwischen der bei der Auflösung der gasförmigen Ionen freiwerdenden Hydrationswärme und der zur Ionisierung des Gitters aufzuwendenden Energie zu betrachten. Der große Unterschied zwischen NaJ und AgJ kommt somit in der Weise zustande, daß, während die Gitterenergie des AgJ infolge der starken Deformation des J^- durch Ag^+ um 32 kcal größer ist als die des NaJ, die Hydrationswärme des Ag^+ nur um wenige kcal die des Na^+ übertrifft. Daß die stärkere Fähigkeit des Ag^+ , Elektronenhüllen zu deformieren, sich bei der Hydrationswärme, wenn überhaupt, so nur im geringen Maße bemerkbar macht, rührt daher, daß erstens die Elektronenhülle des Wassers, das ja als Dipol viel schwächer als ein Anion vom Kation angezogen wird, nicht nahe genug an dieses herankommt, und daß zweitens die Deformierbarkeit des Wassers relativ klein ist. Wir werden danach erwarten, daß mit steigender Deformation des Anions die Löslichkeit salzartiger Verbindungen abnimmt.

Betrachten wir die Salze der oben bei der Besprechung der Gitterenergie angegebenen Anionenreihe, so finden wir in der Tat, daß, während die Löslichkeit aller Na-Salze von derselben Größenordnung ist, die der Ag-Salze fast genau (kleine Umstellungen sind nur beim Cyanid wegen Komplexbildung und beim Oxyd wegen Hydroxydbildung nötig) in der angegebenen Reihenfolge abnimmt, und zwar von dem Wert 14 Mol/Liter für AgF bis 10^{-16} Mol/Liter für Ag_2S . Wir verstehen jetzt, weshalb die meisten gefärbten Hydroxyde, Oxyde, Sulfide, Selenide, Nitride usw. der Schwermetalle schwer löslich sind und weshalb bei den Schwermetallsalzen die Löslichkeit fast allgemein von Chlorid zum Jodid fällt, worauf *Abegg* vor langer Zeit hingewiesen hat.

Wird das Gebiet der leicht löslichen Salze durch das Konkurrenzprinzip, das der sehr schwer löslichen mit gewissen Ausnahmen durch die Deformation beherrscht, so überschneiden sich im Zwischengebiet beide Faktoren, und sie werden wohl nicht unwesentlich zur Entwirrung des großen, die Löslichkeit betreffenden Materials beitragen.

Daß auch bei der Komplexbildung die Deformation eine sehr wichtige Rolle spielt, ergibt sich ja eindeutig aus der Tatsache, daß, wie die Anlagerung des Wassers oder Ammoniaks an das farblose Cu^{++} oder der CN-Ionen an die farblosen Fe^{++} , Fe^{+++} zeigt, die Komplexbildung mit bedeutenden Farbveränderungen verknüpft ist. Als weitere Stütze kann angeführt werden, daß einerseits die stark deformierenden Kationen der Schwermetalle typische Komplexbildner sind, andererseits besonders leicht solche Anionen oder Neutralteile angelagert werden, die leicht deformierbar sind, also CN^- , NO_2^- oder NH_3 . In

der Energiebilanz der Komplexbildung kommt der Deformationsenergie sicherlich eine beträchtliche Rolle zu, und die quantitative Behandlung dieses Problems auf rein elektrostatischer Grundlage kann nur zufällig zu richtigen Resultaten führen.

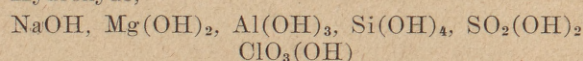
8. *Dissoziation in Lösungen.* Schließlich kommen wir zu dem Problem der Ionisation in Lösungen, das besonders für das Verhalten der Säuren und Basen von großer Bedeutung ist, da ja bei diesen Stoffen, im Gegensatz zu den fast durchweg gut dissoziierenden Neutralsalzen, alle Abstufungen der Dissoziationsfähigkeit zu finden sind. Betrachtet man Stoffe, die in dieser Hinsicht große Unterschiede aufweisen, so wird man annehmen können, daß die Stärke der Säuren und Basen ungefähr parallel den Dissoziationswärmen in Lösung verläuft, wobei diese Größe analog der Lösungswärme von der Ionisierungsarbeit des wasserfreien Moleküls und von der Hydrationswärme der Ionen abhängt. Jeder Faktor, der die erste Größe wesentlich erhöht, ohne die zweite beträchtlich zu beeinflussen, wird deshalb die Dissoziation verkleinern. Im Zusammenhang mit dem Obigen läßt sich deshalb verstehen, weshalb die Schwermetallkationen schwache Basen bilden, denn die Deformationsarbeit des OH^- im Molekül der Base ist jedenfalls erheblich größer als die des H_2O im hydratisierten Ion. Auch die von Kossel hervorgehobene Regel, daß die Hydroxyde im allgemeinen um so schwächere Basen bilden, je kleiner und je höher geladen das Kation ist, wird verständlich, denn diese Faktoren erhöhen die Deformation des OH^- .

Die Säuren sind nun das klassische Gebiet der Deformation, und es hat schon Reiss im Anschluß an die Habersche „Kernverschiebung“ hervorgehoben, daß die starke Deformation, die der H-Kern hervorruft, für die Sonderstellung der H-Verbindungen mitverantwortlich zu machen ist. Die Dissoziation eines Säuremoleküls müssen wir uns so vorstellen, daß der H-Kern vom Anion weggeht, um an Wasser unter Bildung von H_3O^+ angelagert zu werden. Neben anderen Größen wird deshalb für die Abdissoziierung des H^+ einerseits die bei der Dissoziation aller Säuren konstante Deformationsenergie des H_2O , andererseits die Deformationsenergie des Anions eine wichtige, und zwar infolge des sehr individuellen Charakters letzterer Größe eine oft ausschlaggebende Rolle spielen. Dies wird direkt durch die wichtigen Untersuchungen von A. Hantzsch und K. Schaefer bestätigt, die in vielen Fällen einen ausgesprochenen Unterschied im optischen Verhalten (Absorption) zwischen Anion und der undissoziierten Säure festgestellt haben, wobei dieser Unterschied im allgemeinen um so deutlicher hervortritt, je schwächer die Säure ist. Da die Größe der optischen Veränderung im großen und ganzen mit der Größe der Deformationsenergie steigen wird, ist dieser Zusammenhang verständlich. Um ein spezielles Beispiel herauszugreifen, betrachten

wir die Perchlorsäure und verstehen jetzt, weshalb sie die stärkste der bekannten Säuren ist. Denn die optischen Messungen von Heydweiller lehren, daß das Perchloration (ClO_4) $^-$ eine ganz besonders stabile Elektronenhülle besitzt, die somit bei Anlagerung eines H-Kerns relativ wenig Deformationsenergie liefern wird, so daß auch umgekehrt die Ionisierung der HClO_4 relativ wenig Energie verbraucht. Das Bestreben des H-Kerns, der HClO_4 , an Wasser angelagert zu werden, ist so groß, daß die wasserfreie Säure nicht einheitlich ist, sondern ein Gemisch von Cl_2O_7 , HClO_4 und $\text{HClO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ vorstellt. Es kann kaum zweifelhaft sein, daß diesem Hydrat die Konstitution $[\text{ClO}_4]^-[\text{H}_3\text{O}]^+$ zukommt.

Nach dem Obigen ist der von Hantzsch und Schaefer optisch festgestellte „Konstitutionsunterschied“ zwischen Säure und Anion zwangsläufig mit dem Vorgang der Dissoziation verknüpft, so daß die von diesen Autoren gemachte Annahme, die undissoziierte Säure könne selbst in zwei verschiedenen isomeren Formen existieren, einer ionisierbaren und einer nichtionisierbaren, für Fälle wie ClO_3H , ClOH , NO_3H , CH_3COOH usw. zur Erklärung der optischen Tatsachen unnötig erscheint. Daß auch bei Indikatoren der Farbumschlag bei dem Übergang von Anion zur undissoziierten Säure erfolgen kann, ohne daß dabei andere Konstitutionsänderungen im Molekül stattfinden müssen, versteht sich nach dem Obigen von selbst⁵⁾.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich auch ohne weiteres ein neuer Gesichtspunkt für das Verständnis der von Kossel hervorgehobenen Steigerung des Säurecharakters in der Reihe der Hydroxyde,



wenn man die naheliegende Annahme macht, daß je stärker das O^{--} der Hydroxylgruppe durch das zentrale Kation (dessen Ladung, also auch deformierende Wirkung, steigt in der obigen Reihe von Na^+ bis Cl^{7+}) deformiert ist, um so kleiner seine Deformierbarkeit durch den H-Kern wird. Die rein elektrostatische, bereits in die Lehrbücher übergegangene Theorie der Basen und Säuren von Kossel, der die Annahme starrer Ionen zugrunde liegt, läßt sich jedoch nicht aufrecht erhalten, da z. B. im Perchloration die Deformation so weitgehend ist, daß dieses Ion sicherlich weder Cl^{7+} noch O^{--} enthält.

9. *Heteropolare und homöopolare Bindung.* Die durch eine Kation hervorgerufene Defor-

⁵⁾ Daß die obigen Gesichtspunkte auch erklären, weshalb Oxyde der stark deformierenden Kationen wie Ag^+ , Hg^{++} keine stabilen Hydroxyde bilden, weshalb das Sublimat und analoge Salze in wäßriger Lösung wenig dissoziiert sind oder weshalb der Dissoziationsgrad der Hg^{++} -Salze der Carbonsäuren der Stärke dieser Säuren selbst parallel verläuft, kann hier nur erwähnt werden.

mation eines Anions denken wir uns als ein Herüberziehen der Elektronenbahnen des letzteren in der Richtung zum ersten. Die nach *Bohr* um den Kern des Anions anzunehmenden kreisförmigen und elliptischen Bahnen werden in Bahnen größerer Exzentrizität verwandelt, wobei in den bis jetzt näher betrachteten Fällen, mit Ausnahme einiger Säuren, eine etwa durch Auftreten der Farbe sich bemerkbar machende *Lockerung* der Elektronen stattfindet. Bei besonders starker Deformation haben wir im Falle des CuJ_2 sogar eine vollkommene Loslösung eines Elektrons vom Anion beobachtet. Nun wollen wir Fälle besprechen, in welchen durch starke Deformation etwas Neues vor sich geht.

Das TiBr_4 ist tiefgelb, TiJ_4 dunkelrot und auch im TiCl_4 zeigen Dispersionsmessungen eine starke Lockerung der Elektronenhülle der Cl^- . Da Si^{4+} (Neontypus) wesentlich kleiner sein muß als Ti^{4+} (Argentotypus), wäre zu erwarten, daß in den Siliciumhalogeniden, falls sie das Si als Si^{4+} enthalten, die Lockerung der Halogenionen noch weiter geht als in den entsprechenden Titanverbindungen. In Wirklichkeit ist aber SiBr_4 farblos, und im SiCl_4 ergeben optische Messungen eine festere Elektronenhülle als im Cl^- . Analog ist folgendes Beispiel. Wenn man das Chromatium und das Permanganatium mit *Kossel* als $\text{Cr}^{6+}(\text{O}^{--})_4$ und $\text{Mn}^{7+}(\text{O}^{--})_4$ formulieren wollte könnte man deren Farbe als Anzeichen der Deformation der O^{--} -Ionen durch die hochgeladenen Kationen des Argentotypus deuten. Es wäre zu erwarten, daß die Anionen mit Zentral-kationen vom Neontypus noch stärker gefärbt oder gar unstabil sind; dem widersprechen aber die Tatsachen, denn das SO_4^{--} und ClO_4^- sind farblos und letzteres weist sogar, wie schon erwähnt wurde, eine ganz besonders stabile Elektronenhülle auf. Wir beobachten hier also als Folge extremer Deformation statt der nach Analogie mit anderen Fällen zu erwartenden besonders starken Lockerung im Gegenteil eine Festigung der Elektronenbahnen und müssen deshalb auf das Zustandekommen einer von der bisher betrachteten abweichenden Bindungsart schließen.

Hier münden unsere Betrachtungen in eine Vorstellung, die Herr C. A. Knorr im hiesigen Laboratorium, unabhängig von den obigen Resultaten, über die Natur der homöopolaren Bindung entwickelt hat. Knorr übernimmt von der ursprünglichen Bohrschen Vorstellung über die homöopolare Bindung (H_2 -Molekel) die Annahme, daß die an der Bindung beteiligten Atome gemeinsame Elektronen haben. Doch steht nach Knorr die Ebene der Bewegung dieser Elektronen nicht senkrecht auf der Verbindungslinie der Atomkerne, sondern die großen Achsen der exzentrischen Bahnellipsen liegen eher in dieser Verbindungslinie, wobei im Idealfalle der Bindung zweier gleicher Atome (Cl_2 oder C-C-Bindung im Diamant) die gemeinsamen Elektronen beide Kerne umkreisen. Diese

Vorstellung hat den großen Vorzug, daß sie die Ansichten von J. Langmuir (1919) mit den neuen Resultaten von Bohr verknüpft. Langmuir hat versucht, die fundamentale Idee von Kossel und G. N. Lewis, daß die Atome das Bestreben haben, Elektronenhüllen von besonders stabilen Konfigurationen zu erreichen, auf das Zustandekommen homöopolarer Verbindungen auszudehnen. Sofern es sich um die stabile Edelgaskonfiguration handelt, denkt er sich die Elektronen in den Ecken eines Kubus gelagert und erreicht für eine große Reihe von Verbindungen sehr verlockende Bilder, indem er bei ungenügender Zahl von Elektronen eine Kubuskante (zwei Elektronen) oder eine Kubusfläche (vier Elektronen) als beiden Atomen gemeinsam ansieht. Diese Theorie ist von Bohr abgelehnt worden, weil sie die physikalisch unmögliche Annahme ruhender Elektronen zur Voraussetzung hat. Nach Knorr besteht jedoch die Zugehörigkeit eines Elektrons zu zwei Atomen darin, daß seine Bahn in naher Beziehung zu beiden Kernen steht, im Idealfalle einer homöopolaren Bindung, wie bereits erwähnt wurde, beide Kerne einschließt. Herr Knorr wird demnächst diesen Gedanken näher entwickeln, hier sei nur darauf hingewiesen, daß die Folge der besonders starken Deformation des Cl^- in SiCl_4 oder des O^{--} in ClO_4^- höchstwahrscheinlich darin besteht, daß die Elektronen der deformierten Anionen so stark in der Richtung zum Kation herübergezogen werden, daß sie in naher Beziehung auch zu dem Kern des Kations stehen und durch diesen in ihrer Bahn stabilisiert werden. Natürlich hat es dann keinen rechten Sinn mehr, hier von einer Ionenbindung mit besonders stark deformierten Anionen zu sprechen, sondern es ist viel rationeller, sich die Entstehung solcher Gebilde aus neutralen Atomen zu denken. So verteilen sich die „chemisch“ verfügbaren 32 Elektronen im SiCl_4 (4 vom Si und 4×7 von den Chloratomen) nach Knorr in der Weise auf die fünf Atome, daß 4×2 dem Siliziumkern zugeordnet werden und von diesen je zwei auch um je einen der vier Chlorkerne herumlaufen, während die übrigen 4×6 Elektronen nur um die Chlorkerne rotieren. Auf diese Weise wird eine einfache chemische Bindung, wie bei Langmuir, durch zwei den beiden Kernen gemeinsame Elektronen repräsentiert, und jedem Kern ist eine stabile Konfiguration von acht Elektronen zugeordnet.

Nun haben wir auch in dem Falle der Anlagerung eines H-Kerns an ein Cl^- eine Festigung der Elektronenhülle beobachtet und darin kann man eine Stütze für die von Knorr geäußerte Ansicht erblicken, daß auch HCl und wohl auch die analogen H_2O , NH_3 als homöopolare Verbindungen anzusehen sind, d. h. daß sich der H-Kern nicht außerhalb der Elektronenhülle des Cl^- befindet, sondern mindestens von einem, höchstwahrscheinlich aber von zwei (unter Bildung einer Heliumkonfiguration) seiner Elek-

tronen mit umkreist wird. Das auffallend kleine Dipolmoment des HCl und dadurch auch seine Flüchtigkeit, die bereits von *Reis* in Zusammenhang mit der Deformation des Cl^- gebracht wurden, sowie die gerichtete Natur der in einem Wassermolekül wirkenden Kräfte, erfahren nach *Knorr* durch dieses Bild eine plausible Deutung.

10. Die obigen Zusammenhänge werfen auch ein neues Licht auf die Frage nach der *Natur der chemischen Kräfte*. Aus der Möglichkeit, die sich bei näherer Prüfung allerdings in sehr vielen Fällen als scheinbar erweist, eine Reihe von Eigenschaften heteropolar gebauter Stoffe auf Grund einfacher elektrostatischer Betrachtungen zu erklären, hat *Kossel* geschlossen, daß die chemischen Kräfte bei der überwiegenden Mehrzahl anorganischer Verbindungen vollkommen gleichmäßig nach allen Richtungen des Raumes wirken. Demgegenüber hat *W. Nernst* betont, daß gerade diese Konsequenz, die mit der durch chemische Tatsachen nahe gelegten gerichteten Natur der chemischen Kräfte im Widerspruch steht, sowie das Fehlen der Quantengesetze in der elektrostatischen Auffassung gegen diese Auffassung spricht.

Aus unseren Betrachtungen folgt nun, daß es zwischen dem idealisierten Extrem eines aus starren Ionen gebildeten heteropolaren Gebildes und den homöopolaren Stoffen, in welchen die Atome durch gemeinsame Elektronenbahnen verbunden sind, eine vielfältige Reihe von Übergängen gibt, die sicherlich durch Quantengesetze näher geregelt werden. Während der Diamant den Idealfall eines homöopolaren Stoffes darstellt, können wir das Cäsiumfluorid als die größte Annäherung an das heteropolare Ideal ansehen. Wie wir jedoch bei Besprechung der Verdampfungserscheinungen gesehen haben, spielt selbst bei den Alkalihalogeniden die Deformation des Anions eine gewisse, wenn auch relativ geringe Rolle, und wir müssen uns deshalb auch hier den Bindungsprozeß so vorstellen, daß zwar in den ersten Phasen der Annäherung zweier entgegengesetzt geladener Ionen hauptsächlich die Coulombsche Anziehung der Überschußladungen wirksam ist, daß aber in den letzten Phasen der Bindung neben den Bornschen Abstoßungskräften auch eine Deformation der Elektronenbahnen in Wirkung tritt, die einerseits die Energetik der Bindung beeinflusst, andererseits die Ionen in bestimmter Richtung gegeneinander orientiert. *Die chemischen Kräfte sind somit in allen Fällen als gerichtet anzusehen.*

Für das wirkliche Verständnis des chemischen Verhaltens der Stoffe können wir auch der geringsten Energieäußerungen nicht entbehren, und müssen deshalb die Deformationsarbeit in Rechnung ziehen, denn die bei chemischen Vorgängen auftretenden und für deren Verlauf in erster Linie maßgebenden Energiegrößen stellen oft kleine Differenzen großer Einzelbeträge vor. Wie groß übrigens der

Abstand zwischen einer Chemie der starren Ionen und der Wirklichkeit ist, ersieht man am besten daraus, daß sowohl die Farbenpracht vieler Systeme als auch die reizvolle Vielfältigkeit im chemischen Verhalten der Stoffe oft entscheidend durch die Deformation der Ionen beeinflusst wird. So erklärt es sich, daß wir hier viele Erscheinungen dem qualitativen Verständnis näher bringen konnten, ohne überhaupt auf andere Faktoren, die weniger individuell sind als die Deformationserscheinungen, einzugehen. Selbstverständlich wird aber bei der genaueren quantitativen Betrachtung die volle Berücksichtigung auch dieser Faktoren unentbehrlich.

Einige Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie¹⁾.

Von R. O. Herzog, Berlin-Dahlem.

M. H.! Der griechische Schriftsteller *Stobaios* erzählt von seinem berühmten Landsmann, dem Mathematiker *Euklid*: „Ein Mensch, der bei *Euklid* Unterricht in der Geometrie zu nehmen begonnen hatte, frug, nachdem er den ersten Satz der Elemente kennengelernt hatte, was habe ich nun davon, daß ich das weiß? *Euklid* rief seinen Sklaven und sagte: Gib dem Mann drei Obolen, da er studiert, um Profit zu machen.“²⁾ Heute sprechen wir anders. Es scheint Gemeingut, daß die Verbindung zwischen Theorie und Praxis ein grundsätzliches Moment für die technische Entwicklung geworden ist. Die Gründung von Forschungsinstituten für einzelne Industriezweige, zum Teil auch in den Rahmen der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gefaßt und damit dem akademischen Range nach gekennzeichnet, bietet ein Zeugnis für das Streben nach wissenschaftlicher Durchdringung des technischen Schaffens. Und dennoch besteht allgemein kein klarer Einblick in die Wege, von denen aus die Wissenschaft der Industrie Nutzen zu leisten vermag.

Es hängt von der Entwicklung korrespondierender Zustände in Wissenschaft und Technik ab, welche Früchte die gemeinsame Arbeit zu erbringen vermag. Am glattesten geschieht die Anwendung errungener Erkenntnis, wenn der Ausbau von Methodik und Lehrgebäude durch die Wissenschaft im gleichen Tempo verläuft, in dem ihre Aufnahme in die Technik möglich ist, wie in der chemischen oder elektrotechnischen Industrie. Am schwierigsten vollzieht sich der Fortschritt dort, wo eine wirtschaftlich blühende Industrie sich ererbter empirischer Verfahren zur Verarbeitung eines Materials bedient, zu dessen Beherrschung die Wissenschaft noch keinen Weg gefunden hat.

¹⁾ Vortrag, gehalten bei der Einweihung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie am 5. Dez. 1922.

²⁾ Zit. nach *M. Simon*, Gesch. d. Mathematik im Altertum, Berlin 1909, S. 230.

Dies gilt heute noch vor allem, wenn es sich um die Verarbeitung von Naturstoffen handelt, die durch jene unübersichtlichen Übergänge zwischen nicht mehr zur Chemie und noch nicht zur Physik gehörigen Erscheinungen gekennzeichnet sind, für welche man das Wort „kolloidchemisch“ geprägt hat. Die Textil-, Zellstoff- und Lederindustrie befinden sich in solcher Lage. Baumwolle, Wolle, tierische Haut werden nach Herkunft, bestenfalls nach primitiver empirischer Prüfung eingekauft, und ebenso wird das Fertigprodukt beurteilt. Aber die Zeit scheint reif für das Beginnen, die Lücken theoretischen Wissens auszufüllen. An die chemischen und physikalischen Grundprobleme führen neue Methoden und Fragestellungen heran, und es gelingt auch, die Fragen der Praxis heute bereits soweit zu verallgemeinern, daß nicht mehr die ungeklärte Tatsache einsam dasteht, daß die Ausnahme zum Glied einer Regel wird.

Der Theoretiker wird, wie stets, versuchen, systematische Ordnung zu schaffen, die Eigenschaften der Rohstoffe zu definieren, ihre Umbildung zum Fertigprodukt und deren Sinn schrittweise in Zusammenhang mit den Rohstoffeigenschaften zu bringen. Aus so gewonnener Erkenntnis entsteht *Technologie*. Und zu solchem Ziele: Lücken naturwissenschaftlicher Erkenntnis zum Aufbau der Technologie zu ergänzen, soll die Arbeit unseres Institutes beitragen.

Erlauben Sie mir nunmehr, an einigen Beispielen, die den Arbeiten unseres Institutes entnommen sind, zu zeigen, welche Erwartungen an solche Tätigkeit geknüpft werden mögen. Ich möchte zunächst über ein technologisches Thema sprechen: über die *Verarbeitung der Wolle*; hierauf über Untersuchungen, die sich an die *Röntgendurchleuchtung der Faserstoffe* anschließen: über die *Deformation* und über *Versuche zur Erforschung der chemischen Konstitution von Faserstoffen*.

I.

Das Ziel der *Arbeiten über die Wolle* war: zunächst am Haar die Deformierungsvorgänge in ihrer Beziehung zum Fett- und Wassergehalt des Haares festzustellen; weiterhin die Abhängigkeit der Garneigenschaften von denen des Haares und von der Art der Zusammenfügung kennenzulernen, endlich die qualitative und quantitative Analyse des Gewebes zum Zwecke der zielbewußten Synthese anzubahnen.

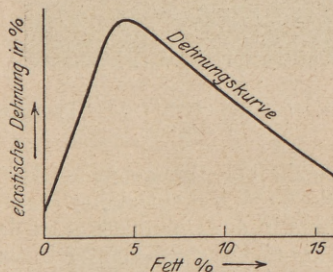
Man darf sagen, daß das Wollhaar in dem Moment, wo es in die Fabrik gelangt, bis zu dem, wo es sie wieder verläßt, fast bei jedem Fabrikationsgang von neuem mißhandelt und überbeansprucht wird. Das Zerreißen, das zur Kennzeichnung der Schädigung benutzt wird, ist erst das letzte Glied dieser Kette und darum ein zu grober Indikator. Lange, bevor es zum Zerreißen kommt, ist bereits die Dehnbarkeit wesentlich beeinträchtigt.

Festigkeit und Dehnung sind bei gegebener

Qualität vom Wasser- und Fettgehalt der Haare stark abhängig, außerdem von der Vorgeschichte, so von der chemischen Einwirkung durch die Wäsche, das Carbonisieren, Färben, Bleichen usw. Die *Beanspruchung der Wolle sollte nur im Bereich der reversiblen Dehnung erfolgen*, nie sich in das Gebiet der bleibenden Dehnung erstrecken.

Da das Haar während der ganzen Fabrikation in bezug auf die Dehnbarkeit sehr stark beansprucht wird, kommt es darauf an, als Ausgangsmaterial ein Haar mit möglichst großer reversibler Dehnung zu besitzen. Man gelangt dazu, indem man ihm den optimalen Feuchtigkeits- und Fettgehalt verleiht. Demgemäß hat sich die erste Gruppe der Versuche, die Herr Dr. *Schweiger* und Fräulein Dr. *Rona* mit Fräulein *Anger*, *Hager* und *Paul* durchgeführt haben, auf die *Einwirkung des Fettgehaltes und der Feuchtigkeit auf die Dehnbarkeit* bezogen.

Das *Wollfett* spielt im Haar eine doppelte Rolle: es bildet eine äußere Deckschicht und im Innern einen organischen Baustein des Haares. Die *Deckschicht* besteht aus den leichtflüssigen Produkten. Ihre Entfernung hat geringen Ein-



Kurve I. Dehnung des Wollhaares bei variablem Fettgehalt.

fluß auf die Dehnbarkeit, dagegen eine erhebliche Wirkung auf die mit den Oberflächeneigenschaften zusammenhängenden Vorgänge, also auf Abreiben, Aneinanderhaften, vor allem auf das Verspinnen.

Der Fettgehalt der *inneren* Haarsubstanz beeinflusst dagegen Dehnbarkeit und Festigkeit. Die vorstehende Kurve I demonstriert dies deutlich für die Dehnbarkeit. Auf der Abszisse ist der Fettgehalt in Prozent, auf der Ordinate die Dehnbarkeit (Verhältnis von reversibler und bleibender Dehnung) aufgetragen. Bei steigender Entfettung etwa bis zu einem Fettgehalt von 5 % steigen Dehnbarkeit und Festigkeit ein wenig an. Von diesem Optimum an setzt aber jede weitere Entfettung die Dehnbarkeit stark herab. Auch das mikroskopische Bild zeigt mit zunehmender Entfettung immer deutlicher werdende Risse und Poren im Innern des Haares, wie die von Herrn Dr. *Brunswick* aufgenommenen Photographien erkennen lassen (Fig. 1). Bei der so wichtigen Wollwäsche wird die Frage immer wieder aufgeworfen, bis zu welchem Fettgehalt gewaschen werden darf. Versuche des Herrn Dipl.-Ing. *Braukmeyer* haben er-

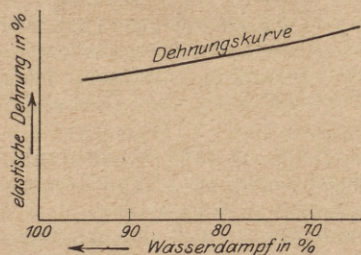
geben, daß man nicht etwa der Wolle auf irgendeinem Wege das Fett vollständig entziehen darf; denn Wolle, die weniger als $\frac{1}{2}\%$ Fett enthält, ist so geschädigt, daß sie auch durch nachträgliches Fetten die ursprünglichen Eigenschaften nicht mehr zurückgewinnt.

Der Einfluß des Wassers auf die Dehnbarkeit ist ein wesentlich anderer. Man sieht in der Kurve 2 die Abhängigkeit der Dehnbarkeit vom



Fig. 1. Links normales, rechts vollständig entfettetes Wollhaar.

Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft im Bereich von 50—90 % Feuchtigkeit eingezeichnet. Der Unterschied in der Dehnbarkeit an den beiden Enden der Kurve ist nur unbedeutend. Aus diesem flachen Verlauf der Kurve geht mit Sicherheit hervor, daß dem Wasser die große Rolle nicht zukommen kann, die ihm von manchen Seiten zu-



Kurve II. Dehnung des Wollhaares bei variablem Wassergehalt der Atmosphäre.

geschrieben wird. Z. B. sind so die gerühmten Ergebnisse der englischen Spinnerei und Weberei nicht zu erklären; denn der größte Unterschied in dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt deutscher und englischer Städte beträgt weniger als 30 % und fällt in den Bereich des gezeigten Kurvenstückes.

Der Praktiker pflegt die Wolle nicht nur auf Festigkeit und Dehnbarkeit zu prüfen, indem er die einzelnen Haare beansprucht, sondern er nimmt einen Bausch Wolle, drückt ihn in der ge-

schlossenen Hand zusammen, öffnet dann die Hand wieder und beobachtet die Ausdehnung des Bausches. Was er hierbei prüft, ist die *Biegungselastizität* des Wollhaares. Statt der schwer zu beurteilenden Biegsamkeit des Einzelhaares prüft er die Kompressibilität des ganzen Bausches. Es gelingt, diesem grundsätzlich ganz richtig angestellten Versuch eine der Messung zugängliche Form zu geben. Eine für diesen Zweck geeignete Apparatur ist von Frau Dr. Eggert vorgeschlagen und zur Untersuchung benutzt worden (Fig. 2). Der Faserbausch wird in ein Kölbchen aus weichem Kautschuk gebracht und mit diesem allmählich einem allseitig wirkenden Druck ausgesetzt. Die Volumenveränderung mit dem Druck bzw. der Entlastung wird an einem Manometer abgelesen.

Man prüft bei dieser Versuchsanordnung zweierlei. Einmal die Zusammendrückbarkeit des Bausches wie etwa die eines Gases, aber auch die Geschwindigkeit, mit der sich die einmal bean-

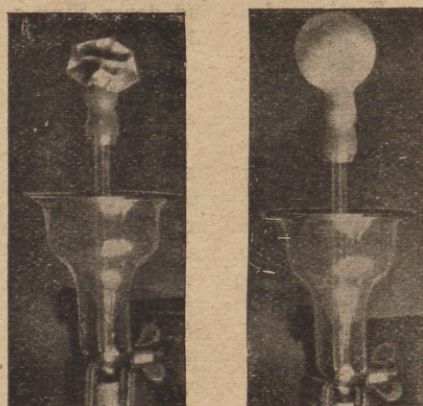


Fig. 2. Rechts Gummikölbchen unter normalem Druck, links komprimiert.

spruchte Wolle wieder erholt, einen Vorgang, den man in der Physik als *Hysteresis* bezeichnet. Die Hysteresis spielt in der Tat eine ganz außerordentlich wichtige Rolle in der Fabrikation des Garnes und Gewebes. Für die Fabrikation ist dasjenige Wollhaar am geeignetsten, das die geringste Hysteresis aufweist. Ein Gewebe aus solchem Haar wird die Falten binnen kurzem verschwinden lassen, ein Anzug daraus wird sich am schnellsten aushängen.

Wird die Belastung des Haares soweit getrieben, daß es in den Zustand dauernder Verlängerung gelangt, so hat es seine ursprünglichen elastischen Eigenschaften endgültig verloren. Wolle dieser Art ist also im Vergleich zu unbeanspruchter minderwertig. Je öfter, je heftiger und je rascher hintereinander die Wolle beansprucht wird, desto mehr gelangt sie in diesen Zustand.

Aus der Faser wird durch Verspinnen das Garn erhalten, dessen Eigenschaften sich zusammensetzen aus den Eigenschaften der Faser (Material-

konstanten) und den Wirkungen des Zusammenfügens (Formkonstanten). Die Materialkonstanten werden charakterisiert durch die Elastizität der einzelnen Wollfaser, ihre Dimension und Oberflächenbeschaffenheit. Die Formkonstanten hängen von der Dicke des Garnes und vom Drall ab. Da die Formkonstanten variabel sind, lautet die technische Fragestellung der Garnherstellung: mit welchen Formkonstanten lassen sich bei gegebenen Materialkonstanten bestimmte Eigenschaften des Garnes erzielen?

Die Dehnungskurve, deren einfache Gestalt jedermann kennt, entspricht in Wirklichkeit einem sehr komplizierten Vorgang. Es treten, sich allmählich überlagernd, die elastischen und die bleibenden Deformationen des Dralles einerseits und des Wollmaterials andererseits zusammen. Systematische Überlegungen über die Summierung der Fasereigenschaften und der Wirkungen des Gebindes, von denen Dehnbarkeit und Festigkeit des Garnes abhängen, haben als erste *E. Müller* und *S. Marschik* angestellt. Überlegungen ähnlicher Art unter besonderer Berücksichtigung der Dehn-

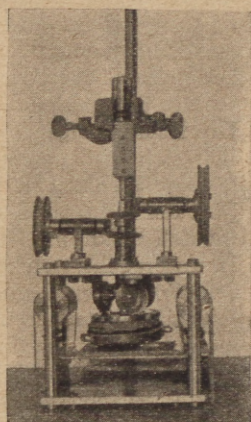


Fig. 3. Abreibeapparat.

barkeit haben neue Gesichtspunkte für die Bearbeitung der Garne gezeigt und uns gelehrt, daß die Ausnutzung der Materialkonstanten durch die Formung in der Technik keineswegs genügend durchgebildet ist.

Das durch Vereinigung des Garnes gewonnene Gewebe stellt die höchsten Anforderungen an die Analyse. Um einen Überblick zu gewinnen, wurde von den physikalischen Eigenschaften eines Tuches ausgegangen, wie sie die Praxis fordert. Zu diesem Zwecke wurden aus den vielen Äußerungen der Elastizitätseigenschaften diejenigen Komplexe zusammenzufassen versucht, die der Haltbarkeit, dem Sitz und der sog. Treue, d. h. der Fähigkeit, die Form zu bewahren, entsprechen. Bei der Ausbildung der Prüfungsverfahren wurde auf die Messung zum Teil physikalisch definierter, zum Teil praktisch wichtiger Eigenschaften gezielt.

Eine wichtige Prüfung ist die Untersuchung des Widerstandes gegen *Abreibung*. Es gibt eine

Reihe von Apparaten zur Abreibeproofung. Trotzdem wurde eine neue Einrichtung konstruiert, welche das Haar von allen Seiten und in allen Lagen gewissermaßen durch eine Taumelbewegung gegen eine Scheuerplatte beansprucht (Fig. 3). Das Maß der Beanspruchung wird dadurch gewonnen, daß einmal die Anzahl der Drehbewegungen gegen die Scheuerplatte gezählt, und zweitens, daß die Gasdurchlässigkeit des Gewebes gemessen wird. Die Zahlen in der nachstehenden Tabelle geben die Abnutzung an, die verschiedene Stoffe bei gleicher Tourenzahl zeigen.

Tabelle 1³⁾.

Stoff	Abreibezahl
Kammgarn I	10,2
Kammgarn II	6,0
Streichgarn	8,4
Militärtuch	34,3

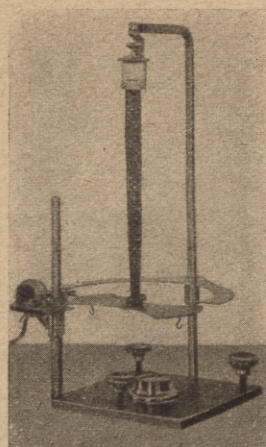


Fig. 4. Torsionspendel.

Den „Sitz“ behält ein Anzug dann, wenn das Tuch die richtige *Schmiegsamkeit* hat. Beim fertigen Anzug äußert sich dies darin, daß entstandene Falten sich wieder leicht aushängen. Diese Eigenschaft läßt sich mit Hilfe eines *Torsions-*

³⁾ Die in Tab. 1 bis 4 angegebenen Zahlen beziehen sich auf empirische Skalen. Die *Abreibezahl* ist proportional der Anzahl von Umdrehungen, die das Gewebe gegen die Scheuerplatte ausführen muß, damit seine Luftdurchlässigkeit infolge des Substanzverlustes um 15 % zunimmt.

Die *Elastizität* entspricht der Zeit, die notwendig ist, um bei einem Druck von $\frac{1}{4}$ Atm. eine bleibende Dehnung von 5 mm in einem kreisförmigen Stoffstück vom Durchmesser 75 mm zu erzielen.

Die *Schmiegsamkeit* ist der Schwingungsdauer proportional, die eine auf einen Stoffstreifen (Länge 18 cm, Breite 1,5 cm) aufgehängte Scheibe gebraucht, um von einem Ausschlag von 90° in die Ruhelage zurückzukehren (die Länge wird einmal in der Kette, einmal in dem Schuß des Gewebes geschnitten).

% *Walke* gibt das proz. Verhältnis zwischen Länge bzw. Breite vor und nach dem Walkprozeß an.

pendels (Fig. 4) prüfen. Eine bequeme Ausführung der Messung besteht darin, daß man eine horizontal schwingende Scheibe auf dem Stoffstreifen aufhängt und den Zusammenhang der Schwingungsdämpfung mit der Natur des Stoffes feststellt.

Die nachstehende Tabelle bringt einige Messungen.

Tabelle 2.

Stoff	Schmiegsamkeit	
	Kette	Schuß
Kammgarn I	21,7	22,3
Kammgarn II	12,9	13,0
Streichgarn	10,1	11,0
Militärtuch	4,2	3,6

Die irreversible Dehnung des Stoffes kennt man vom Durchdrücken des Knies. Zur ersten Prüfung wird von uns ein Dehnungsmesser (Fig. 5) folgender Art benutzt. Ein kreisförmiges Stoffstück wird zusammen mit einer Gummimembran

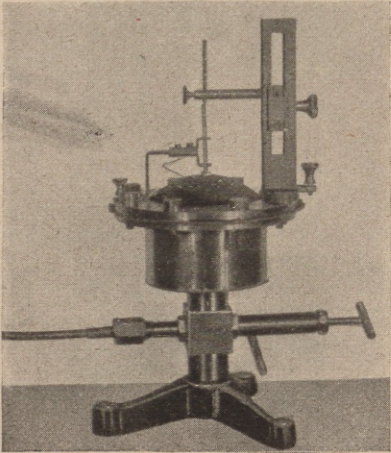


Fig. 5. Dehnungsmesser.

allseitig eingespannt und dann wiederholt durch Luftdruck gedehnt und wieder entlastet. Um die bleibende Dehnung festzustellen, stellt man die Zeit fest, die erforderlich ist, um eine gegebene Höhe der Ausbeulung zu erzielen.

Tabelle 3.

Stoff	Elastizität
Kammgarn I	65
Kammgarn II	50
Streichgarn	10
Militärtuch	4

Die eben geschilderte Prüfung überschreitet die praktische Beanspruchung erheblich. Bei den meisten Bewegungen wird nur eine geringe Dehnung verlangt, die auch leichter völlig zurückgeht,

als eine derartige Beanspruchung, wie sie etwa die wiederholte tiefe Kniebeuge bedingt. Diese geringe Anfangsdehnung, in der Praxis auch als „Zugigkeit“ bezeichnet, läßt sich mit einem Dehnungsmesser der Firma Schopper prüfen, aber die Ausschläge sind für die Praxis zu gering. Es war also auch für diese Messung eine Neukonstruktion wünschenswert⁴⁾.

Im Tuchhandel werden noch eine Reihe ganz anderer Eigenschaften geschätzt, wie Weichheit und Glanz; dazu kommen noch ästhetische Werturteile. Die letzteren entziehen sich naturgemäß einer systematischen Untersuchung. Der Glanz, der sich nicht allzu schwierig prüfen läßt, mag gleichfalls noch unter die ästhetischen Eigenschaften gezählt werden. Etwas anders steht es mit der Oberflächenweichheit, die in leicht kontrollierbarem Zusammenhange mit der Art der Herstellung steht. Auf die Methode ihrer Prüfung möge wegen der relativ geringen Bedeutung nicht näher eingegangen werden.

Die Messung der charakteristischen Eigenschaften an mehr als tausend Tuchen verschiedenster Herkunft, die Herr Ing. Bojer und Fräulein Paul ausgeführt haben, hat empirische Skalen geliefert, die sich im allgemeinen mit den Anschauungen der Praktiker decken, aber eben den grundsätzlichen Fortschritt der zahlenmäßigen Bewertung bringen. Die Entfernung vom Durchschnitt und Optimum läßt sich festlegen und die naturwissenschaftliche Bearbeitung des Gebietes einleiten, die stets mit der sinngemäßen Einführung von Zahl und Maßstab verknüpft ist.

Es wurde z. B. untersucht, welchen Einfluß die Eigenschaften der Wolle, der Garne, die Fadenstellung im Gewebe, die Kettspannung, die Walke, kurz die einzelnen Fabrikationsgänge auf die Eigenschaften des Endproduktes nehmen. Jeder Praktiker weiß, daß beispielsweise intensiveres Walken ein Tuch brettartig macht, aber gleichzeitig damit eine bessere Abnutzbarkeit erzielt wird. Aber es war wichtig, über die allgemeine Regel hinaus zu Maßen zu gelangen. Nunmehr läßt sich in der Tat leicht berechnen, wie weit man etwa auf Kosten der Abnutzung einen minder steifen Stoff herstellen kann. Die nachstehende Tabelle 4 zeigt den Einfluß der Walke auf Abreibung und Schmiegsamkeit zahlenmäßig.

Tabelle 4.

Streichgarn.

Walke 0/0 i. d. Länge	Abreibezahl	Schmiegsamkeit	
		i. d. Kette	i. Schuß
0	3,5	29,2	23,2
5	9,8	18,8	17,1
10	11,5	11,5	12,0
25	34,3	4,2	3,6

⁴⁾ Die beschriebenen Prüfungsapparate sind zum D. R. P. angemeldet und werden von der Fa. L. Schopper, Leipzig, hergestellt.

Verschiedene Beispiele anderer Art haben sich durch Fragen aus der Praxis ergeben. Offenbar läßt sich auf solchem Wege systematisch die Fabrikation verbessern.

Ein zweites Ergebnis liegt natürlich darin, daß eine gleichmäßige Fabrikation gewährleistet wird, wenn das Ausgangsmaterial und jeder Fabrikationsschritt zahlenmäßig kontrollierbar sind und kontrolliert werden. Betriebsfehler lassen sich vermeiden, Reklamationen können bis zur Quelle verfolgt werden. In der Tat hat bereits gemeinsame vertrauensvolle Arbeit zur Anerkennung der Gesichtspunkte durch Praktiker geführt. An dieser Stelle habe ich den Herren Dr. A. Geiger und Dr. H. Mark für die Leitung der Arbeiten zu danken! —

Es ist höchst merkwürdig, daß die Natur, sonst so erfinderisch in ihren Mitteln und Wegen, nur über eine sehr kleine Anzahl von chemischen Verbindungen verfügt, aus denen sie Faserstoffe fertigt. Gerade von der Chemie des tierischen Haares wissen wir ja recht wenig, immerhin scheinen uns keine grundsätzlichen chemischen Unterschiede zwischen Haaren verschiedener tierischer Herkunft zu bestehen. Viel auffälliger ist aber, daß nahezu sämtliche Pflanzen, wo immer es sich um den Aufbau mechanisch zu beanspruchender Substanz handelt, stets Zellulose anwenden. Die Seiden verschiedenster Herkunft sind, wie Versuche des Herrn Brill in unserem Institut gezeigt haben, chemisch jedenfalls *weitgehend identisch*, und als ihnen sehr ähnlich erwies sich auch der Spinnfaden. So drängt sich die Frage auf: *welche Eigenschaften muß eine Substanz besitzen, um gerade zur Bildung einer Faser geeignet zu sein?*

Um zunächst an diese Probleme herankommen zu können, haben wir eine Versuchsanordnung benutzt, die man vielleicht als *Röntgenmikroskop* bezeichnen könnte.

II.

Während das Mikroskop bestenfalls ein Auflösungsvermögen besitzt, das Körperchen mit einem Durchmesser von zehntausendstel Millimetern zu erkennen gestattet, lassen sich mit Hilfe der Röntgenstrahlen, die nur ein tausendstel so große Wellenlängen wie das gewöhnliche Licht besitzen, Teilchen mit einem Durchmesser von milliontel Millimetern nachweisen. Freilich sind es nicht die Teilchen selbst, die sich auf der hinter dem Objekt befindlichen photographischen Platte abzeichnen, sondern von ihnen hervorgerufene Beugungserscheinungen.

Man kann aus einem weißen Lichtstrahl auf zwei Wegen das Farbenspektrum erhalten: indem man ihn durch ein Prisma oder durch ein Beugungsgitter schickt. Ein solches Beugungsgitter erhält man z. B., wenn man auf einer Glasplatte 1700 Teilstriche pro Millimeter einritz. In derselben Weise, wie die Lichtstrahlen beim Durchtreten durch die Unterbrechungen zwischen den

Teilstrichen abgelenkt werden, wird der Röntgenstrahl beim Durchtritt durch einen Kristall abgelenkt. Daß die Kristalle ein solches Beugungsgitter für Röntgenstrahlen darstellen, ist die berühmte Entdeckung von *von Laue, Friedrich und Knipping*.

In einer Flüssigkeit sind die chemischen Moleküle ungeordnet, im Kristall liegen sie dagegen in strenger räumlicher Ordnung zueinander, und zwar so, daß sich Atome oder Atomgruppen periodisch und symmetrisch wiederholen. Wenn man durch die in den Molekülen chemisch gleichsinnigen Atome des Kristalls in einer Richtung Verbindungslinien legt, erhält man eine Schar paralleler Geraden. Die Verbindungslinien je einer Atomart bilden also ein Gitter. Man pflegt sich so auszudrücken, daß die den verschiedenen Atomarten eines Stoffes zugehörigen Gitter „ineinander gestellt“ seien. Vereinfacht man das Bild, indem man ähnlich, wie dies der Chemiker bei seinen Formelbildern tut, an Stelle der dreidimensionalen eine zweidimensionale Darstellung benutzt, so leuchtet ein, daß ein Atomhaufen, wie er beispielsweise in dem Kreise der Fig. 6 eingeschlossen ist, entweder einem chemischen Molekül oder einem regelmäßig wiederkehrenden Baustein des Moleküls entsprechen muß.

Die durch den Kristall durchgetretenen Röntgenstrahlen zeichnen auf einer dahinter stehenden photographischen Platte Beugungserscheinungen ab. Eine im Prinzip einfache Anordnung zu diesem Zwecke bildet das „Röntgenmikroskop“. Aus der Form, den Entfernungen der auf der Platte erschienenen Linien, Streifen und Punkte, aus der Tiefe ihrer Schwärzung usw. lassen sich Schlüsse auf die räumlichen Verhältnisse des Gitters ziehen, durch das sie durchgetreten sind, also auf den Feinbau des durchleuchteten Kristalls. Unser Mikroskop ist etwas unbequemer als das gewöhnliche: es liefert nicht eine vergrößerte Abbildung, sondern gestattet nur mit Hilfe geometrischer Überlegungen Rückschlüsse auf den Bau der Substanz zu ziehen.

Herr Jancke hat auf meine Veranlassung eine ganze Reihe von natürlichen Fasern auf solche Weise untersucht. Das Ergebnis war recht überraschend: es wurde gefunden, daß die natürliche Zellulose- und Seidenfaser aus Kriställchen aufgebaut sind, deren eine Achse nach Polanyi mit der Längsrichtung der Faser parallel gerichtet ist. Aber auch das tierische Haar und ebenso Muskel, Sehne, Nerv, also die Fasern des Tierleibes, die auf Festigkeit beansprucht werden, besitzen eine ähnliche Struktur. Wenn man sich eine Vorstellung über die Anordnung der Kriställchen, der Bausteine dieser Fasern, machen will, kann man etwa an eine Schachtel mit Bleistiften denken, die zwar alle nebeneinander gelegt sind, aber teils mit dem Firmenstempel nach rechts, teils nach links, nach oben und unten.

Die Untersuchung der Kunstseide hat uns ge-

zeigt, daß man sich über ihren Aufbau eine andere Vorstellung machen muß: sie gleicht einem Haufen völlig ungeordneter Stifte. Von der chemischen Frage abgesehen, liegt in der Ordnung der Teilchen offenbar das technische Problem der Kunstfaser.

Das Prinzip der Kristallordnung, dessen sich die Natur so allgemein bedient, ist offenbar von großer Bedeutung. Auch der Mensch benutzt es seit langem, ohne zu wissen, daß er die Natur nachahmt. Beim Hartziehen des Drahtes, beim Walzen, Recken und bei ähnlicher Art der Metallbearbeitung, die zur Verfestigung dient, werden die Kriställchen in der gleichen Art geordnet, wie in der natürlichen Faser. Da diese Anordnung zuerst in den Naturfasern festgestellt wurde, hat sie Herr Dr. *Polanyi*, der in unserem Institut die geometrische Optik dieser Beobachtungen bearbeitet hat, als „Faserstruktur“ bezeichnet.

Mit Hilfe des Röntgenbildes wurde also ein erstes Teilproblem unserer Fragestellung gelöst; wir kennen jetzt das *Prinzip der Faserstruktur*.

Der Nachweis, daß die Fasern aus kristallisierten Strukturelementen gebildet sind, ergab neue Möglichkeiten, auch die beiden Problemgruppen in Angriff zu nehmen, deren Beziehung zueinander die oben erwähnte Kernfrage einer Faserstoffchemie darstellt: die Deformierungsvorgänge und die chemische Konstitution der Zellulose und Seide.

III.

Lassen Sie mich zuerst von den *Deformierungsvorgängen* sprechen, vor allem von den Vorgängen der elastischen und der unelastischen Dehnung und von dem Verfestigungsprozeß, der mit der unelastischen Dehnung verknüpft ist.

Die *unelastische Dehnung* — also der Vorgang, der z. B. bei der Hose zur Ausbeulung des Knies führt — ist bei einer Flüssigkeit leicht verständlich. Hier haben wir es mit einem Fließen, einem Gleiten der Moleküle aneinander zu tun, wie es jeder vom Honigfaden kennt, der sich vom Löffel abspinnt. Anders beim festen Körper, insofern er nicht eine verkappte Flüssigkeit ist, sondern einen einzelnen Kristall oder ein mikrokristallinisches Gefüge darstellt.

Um zunächst in dem einfachsten Fall, der Dehnung eines einzelnen Kristalls, einen Einblick zu gewinnen, wurden in unserem Institut Versuche an Metalldrähten aus Zink, Zinn und anderen Metallen angestellt, die aus einem *einzig* fadenförmigen Kristallindividuum bestanden. Solche „Einkristalldrähte“ wurden durch Ziehen aus der Schmelze erhalten, wenn bestimmte Bedingungen (Temperatur, gleichmäßige Zuggeschwindigkeit, Vermeidung von Erschütterungen) streng eingehalten werden. Reißt man einen solchen Einkristalldracht, so findet man die Reißfläche ebenso glatt und von solchem Glanz, wie er Kristallflächen zukommt. Weder beim Brechen noch beim Anätzen erscheinen die kör-

nigen kleinen Kriställchen, wie sie sonst an Metallbruchstücken zu beobachten sind.

Je nach den Bedingungen der Herstellung erhält man *dehnbare* oder *spröde* (undeformable) Drähte. Ein spröder Draht bricht beim Biegen, der dehnbare läßt sich je nach der Temperatur verschieden weit dehnen. Es sind Zn-Drähte hergestellt worden, die sich auf das 100- bis 200fache ihrer ursprünglichen Länge dehnen ließen!

Belastet man einen dehnbaren zylindrischen Zinkeinkristalldracht, so wandelt er sich unter Dehnung in ein flaches Band um, indem ein Durchmesser nahezu unverändert bleibt, während der andere sich mit der fortschreitenden Dehnung



Fig. 7.
Einkristall mit
parallelen
Streifungen.

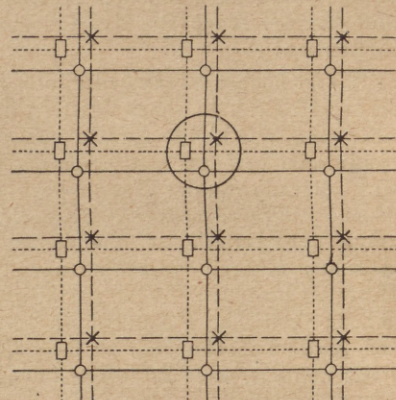


Fig. 6.

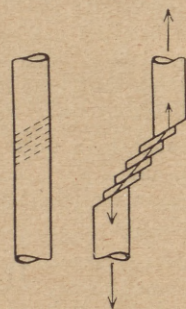


Fig. 8. Links Einkristall mit schematisch angedeuteten Gleitflächen vor der Dehnung; rechts nach der Dehnung, aber vor der Dehnung in die Zugrichtung.

verkleinert. Gleichzeitig treten auf der Oberfläche einander parallele elliptische Streifungen auf, denen entlang die Dehnung geschieht (Fig. 7). Sie entsprechen der Lage der Kristallfläche, welche die sogenannte Gleitfläche bildet. Unter der Wirkung der Belastung treten in diesen Flächen Abgleitungen von Kristallschichten ein, wobei sich die Drahtachse schiefe stellt. Bei weiterer Belastung tritt eine Drehung ein, bis die ursprüngliche Lage der Drahtachse (Belastungsrichtung) wieder hergestellt ist (Fig. 8)⁵. Es

⁵ Es mag hier erwähnt werden, daß das Haar nach Versuchen des Herrn Dr. *Brunsvick* bei der Dehnung den kreisförmigen Querschnitt verliert und einen elliptischen erhält.

ist der Zustand erreicht, den der „spröde“ Kristall von Anfang an besitzt.

Dehnt man einen gewöhnlichen Zinkdraht, der aus vielen kleinen Kriställchen besteht, so geschieht, wie nachgewiesen wurde, mit diesen einzelnen Kriställchen genau dasselbe wie mit dem Einkristall: die ursprünglich in allen möglichen Richtungen gelagerten Kriställchen drehen sich unter der Einwirkung des Zuges, bis ihre Gleitflächen der Zugrichtung nahezu parallel stehen. Es ist naheliegend, daß die durch Dehnung in einem Kristallitaggregat entstehende Umordnung der Kriställchen die *Verfestigung* hervorruft, die mit der irreversiblen Dehnung eines solchen Kristallaggregats stets verknüpft ist.

Daß in der Tat eine Verfestigung durch die Aneinanderlegung von Kristallen eintritt, hat sich auch bei den Versuchen mit Einkristallen wiederholt ergeben. Hat man infolge von Versuchsstörungen bei der Herstellung eines Einkristalldrahtes nicht einen *einzigen* Kristall erhalten, sondern sind zwei oder drei Kristalle verwachsen, so stören sie sich gegenseitig so weit, daß von der Dehnbarkeit kaum mehr etwas wahrzunehmen ist. So erklärt sich auch die größere Festigkeit, die z. B. Metallstücke mit geringerer Korngröße aufweisen; denn je kleiner das Korn, desto größer ist die Behinderung bei der Drehung der Kristallite. Natürlich gelten diese Folgerungen nicht nur für Metalle, sondern auch für organische Kristallitaggregate, z. B. Kunstseide, wenn die Möglichkeit von Drehungen und Gleitungen der Kristallite und in den Kristalliten besteht⁶⁾.

Die Parallelrichtung der Kriställchen mit einer Achse zur Hauptachse bewirkt gewissermaßen die *Umwandlung der dehnbaren in spröde Kristalle*. Aber dies allein reicht noch nicht aus, um die Größe der Verfestigung zu erklären. Bei der Dehnung treten außerdem noch andere Vorgänge im Kristallgitter selbst, Verkrümmungen und Verwerfungen der Gleitflächen, ein.

Durch Ausnutzung des Prinzips der Faserstruktur werden die festesten Fasern dann erzielt werden, wenn ihre Strukturelemente spröde Kristalle und miteinander verkittet sind. Dies ist der Fall bei den Bastfasern. Die Natur be-

dient sich bei ihrem Aufbau dicht gepackter Zellulosekriställchen und füllt die Zwischenräume noch mit Kittsubstanz aus. Die Verdichtung wird durch Quellung vergrößert. Ähnliches dürfte auch von der natürlichen Seide gelten. Aber auch im Haar ist das gleiche Prinzip benutzt. Entfettet man ein Wollhaar vollständig, natürlich ohne es sonst zu beschädigen, so kann seine Festigkeit um mehr als 50 % abnehmen.

Ich habe hier noch anzuführen, daß die theoretischen und experimentellen Untersuchungen, über die eben berichtet wurde, in der von Herrn Dr. *Polanyi* geleiteten physikalisch-chemischen Abteilung des Instituts von den Herren Dr. *Mark*, Dr. *Weißenberg*, Dr. *Schmidt* und *v. Gompertz* ausgeführt worden sind.

Die *reversible Dehnung* von Kristallen ist, ebenso wie die Zusammendrückbarkeit, in engen Grenzen auf Grund der Elektronenvorstellungen verständlich, wie sie in den letzten Jahren *Born* u. a. entwickelt haben. Aber jener Grad der elastischen Dehnung, wie ihn Kautschuk, Nitrozellulose, wenn ihr gewisse Quellungsmittel⁷⁾ zugesetzt werden, oder das gequollene Haar zeigen, läßt sich nicht so erklären.

Folgender Versuch ist charakteristisch. Man hängt ein entfettetes Wollhaar an einem Ende auf, während man es am anderen mit einem Gewicht belastet, bei dem es eben nicht reißt. Läßt man einen Strahl Wasserdampf auf das Haar einwirken, so dehnt es sich um etwa 80 % seiner ursprünglichen Länge. Entfernt man jetzt das Belastungsgewicht, so zieht es sich allmählich, doch nicht vollständig zusammen. Dies geschieht aber sogleich, wenn man dem Haar wieder Fett zuführt und dann den Dampfstrahl einwirken läßt. Elastische Dehnung von der Größenordnung, wie ihn Kautschuk, das gequollene Haar u. a. zeigen, ist nur durch die Zweiphasigkeit des Systems zu verstehen.

IV.

Zum Schluß sei kurz von Versuchen über die *chemische Natur* von Faserstoffen berichtet.

Die natürlichen Fasern bestehen durchweg aus hochmolekularen organischen Verbindungen. Die Aufklärung der chemischen Konstitution solcher Stoffe mit Hilfe der bisher beschrittenen Wege erscheint als Aufgabe für lange Frist. In der organischen Abteilung unseres Instituts haben zuerst Herr Professor *Bergmann*, dann Herr Professor *Helferich* und eine ganze Reihe von Mitarbeitern mit der virtuellen Technik der *Emil Fischerschen* Schule Vorarbeiten besonders für eine künftige Chemie der Zellulose geleistet.

⁷⁾ Vgl. *R. O. Herzog*, *M. Hildesheimer* und *F. Medicus*, *Z. f. angew. Ch.* 34, 57 (1921). Ebenso wie *Leick* (*Ann. d. Phys.* [4.] 14, 139 [1904] für die Quellung von Gelatine fand, ist die proz. Dehnung umgekehrt proportional dem Quadrat von $\frac{Z}{Z+Q}$ (*Z*: Nitrozellulose, *A*: Quellungs-, sog. Weichmachungsmittel).

⁶⁾ Die Herren *Bergenthun* und *Dr. Selle* haben auf meine Veranlassung solche Versuche an Viscose und anderen Zelluloseprodukten, Herr *Brandenburger* an Nitrozellulose angestellt. Die Effekte betrugen z. T. $\frac{1}{4}$ der ursprünglichen Festigkeit und mehr. Das Versuchsergebnis bei Nitrozellulose ist deswegen von besonderem Interesse, weil es sich kaum anders als durch mikrokristallinische Struktur erklären läßt, was im Einklang mit den bekannten schönen Versuchen *Ambronns*, *Kolloidzeitschr.* 9, 147 (1911); 18, 90, 273 (1916); 20, 173 (1917), und im scheinbaren Widerspruch mit unseren Röntgenversuchen steht. Neben anderen neuen Erfahrungen zeigt es, daß nur das Auftreten von Interferenzen, nicht ihr Fehlen gewertet werden darf. Hier sei noch angegeben, daß der Verfestigung eine *Abnahme* der Quellbarkeit entspricht, wie angenommen werden dürfte.

Daneben wurde aber ein zweiter Weg eingeschlagen, indem wir uns wiederum der röntgenspektroskopischen Untersuchung bedient haben. Die ersten Überlegungen dieser Art hat Herr Dr. Polanyi⁸⁾ an der Hand der Zelluloseaufnahmen Herrn Janckes angestellt. Um den Weg kurz anzudeuten, sei an Fig. 6 erinnert. Es handelt sich offenbar um das Problem, die Lage der von dem Kreise umschlossenen Atome zueinander festzustellen.

Die Ausmessung des Röntgendiagramms liefert das Kristallsystem und die Dimensionen der kristallographischen Einheit, des sogenannten Elementarkörpers. Die Symmetrieverhältnisse, wie sie sich einerseits aus der Kristallphysik, andererseits aus Ergebnissen chemischer Vorarbeiten ergeben, lassen bereits erhebliche Einschränkung über chemische Konstitutionsmöglichkeiten folgern.

Unsere ersten Versuche bezogen sich, wie erwähnt, auf Zellulose. Ihre Fortsetzung hat zunächst zur Erreichung höherer Meßgenauigkeiten geführt, doch wäre es vielleicht verfrüht, heute darüber Näheres zu berichten.

Aber ich möchte erwähnen, daß Untersuchungen von Seide, die Herr Brill angestellt hat, ein Stück weiter in der Erkenntnis dieses eiweißartigen Stoffes geführt haben. Es läßt sich mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aussagen, daß das Seidenfibroin zu einem erheblichen Teil aus dem Anhydrid des Glycyl-d-Alanins besteht.

Lassen Sie mich an dieser Stelle noch einmal darauf hinweisen, daß der Rahmen des Problems, das unser Institut beschäftigt, nicht nur Grundfragen etwa der Textil- und Zellstoffindustrie umfaßt. Es handelt sich um das Studium eines elementaren Strukturprinzips des pflanzlichen und tierischen Organismus, das als Faserstruktur bezeichnet wurde. Es handelt sich weiter um den Zusammenhang zwischen den elastischen und chemischen Eigenschaften.

In der Bearbeitung solcher Probleme grundsätzlicher Art, nicht im Überwinden gelegentlicher Betriebsstörungen kann nur die wesentliche Leistung eines Forschungsinstitutes liegen. Ermöglichen Sie uns, solche Kenntnis zu fördern, aus der Überzeugung heraus, daß die Technik zu voller Entwicklung nur mit der Wissenschaft als Weggenossin zu gelangen vermag!

Besprechungen.

Wessely, Karl, Goethes und Schopenhauers Stellung in der Geschichte der Lehre von den Gesichtsempfindungen. Rektoratsrede anlässlich der 340. Stiftungsfeier der Universität Würzburg am 11. Mai 1922. Berlin, Julius Springer, 1922. 43 S. 14 × 22 cm. Grundzahl geh. 1.

Goethes Farbenlehre, welcher der Dichter während zweier Dezennien angestrengte Arbeit gewidmet hat, ist vielfach verkannt worden. Es liegt das, wie in der Rede des Würzburger Ophthalmologen Wessely in kla-

rer Weise ausgeführt wird, an der Vermischung von Physikalischem und Psychischem. Da Goethe Newton gegenüber Unrecht hatte, ist auch das, was gut an seiner Farbenlehre war, nicht ausreichend gewürdigt worden. Wessely hebt die Bedeutung Goethes als Vorläufer von Johannes Müller und Hering hervor und weist ihm damit seinen Platz in der Geschichte der Farbenlehre an. Schopenhauer, der als junger Mensch mit Goethe auf Grund der Farbenlehre in Fühlung trat, hat auch in seinem späten Alter noch an Irrtümern festgehalten, die längst durch die Entwicklung der Farbenlehre überholt waren. Gleichwohl datiert von Schopenhauer an, wie Wessely ausführt, die Lehre von der Subjektivität unserer Sinnesempfindungen. Als ein Beitrag zur Geschichte der Naturwissenschaften wird die Wesselysche Rektoratsrede jedem, der sich für diese Fragen interessiert, eine anregende Lektüre sein.

A. Brückner, Jena.

Driesch, Hans, Geschichte des Vitalismus. Zweite verbesserte und erweiterte Auflage des ersten Hauptteils des Werkes: Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1922. X, 213 S. 14 × 22 cm.

Drieschs Buch: „Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre“ (1905) hat weit über Deutschlands Grenzen hinaus große Verbreitung gefunden; es ist ins Polnische, Italienische, Russische und Englische übersetzt worden. Gewiß hat zu diesem Erfolge das starke Interesse beigetragen, das Drieschs eigener vitalistischer Lehre in weiten Kreisen entgegengebracht wird; in der Tat ist die kurze, nicht nur für Biologen bestimmte Darstellung des Drieschschen Vitalismus, die den zweiten Hauptteil des angeführten Buches bildet, wohlgelungen und auch heute noch empfehlenswert. Doch ist gewiß der Erfolg des Werkes zum Teil auch dem ersten, historischen Hauptabschnitt zuzuschreiben. Das fortschreitende Wiedererstarken des Vitalismus hat die Aufmerksamkeit auch auf seine historische Entwicklung gelenkt, und so fordert ein wissenschaftliches Bedürfnis unserer Zeit eine „Geschichte des Vitalismus“.

Unter diesem Titel gibt nun Driesch den ersten Hauptteil des Buches von 1905 in verbesserter und erweiterter Form neu heraus. Der zweite, der systematische Hauptteil („Der Vitalismus als Lehre“) ist in der Neuauflage fortgelassen worden, weil Driesch in der Schrift: „Der Begriff der organischen Form“ (1919) bereits eine kurze systematische Darstellung seines Vitalismus dargeboten hat, die seinen gegenwärtigen Anschauungen entspricht; außerdem ist inzwischen ja auch seine viel eingehendere „Philosophie des Organischen“ in teilweise umgearbeiteter, zweiter Auflage erschienen (1921).

Drieschs Geschichte des Vitalismus will in der neuen Auflage so wenig wie in der alten eine umfassende, lückenlose Darstellung der Entwicklung dieser biologischen Grundanschauung sein; was sie erstrebt, ist eine historisch abgeleitete Typenlehre vitalistischer Theorien. In seiner vielfach skizzenhaften Darstellung hat Driesch vornehmlich betont, was ihm persönlich wertvoll war. Tritt so das sachliche theoretisch-biologische Interesse stark hervor, so wird dadurch die Bedeutung des Dschen Buches für die Geschichte des Vitalismus nicht herabgesetzt. Diese Bedeutung verdankt die Schrift u. a. dem Umstande, daß Driesch nur wenig aus sekundären Quellen, ergiebig aber aus den Originalwerken der Vitalisten der Vergangenheit geschöpft hat.

In der neuen Auflage hat Driesch die Philosophen, die für die historische Entwicklung des Vitalismus

⁸⁾ Vgl. Z. f. angew. Chemie 34, 385 (1921).

wichtig sind, etwas mehr berücksichtigt. So sind kurze Abschnitte über *Descartes*, *Leibniz* und die deutsche nachkantische idealistische Spekulation eingefügt worden. Wesentlicher ist die Erweiterung des *Kant* gewidmeten Kapitels. Die wichtigste Bereicherung des Buches stellt jedoch die Fortführung der Geschichte des Vitalismus bis auf die Gegenwart dar. In knapper, äußerst inhaltreicher Darstellung wird hier von sachkundiger Hand ein Bild der neovitalistischen Bewegung und der mechanistischen Opposition gezeichnet.

Am Schluß seines Werkes weist *Driesch* auf „Paraphysik“ und „Parapsychologie“, also auf den Okkultismus hin. „Wir sagen es offen: Die Paraphysik ist unsere Hoffnung in Sachen der Biologie, ebenso wie die Parapsychik unsere Hoffnung in Sachen der Psychologie ist. Beide aber sind unsere Hoffnung in Sachen einer wohlfundierten Metaphysik und Weltanschauung“ (S. 209).

Drieschs Buch stellt einen wertvollen Beitrag zur Geschichte der biologischen Theorien dar. Die historische Betrachtung beleuchtet und klärt aber auch den Problemkomplex des modernen Vitalismus.

Erich Becher, München.

Lieske, Rudolf, Bakterien und Strahlenpilze. Band VI aus dem Handbuch der Pflanzenanatomie, herausgegeben von K. Linsbauer. II. Abt. 1. Teil. Thallophyten. Berlin, Gebr. Bornträger, 1922. 85 S. und 65 Textfiguren. 18 × 26 cm.

Lieske, dem wir schon eine ausgezeichnete Monographie über die *Strahlenpilze* zu verdanken haben, bringt in vorliegender Lieferung 8 (II. 1. A. Bg. 1–6) des Handbuches der Pflanzenanatomie eine, zusammenfassende Darstellung über unsere Kenntnis vom *Bau der Bakterien und der Strahlenpilze* nebst kurzer Einleitung über einige Daten aus der Geschichte der Bakterien und über die Systematik. Die bisherigen Versuche, ein System der Bakterien aufzustellen, sind nach Auffassung des Verfassers nur Nothelfer, da noch bei weitem nicht genügend morphologische Untersuchungen über die verschiedenen Bakterienformen und über die Variabilität der niederen Organismen vorliegen, ist man doch selbst über die Stellung der Bakterien in phylogenetischer Hinsicht noch nicht im Klaren. Zweifellos sind sie mit den Pilzen und mit den Blaualgen nahe verwandt. Während *A. Meyer* annimmt, daß Bakterien und Pilze von einer gemeinsamen Urform (Pilz-Schizomycetenstamm) abzuleiten sind, der seinerseits wieder von einem „Florideenhauptstamm“ herkommen soll, könnten nach *Lieske* für den hypothetischen Florideenstamm sehr gut die *Strahlenpilze* eingesetzt werden. Vorläufig sei es zweckmäßig, an dem Migulaschen System mit den drei großen Hauptgruppen, *Coccaceae*, *Bacteriaceae*, *Spirillaceae* festzuhalten. *Lieske* fügt dann noch an die *Chlamydo-bacteriaceae*, *Thiobacteriaceae* und *Rhodobacteriaceae*, die aber als eigentliche Bakterien nicht mehr anzusprechen sind, und läßt die *Mykobakterien* und die *Strahlenpilze* folgen.

Von den morphologischen Eigenschaften aller dieser Organismen wird aus der großen Literatur alles das herausgehoben, was wirklich sicher feststeht, und mit kritischem Blick das Wesentliche aus dem Unwesentlichen gesichtet, so daß wir einen vollkommenen Überblick über das zurzeit als richtig Anerkannte gewinnen. Manche Fragen müssen freilich noch als unsicher beantwortet zurückgestellt werden, so z. B. ob es *Bakterien* gibt, die kleiner sind, als daß sie mit dem

Mikroskop beobachtet werden können. Man weiß weder, ob es solche gibt, noch können wir das Gegenteil behaupten. Das Vorhandensein ultramikroskopischer Bakterien sei auch nach theoretischer Überlegung unwahrscheinlich. Es ergebe sich aus der berechneten Größe der Eiweißmoleküle nach *Erreca*, daß Bakterien von weniger als 0,05 μ Durchmesser, deren Plasma natürlich Eiweiß enthalten muß, nur aus verhältnismäßig sehr wenigen (ungefähr 1000) Molekülen zusammengesetzt sein könnten, eine Tatsache, die gegen die Existenzfähigkeit solcher Organismen spricht. Über die *Zellmembran* der Bakterien läßt sich jetzt sagen, daß alle Bakterien eine solche besitzen; daß die Bakterienmembran nur ein etwas dichteres Plasma sei, hat sich als unrichtig erwiesen. Die „*Kapsel*“ ist nach den Untersuchungen von *Toennies* ein Sekretionsprodukt der Bakterienzellen und besteht aus „Galaktan“, d. i. ein Polysaccharid der Galaktose. Das Wesen der Gramschen Färbung, die im *Cytoplasma* der Bakterien vor sich geht, ist noch nicht genügend aufgeklärt, ebenso liegen noch nicht genügende Untersuchungen über die *Plasmolyse*, die im *Cytoplasma* stattfindet, vor. Kolloidchemische Studien dürften hier weitere Aufklärung bringen. Ob die „*Geißeln*“ der Bakterien Plasmafortsätze oder Membranbestandteile sind, ist vorläufig schwer zu unterscheiden. Vom biologischen Standpunkte aus dürfte das erstere zutreffen. Eingehend erörtert wird die *Zellkernfrage*. Als sicher kann angenommen werden, daß die größeren bakterienähnlichen Organismen, wie z. B. *Beggiatoa*, *Chromatien*, in Form von kleinsten im *Cytoplasma* verteilten Körperchen enthalten, bei den eigentlichen Bakterien ist dies sehr wahrscheinlich, aber noch nicht sicher erwiesen. Daß die Hauptmasse der Bakterien aus Kernsubstanz bestehe, ist aber nicht mehr aufrechtzuerhalten. An *Reservestoffen* sind in den Bakterien nachgewiesen: Glykogen und Granulose, Fette und als Eiweißkörper *Volutin*. Über die *Farbstoffe* ist noch wenig bekannt. Die *chromogenen* Bakterien scheiden den Farbstoff in die umgebenden Nährböden aus, bei den *chromoparen* ist derselbe an die Zelle gebunden. Der Vorgang der *Zellteilung* ist einwandfrei nur beim *Bac. oxalaticus* beschrieben, dagegen noch nicht bei kleineren Bakterien. Während die Fortpflanzung durch *Endosporen* genügend studiert ist, liegen über *Arthrosporen* und *Exosporen* und deren Weiterentwicklung noch keine dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechenden Tatsachen vor. Auch die Frage der *Gonidien* und *Schwärmosporen* muß noch weiter verfolgt werden. Nur bei den Strahlenspitzen sind die Gonidien von *Lieske* bisher genau studiert. Inwieweit die von *Löhnis* genannten „*Gonidangien*“, die früher als Riesenzellen bzw. Involutionsformen angesehen wurden, und in denen sich Gonidien entwickeln sollen, mit der Fortpflanzung in Beziehung stehen, muß erst noch die weitere Forschung lehren. *Löhnis* ist auch der Ansicht, daß die in den Gonidangien entstandenen Gonidien wegen ihrer Kleinheit durch die Filter gehen und solche filtrierte Gonidien als „filtrierbares Virus“ bei manchen Infektionskrankheiten eine Rolle spielen. Sehr interessant, aber bei weitem noch nicht aufgeklärt ist die Frage des *Symplasmas* der Bakterien. Dieses ist eine plasmatische Masse, entstanden aus Auflösungprodukten der Bakterien, aus der nach einer gewissen Ruhepause sich neue Bakterien in der ursprünglichen oder abweichenden Gestalt entwickeln. Da man bisher annahm, daß die sich auflösenden Bakterien zugrunde gingen, ist die von *Löhnis* beschriebene eigenartige Entwicklung von weittragender Bedeutung. Eine

sexuelle Fortpflanzung wird jetzt für möglich, sogar für wahrscheinlich gehalten. Über *Pleomorphismus* und *Variabilität* äußert sich Lieske dahin, daß alle diese Abweichungen, die meist als Involutionsformen oder teratologische Wuchsformen beschrieben sind, vererbungstheoretisch als *Modifikationen* aufzufassen seien. Offenbar ist die Variabilität eine außerordentlich große unter den Bakterien, und zwar viel größer, als man bisher hat geiten lassen wollen. Die Untersuchungen über den *Bacillus azotobacter* beweisen das.

Verf. geht nach diesen morphologischen Erörterungen noch auf die *Eisenbakterien*, *Schwefelbakterien*, *Purpurbakterien* und *Mykobakterien* ein, deren Hauptmerkmale besprochen werden. Als zweiten Teil des Buches läßt er die *Strahlenpilze* folgen. Der Inhalt dieser Abhandlung ist eine gedrängte Zusammenfassung seiner Studie über die *Morphologie und Biologie der Strahlenpilze*, die in dieser Zeitschrift 1922 Heft 3 ausführlich besprochen worden ist. Es kann daher hier darauf verwiesen werden.

Die Lektüre des vorliegenden Buches ist sehr anziehend, da bei den einzelnen Fragen alle die Punkte hervorgehoben sind, die einer weiteren Forschung und Vertiefung bedürfen. Man erkennt daraus, daß gerade in morphologischer und biologischer Hinsicht, aber auch im Hinblick auf die Systematik noch vieles zu tun übrig bleibt. Die Medizin hat sich bisher auf dem Gebiet der Bakteriologie entscheidend betätigt, auch für den Botaniker ist noch ein weites Feld offen. Möge die ausgezeichnete Lieskesche Abhandlung zu weiterem Eingehen auf diese Fragen einen neuen Anstoß geben.

R. O. Neumann, Hamburg.

Noeller, W., Die wichtigsten parasitischen Protozoen des Menschen und der Haustiere. Teil 1. Berlin, R. Schoetz, 1922. 272 S., 113 Textabb. u. 3 farbige Tafeln.

Im Gegensatz zu den bekannten Lehrbüchern der Protozoenkunde von Doflein und Hartmann-Schilling, die vor allem eine allgemeine und zusammenfassende Darstellung dieses Gebietes geben, hat sich das Noellersche Werk die Aufgabe gestellt, dem Praktiker, „der die angewandte Protozoologie zu dem Zwecke betreibt, um die Krankheitsreger und Parasiten bei Haus- und Nutztieren zu ermitteln und zu studieren, . . . eine systematische Übersicht über möglichst viele, am besten alle parasitischen Formen“ zu geben. Es kann und will also die genannten älteren Darstellungen nicht ersetzen, sondern ergänzen. Schon auf Grund des bisher vorliegenden ersten Teiles des Buches, der neben einem allgemeinen Abschnitt die parasitischen Rhizopoden enthält, muß man sagen, daß dem Verfasser diese Aufgabe vorzüglich gelungen ist.

Der erste Band bringt zunächst eine knappe allgemeine Darstellung der Protozoenkunde, die im wesentlichen den Hartmannschen Anschauungen entspricht, aber etwas einseitig breiten Raum den Kernverhältnissen, ja hauptsächlich sogar nur den Kernverhältnissen der Rhizopoden widmet. Es folgt alsdann eine eingehende und sehr brauchbare Schilderung der Technik der Protozoenuntersuchung, der mikroskopischen sowohl wie der Kulturmethode. — Der zweite Hauptabschnitt ist den parasitischen Rhizopoden gewidmet. In systematischer Folge werden hier nicht nur die pathogenen und parasitischen Formen in erfreulicher Vollständigkeit geschildert, sondern daneben auch die ihnen nahestehenden Gruppen behandelt. Zahlreiche eingeflochtene unveröffentlichte

Beobachtungen des Verfassers und seiner Schüler verleihen diesen Kapiteln auch für den mit diesem Gebiete Vertrauten ein besonderes Interesse. Hervorzuheben ist ferner die überaus reiche Ausstattung des Buches mit zum großen Teile neuen und meist vortrefflichen Abbildungen sowie die Beigabe ausführlicher Literaturangaben, die vor allem auch die neuesten und nicht selten in Deutschland jetzt nur schwer aufzutreibenden ausländischen Arbeiten enthalten.

Der Parasitologe wie der Zoologe, der sich in das Gebiet der parasitischen Protozoen einarbeiten will, wird daher an dem Noellerschen Buche einen zuverlässigen Führer und ein kaum zu entbehrendes Nachschlagewerk haben; und es bleibt nur zu wünschen, daß der noch ausstehende zweite Teil bald die übrigen Protozoenklassen in gleicher Vollständigkeit bringen möge.

V. Jollos, Berlin-Dahlem.

D'Hérelle, F., Der Bakteriophage und seine Bedeutung für die Immunität. Übersetzung von R. Pfeimblet, W. Sell und L. Pistorius. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1922. XIV, 214 S., 1 Abbildung und 10 Kurven. 15 × 23 cm.

Es ist ein großes Verdienst der Übersetzer und des Herausgebers, die schwer zugängliche Literatur über diesen wichtigen Gegenstand dem deutschen wissenschaftlichen Publikum in so bequemer Form zugänglich gemacht zu haben. *d'Hérelle* faßt in diesem Buch seine in der Fachliteratur zerstreuten Arbeiten zusammen, setzt sich aber auch mit den anderen Autoren, die auf diesem Gebiet gearbeitet haben, auseinander. Ein großer Teil des Werkes ist der Aufgabe gewidmet, seine Ansicht zu beweisen, daß der Bakteriophage ein lebendes Virus sei, das als Parasit der Bakterien aufgefaßt werden müsse. Interessant sind in diesem Zusammenhang seine Ausführungen über Parasitismus bei den niedrigsten Lebewesen, die sich auf zahlreiche Beispiele aus der Zoologie stützen. Seine experimentellen Untersuchungen, in denen er einen Beweis für die Virusnatur der Bakteriophagen erblickt, sind nur dem fachmännisch geschulten Leser zugänglich. Eine sichere Entscheidung in der Frage nach der Natur der Bakteriophagen ist wohl zurzeit noch nicht möglich. Bekanntlich neigt die Mehrzahl der Bakteriologen der Ansicht zu, daß der Bakteriophage ein Ferment sei, das durch eine Art Autokatalyse immer wieder von den Bakterien erzeugt wird. Es kann aber nicht geleugnet werden, daß *d'Hérelle* zahlreiche Tatsachen mitteilt, die dieser Erklärung große Schwierigkeiten bereiten und andererseits mit seiner Annahme eines lebenden Virus gut in Übereinstimmung gebracht werden können. Jedenfalls gewinnt man auch aus diesem Buch den Eindruck, daß der Bakteriophage ein Novum ist, für dessen Verständnis unsere bisherigen biologischen Begriffe nicht ausreichen.

Der zweite Teil des Werkes ist praktischen Immunitätsfragen gewidmet, die *d'Hérelle* vom Standpunkt seiner Theorie aus diskutiert. Nach *d'Hérelle* ist der Bakteriophage einer der wichtigsten Faktoren in der Epidemiologie der Infektionskrankheiten. Es ist ein Parasit, der im Darm von Mensch und Tier lebt, zunächst aber nur eine geringe Virulenz für die meisten Bakterien besitzt. Diese Virulenz kann jedoch, wie bei vielen Parasiten, eine außerordentliche Steigerung im Kontakt mit den Bakterien erhalten. So konnte *d'Hérelle* zeigen, daß in seuchefreier Gegend die menschlichen Entleerungen keinen Bakteriophagen gegen Pest enthielten, daß hingegen in einer pestverseuchten Um-

gebung zahlreiche Personen den Bakteriophagen gegen Pest enthielten. Von der Schnelligkeit dieser Umstellung der Bakteriophagen auf den Krankheitserreger hängt ebenso das Schicksal des Patienten wie das der Epidemie ab.

Sehr interessant ist die Schlußfolgerung *d'Hérèlles*, daß nicht nur die Seuche, sondern auch die Immunität ansteckend sei, da ebenso wie der Krankheitserreger auch der Bakteriophage von Mensch zu Mensch resp. Tier zu Tier übertragen wird.

Experimentell kann diese Immunität nach *d'Hérèlle* durch Einspritzung eines hochvirulenten Bakteriophagen erzeugt werden. *d'Hérèlle* berichtet, daß es ihm beim Hühnertyphus und der Büffelseuche auf diesem Wege gelungen sei, umfangreiche Tierbestände vor der Seuche zu schützen.

Die Untersuchungen über die Natur der Bakteriophagen werden voraussichtlich nicht so bald zu einem entscheidenden Resultat führen. Dagegen ist zu hoffen, daß die praktischen Schlußfolgerungen *d'Hérèlles* möglichst schnell eine ausgiebige Nachprüfung erfahren werden, die erst ein abschließendes Urteil über ihre Tragweite gestatten wird.

U. Friedemann, Berlin.

Botanische Mitteilungen.

Studien über den Phototropismus der Pflanzen.

(H. v. Guttentberg, Beiträge zur allgem. Botanik, herausg. von G. Haberlandt, Bd. II, Heft 3, S. 139—247, 15 Textfiguren, 1922.) Die Arbeit gliedert sich in drei Teile. Im ersten Kapitel wird die Abhängigkeit der phototropen Erscheinungen von der Größe der beleuchteten Fläche besprochen. Versuchsobjekt sind *Avena-Koleoptilen*, die Methodik besteht darin, diese mit Hilfe einer dunklen Eisenblechblende auf einer Flanke längshalbseitig abzublenden oder vor den Pflanzen schwarze Papierfahnen anzubringen, in welchen sich schmale Schlitz befinden. Bei einseitiger Beleuchtung mit annähernd parallelem Licht in der Dunkelkammer ist dann nur eine Flankenhälfte ($\frac{1}{4}$ des Umfanges) oder $\frac{1}{3}$ einer Flanke beleuchtet. Nun wurden Schwellenwertbestimmungen vorgenommen. Unbeschattete Kontrollpflanzen krümmten sich dann ausnahmslos phototropisch, wenn die Lichtmenge $0,38 \text{ MK} \times 10 \text{ sec}$ betrug. Es resultierte ein durchschnittlicher maximaler Krümmungswinkel von 12° nach $2\frac{1}{2}$ Stunden. Halbseitig verdunkelte Pflanzen krümmten sich bei dieser Lichtmenge nicht, es müssen $0,38 \text{ MK} \times 20 \text{ sec}$ angewendet werden, also die doppelte Lichtmenge, um denselben Krümmungseffekt herbeizuführen wie bei den Kontrollpflanzen. Letztere erreichen bei der doppelten Lichtmenge bereits Winkel bis zu 27° . Versuchspflanzen, bei welchen nur $\frac{1}{4}$ einer Flanke beleuchtet wird, benötigen zum Überschreiten der Schwelle die dreifache Lichtmenge ($0,38 \text{ MK} \times 30 \text{ sec}$). Es werden dann Kompensationsversuche beschrieben, bei welchen gegenüberliegende Flanken, von welchen die eine frei, die andere halbbeschattet ist, mit gleichen Lichtmengen beleuchtet werden. In diesem Falle erfolgt Krümmung zur freien Seite. Kompensation tritt erst dann ein, wenn die halbverdunkelte Seite mit der doppelten Lichtmenge bestrahlt wird. Aus den Versuchsergebnissen geht hervor, daß die phototrope Erregung der Größe des beleuchteten Flächenstücks proportional ist. Das Reizmengengesetz erfährt eine Erweiterung, die sich durch die Formel:

$$i \cdot t \cdot \frac{F}{2} = i \cdot \frac{t}{2} \cdot F$$

ausdrücken läßt, wobei F die Größe der beleuchteten Fläche in mm^2 bedeutet.

Das zweite Kapitel sucht eine Entscheidung der Frage, ob die Pflanze die Lichtrichtung direkt wahrnimmt oder Intensitätsunterschiede an verschiedenen Organseiten perzipiert, herbeizuführen. Nach einer kritischen Besprechung der früheren Arbeiten werden folgende Versuche mitgeteilt: *Avena-Koleoptilen*, wie in den Versuchen des Kapitel I, nunmehr aber auf beiden gegenüberliegenden Flanken längshalbseitig verdunkelt und mit gleichen Lichtmengen antagonistisch beleuchtet, krümmen sich zur erhellten Organhälfte, also genau senkrecht zur Strahlenrichtung. Der Einwand, daß die tatsächlich in den Koleoptilen stattfindende Strahlenkonzentration für das Ergebnis von Bedeutung sei, wird widerlegt, indem gezeigt wird, daß sich *Avena-Koleoptilen* unter Wasser, also bei Ausschaltung der Lichtbrechung, phototropisch ebenso verhalten wie in der Luft. Noch beweisender ist, daß ein Objekt mit vierkantigem Stengel, nämlich *Coleus*, sich im beschriebenen Versuche ebenso verhält. Hier kann Strahlenbrechung überhaupt nicht in Frage kommen. Mit *Coleus* gelang ferner der Versuch, ein positiv phototropes Organ auch dann zu einer Krümmung zur erhellten Seite zu veranlassen, wenn damit eine Abkehr von der Lichtquelle verbunden ist. Dies wurde erreicht, wenn die Sprosse wie früher auf zwei gegenüberliegenden Flanken halblängsseitig abgebendet wurden, die dem Lichte zugekehrte Seite gänzlich verdunkelt war und die freie Organhälfte beiderseits gleich stark schräg von rückwärts, d. h. von der Blendenseite her, beleuchtet wurde. Die Versuche ergeben zwingende Beweise für die Intensitätstheorie. *Blaaus* Theorie des Phototropismus darf dieser nicht gleichgestellt werden und wird vorläufig abgelehnt, da zahlreiche Tatsachen mit ihr unvereinbar erscheinen.

Das dritte Kapitel handelt vom Reizwert schrägen Lichtes und sucht die Frage zu beantworten, ob die phototrope Erregung bei schräger Beleuchtung nur von der jeweiligen Oberflächenhelligkeit abhängt. In diesem Falle müßte sie dem Cosinus des Lichteinfallwinkels bzw. dem Sinus des Komplementwinkels (des Neigungswinkels der Strahlen = der Abweichung vom parallelen Lichteinfall) proportional sein. Versuchsobjekt sind wieder *Avena-Koleoptilen*. Es wurde ein besonderer Apparat konstruiert, der es gestattet, Pflanzen aus beliebigen Winkelstellungen und variablen Entfernungen antagonistisch zu beleuchten. Mit diesem Apparat wurden zunächst Koleoptilen antagonistisch derart beleuchtet, daß sie auf der einen Seite von Horizontallicht getroffen wurden, während auf der entgegengesetzten Seite eine gleichstarke Lichtquelle aus gleicher Entfernung schräges Licht auf sie warf. Dabei wendeten sich die Pflanzen bei Neigungswinkeln von 15° — 65° und 95° bis 135° zum Horizontallicht. Bei der Kombination 90° und 70° trat Kompensation ein, zwischen 90° und 75° sowie 90° und 85° ergab sich ein schwaches, zwischen 90° und 80° ein deutliches Überwiegen des schrägen Lichtes. Nun wurde die Helligkeitsabnahme, die bei schräger Beleuchtung eintritt, durch entsprechendes Näher-schieben der schräggestellten Lampe ausgeglichen und es ergab sich, daß die schrägen Strahlen zwischen 70° und 80° in ihrer Wirkung die von 90° übertreffen, also den optimalen Lichteinfall darstellen. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß das phototrope Verhalten der Koleoptilen vorwiegend durch die höchst-

empfindliche Spitze bedingt wird. Diese zeigt eine durchschnittliche Neigung von 10° , wird also stets in einem um 10° erhöhten Winkel vom Licht getroffen. Das ergibt beim Neigungswinkel 80° eine Beleuchtung der Spitze unter 90° und damit die optimale Wirkung dieser Strahlenrichtung. Aus dem angegebenen Grunde krümmen sich ferner Koleoptilen, die antagonistisch gleich stark aus gleichen Winkeln über und unter der Horizontalen beleuchtet werden, stets zur oberen Lichtquelle. Von unten kommende Strahlen wirken auch deshalb schwächer, weil sie nicht mehr die ganze Spitze treffen und zum großen Teil an dieser reflektiert werden.

Ein Beweis für die Richtigkeit obiger Annahme liegt darin, daß bei Ausschaltung der Spitzen durch Verdunklung mit Staniolkäppchen im letztbeschriebenen Versuch Kompensation eintritt.

Die Unterschiedsempfindlichkeit betrug bei den gewählten Lichtintensitäten 1,5–2 %. Damit stimmt gut überein, daß die Koleoptilen die Lichtrichtungen 90° und 80° mit der Sinusdifferenz 0,015 eben unterscheiden. Die Unterschiedsempfindlichkeit für verschiedene Lichteinfallrichtungen hängt nicht von der Winkeldifferenz, sondern von der Sinusdifferenz dieser Winkel ab, nach der sich der Beleuchtungsunterschied richtet. Es werden daher z. B. 10° und 9° bereits unterschieden.

Eine Prüfung der Reizmengenschwellenwerte muß die Beleuchtung der Spitzen zur Grundlage haben, da nur diese die Reaktion herbeiführen. Es kommen also nur die Einfallswinkel zur Spitze und nicht die zur Basis der Koleoptilen in Betracht. Berücksichtigt man dies, so ergibt sich für die Winkel zwischen 15° – 90° ein konstanter Schwellenwert, unter der Horizontalen ein leichtes Anwachsen desselben, das sich aus den früher angeführten Ursachen erklärt.

Als Gesamtergebnis ergibt sich demnach für *Avena*-koleoptilen die Gültigkeit eines Sinusgesetzes, des Phototropismus. Auch dieses Ergebnis spricht für die Intensitätstheorie und gegen die Richtungshypothese des Phototropismus. Autoreferat.

Über Regulation des osmotischen Wertes in den Schließzellen von Luft- und Wasserspalten. Anschließend an frühere Experimente von Iljin, der bei einer großen Anzahl russischer Steppenpflanzen beobachtete, daß dem Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen entsprechende Oszillationen des osmotischen Wertes der Schließzellen parallel gehen, untersuchte Anna Luise Steinberger (Biol. Centrbl. 42, 1922) eine Reihe von Gartenpflanzen, um zu ermitteln, ob hier entsprechende Verhältnisse vorliegen. Sie konnte im wesentlichen die Resultate Iljins bestätigen. Sowohl durch Belichtung wie auch durch hohe Wasserbilanz wird der osmotische Wert in den Schließzellen ganz wesentlich erhöht — im Extrem auf 90 Atmosphären! —, während er in den beobachteten Epidermiszellen sehr tief liegt. Bei Verdunklung und Wassermangel dagegen wird er in den Schließzellen so stark herabgesetzt, daß sich die Differenz zwischen den Epidermiszellen ausgleicht. Der ökologische Sinn dieses Verhaltens ist klar. Hoher osmotischer Wert setzt die Spaltöffnungen in stand, ihrer Umgebung viel Wasser zu entziehen und hohe Turgeszenz anzunehmen; dies führt zur Öffnung des Spaltes, und eine solche wird angestrebt erstens bei großem Transpirationsbedürfnis und zweitens bei guter Belichtung, um möglichst viel Kohlensäure für die an das Licht geknüpften Assimilation aufnehmen zu können. Der

Öffnungszustand der Spalten wird also von der Pflanze aktiv durch Variation des osmotischen Werts reguliert. Hierbei spielt offenbar die Umwandlung von Stärke in Zucker und umgekehrt eine große Rolle, denn sehr häufig verschwindet die Stärke beim Öffnen und erscheint wieder beim Schließen des Spaltes. Indessen treten gleichsinnige Schwankungen des osmotischen Wertes auch bei Pflanzen auf, deren Schließzellen frei sind von Stärke (Alliumarten). Entsprechend der Tatsache, daß bei Pflanzen feuchten Standorts das Spiel der Spaltöffnungen fast ausbleibt, haben auch die osmotischen Schwankungen eine geringe Amplitude: Die Wasserspalten schließen sich in ihrem Verhalten bei Wassermangel und Wasserüberschuß den Spaltöffnungen an, sind dagegen dem Lichte gegenüber indifferent sowohl hinsichtlich des Öffnungszustandes als auch des osmotischen Wertes; das stimmt damit überein, daß sie nur noch die Wasserausscheidung zu besorgen haben; manche Wasserspalten freilich (z. B. *Alchemilla*, *Impatiens*) schließen sich im Dunkeln und setzen den osmotischen Wert herab. Das hängt offenbar damit zusammen, daß sich die Wasserspalten phylogenetisch von Spaltöffnungen ableiten.

Sekundäre Geschlechtsmerkmale bei Brandspitzen. Die Sporen der Brandpilze keimen nicht direkt zu einem typischen Myzel aus, sondern sie bilden zunächst einen kurzen Keimschlauch, der „Sporidien“ in wechselnder Zahl abgliedert. Erst von diesen Sporidien, die sich durch Teilung noch sehr stark vermehren können, geht die Myzelbildung aus, und zwar anschließend an einen Sexualakt, der in der Verschmelzung zweier geschlechtlich verschieden gestimmter Sporidien besteht. Zu einer morphologischen Differenzierung der beiden Sorten von Sporidien ist es indessen noch nicht gekommen; erst im Kreuzungsexperiment tritt der Geschlechtscharakter deutlich hervor. Neuerdings freilich ist es Bauch im Anschluß an Beobachtungen von Kniep geglückt, weitere Unterschiede im Verhalten der beiden Sporidiensätze aufzudecken (Biol. Centrbl. 42, 1922). Werden Brandsporen von *Ustilago violacea* auf Malzlösungen kultiviert, dann treten die Sporidien beider Geschlechter in gleicher Anzahl auf. Bei Kultur auf Malzgelatine aber wird das eine (das „b“-) Geschlecht mehr oder minder bis zu völliger Unterdrückung gehemmt. Durch Veränderung der Versuchsbedingungen konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß Glutinabbauprodukte der Albuminosen- und Peptonstufe das maßgebende Agens sind. Die beiden Sporidiensorten reagieren also demselben Stoff gegenüber deutlich verschieden, und es gibt auch Versuchsbedingungen, bei denen nicht das b-, sondern das a-Geschlecht zurückgedrängt wird. Es handelt sich hierbei also offenbar um die Anfänge der Herausbildung sekundärer Geschlechtscharaktere, wie solche bei manchen Jochpilzen in noch viel deutlicherem Maße nachweisbar sind.

Eine neue Methode der Wachstumsregistrierung beschreibt J. V. Koningsberger in seiner Abhandlung „Tropismus und Wachstum“ (Utrecht 1922). Die Apparatur ist folgende: Die Versuchspflanze (Haferkeimling) ist auf einem Auxanometer derart montiert, daß beide eine feste Einheit bilden und Erschütterungen keine Kurvenstörung hervorrufen können. Wenn die Pflanzenspitze ein bestimmtes Stück gewachsen ist, dann schließt sie vermittle einer feinen Kontaktvorrichtung einen elektrischen Strom. Durch den Stromschluß nun wird erstens die Kontaktvorrichtung um eine bestimmte Strecke (5 μ , 10 μ usw.)

gehoben, zweitens eine Registriertrommel um einen minimalen Betrag gedreht und drittens eine an dieser Trommel entlang gleitende und dabei eine gerade Linie zeichnende Feder an ihren Ausgangspunkt zurückversetzt. Da sich die Trommel aber inzwischen gedreht hat, entsteht eine zur vorhergehenden parallele Gerade. Das Spiel wiederholt sich bei jeder neuen Auslösung, und es entsteht eine Reihe von geraden Linien, deren Länge der Zahl der Sekunden entspricht, welche die Pflanze zu einem Wachstum von 5 μ , 10 μ usw. gebrauchte. Durch Verbindung der Gipfel dieser Geraden erhält man die gesuchte Wachstumskurve. Der Hauptvorzug dieser neuen Selbstregistrierungsmethode liegt darin, daß sie bei völliger Dunkelheit erfolgt; denn alle Methoden, die mit Licht arbeiten (rotes Licht zur Ablesung, gelbes Licht bei der photographischen Selbstregistrierung von *Lundegårdh*), haben den Nachteil, daß dadurch unkontrollierbare Wachstumsänderungen herbeigeführt werden. Ferner ist es möglich, die Registrierung während der Rotation der Pflanze auf dem Klinostaten vorzunehmen, was für verschiedene Fragestellungen von großer Bedeutung ist; und schließlich können Registriertrommel und Versuchspflanze in verschiedenen Räumen aufgestellt werden. Mit dieser neuen Apparatur hat *Königsberger* eine große Menge von Wachstumsmessungen angestellt. Von seinen mannigfaltigen Ergebnissen sei nur folgendes angeführt: das die Koleoptile durchbrechende Primärblatt zeigt keine Photowachstumsreaktion und ist entsprechend aphotropisch. Die Anpassung der Koleoptile an Dauerlicht von 90 MK. erstreckt sich über mehr als 5 Stunden. Eine Dunkelwachstumsreaktion gibt es nicht; was bisher als solche gedeutet wurde, ist eine von der vorhergehenden Belichtung stammende Nachwirkung. Sowohl phototropische Sensibilität wie auch Photowachstumsreaktion sind in verschiedenen Wellenbezirken verschieden und gehen einander völlig parallel. Rotation an der horizontalen Klinostatenachse führt zu keiner Wachstumsreaktion, dagegen wird das Wachstum durch längs zur Organachse angreifende Schwerkraft beschleunigt.

Über die Ernährung der grünen Halbschmarotzer.

Im Gegensatz zu den alten Angaben von *Bonnier*, wonach die grünen Halbschmarotzer nur eine sehr geringe Assimilationsfähigkeit aufweisen sollen, herrscht heute ziemlich allgemein die Auffassung, daß der Chlorophyllapparat noch normal funktioniert, und daß es bei der parasitischen Lebensweise hier in erster Linie auf den Wasser- und Nährsalzstrom abgesehen ist. Da exakte Messungen hierüber noch nicht vorliegen, hat *Kostytschew* (Ber. d. d. bot. Ges. 40, 1922) quantitative Bestimmungen der Assimilationsenergie ausgeführt. Als Maß diente ihm die von 1 qcm Blattfläche pro Stunde aufgenommene CO_2 -Menge. Dabei ergaben sich für grüne Halbschmarotzer (*Euphrasia*, *Alectrolophus* und *Melampyrum*) und normale Pflanzen derselben Familie (*Veronica*, *Linaria*) nahezu identische Werte. Dagegen zeigte sich eine Disharmonie zwischen der Leistungsfähigkeit des Wurzelsystems und der Transpiration: abgeschnittene Sprosse wiesen eine wesentlich höhere Wasseraufnahme auf als intakte Pflanzen. Dieses Mißverhältnis stellt nach *Kostytschew* den phylogenetischen Anlaß zur Produktion von Wurzelhaustorien dar, und es ist sehr wohl vorstellbar, daß sich erst sekundär hieraus der Holoparasitismus entwickelt hat, indem dem Wirt mehr und mehr auch organische Stoffe entrissen werden. Damit ging dann eine Reduktion des Chlorophyllapparates Hand in Hand.

Die Fangvorrichtung der Utriculariablase. In einer früheren Nummer dieses Jahrgangs wurde auf Versuche von *Merl* hingewiesen, die den Mechanismus der Fangblasen von *Utricularia* (Wasserschlauch) zum Gegenstand hatten. Es konnte gezeigt werden, daß die Blasen eine Pumpbewegung auszuführen vermögen, vermittle derer Wasser und feste Gegenstände in das Innere hineingesogen werden. Über die Ursachen dieses Saugmechanismus gelangte *Merl* zu keiner sicheren Entscheidung, jedoch sprach er auf Grund bestimmter Beobachtungen die Vermutung aus, es könne sich um einen Fall von Erschütterungsreizbarkeit (Seismonastie) handeln, wie sie auch den Reaktionen der insektenfressenden *Dionaea* zugrunde liegt. Hier setzt nun eine neue Arbeit von *Czaja* ergänzend ein. Nach eingehender Analyse des Blasenbaus und der Blasenfunktion gelangt er zu dem Ergebnis, daß Turgorschwankungen im Innern der Zellen keineswegs das treibende Agens sind; und daß es sich somit nicht um seismonastische Reaktionen handelt. Vielmehr ist das Einsaugen ein rein mechanischer Vorgang, der in folgender Weise zustande kommt: an der Innenwand der Blase befinden sich vierarmige Haare, welche die Blasenflüssigkeit energisch resorbieren. Da nun die Klappe im ruhenden Zustand der Blasenöffnung fest angepreßt und noch durch Schleim abgedichtet ist, so kann kein Wasser nachdringen und es entsteht im Innern eine Zugspannung, die zu einer Einwölbung der Blasenwände führt. Wird nun durch einen äußeren Eingriff die Klappe ein wenig abgehoben, was in der freien Natur dadurch geschieht, daß Tiere mit den wie Hebel wirkenden, der Klappe aufsitzenden Borsten in Berührung kommen, dann wird Außenwasser mit großer Gewalt eingesogen und Blasenwände und Klappe schnellen wieder in ihre Ruhelage zurück. Nach ca. $\frac{1}{4}$ Stunde kann eine erneute Reaktion erfolgen. Natürlich ist für die Pflanze nicht das Nachsaugen des Wassers, sondern die gleichzeitige Einführung tierischer Beute das ökologisch bedeutungsvolle Moment.

Über die Lärchenmykorrhiza. Schon seit alters her ist das gesellschaftliche Auftreten von Lärche und einem bestimmten Röhrenpilz (*Boletus elegans*) bekannt, so daß *Lindgren* 1845 den Ausspruch tun konnte: *Ubi Larix, ibi Boletus elegans*. Es ist nun *Melin* in neuester Zeit geglückt, die Ursache dieser gegenseitigen Abhängigkeit, die sich auch darin äußert, daß überall dort, wo die Lärche eingeführt wird, auch *B. elegans* erscheint, aufzuhellen (*Svensk. Bot. Tidskr.* 1922). *Boletus elegans* ist nämlich der Erreger der Wurzelverpilzung (Mykorrhiza) der Lärche. Dieser Nachweis wurde in folgender Weise geführt: Gewebekomplexe aus dem Fruchtkörper von *B. elegans* wurden steril ausgeschnitten und in Kultur genommen. Von den Sporen auszugehen, erwies sich als undurchführbar, da diese nicht keimten. Gleichzeitig wurden Lärchenpflänzchen aus Samenmaterial, das vorher mit Sublimat von Keimen befreit wurde, ebenfalls steril in Erlenmeyerkölbchen aufgezogen. Sie zeigten naturgemäß keine Wurzelverpilzung. Eine solche konnte aber jederzeit hervorgerufen werden, wenn man die Pflänzchen mit Myzel von *B. elegans* impfte. Das Myzel umschlang die Wurzel in typischer Weise, drang ins Innere des Gewebes ein und bildete in den Zellen dichte Hyphenknäuel. Es entstanden genau dieselben Bilder, die man unter natürlichen Verhältnissen an Lärchenwurzeln beobachtet. Dagegen verliefen Versuche, mit demselben Myzel Kiefer- oder Tannenwurzeln zu infizieren, erfolglos. Nun hatte

Melin schon früher die Mykorrhizenpilze der Kiefer und Tanne in Kultur genommen; über ihre systematische Zugehörigkeit ließ sich nichts sagen, da sie keine Fruchtkörper bildeten. Bei der Kiefer konnten drei Formen nebeneinander nachgewiesen werden, und zwei von diesen sind nun auch imstande, bei der Lärche Mykorrhizen hervorzurufen. In einem Fall liegt also Spezialisierung vor, im andern fehlt eine solche — soweit man aus diesen orientierenden Versuchen verallgemeinern darf. Das Mykorrhizenproblem ist damit in ein neues Stadium getreten. Es liegen zahlreiche Anhaltspunkte dafür vor, daß eine Menge anderer Pilzgattungen bei der Mykorrhizenbildung in Frage kommen, und die weitere Analyse wird am besten an jene überaus zahlreichen Beispiele anknüpfen, wo bestimmte Pilzarten in ihrer Verbreitung an ganz bestimmte Baumspesies geknüpft sind wie Trüffel und Eiche, Butterpilz (*Boletus luteus*) und Kiefer usw. Die bestimmt lautende Angabe von *Peklo*, wonach für die Mykorrhiza der Hain- und Rotbuche Schimmelpilze (*Penicillium*, *Citromyces*) in Frage kommen, hält, wie *Melin* mit Recht betont, trotz des Widerspruchs von *Peklo* (*Svensk. Bot. Tidskr.* 1922) der Kritik nicht stand.

Über die Beziehungen zwischen Befruchtung und postfloralen Blütenstielbewegungen. Mit den Beziehungen zwischen Befruchtung und postfloralen Blütenstielbewegungen beschäftigt sich eine Arbeit von *Emma Maria Schmitt* (*Zeitschr. f. Bot.*, 14, 1922). Als Versuchsobjekte dienten Fingerhut (*Digitalis*), Eibisch (*Althaea*) und Leinkraut (*Linaria cymbalaria*). Beim Fingerhut (*Digitalis purpurea*) liegen die Verhältnisse unter normalen Bedingungen so: die jungen Blütenknospen stehen vom Stengel vertikal ab, während der Blüte senkt sich dann der Stiel nach unten, und bei der Fruchtreife krümmt er sich senkrecht nach oben. Diese aufeinanderfolgenden Reaktionen sind der Ausdruck eines geotropischen Stimmungswechsels: transversaler, positiver und negativer Geotropismus lösen einander ab. Experimentell ergibt sich nun, daß das Aufrichten des Blütenstiels unterbleibt, wenn man durch Abschneiden der Narbe oder der Antheren (unter gleichzeitigem Ausschluß von Insektenbesuch!) die Befruchtung verhindert. Daß nicht etwa der Wundreiz die Reaktion hemmt, geht daraus hervor, daß Eingipsen der Narbe genau so wirkt wie Abschneiden, und daß andersartige Verwundungen keinen negativen Erfolg hervorrufen; ferner gelingt es bei den der Antheren beraubten Blüten nachträglich, ein Aufkrümmen der Stiele zu erzielen, wenn man künstlich bestäubt. Versuche mit Fremdbestäubung ergaben, daß immer dann die geotropische Umstimmung ausbleibt, wenn keine Befruchtung (kenntlich am fehlenden Samenansatz) erfolgt: Pollen von anderen *Digitalis*-arten (*D. lutea*, *D. ambigua* etc.) bewirkt Befruchtung und Umstimmung, Pollen von *Pentstemon*, *Antirrhinum*, *Linaria* bewirkt keinen Samenansatz und keine Umstimmung. Trotzdem ist auch in diesem Fall der Pollen ausgekeimt, aber die zytologische Untersuchung ergab, daß er nicht bis in den Fruchtknoten vorgedrungen war. Die Pollenkeimung allein genügt also nicht, um die Umstimmung auszulösen; das gilt auch für den arteigenen Pollen: verhindert man seinen Eintritt in den Fruchtknoten, dann bleibt die Aufrichtung aus. Ähnlich wie *Digitalis* verhält sich der Eibisch. Dagegen stellt *Linaria cymbalaria* einen andern Reaktionstypus dar. Die Blütenstielbewegungen sind hier in erster Linie von dem Lichte dirigiert.

Die jungen Blütenstiele sind negativ phototropisch (nickende Lage der Blütenknospen), während der Blüte herrscht positiver Phototropismus (Aufrichten der Knospen) und bei der Samenreife kehrt sich der Blütenstiel infolge eines erneuten Stimmungswechsels wieder vom Lichte ab. Der ökologische Sinn dieses ganzen Vorgangs ist klar: die als Schauapparat dienende Blüte wendet sich dem Lichte zu, der reifende Fruchtknoten aber kehrt sich vom Lichte ab, um die Samen in Mauerritzen oder Erdfurchen zu versenken. Der Umschlag von positiver zu negativer Stimmung erfolgt auch hier mit dem Abblühen und beginnt an der Basis des Blütenstiels, wandert nach oben und zuletzt folgt die Stielspitze, so daß längere Zeit eine S-Kurve zustande kommt. Auch hier wurde nun mit den angegebenen Methoden die Befruchtung verhindert, und es zeigte sich nun, daß der untere Teil des Blütenstiels normal reagiert, also offenbar vom Befruchtungsreiz unabhängig ist, daß dagegen der Spitzenteil dem Lichte zugekehrt bleibt, so daß ein Knick im Blütenstiel zustande kommt. Bloß die apikale Zone entspricht also dem Blütenstiel von *Digitalis*. Interessant sind noch einige Wachstumsmessungen; es ergaben sich 2 Hauptwachstumsperioden, die durch eine Phase der Ruhe getrennt sind. Die erste Periode entspricht der Aufrichtung, die zweite der Senkung des Blütenstiels; die zweite Wachstumsperiode setzt an der Basis des Stiels ein und schreitet apikal fort — genau wie die Umstimmungsreaktion. Und die Analogie geht noch weiter: wird die Befruchtung verhindert, dann bleibt der Spitzenteil, der auch keine Reaktion zeigt, von der zweiten Wachstumsphase ausgeschlossen.

Kulturversuche mit isolierten Wurzelspitzen. Versuche über das Verhalten isolierter Zellkomplexe höherer Pflanzen wurden schon von verschiedener Seite angestellt. Diese Experimente erstreckten sich aber fast durchweg auf Dauergewebe. Entsprechende Versuche mit embryonalem Gewebe hat in neuester Zeit *W. Kotte* (*Beitr. z. allg. Bot.* 2, 1922) angestellt. Als Objekte dienten ihm die Wurzelspitzen von *Pisum* und *Zea*, die 1—2 mm Länge besaßen und steril auf Agar kultiviert wurden. Um ein Gedeihen der isolierten Spitzen zu ermöglichen, ist es nötig, dem Agar neben den Nährsalzen auch organische Stoffe zuzufügen. In erster Linie handelt es sich hierbei um Kohlehydrate — als beste Nährstoffquelle erwies sich Fruktose und Glukose —, während die im Gewebe vorhandenen Eiweißreserven für eine Weiterentwicklung ausreichen. Unter günstigen Umständen kann dann eine Längezunahme um das 25fache (Erbse) bis 70fache (Mais) erfolgen. Wurzelhaare werden gebildet, es finden Zellteilungen statt und die Gewebe differenzieren sich in üblicher Weise — alles Meristem geht in Dauergewebe über. Beim Mais werden sogar Seitenwurzeln angelegt. Solche Versuche glücken nicht bloß mit Wurzelspitzen, sondern auch mit weiter rückwärts liegenden Zonen, aber der Erfolg nimmt schrittweise ab. So wurden in einem Versuche 4 aufeinanderfolgende Scheibchen von je 1 mm Länge einzeln kultiviert. Der Zuwachs betrug bei Scheibe I (Spitze) 17 mm, bei II 4,0, bei III 1,8, bei IV 1,2 mm. Das entspricht ziemlich genau dem gegenseitigen Verhältnis, das die 4 Zonen erreicht haben würden, wenn sie in organischem Zusammenhang miteinander gewachsen wären. Scheibe III hatte außerdem die Spitze regeneriert. Eine solche Spitzenregeneration isolierter Scheiben erfolgte immer nur am apikal gerichteten Ende, die

Polarität ist also erhalten geblieben. Wie groß die Produktionsleistung der Wurzelsegmente ist, ist daraus zu ersehen, daß, der abnormen Ernährungsverhältnisse ungeachtet, bei einer Trockengewichtsbestimmung ein Zuwachs von 1125 % ermittelt wurde. Nach höchstens 12 Tagen erlosch in allen Fällen das Wachstum, ohne daß sich die Gründe hierfür klar formulieren lassen; mutmaßlich liegt es an der Beschaffenheit der Nährlösung. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß man bei geeigneten Kulturbedingungen einmal ganze Pflänzchen aus solchen Wurzelspitzen züchten kann. *Stark.*

Physiologische Mitteilungen.

Die Geschwindigkeit der Pulswelle des Menschen.

(J. Crighton Bramwell und A. V. Hill. Proc. of the roy. soc., Ser. B., Bd. 93, Nr. B 652, S. 298—306, 1922.) Ausführungen über die theoretischen Grundlagen der Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle und Mitteilung der Resultate eigener experimenteller Untersuchung an einer isolierten menschlichen Arterie.

Unter bewußter Vereinfachung der theoretischen Grundlagen greifen die Autoren auf eine Formel von Moens zurück: $v = \sqrt{\frac{E c}{2 \rho y}}$ (v : Geschwindigkeit der Pulswelle, E : Elastizitätsmodul, c : Dicke der Arterienwand, ρ : Dichte des Blutes, y : Gefäßradius). Durch Einführung des Druckes p (in Millimetern Hg) und des Volumens/Längeneinheit V wird die für die experimentellen Untersuchungen so unbrauchbare Formel umgewandelt in die Form: $v = 0,357 \sqrt{\frac{V}{d \cdot dV/dp}}$ für v in

m/Sek. und für $\rho = 1,055$. $\frac{dV/dp}{V}$ ist aber der relative Volumzuwachs des Gefäßes pro Millimeter Hg Druckzuwachs. Ausgedrückt in Prozenten ergibt sich die für die experimentelle Prüfung geeignete Gleichung:

$$v = \frac{3,57}{\sqrt{\text{prozentualer Volumzuwachs/mm Hg Druckzuwachs}}}$$

Die Autoren benutzen eine Arbeit von Roy (1880), welche die Beziehungen zwischen Volumen und Druck, gemessen an Tierarterien, enthält, und berechnen auf Grund dieser Zahlen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswelle bei verschiedenen Drucken. Es ergibt sich eine fast konstante Geschwindigkeit unterhalb eines Druckes von 80 mm Hg, dem normalen diastolischen Druck des Menschen; mit steigendem Druck erfolgt ein immer rascheres Ansteigen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Die berechneten absoluten Werte (2,33—3,6 m/Sek.) sind bedeutend kleiner als die beim Menschen festgestellten; die Autoren führen das darauf zurück, daß Roy, um die Wirkung der elastischen Nachdehnung zu vermeiden, bei seinen Untersuchungen den Druck sehr langsam einwirken ließ, was ein zwar statisch richtiges, jedoch dynamisch falsches Resultat ergibt, indem ein nur kurz einwirkender Druck eine geringere Volumenvermehrung zur Folge hat als ein lang dauernder. Die Werte für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gelten alle relativ zum Blut, so daß zur Berechnung der Geschwindigkeit relativ zur Gefäßwand eine kleine Korrektur wegen der Bewegung des Blutes angebracht werden muß. — Es folgt Beschreibung eigener experimenteller Untersuchungen an einer isolierten, 6,84 cm langen menschlichen Arterie über die Geschwindigkeit einer Welle bei ver-

schiedenem Druck. Zur Verlangsamung der Welle wurde Hg verwendet; der Druck des Hg konnte beliebig variiert werden, die Welle wurde durch Stoßen oder rasche Kompression des zuführenden Gummischlauches in einiger Entfernung erzeugt, das Maß ihrer Geschwindigkeit durch Registrierung der Ankunft der Welle kurz vor und nach der Arterie mittels zweier Hebel aufgezeichnet. Es ergab sich hier ebenfalls, daß bei einem Druck unterhalb von 80 mm Hg die Geschwindigkeit fast konstant ist und daß bei steigendem Druck die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle rasch zunimmt. Die absoluten Zahlen (ca. 5 m/Sek.) stimmen mit denen beim Menschen beobachteten gut überein. Die Autoren ziehen daraus den Schluß, daß die Fortpflanzung der Pulswelle eine Folge rein mechanisch wirkender Faktoren ist und daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur von den elastischen Eigenschaften der Gefäßwand abhängt.

Adolf Schott, Bad Nauheim.

Kongreßzentralblatt für die gesamte innere Medizin.

Der Stoffwechsel im Hunger und bei Unterernährung. (Francis G. Benedict, New York med. journ. Bd. 115, Nr. 5, S. 249—256. 1922.) Zusammenfassender Vortrag über die mehrjährigen Untersuchungen der Bostoner Laboratorien. Von kurzen Hungerversuchen bis zu 7 Tage Dauer wurden 14 an 10 Personen ausgeführt, ferner ein einziger Versuch mit vollständiger Nahrungsenthaltung von 31 Tagen. Beide Arten ergaben das gleiche: erst vom 5. bis 6. Tag an ist der Einfluß der vorangegangenen Ernährung nicht mehr bemerkbar. Die Wärmebildung fällt vom 3. bis 6. Tag ziemlich rasch, um dann nur ganz allmählich weiter abzunehmen. Beim Gewichtsverlust von 13,25 kg = 22 % des Anfangsgewichts kommen etwa die Hälfte auf Rechnung des Wassers; die Anpassung der Wasservorräte an die Stoffzersetzungen im Hunger verursacht auch den starken Gewichtssturz während der ersten Woche. Während der ersten Tage wird ein Kilo, etwa vom 5. Tag an wird $\frac{1}{2}$ kg jeden Tag eingeblüht. Glykogen wird während der ersten zwei Tage etwa 180 g, später nur noch 20—40 g verbraucht. Entsprechend steigt der Fettverbrauch bis zum dritten Hungertag ein wenig an, um dann wieder ganz allmählich abzunehmen. Die Wärmeproduktion — nachts während des Schlafens bestimmt — nimmt ab, auch bei Berechnung auf die Oberfläche. Dies ist noch wenig deutlich am Ende der ersten Woche, später aber bildet sich eine ganz begreifliche Abnahme aller Funktionen und damit auch des Gaswechsels heraus. Der Verbrauch an Eiweiß, mineralischen Bestandteilen, die Ausscheidung der N-haltigen Schlacken, der Acetonkörper zeigt das bekannte Bild; starke Umstellungen während der ersten Woche machen dann einem gleichmäßigen Verhalten Platz. Die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Muskelgruppen konnte nicht richtig geprüft werden, in intellektueller Hinsicht hat die Lebhaftigkeit des Mannes in keiner Weise nachgelassen. Stimmen mit diesen vollkommen harmlosen Folgeerscheinungen einer plötzlichen gänzlichen Nahrungsenthaltung auch diejenigen überein, die sich bei chronischer Unterernährung einstellen? Zur experimentellen Prüfung dieser Frage dienten 12 Studenten, die während der ganzen Zeit ihrer täglichen sportlichen und geistigen Arbeit im College in gleicher Weise nachgingen wie ihre Kameraden. Sie bekamen auch das gleiche Essen wie jene, nur entsprechend kleinere Portionen. Während der ersten sechs Wochen verloren sie rund 12 % ihres Gewichts; dann wurden die Portionen in dem Maße vergrößert, daß sie nun zur

Erhaltung der geringeren Körpermaße ausreichen. 12 weitere Studenten, bei voller Kost gehalten, dienten zur Kontrolle, indem sie sich ebenfalls sämtlichen Prüfungen in gleicher Weise unterzogen. Die Wärmeproduktion pro Flächeneinheit war um 18 % geringer als bei Beginn der Versuche; während des Schlafes um rund 25 % kleiner als normal; dementsprechend genügten 1950 Calorien zur Erhaltung gegenüber 3200 in der Norm. Der N-Verlust hat je Mann etwa 150 g betragen. N-Gleichgewicht bei etwa 10,5 g Harn-N gegen 14 g sonst. Auffallend niedrige Pulszahl 29–32 bei zahlreichen Messungen, auch Blutdruck herabgesetzt. Hauttemperatur geringer, im Rectum nicht. Dagegen wurde die Winterkälte unangenehm empfunden. Keine Änderungen in geistiger Beziehung, geringe Abnahme sportlicher Betätigung, also im Gegensatz zu den Wirkungen der Unterernährung auf ein ganzes Volk. Rasche Auffütterung und Zunahme des Gewichts weit über Anfangsgewicht hinaus möglich. Die möglichen Schädigungen durch die viel länger dauernde Unterernährung bei der Hungerblockade (Verbrauch der Reserven an Ergänzungsstoffen, jugendliche Individuen) werden kurz gestreift.

Thomas, Leipzig.

Berichte über die gesamte Physiologie und experimentelle Pharmakologie.

Die trophische Innervation. (I. P. Pawloff, Festschr. z. 50jähr. Amtsjubil. d. Prof. Netschajew, Obuchow-Krankenh. St. Petersburg, Bd. 1, S. 1–4, 1922.) Der Autor weist auf die Mittel und Tatsachen hin, welche der klinischen Medizin empirisch gut bekannt sind, und denen die Physiologie keine Erklärung zu geben vermag. Zu solchen Erscheinungen gehören der Schock und verschiedene neurotrophische Störungen. Experimentell ist es leider unmöglich, das Vorhandensein trophischer Nerven festzustellen. Auf Grund von Beobachtungen, welche der Verf. im Tierexperiment machte, gelangt er, wie auch eine Anzahl von Klinikern, zur Unumgänglichkeit, die Existenz besonderer Nerven zuzugeben, welche einen Einfluß auf die Lokalnahrung der Gewebe ausüben. Bei den Tieren, an welchen Prof. Pawloff Operationen am Verdauungskanal ausführte, stellte er solche Veränderungen der Haut, Schleimhaut der Mundhöhle fest, welche die Klinik als trophische Erkrankungen qualifiziert. Außerdem beobachtete der Autor Fälle von Tetanien, Paresen, eine akut verlaufende ascendierende Rückenmarkslähmung, eine Erkrankung des Gehirns und schließlich Schockerscheinungen. P. meint, daß die von ihm erwähnten Erscheinungen als Reflexe von den abnorm gereizten zentripetalen Nerven des Verdauungskanals auf besondere hemmende trophische Nerven verschiedener Gewebe zurückgeführt werden müssen. Nach der Meinung des Autors ist es möglich, sich das Vorhandensein eines antagonistischen Paares trophischer Nerven vorzustellen, welche die Lebensfähigkeit der Gewebe bald heben, bald hemmen. P. weist auf die Existenz eines solchen Paares von Herznerven hin, welche auf die Vitalität des Herzmuskels eine zweifache Wirkung ausüben, indem sie diese Lebensfähigkeit entweder heben oder reduzieren. Ihre Wirkung offenbart sich sogar am isolierten und blutleeren Herzen. In den Speicheldrüsen vermutet der Verf. gleichfalls die Existenz eines trophischen Nerven, dessen Einfluß in der Verstärkung des konstanten Lebenschemismus des Speichels besteht. Verf. weist

auf die unerklärliche Abhängigkeit hin, welche zwischen den Erkrankungen der Haut und des Verdauungsapparates besteht, und umgekehrt auf den Zusammenhang zwischen verschiedenen auf die Haut ausgeübten Einflüssen und Erkrankungen der inneren Organe (Pleura, Lungen). P. erblickt die Möglichkeit, alle diese Erscheinungen mit dem Vorhandensein eines antagonistischen Paares trophischer Nerven in Zusammenhang zu bringen. In diesem Fall könnte man geschilderte Erscheinungen als reflektorische Reize betrachten. Indem P. die altbekannte Tatsache der Zungenbelegtheit bei Verdauungsstörungen anführt, spricht er die Ansicht aus, daß diese Erscheinung als ein Reflex der hemmenden trophischen Nerven der Zungenschleimhaut qualifiziert werden kann, welcher durch das Vorhandensein von Reizmitteln infolge der Magenerkrankung hervorgerufen wird. Nach der Meinung des Verf. existieren drei Arten von Nerven, unter deren Kontrolle sich ein jedes Organ befindet: 1. Gefäßnerven, 2. funktionelle und 3. trophische Nerven. Diese dreifache Kontrolle ist am Herzen nachgewiesen. Weitere Untersuchungen in P.s Institut über diese Frage sind im Gange. (Vgl. Hesse, Ileitis et Colitis gangraenosa neurotrophica alimentaria. Mitteilungen aus den Grenzgebieten 35, H. 1/2, S. 205–213.)

I. Jacobsen.

Über die Einwirkung der Kriegskost auf die Basedowsche Krankheit. (Hans Curschmann, Klin. Wochenschr. Jg. 1, Nr. 26, S. 1296–1298, 1922.) Es war dem Verf. während der durch die Blockade bewirkten Unterernährung aufgefallen, daß die Zahl der Basedowkranken ungewöhnlich gering geworden war und insbesondere die schweren Fälle sehr abgenommen hatten. Einige schwere Fälle von Basedow, die in ausgesprochen schlechten Ernährungsverhältnissen, d. i. ausschließlich von rationierten Lebensmitteln lebten, hielten sich merkwürdig gut. Seit Mitte 1919, wo die Ernährung sich besserte, vermehrte sich wieder die Zahl der Basedowkranken. Während der Unterernährungsperiode nahm andererseits die Zahl der Fälle von Hypothyreoidismus auffallend zu. Die Abnahme der Basedowfälle während der Hungerjahre glaubt Verf. darauf zurückführen zu müssen, daß zu reichliche Ernährung einen stimulierenden Einfluß auf die Schilddrüse ausübt; nicht nur das Fleisch, sondern auch das Fett und die übermäßige Calorienzufuhr überhaupt (ähnlich wie beim Diabetes) ist imstande, eine Steigerung der Funktion der Schilddrüse, beim Basedow also wahrscheinlich eine schädliche Erhöhung der inkretorischen Tätigkeit herbeizuführen. Verf. wagt noch nicht, diese Theorie zur praktischen diätetischen Nutzenanwendung, analog den Hungerkuren beim Diabetes, zu empfehlen; Fleischabstinenz hat sich allerdings schon immer beim Basedow bewährt. Die Wirkung der Unterernährung auf die Schilddrüse schien auch daraus hervorzugehen, daß eine auffallende Häufung des Myxödems während der Hungerjahre beobachtet werden konnte und daß bei bereits bestehender Thyreohypoplasie oder latentem Hypothyreoidismus durch besonders mangelhafte Ernährung eine deutliche Steigerung der hypothyreoiden Symptome entstand. *Die Unterernährung hat sicherlich einen depressorischen Einfluß auf die Funktion der Schilddrüse.*

Kurt Mendel.

Zentralblatt für die gesamte Neurologie und Psychiatrie.