

17. 8. 1925

Stu-
bücherei
Elbing

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

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

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 32 (SEITE 685—700)

7. AUGUST 1925

DREIZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Über das Verhältnis der vergleichenden und der experimentellen Methode in der Zoologie. Von J. GROSS, Neapel	685
Über parakrystalline und gespannte Stoffe. Von FRIEDRICH RINNE, Leipzig	690
Verflüssigung des Heliums in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Von WALTHER MEISSNER, Berlin	695
BESPRECHUNGEN:	
Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Von ARN. BERLINER, Berlin	697

ZUSCHRIFTEN UND VORLÄUFIGE MITTEILUNGEN:	
Quecksilberhelid. Von G. JOOS, Jena	697
Zum Nachweis des Verschiebungssatzes bei Bandenspektra. Von R. MECKE, Bonn	698
Vorläufige Mitteilung über einen Zerfall des Bleiatoms. Von A. SMITS und A. KARSEN, Amsterdam	699
Zur naturwissenschaftlichen Erforschung des Denkens. Von W. BENARY, Erlangen	699
Zur Geschichte der Chemie im Raume. Von ERNST COHEN, Utrecht	700
ASTRONOMISCHE MITTEILUNGEN:	
Das kontinuierliche Coronaspectrum	700

Hierzu Nr. 8 der Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte

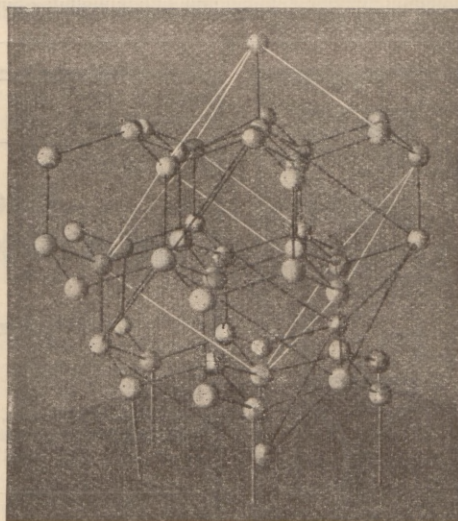


Abb. 73. Diamantmodell. Die eine Würfel diagonale steht senkrecht, man blickt schräg von oben auf die Oktaedernetzebenen. Die langen weißen und schwarzen Fäden zeigen die gegeneinander um $\frac{1}{4}$ der Diagonale verschobenen Grundwürfel der beiden flächenzentrierten Gitter.

Aus: Kristalle und Röntgenstrahlen

Von Dr. P. P. Ewald

Professor der theoretischen Physik an der Technischen Hochschule zu Stuttgart

337 Seiten mit 189 Abbildungen. 1923

25 Goldmark, gebunden 26.50 Goldmark

(6. Band: Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“)

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

26

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland 7.50 Goldmark (1 Gm. = $\frac{10}{42}$ Dollar nordamerikanischer Währung). Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft 0.75 Goldmark zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

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

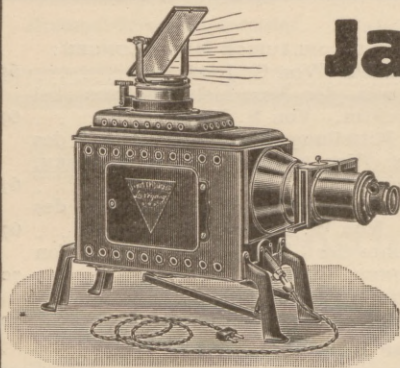
Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{1}$ Seite 120 Goldmark, Millimeter-Zeile 0.30 Goldmark. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigepreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24. Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.



Janus-Epidiaskop

(D. R. Patent Nr. 366044)

mit hochkerziger Glühlampe zur Projektion von
Papier- und Glasbildern

An jede elektr. Leitung anschließbar!
Leistung und Preislage unerreicht!

(348)

Größte Auswahl in Lichtbildern!

Ed. Liesegang, Düsseldorf, Postfach 124

Listen frei

Gegründet 1854

Listen frei

Jena^{er} Glasfiltergeräte

D. R. P. — Auslandspatente

Bequeme Verwendung auf allen Gebieten der
analytischen und präparativen Chemie

Glasfiltertiegel

vereinfachter Ersatz für Good-Tiegel

Filter- nutschen

für qualitative, quantitative und Mikro-Analyse,
Luftfilter, Extraktions-
aufsätze, Diaphragmen.
Ausführliche Preisliste
F 3142 auf Verlangen



Küvetten und Kolorimeterrohre
mit angeschmolzenen planparallelen Endplatten

Jena^{er} Hitzeschutz

D. R. P.

ermöglicht das Anfassen erhitzter
Kochgefäße

Jena^{er} Glaswerk Schott & Gen.
Jena

(845)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Biologie und Philosophie

Von

Max Hartmann

59 Seiten. 1925. 2.40 Goldmark

(Öffentlicher Vortrag, gehalten in der Kaiser-Wilhelm-
Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Berlin,
am 17. Dezember 1924)

Theoretische Biologie

vom Standpunkt der Irreversibilität des ele-
mentaren Lebensvorganges

Von

Professor Dr. **Rudolf Ehrenberg**
Privatdozent für Physiologie an der Universität
Göttingen

354 Seiten. 1923

9 Goldmark; gebunden 10 Goldmark

Über das Verhältnis der vergleichenden und der experimentellen Methode in der Zoologie.

Von J. GROSS, Neapel.

„Beobachtung und Reflexion“ lautet der Untertitel von KARL ERNST VON BAERS klassischen Untersuchungen „Über Entwicklungsgeschichte der Tiere!“. „Beobachtung und Reflexion“ könnte man auch als Motto über eine Geschichte der jetzt ebenfalls bereits klassisch gewordenen großen Epoche der vergleichenden Morphologie schreiben. Beobachtung naturgegebener Tatsachen, deren Vergleichung und Verknüpfung in der Reflexion: das waren die fast einzigen Forschungsmethoden jener Generation, das waren die festen Fundamente, auf denen die großen zoologischen Theorien des 19. Jahrhunderts errichtet wurden. Der wissenschaftliche Versuch trat noch ganz in den Hintergrund, ob es gleich auch in der Zoologie schon damals einige Meister des Experimentierens gab.

Eine stärkere Betonung der experimentellen Methode, und damit ein völliger Umschwung im Betriebe der Wissenschaft lassen sich etwa von der Jahrhundertwende an verfolgen. Der damit gegebene Anfang einer neuen Epoche in der Zoologie knüpft sich hauptsächlich an vier Namen. WILHELM ROUX führte, ohne die phylogenetische Denkweise zu vernachlässigen oder gar zu verachten, das Experiment in das Studium der Ontogenie ein und schuf so die neue erfolgreiche Wissenschaft der Entwicklungsmechanik. JACQUES LOEB machte die physikalische Chemie und die Ionen-theorie für die zoologische Forschung fruchtbar und wurde damit der Begründer der biochemischen Richtung, die namentlich in Nordamerika sehr schnell emporblühte. Durch die Auffindung von GREGOR MENDELS berühmten Arbeiten erhielt die experimentelle Zoologie ebenfalls einen sehr kräftigen Antrieb; denn die auf den MENDELSchen Regeln sich aufbauende exakte Erblchkeitslehre mit ihren ausgezeichneten experimentellen Methoden blieb nicht auf die Botanik beschränkt, sondern eroberte sich schnell auch die Schwesterwissenschaft. Und als vierter darf ANTON DOHRN nicht übergangen werden. Selbst ein Meister der vergleichenden Morphologie sah er doch mit bewundernswertem Weitblick das Kommen der neuen Epoche voraus und schuf in der physiologischen Abteilung seiner zoologischen Station der experimentellen Zoologie die erste gut ausgestattete am Meere gelegene Heimstätte: mit welchem Erfolge ist allbekannt. Wie einst die Anatomen dem Beispiele JOHANNES MÜLLERS folgend ans Meer eilten und dort ungeahnte Schätze für die Wissenschaft hoben, so ertönte auch bei

den Physiologen jetzt der Ruf: Thalatta, Thalatta! Der Einladung DOHRNS folgend zogen auch sie jetzt an das berühmte Gestade von Neapel, erstaunt über die Fülle der Probleme, welche die marine Tierwelt auch dem Physiologen bietet. Der Neapeler Station schlossen sich bald Schwesteranstalten an anderen Meeren an, so in Woods Hole, in Roscoff, in Plymouth usw. Und der frische Seewind, der von ihnen allen hineinwehte in die physiologischen Laboratorien des Binnenlandes, bewahrte diese vor der Erstarrung, die ihnen von der allzu einseitigen Beschäftigung mit Hund, Kaninchen, Meerschweinchen, Huhn, Taube und Frosch drohte. Da also die experimentelle Zoologie um die Jahrhundertwende von so verschiedenen Seiten her kräftigste Förderung erhielt, ist es nicht zu verwundern, daß sie bald ebenso schnell und stolz emporblühte, wie es ihre ältere Schwester, die vergleichende Morphologie, einst unter der Führung von DARWIN und HAECKEL getan hatte. Wie fortreibend der große Zug wirkte, der durch die Belebung der experimentellen Richtung in die zwar beständig, aber jetzt etwas bedächtig fortschreitende Zoologie gekommen war, das geht wohl am schönsten hervor aus den begeisterten und begeisternden wehmutmischten Worten eines hochverdienten Veteranen¹⁾ der vergleichenden Morphologie: „Man möchte wieder jung werden, um intensiver mitarbeiten zu können.“

Aber schnell erworbene Triumphe verführen zu Übermut. Das ist menschlich und verständlich, für die Wissenschaft jedoch auch gefährlich. Wie einst die vergleichenden Morphologen im Überschwang der Begeisterung über die Erfolge ihrer neuen Forschungsrichtung die ältere Schule der Systematik verachteten und höhnisch von einer „Balgzoologie“ sprachen, so hatten und haben auch jetzt viele experimentelle Zoologen für die vergleichende Morphologie nur Hohn und Spott übrig. Am weitesten ging hierin wohl DRIESCH²⁾, der einst der vergleichenden Morphologie gar jeden wissenschaftlichen Wert absprechen wollte und in jugendlicher Keckheit den berühmten Ausspruch tat: „Wohl können wir irren, aber unsere Gegner können nie wissen.“ Ob der große Logiker und Begründer der Ordnungslehre diesen Satz heute noch unterschreiben würde, weiß ich

¹⁾ ARNOLD LANG in seinem Referat über Vererbungsversuche in: Verhandl. D. zool. Ges. 19. Vers. 1909. 78.

²⁾ Von der Methode der Morphologie. Kritische Erörterungen in: Biol. Zentralbl. 19. 45.

¹⁾ Königsberg 1828 und 1837.

nicht; im allgemeinen hält er ja nicht sehr zähe an einmal formulierten Ansichten fest: als bezeichnend für die Stimmung experimenteller Biologie um die Zeit der Jahrhundertwende werden seine Worte aber historischen Wert behalten. Und ähnlich wie DRIESCH, nur nicht ganz so schroff, urteilen auch heute noch manche Entwicklungsmechaniker, Physiologen und exakte Vererbungsforscher über den Wert der vergleichenden Methode.

Die reinen Morphologen können diese Geringschätzung ihrer Arbeit mit Ruhe ertragen. Für ihre Zwecke reichen die beiden Forschungsmittel „Beobachtung und Reflexion“ fast immer aus, und wenn ihre Schlußfolgerungen von seiten der experimentellen Zoologie Bestätigungen oder auch Berichtigungen erfahren — jenes geschieht häufiger als dieses —, so werden sie das stets freudig begrüßen, im übrigen aber festhalten an ihrer bewährten Methode, deren Schönheit für jeden denkfrohen Geist ihre Reize nie verlieren kann. Für die experimentelle Zoologie erwächst aber aus der Geringschätzung der vergleichenden Methode eine ernste Gefahr: sie beraubt sich damit einer Bundesgenossin, ohne deren Hilfe sie leicht in schwere Irrtümer verfallen kann. Mit Recht warnt daher HARTMANN¹⁾, den der Verdacht einer Unterschätzung des Experiments gewiß nicht treffen kann, vor der „Entwertung und Herabsetzung der generalisierenden Induktion (der vergleichenden Methode)“ mit den beherzigenswerten Worten: „Bei Unterschätzung der rein phänomenologischen, generalisierend vergleichenden Betrachtung eines Vorganges ist eben überhaupt nur zu oft die Gewinnung richtiger oder allgemeiner Vorstellungen, also die Gewinnung fruchtbarer Hypothesen und damit auch eine richtige Problemstellung unmöglich, und das geschickteste Experiment kann dann theoretisch höchst unfruchtbar sein.“ Deshalb erschien es mir nicht unnütz, in einer kurzen Betrachtung einmal den Wert der beiden Methoden für die Zoologie gegeneinander abzuwägen. Da ich als Naturwissenschaftler zu Naturwissenschaftlern spreche, will ich Erkenntnistheorie und Dialektik so wenig wie möglich bemühen und mich ganz schlicht an Tatsachen halten. Und da springt uns gleich eine sehr nachdenkliche in die Augen. Unter allen Zweigen der Naturforschung erfreut sich unbestrittenermaßen die Astronomie der sichersten Ergebnisse. Ja, „astronomische Gewißheit“ ist das selten zu erreichende Ziel der Einzelforschung in allen anderen Wissenschaften. Und, seltsam genug: gerade in der Astronomie spielt das Experiment eine sehr untergeordnete Rolle. Alle ihre großen Entdeckungen hat sie mit alleiniger Hilfe von Fernrohr, Spektroskop und photographischer Kamera gemacht, also rein durch „Beobachtung und Reflexion“ oder durch „generalisierende vergleichende Betrachtung“, um mit HARTMANN zu reden.

¹⁾ Allgemeine Biologie, eine Einführung in die Lehre vom Leben, I. Teil, Jena 1925.

In den ausgesprochen experimentellen Wissenschaften dagegen scheint „astronomische Gewißheit“, und damit Dauer der Ergebnisse, nur sehr selten erreicht zu werden. Ich erinnere nur an den beständigen Wechsel in den Anschauungen über die Natur des Lichtes von NEWTONS Emissions- bis zu PLANCKS Quantentheorie. Bekannt ist auch das Wort des großen Chemikers KEKULÉ, daß Theorien in der Regel nicht älter werden, als 25 Jahre. Und ein großer Physiker äußerte in einem Vortrage, den ich vor 5 Jahren das Glück hatte zu hören, daß physikalische Theorien es meist auch nur auf 30 Jahre Lebensdauer bringen. Und alle diese so kurzlebigen chemischen und physikalischen Theorien waren zu ihrer Zeit durch Experimente bewiesen und mathematisch begründet.

Indes dauert die vor mehr als 100 Jahren durch LAMARCK begründete, lediglich auf vergleichender Beobachtung beruhende Descendenztheorie noch heute und wird, aere perennius, weiter dauern, ganz unabhängig davon, wie sich die heutige experimentelle Schule zu ihr stellt. Denn sie ist eine logische Notwendigkeit. Einerlei, ob die Urzeugungstheorie, wie ich glaube, Recht behalten wird, oder ob, wie THOMSON und ARRHENIUS wollen, die ersten Lebenskeime von anderen Weltkörpern auf die Erde gelangten, in jedem Fall können die ersten *irdischen* Lebewesen nur ganz einfache Organismen gewesen sein, deren Nachkommen sich durch Anpassung und Vererbung zu den vielgestaltigen Reichen der Tier- und Pflanzenwelt entwickelten. Und auch die Selektionstheorie, bei deren Begründung das Experiment ebenfalls nur eine Nebenrolle spielte, ist bereits über 60 Jahre alt, hat also auch schon die doppelte Lebensdauer chemischer und physikalischer Theorien übertroffen, steht noch unerschüttert da und wird alle die Leichenbitter überleben, die immer und immer wieder ihren Tod verkünden. Ja, ein namhafter Philosoph¹⁾ hat ihr neuerdings sogar aprioristische Wahrheit zugesprochen. Und auch WEISMANN'S Keimplasmatheorie ist immerhin schon 40 Jahre alt und noch durchaus lebensfrisch. Ja, man kann sagen, sie sei gerade jetzt in eine neue Jugend eingetreten, da sie, lange wider Gebühr zurückgesetzt, jetzt fast täglich, und zwar gerade durch experimentelle Arbeiten, neue wichtige Bestätigungen erfährt.

Durch Betrachtung von WEISMANN'S Lebenswerk läßt sich auch leicht ein Urteil darüber gewinnen, wie das Verhältnis von vergleichender Beobachtung und Experiment in der Zoologie beschaffen sein muß, soll die Wissenschaft keinen Schaden durch einseitige Bevorzugung einer der beiden Methoden erleiden. Gleich seinem Meister DARWIN war der Begründer der Keimplasmatheorie ein erfolgreicher Experimentator, zugleich aber auch ein glänzender Beobachter und beherrschte souverän das ganze große Tatsachenmaterial der

¹⁾ HARTMANN, N.: Philosophische Grundfragen der Biologie. Göttingen 1912.

vergleichenden Morphologie und Ökologie. In einem sehr bezeichnenden Falle zeigte sich denn auch, wie sehr WEISMANN dadurch vielen Fachgenossen überlegen war. Als J. LOEB¹⁾ im Jahre 1899 die Möglichkeit der chemischen Entwicklungserregung des Seeigeleies entdeckte, gerieten Laien und Gelehrte in eine nicht geringe Aufregung. Es ist ja wohl noch allbekannt, welche überschwengliche Hoffnungen auf die Wunderwirkung des $MgCl_2$ sogar für heikle Fragen des menschlichen Familienlebens gesetzt wurden. Aber auch in der wissenschaftlichen Welt erregte LOEB'S Entdeckung nicht nur das größte Staunen, sondern anfangs auch Bedenken und Widerspruch, hatte man sich doch daran gewöhnt, in der Entwicklungserregung des Eies den Hauptzweck, oder besser, die eigentliche Bedeutung der Befruchtung, zu sehen. Und nun sollte die geheimnisvolle Wirkung der männlichen Keimzellen durch einfachen Zusatz einer Salzlösung zum Seewasser ersetzt werden können. LOEB²⁾ selbst kam bekanntlich nach Fortsetzung seiner Versuche zu der etwas gewundenen Erklärung, das Wesen der Befruchtung liege in „der Beseitigung eines Hindernisses oder eines Widerstandes, der einer gewissen chemischen Reaktion und damit der Entwicklung im Wege steht“. Nur WEISMANN war durch die neuen Tatsachen nicht überrascht, fand vielmehr in ihnen die erwünschteste Bestätigung eines Gedankens, den er schon lange vertreten und bereits im Jahre 1891 in einem klassischen Aufsatz³⁾ zusammenfassend dargelegt hatte. Von jeher sah er, der früher herrschenden Auffassung zum Trotz, das Wesen der Befruchtung nicht so sehr in der Entwicklungserregung, als vielmehr in der Mischung der elterlichen Keimplasmen, für die er den Ausdruck „Amphimixis“ schuf. Hatte nun LOEB gezeigt, daß die entwicklungsregende Wirkung des Spermiums durch rein physikalisch-chemische Prozesse ersetzt werden kann, so war damit die Richtigkeit von WEISMANN'S Gedankengang aufs neue dargetan. Allbekannt ist ja auch, wie viel neue experimentelle Bestätigungen WEISMANN'S Amphimixistheorie später durch die moderne exakte Vererbungsforschung erhalten hat. Niemand zweifelt heute mehr daran, daß die Mischung der Keimplasmen, also die Amphimixis ein wichtiger Faktor für die Bildung neuer Arten ist, wenn auch nur wenige soweit gehen werden, wie der holländische Botaniker LORSV⁴⁾, der in der Kreuzung sogar den eigentlichen „Artbildner“ sieht.

¹⁾ On the Nature of the Process of Fertilization and the Production of Normal Larvae (Plutei from the unfertilized Eggs of the Sea Urchin) in: Journ. of physiol. 3. 1899.

²⁾ Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies (Künstliche Parthenogenese). Berlin 1909.

³⁾ Amphimixis oder die Vermischung der Individuen. Jena 1890.

⁴⁾ Versuche über Artbastarde und Betrachtungen über die Möglichkeit einer Evolution trotz Artbeständigkeit in: Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre 8. 1912.

Mit der Bestätigung von WEISMANN'S Amphimixislehre ist die Bedeutung der LOEB'Schen Entdeckung natürlich nicht erschöpft. Vielmehr haben seine Versuche tief hineingeleuchtet in einen der geheimnisvollsten Vorgänge, von dem man früher nie geahnt hätte, das es möglich sein würde, ihn einer chemischen Analyse zugänglich zu machen. Denn liegt die Hauptbedeutung der Befruchtung auch nicht einfach im Eindringen des Spermiums ins Ei, sondern in der Verschmelzung der väterlichen und mütterlichen, vorher durch die Reduktionsteilungen auf die Hälfte herabgesetzten Kernmassen, so bleibt doch auch die Entwicklungserregung ein sehr wichtiger Vorgang, dessen Rätsel durch die bewundernswerten Versuche von LOEB, seinen Mitarbeitern und Nachfolgern der Lösung beträchtlich nähergebracht worden sind, was durch einfache vergleichende Beobachtung, wenn überhaupt, so doch jedenfalls nicht annähernd so schnell hätte geschehen können. Außerdem sind durch die experimentelle Inangriffnahme des Problems eine Menge neuer Tatsachen bekannt geworden, die an sich schon eine Bereicherung der Wissenschaft bedeuten.

Auch aus neuester Zeit läßt sich ein eindrucksvolles Beispiel anführen, das uns lehren kann, wie sehr die experimentelle Methode der stetigen Überwachung durch die vergleichende und die von dieser gezeitigten Erkenntnisse bedarf. Seit CHRISTIAN KONRAD SPRENGEL'S berühmtem Werk¹⁾ galt es für ausgemacht, daß die bunten Farben der auf Bestäubung durch Insekten angewiesenen Blumen der Anlockung dieser Tiere dienen. Es galt daher als selbstverständlich, daß viele Insekten, unter anderen auch die Honigbiene, imstande seien, die verschiedenen Blütenfarben zu unterscheiden, also, kurz ausgedrückt, „Farbensinn“ besäßen. Es mußte daher einiges Aufsehen erregen, als ein hervorragender Ophthalmologe C. v. HESS²⁾ dieser Ansicht, die mit allen beobachteten Tatsachen in erfreulichster Übereinstimmung zu stehen schien, schroff widersprach. Ausgerüstet mit allen Hilfsmitteln der hochentwickelten physiologischen Optik hatte HESS die Methoden der wissenschaftlichen Farbenlehre auf den Lichtsinn der Bienen angewandt und war durch eine Reihe streng exakter Versuche zu dem Schluß gekommen, daß die Bienen sich in allen Betracht kommenden Beziehungen „so verhalten wie ein unter entsprechende Bedingungen gebrachter total farbenblinder Mensch“. An der Zuverlässigkeit von HESS' Technik war nicht zu zweifeln, ja seine Methode schien denen älterer Beobachter so überlegen, daß für viele die alte SPRENGEL'Sche Lehre damit erledigt schien. Da trat dem altbewährten Meister der Augenheilkunde ein junger Zoologe, KARL V. FRISCH, entgegen,

¹⁾ Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin 1793.

²⁾ Experimentelle Untersuchungen über den angeblichen Farbensinn der Bienen in: Zool. Jahrb., Abt. f. Zool. u. Physiol. 34. 1913.

der sich keiner so ausgezeichneten physiologischen Schulung rühmen konnte wie HESS, der aber dafür die Tiere nicht nur aus dem Laboratoriumsversuch, sondern aus liebevoller Beobachtung in der freien Natur kannte, und nicht geneigt war, die Lehren von Männern wie SPRENGEL, DARWIN, HERMANN MÜLLER, LUBBOCK u. a. so schnell aufzugeben. Er stellte daher, und zwar nicht im Laboratorium, wie sein Gegner, sondern am Bienenstock zahlreiche sinnreich abgeänderte Dressurversuche¹⁾ an und konnte feststellen, daß die Honigbiene einen recht gut entwickelten, allerdings aber merkwürdig eingeschränkten Farbensinn besitzt. Sie unterscheidet nur „warme“ und „kalte“ Farben und verwechselt Orangerot mit Gelb und mit Grün, ebenso Blau mit Violett und Purpurrot. „Es zeigt somit ihr Farbensinn eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Farbensinn eines rotgrünblinden (protanopen) Menschen.“ Damit steht nun in erfreulichster Übereinstimmung die Tatsache, daß in der europäischen Flora „jene Farben, welche vom Bienenauge nicht farbig gesehen werden, also ein Blaugrün und ein reines Rot“, als Blumenfarben nur äußerst selten vorkommen. SPRENGELS von HESS angegriffene Lehre war also durch FRISCHS die natürlichen Lebensbedingungen besser berücksichtigenden Versuche glänzend gerechtfertigt. HESS bleibt natürlich das unbestrittene Verdienst, die ganze Frage ins Rollen gebracht zu haben. Ohne seine Anregung wäre es nie zu der interessantesten Feststellung gekommen, daß die Bienen rotgrünblind sind, wodurch aber natürlich die ganze Frage nach dem Farbensinn der Insekten überhaupt in ein neues Stadium getreten ist.

Daß andererseits auch die vergleichende Methode der Überwachung und mitunter der Berücksichtigung durch die experimentelle bedarf, läßt sich ebenfalls an einem der Gegenwart angehörendem Beispiel zeigen. Eine der schönsten Errungenschaften der vergleichenden Embryologie ist die Keimblätterlehre. Begründet vor mehr als 100 Jahren durch CHR. PANDER²⁾, dann durch BAER, REMAK, O. u. R. HERTWIG und andere erweitert, bildet sie noch heute das feste Fundament für alle Erörterungen über die Homologie verschiedener Organsysteme. Leider ist sie aber auch schon bald für viele zu einem Dogma geworden. Unter dem Vortritt so bedeutender Embryologen wie C. HIS, KLEINENBERG und E. VAN BENEDEN gewann der Gedanke immer mehr Geltung, daß mit der Ausbildung der Keimblätter die jedem von ihnen angehörigen Zellen endgültig determiniert sind, daß also aus Ektodermzellen stets nur Epidermis, Nervensystem und Sinnesorgane, aus Entodermzellen nur noch Darm und Anhangsorgane des Darmes entstehen können usw. Andere bedeutende Forscher, wie O. u. R. HERTWIG

widersprachen dieser allzu scharfen Formulierung der Keimblätterlehre. Der Streit über das Dogma von der endgültigen Determinierung der Keimblätter wogte lange hin und her, kam dann aber zur Ruhe, ohne eine Entscheidung erlebt zu haben. Denn zu seiner Schlichtung reichte die vergleichende Beobachtung nicht aus. Endgültige Klärung brachten hier erst die mit großem Scharfsinn angestellten und mit glänzender Technik durchgeführten entwicklungsmechanischen Versuche SPEEMANNS und seiner Schule, über die O. MANGOLD¹⁾ kürzlich in dieser Zeitschrift berichtet hat. Wurden einem Tritonembryo auf dem Stadium der Gastrula mit geschlossenem Urmund Ektodermzellen entnommen und in einen entodermalen oder mesodermalen Bezirk des Keimes versetzt, so nahmen sie an der Bildung der Darmwand resp. der Urwirbel, also entodermaler resp. mesodermaler Organe teil. Damit hat, wie MANGOLD mit Recht bemerkt, wenigstens für die Amphibien „die Frage nach der Spezifität der Keimblätter eine Lösung im negativen Sinne gefunden“. In ihrer schärfsten Formulierung kann die Keimblätterlehre nicht mehr aufrecht gehalten werden. Dagegen bleibt ihr eigentlicher Kern unangetastet. Denn in der normalen Entwicklung gehen bestimmte Organe und Gewebe nur aus bestimmten und immer aus denselben Keimblättern hervor. Für die Aufhellung der Stammesgeschichte eines Tieres oder Organes behält die Keimblätterlehre also nach wie vor ihren großen Wert. Das muß bedingt auch MANGOLD zugeben, und wenn er dabei von dem „hohen aber ebenso unsicheren Standpunkt der Stammesentwicklung“ spricht, so kann man diese leichte Ironie einem jungen, erfolgreichen Entwicklungsmechaniker wohl zugeute halten, der es nicht selbst miterlebt hat, wie viel sicherer viele phylogenetische Theorien sind, als manches berühmte Ergebnis experimenteller Forschung, das nach wenigen Jahren allgemeiner Anerkennung „klanglos zum Orkus hinab“ mußte.

Wohin exakte experimentelle Forschung ohne Überraschung durch die vergleichende Methode führen kann, dafür ist das schlagendste Beispiel die Geschichte von DRIESCHS „äquipotentiell-harmonischen Systemen“. Bekanntlich hatte DRIESCH die Entdeckung gemacht, daß die einzelnen Furchungszellen eines Seeigelkeimes, aus dem Verbands gelöst, bei der Weiterentwicklung ganze Larven ergeben. Die Tatsache, daß ein Teil eines Keimes prinzipiell dasselbe leisten kann, wie der ganze unversehrte Keim, erschien ihm so unerhört, daß er eine einfache rein mechanische Erklärung für ausgeschlossen erklärte, in diesem einen Ergebnis eine hinreichende Widerlegung der mechanistischen Theorie des Lebens erblickte, für die Seeigel- und andere sich gleich verhaltende Keime den schönen Namen „äquipotentiell-har-

¹⁾ FRISCH, K. v.. Der Farbensinn und Formensinn der Biene in: Zool. Jahrb., Abt. f. Zool. u. Physiol. 35. 1915.

²⁾ Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Ei. Inaug.-Diss. Würzburg 1817.

¹⁾ Die Bedeutung der Keimblätter in der Entwicklung (auf Grund von Experimenten an Amphibienkeimen) in: Naturwissenschaften, 13. Jahrgang.

monisches System“ einführte und für die Deutung der Vorgänge seine Zuflucht zu dem nebelhaften Begriffe der „Entelechie“ nahm. Es ist mir immer unbegreiflich geblieben, wie ein Forscher, der vorgibt, ein Verehrer KANTS zu sein, von „außerhalb des Raumes“ befindlichen aber in den Raum hineinwirkenden Wesen sprechen kann. Zur Zeit, als DRIESCH seine Entdeckung machte, konnte die Entstehung von Ganzlarven aus Halbkeimen immerhin noch als etwas Rätselhaftes erscheinen. Unterdessen haben aber die Fortschritte der Cytologie die ganze Frage längst geklärt. Die vergleichende mikroskopische Forschung hat gezeigt, wie vor jeder Zellteilung, also auch vor jedem Furchungsschritt die wesentlichen Bestandteile der Zelle genau verdoppelt werden, die Zelle vor Eintritt der Teilung also eigentlich eine Doppelzelle ist, deren beide Teile nach der Trennung quantitativ genau gleichwertig der Mutterzelle vor dem Beginn der zur Teilung führenden Vorgänge sind. Was Wunder also, daß jeder von ihnen dasselbe ontogenetische Vermögen, dieselbe „prospektive Potenz“, um mit DRIESCH zu reden, besitzt, wie die Mutterzelle. Der mathematische Ausdruck für den Vorgang der Furchung ist nicht, wie DRIESCH annahm, $1:2 = \frac{1}{2}$, sondern $\frac{1+1}{2} = 1$. Es gibt kaum Erscheinungen, die der einfachsten kausalen Erklärung so wenig Schwierigkeiten bereiten, wie die äquipotentiell-harmonischen Systeme. Hätte DRIESCH die Fortschritte der Cytologie aufmerksam verfolgt, hätte er nicht stets eine so souveräne Verachtung für die Morphologie bewiesen, so wäre einem so feinen Kopf die Lösung des Rätsels natürlich noch viel weniger entgangen als mir, und er hätte sich den Rückfall in aristotelische Gedankengänge und seine ganze hart an den Okkultismus streifende Entelechielehre ersparen können.

Natürlich gibt es große Teile der Zoologie, in denen ein reger Fortschritt nur mit Hilfe der experimentellen Methode möglich ist. Dahin gehören das ganze Gebiet der Regeneration, zahlreiche Probleme der Entwicklungsmechanik und viele Fragen der Vererbungslehre. Wollte die Wissenschaft da warten, bis hier und da ein glücklicher Zufall eine einschlägige Tatsache aus der freien Natur dem Beobachter in die Hände spielt, so könnten Jahrhunderte vergehen, ehe Fragen entschieden werden, deren Beantwortung durch Laboratoriumsarbeit in Monaten oder Wochen erreicht werden kann. Auf der anderen Seite gibt es aber auch Probleme, die nur durch die vergleichende Methode eine befriedigende Lösung finden können. Nehmen wir z. B. den Fall, ein Entwicklungsmechaniker der Zukunft, der an Weite und Tiefe der Erkenntnis, wie auch an Vollkommenheit seine heutigen Kollegen weit übertrifft, triebe die Analyse der zur Bildung von Kiemenbögen am Säugetierembryo führenden Vorgänge soweit, daß er jeden einzelnen von ihnen

streng mechanistisch deuten und die an seinem Zustandekommen beteiligten Kräfte aufzeigen könnte, so hätte er damit noch immer nicht erklärt, warum das werdende Säugetier überhaupt Kiemenbögen, und nur auf dem Umweg über solche sein Kiefergelenk und sogar seine Gehörknöchelchen bildet. Das Verständnis für diesen an sich fast wunderbar anmutenden Tatsachenkomplex gewährt allein das durch vergleichende Beobachtung gewonnene biogenetische Grundgesetz. Die Ontogenie aller Tiere wimmelt ja überhaupt von Erscheinungen, die eine befriedigende wirklich *kausale* Erklärung nur in der Phylogenie finden können. Das wollen manche moderne, sich weit über HÄCKEL und seine Zeit erhaben dünkende, Zoologen nicht gelten lassen. Es ist aber eine Tatsache. Vermöge der Vererbung sind die Tiere nun einmal historische Wesen, und die Ursache für viele auffallende Vorgänge der Ontogenie liegen weit zurück in früheren Erdepochen, lassen sich also im Laboratorium nicht wiederholen und analysieren.

Gerade dieses durch die Deszendenztheorie in die Zoologie hineingekommene historische Moment wird ihr jetzt aber oft zum Vorwurf gemacht. Im Anschluß an die Philosophen WINDELBAND und RICKERT hat man sich daran gewöhnt, die Wissenschaften in „nomothetische“ und „idiographische“ einzuteilen und jenen allein den Charakter strengster Wissenschaftlichkeit zuzuerkennen. Nun ist die Zoologie zweifellos bis jetzt eine rein idiographische Wissenschaft, was sich ganz besonders durch ihren ausgesprochen historischen Wesenszug auszeichnet, der sie in den Augen vieler modernen Forscher zu einer Wissenschaft zweiten Ranges herabdrückt. Wie falsch dieses Urteil ist, lehrt sofort ein kurzer Blick auf die Geschichte der Naturwissenschaften. Was war denn KANTS wissenschaftliche Großtat, die ihm für alle Zeiten einen hohen Rang auch im Kreise der großen Naturforscher sichert? Er führte in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ den Entwicklungsgedanken in die Astronomie ein und machte dadurch diese bis dahin rein nomothetische Wissenschaft zu einer auch eminent historischen. Wurde sie dadurch etwa degradiert? Erst lange nach der Astronomie und der Geologie hat auch die Zoologie dem Zuge der Zeit folgend historische Züge aufgenommen. Und in unserem Jahrhundert haben wir gesehen, wie durch die Entdeckung der radioaktiven Substanzen sogar die anorganische Chemie der historischen Betrachtung zugänglich gemacht wurde. Droht jetzt also die Gefahr, daß auch die Chemie von ihrem Ansehen einbüßen muß?

Ich überlasse meinen Lesern das Urteil hierüber, glaube aber, jeder von ihnen wird mir darin zustimmen, daß das Hineintragen des Entwicklungsgedankens in die Astronomie, die Geologie, die Zoologie und Chemie sich in jedem Falle als sehr fruchtbar erwiesen und diese Wissenschaften mächtig gefördert hat. Mögen sie alle also mein-

wegen vor dem Richterstuhl strengster Philosophie durch ihre „Historisierung“ an Würde eingebüßt haben, an Tiefe und Reichtum haben sie jedenfalls gewonnen.

Noch ein letztes Mißverständnis zu beseitigen will ich ganz kurz versuchen, bevor ich diesen vielleicht schon über Gebühr angeschwollenen Aufsatz schließe.

Es ist ein altbekannter nicht anzuzweifelnder mit Recht auch von HARTMANN in der tief durchdachten und vorbildlich klar geschriebenen methodologischen Einleitung zu seiner „Allgemeinen Biologie“ mit Recht betonter Satz, daß die „reine oder generalisierende Induktion“, i. e. die vergleichende Methode „eine strenge Gesetzesnotwendigkeit, eine absolute Gewißheit“ nicht zu geben vermag, sich vielmehr mit „Sätzen von größter Wahrscheinlichkeit“ begnügen muß. „Denn es ist meist unmöglich, den induktiven Schluß durch alle Einzelfälle durchzuführen.“ Die exakte Induktion, i. e. die experimentelle Methode soll dagegen durch genaue Analyse eines Einzelfalles alle Fälle derselben Art mit voller Gewißheit erklären können. Hier läge also eine gewaltige Überlegenheit der experimentellen Methode über die vergleichende vor. In dem Beispiel, das HARTMANN für den Beweis seiner These wählt, GALLILEIS Entdeckung der Fallgesetze, trifft das zu. Hier konnte in der Tat aus dem einen durch den Versuch analysierten Falle sofort mit zwingender Folgerichtigkeit das allgemeine Gesetz abgeleitet werden. Wir dürfen aber eines nicht vergessen. Es handelt sich in GALLILEIS berühmten Versuchen um die Ermittlung der Wirkungsweise einer einzigen einfachen Energieform. In vielen anderen physikalischen Untersuchungen liegen die Verhältnisse ebenso. Der experimentierende Zoologe hat es aber nie mit einer einzigen Energieform, sondern stets mit einem höchst verwickelten Zusammenspiel verschiedener Kräfte, und zudem mit Objekten zu tun, deren jedes das Endstadium einer langen Stammesgeschichte ist. Volle Gewißheit kann ihm sein Experiment also streng genommen nur für das Verhalten von Tieren derselben einen Spezies geben, höchstens noch für ein paar andere ganz nahe verwandte. Jeder Physiologe oder Pathologe weiß ja z. B., wie vorsichtig man beim

Schließen vom Tierexperiment auf den Menschen sein muß, obgleich es sich hier immer noch um Vertreter derselben Klasse der Säugetiere handelt. Will der experimentelle Zoologe aus seinen Versuchen Schlüsse von allgemeiner Bedeutung ziehen, will er auf sie allgemeingültige biologische Theorien aufbauen, so muß er sie eigentlich für alle Genera, Familien, Ordnungen usw. des Tierreiches wiederholen, d. h. er muß seine „exakte“ Induktion durch die „generalisierende“ ergänzen. Und für ihn ist es natürlich noch ungemein viel schwerer, als für den rein vergleichenden Forscher, seine Untersuchungen durch alle Einzelfälle weiterzuführen. Will er unter dieser Danaidenarbeit nicht erliegen, so braucht er die Hilfe der vergleichenden Morphologie und Ökologie. Denn erstens sind in der Natur viele Experimente des exakten Biologen bereits realisiert, außerdem kann der vergleichende Morphologe vermöge seiner genauen Bekanntschaft mit den Verwandtschaftsverhältnissen der einzelnen Tiergruppen dem experimentierenden Zoologen unschätzbare Fingerzeige geben, welche Tiere sich für die experimentelle Lösung einer bestimmten Frage besonders eignen, bei welchen eine Nachprüfung durch den Versuch nötig ist, bei welchen sie überflüssig erscheint usw.

Andererseits kann sich auch der rein vergleichende Zoologe manche Belehrung aus den von der experimentellen Richtung angehäuftten Wissensschätzen holen und wird es in Zukunft noch mehr tun müssen, als es heute schon geschieht. Beide Zweige der Wissenschaft sind so aufeinander angewiesen, daß jeder von ihnen verkümmern muß, wenn er sich zu weit von dem anderen entfernt. Da es aber immer nur wenige geben wird, die wie einst DARWIN und WEISMANN beide Methoden gleich gut beherrschen, so werden beide Forschungsrichtungen wohl immer von verschiedenen Forschern gepflegt werden. Und das ist kein Schade, solange vergleichende und experimentelle Zoologie in steter befruchtender Berührung arbeiten, und ihre Vertreter eingedenk bleiben des GOETHESCHEN Spruches:

Thust deine Sache und thust sie recht,
Halt fest und ehre deinen Orden;
Hältst du aber die andern für schlecht,
So bist du selbst ein Pedant geworden.

Über parakrySTALLINE und gespannte Stoffe.

Von FRIEDRICH RINNE, Leipzig.

(Mitteil. a. d. Institut f. Mineralogie u. Petrographie d. Universität Leipzig. Nr. 193).

I. Der parakrySTALLINE Zustand.

I.

Nach der üblichen Auffassung gilt die dreidimensionale, geradlinig periodische Anordnung der Feinbauteile als das Kennzeichen der Krystallstruktur. Zwar hat D. VORLÄNDER, der erfolgreiche Erforscher der anisotropen Flüssigkeiten, geglaubt, die

für das Krystalline mit solcher Charakteristik verbundene Beschränkung vermeiden zu sollen. Nach ihm ist ein jedes Gebilde, das zufolge innerer chemischer Energie seiner Bauteile geordnet ist, als Krystall zu bezeichnen. Bedenkt man, daß dies bereits für Atome oder Moleküle zutrifft (da sie das geforderte Kriterium einer Ordnung durch chemische Kräfte besitzen), so tritt die allzu große

Weite einer solchen Definition heraus. Daher ist im folgenden das Raumgittergefüge als Bedingung für den kristallinen Zustand beibehalten.

Hiermit werden nicht nur die ungeordneten, wirren Aggregationen der Feinbauteile amorpher Materie aus dem Bereich der Kristallinen ausgeschlossen, sondern auch alle regelmäßigen, nicht raumgittermäßigen feinbaulichen Gruppierungen. Sie seien *parakristallin* und die hierher gehörigen Gebilde *Parakristalle* genannt. In erster Linie sind nach meiner Meinung die sog. *flüssigen Krystalle* von parakristalliner Art. Sie weisen keine Eigenschaft auf, die sich nicht auf Grund der einfachsten und daher bis zum Gegenbeweis berechtigten Annahme erklären ließe, daß in ihnen feinbauliche Systeme vorliegen, deren Moleküle fähig sind, sich zueinander zu orientieren, insbesondere auch, sich mit *einer* Baurichtung parallel zu stellen. Es ist das eine Eigenschaft, welche durch die von D. VORLÄNDER nachgewiesene, mehr oder minder ausgeprägte lineare Gestalt der Moleküle dieser Stoffe sehr anschaulich begründet wird. Eine Periodizität in der Richtung der Orientierungsachse ist mit solcher Faserstellung nicht verbunden. Als weitere Regelung kommt hier nur das Innehalten eines mittleren Teilchenabstandes hinzu, das auch bei amorphen Stoffen statt hat. Entsprechend hat die Durchleuchtung „flüssiger Krystalle“ mittels Röntgenstrahlung den Nachweis einer feinbaulichen Periodizität nicht geliefert. Ihr Röntgenogramm gleicht dem der gleichfalls periodizitätslosen amorphen Substanzen. Gestaltlich harmonieren sie mit ihrer rundlichen, kegelligen oder zylindrischen Form mit dem vorausgesetzten Feingefüge. Auch die Optik der „flüssigen Krystalle“ fügt sich der erörterten einfachsten Vorstellung völlig ein. Während die wirre Lagerung der Feinbauteile amorpher Materie optische Isotropie verursacht, bewirkt die molekulare Faserstellung der in Rede stehenden Stoffe Doppelbrechung in Schräg- und Quersicht zur Bauachse, hingegen optische Isotropie in Richtung der letzteren. Wäre außer der Längslagerung der Moleküle eine sonstige Parallelstellung vorhanden, so könnte man übrigens erwarten, gelegentlich Doppelbrechung in Richtung der Hauptbauachse zu finden.

Besonders charakteristisch für die in Rede stehenden Stoffe ist nach obigem ihr Vermögen, sich (im Rahmen bestimmter Temperaturen) *ohne äußere Einwirkung*, also autonom, dauernd gegenseitig in regelmäßige Stellung zu zwingen. Das bringt sie in physikalische Nachbarschaft zu den Kristallen, bei denen indes die autonome Zwangsorientierung sich nachweisbar in anderer (raumgittermäßiger) Bauart auswirkt.

Um all dem in der Bezeichnung der Gebilde Rechnung zu tragen, schlug ich für die „flüssigen Krystalle“ den Ausdruck „*Fastkrystalle*“ vor. Gerade als Repräsentanten eines Zustandes *zwischen* Amorphismus und Kristallinität sind sie von ganz besonders hohem naturwissenschaftlichen Interesse.

Anderen Materialien fehlt das Vermögen, sich autonom feinbaulich parakristallin zu ordnen. Wohl aber gelingt es bei einer großen Zahl von flüssigen Substanzen, sie unter dem von außen eingeführten Einfluß strömender Energie in den parakristallinen Zustand zu versetzen. Ausgezeichnete Beispiele liefert der *Kerreffekt*. In ihm werden in besonders ausgeprägter Art, wie bekannt, Schwefelkohlenstoff CSS, Nitrobenzol C_6H_5NOO parakristallin, indeß nur solange als das elektrische Feld wirkt, im Gegensatz also zu der Unterabteilung der Parakristallinität der Fastkrystalle, deren Molekel sich im eigenen Felde orientieren. Im parakristallinen Zustande des Kerreffektes sind einschlägige Materialien von Fastkrystallen nicht zu unterscheiden. Bislang sind die Stoffe im Kerreffekt gleichfalls optisch einachsigt befunden.

2.

Es erscheint nach den Darlegungen von F. STÖBER über die Herstellung großer, reiner Krystalle aus Schmelzen nicht unwahrscheinlich, daß ein Parallelverlauf von *Wärmeströmungen* die Molekel oder Molekelgruppen, welche in Schmelzen oder Lösungen in die Wachstumssphäre von Krystallen diffundieren, parallelisieren kann. Das läßt sich wohl mit der von mir bei allen Krystallisationen für wahrscheinlich gehaltenen Bildung kolloidaler Kryställchenschwärme, die sich mit dem schon bestehenden Wachstumskörper zufolge *Sammelkrystallisation* verbinden, zu einem Gesamtbild der Krystallentstehung vereinigen; seine Abschnitte sind: die Molekelorientierung, die kolloidale Krystallisation und die Sammelkrystallisation. Experimente an Krystallkugeln als großen Keimen zeigen die kristallographisch orientierte Lokalisation der Substanzanlagerung beim Wachsen.

Von weiteren Erscheinungen der parakristallinen Molekelgruppierung sei bezüglich der *Wirkung stofflich verschiedener Materialien* aufeinander hier zunächst die von einer Reihe von Forschern angenommene Parallelgruppierung der Moleküle zarter *Fettsäureschichten* auf Wasser erwähnt (vgl. FREUNDLICH, Kapillarchemie, 1923, S. 430). Die langgestreckten Molekel der flüssigen Fettsäuren stellen sich danach in dem Zwangsorientierungsfelde zwischen ihnen und dem feinbaulich wohl auch richtend beeinflussten Wasser senkrecht zur Grenzfläche der beiden Medien parallel zueinander, und zwar als hemimorphe Gebilde mit vektoriemer Orientierung. Solche Annahmen erinnern an die vielfachen mineralogischen Erfahrungen über gesetzmäßige Verwachsungen fester, ungleicher Stoffe, etwa von Staurolith und Cyanit, Albit und Orthoklas, von denen sich ein Beispiel sehr leicht vorführen läßt, wenn man KCl-Krystalle aus einer auf ein Steinsalzspaltstück gebrachten KCl-Lösung aussalzt. Die in enger Nachbarschaft zur Unterlage ausfallenden mikroskopischen KCl-Würfel werden zum Steinsalz und unter sich parallel orientiert.

3.

In die Gruppe der Erscheinungen *parakrystalliner Adsorption an festen Stoffen* gehören voraussichtlich die *Einlagerungen* verschiedenartiger Substanzen *in Zeolithen*. Der Wassergehalt mancher hierher zu rechnender Mineralien läßt sich in dem Sinne molekularer, aber nicht raumgittermäßiger Anlagerung an die silikatischen Zellenbestandteile deuten. Wie bekannt, kann man einen *krystallographisch-chemischen Abbau* von Zeolithen im Sinne einer kontinuierlichen Verminderung des Wassergehaltes durch Erwärmen oder mittels Trockenmittel erzielen, andererseits die chemische Operation auch wieder rückgängig machen. Solches, dem Bau gefahrlos zu entnehmende und ihm leicht wieder einzugliedernde Wasser spielt im Krystallgefüge nicht die bedeutsame Rolle wie sie den Bestandteilen des Silikatgitters zukommt. Es ist lose, aber doch gewiß gesetzmäßig eingelagert, als ein Bestandteil, der die Optik des Ganzen hinsichtlich Brechung, Doppelbrechung, Auslöschungsorientierung und konoskopischer Erscheinungen sehr wesentlich beeinflußt. Beispielsweise sei hier auf den von O. WEIGEL, K. H. SCHEUMANN und von mir eingehend untersuchten Heulandit hingewiesen. Das Mineral läßt sich allmählich entwässern, wobei die Optik des Minerals in ihrem kontinuierlichen Verlauf markante Umstände an den stabileren Punkten der multiplen Proportionen zwischen Wasser und Silikat aufweist. Bis zu einer bestimmten Entwässerung sind hier die Chemie und ihr Korrelat, die Optik, glatt reversibel. Bei weiterer Entwässerung treten Hemmungen ein, und ist alles Wasser aus dem System durch Glühen herausgepumpt, so bricht das Gefüge endgültig zusammen.

Es ist weiterhin bekannt, daß in manchen Fällen „zeolithisches Wasser“ durch sehr verschiedenartige Stoffe, etwa Alkohol, Schwefelkohlenstoff, Anilin, ja durch das flüssige Schwermetall Quecksilber ersetzt werden kann. Jeweils findet eine bestimmte optische Änderung statt. In der Hinsicht verweise ich auf das sehr drastische Verhalten des von mir untersuchten Chabasit, der unter genau parallel verlaufenden optischen Wandlungen CS_2 für ausgetriebenes Wasser aufnimmt. Da in solchen Fällen keineswegs von einer feinbaulichen Aufnahme des Schwefelkohlenstoffs, Quecksilbersulfids u. a. m. als Bestandteil des grundlegenden Raumgitters die Rede sein kann, so stellen die erwähnten Fremdstoffe wie auch die lose und orientiert eingelagerten Wassermoleküle regelmäßig, aber nicht notwendigerweise als Kryställchen raumgittermäßig eingelagerte Stoffe dar. Es liegt bei ihnen nach meiner Auffassung eine *parakrystalline Anlagerung an ein krystallines System* vor.

4.

In Ansehung solcher Vorstellungen war es mir von besonderem Interesse, in dies. Zeitschr. letzthin zwei Darlegungen von A. FREY und von I. R. KATZ kennen zu lernen, die mit meinen Auf-

fassungen in Harmonie stehen. A. FREY erörtert die Meinung, daß Farbstoffe, welche pflanzlichen Fasern eingelagert werden können und ihnen Doppelbrechung und Pleochroismus verleihen, nicht Kryställchen, sondern evtl. durch Adsorptionskräfte gerichtete Moleküle sind. I. R. KATZ bringt bei seinen neuerdings veröffentlichten Darlegungen über das merkwürdige röntgenographische Verhalten ungespannten und stark gedehnten Kautschuks an Obiges anklingende Erörterungen und nennt eine etwaige Zwangsordnung von Teilchen, die keine „eigentlichen Krystalle“ bilden, „pseudokrystallin-amorph“. Dabei möchte ich allerdings den Ausdruck *amorph* missen, da ja dessen feinbaulicher Sinn gerade nicht die in den dargelegten Fällen angenommene geordnete, sondern eine wirre Lagerung der Teilchen ist. Die Bezeichnung *parakrystallin* besagt wohl das Nötige. Man wird im übrigen den weiteren, die Verhältnisse näher erläuternden experimentellen Erfahrungen der genannten Forscher mit Interesse entgegensehen.

Bei der Gelegenheit sei noch vermerkt, daß eine röntgenographische, geordnete Beugungserscheinung nicht notwendigerweise auf dreidimensional geradlinig periodisches Gefüge, d. h. auf Krystallstruktur, zurückzuführen ist. Die Verhältnisse liegen hier ganz analog den Beugungserscheinungen der gewöhnlichen Optik. Auch nicht raumgittermäßige Spaltsysteme, z. B. Doppelgitter, geben, wie bekannt, regelmäßige Effekte. Daher erscheint es mir nicht als eine völlig gesicherte Schlußfolgerung, daß solche Muster stets Krystallgefüge bedeuten. Es könnte sich um einfachere periodische Strukturen handeln. Wie ich weiterhin bereits vor einigen Jahren vermerkte¹⁾, ist im Grundsatz eine Periodizität im Bau großer Moleküle nicht ausgeschlossen. Es würde sich also dann um parakrystalline Molekeln handeln.

II. Der Spannungszustand.

I.

Es ist anzunehmen, daß bei der Aggregation atomistischer Feinbauteile zu Molekülen, Festkrystallen und Krystallen neben dem sich mehr und mehr räumlich ausbreitenden Einfluß gegenseitiger feinbaulicher Ausrichtung sich auch eine *Atomdeformation* vollzieht; sie wirkt sich als Bahnänderungen in der Elektronenhülle optisch und chemisch aus. Entsprechendes ist bei der Wandlung aus dem gasigen in den flüssigen und festen Zustand, bei Modifikationsänderungen im Rahmen obiger Bautypen, sowie bei dem erwähnten Parallelisieren von Molekülen durch elektrische und sonstige physikalische Kräfte vorzusetzen.

Im übrigen werden sich eine Atomverlagerung und Atomdeformation bei äußerer mechanischer Beanspruchung und bei isomorphen Mischungen

¹⁾ F. RINNE, Das feinbauliche Wesen nach dem Vorbilde der Krystalle. 1921 (Die Krystalle als Vorbilder), S. 31, und 2./3. Aufl. 1922, S. 56).

als Ergebnis feinbaulichen Zuges und Druckes zufolge Atomersatzes vollziehen.

In allen diesen Fällen kann man im Vergleich mit dem freien, unbeeinflussten Atom von einer baulichen „Spannung“ sprechen, wenn auch der Sprachgebrauch sich bei Anwendung dieses Ausdruckes wesentlich auf die Beeinflussung durch nachträglichen äußeren Druck und Zug und auf die Erscheinungen bei Mischkristallen bezieht. Auch im Folgenden ist zunächst nur auf solche sog. sekundären Spannungsverhältnisse Bedacht genommen.

2.

Das feinbauliche Wesen sekundär gespannter Materialien habe ich letzthin durch Kombination der gewöhnlichen optischen und der röntgenographischen Methoden zu erschließen versucht. Spannung, beispielsweise durch mechanische Beanspruchung, kennzeichnet sich bei normaler Weise optisch isotropen Stoffen durch Doppelbrechung, die sich zwar auch an regulären Metallen erkunden läßt, insbesondere drastisch indes sich natürlich bei durchsichtigen, normaler Weise isotropen Materialien wie Glas, Steinsalz oder Sylvin zeigt. An sich anisotrope Stoffe ändern durch solche Spannungen ihre Doppelbrechung.

Es fragt sich nun, ob neben einer solchen auf Grund der Optik wohl unabweislich anzunehmenden Atomdeformation auch eine Atomverlagerung entsprechend der Differenzierung des Materials in optisch stark von einander abweichende Felder nachzuweisen ist. Bei den von mir im Interesse der Erkundung dieser Verhältnisse unternommenen Experimenten dienten als gespanntes Material zunächst gepreßte Gläser, ferner mechanisch durch Abschrecken oder Drücken beanspruchte Spaltstücke von Steinsalz und Sylvin und zufolge isomorpher Beimischung gespannter Granat von Wilui in Sibirien.

3.

Das gespannte stark doppelbrechende Glas ergab kein auf periodische Ordnung der Teilchen hinweisendes Röntgenogramm. Die durch Doppelbrechung angezeigte Umordnung der Elektronenbahnen ist danach nicht von röntgenographisch merklicher gleichmäßiger Verlagerung der Bauteile verbunden. Weiterhin wurden normaler und andererseits durch Glühen und Abschrecken gespannter Sylvin, sowie ebenso behandeltes Steinsalz untersucht. Im Spannungsfalle wiesen beide Salze eine deutliche optische Teilung in Felder auf, die in ihrer optischen Orientierung um 45° abwichen. Die Lauediagramme der Sektoren sind indessen punkt- und lagengleich. Die starke optische Verschiedenheit findet auch hier keinen entsprechenden röntgenographischen Ausdruck.

Besonders prachtvolle optische Effekte der Doppelbrechung bringen Steinsalz oder Sylvin bekanntermaßen dann mit sich, wenn sie durch Druck beansprucht werden. Die dabei entstehen-

den Translationslamellen sind interessanter Weise in ihrer Doppelbrechung optisch abwechselnd orientiert, der Art, daß sie in den Längsrichtungen ihrer Streifen als einesteils zug- anderteils druckgespannt erscheinen. Es entspricht das vielleicht der Erscheinung gebogener Glasstreifen oder Steinsalz- und Sylvinstäbe, deren konvexe Längsseite zug-, deren konkave Seite druckbeansprucht ist unter Ausbildung einer mehr oder minder breiten neutralen Faser. Deutliche Biegung der Translationslamellen ist in den Präparaten oft wahrzunehmen. Sie verursacht den bekannten Röntgenogramm-Asterismus, der eine genaue Ausmessung von atomistischen Lageveränderungen schwierig macht. Daher wurden zur Feststellung etwaiger Strukturverschiedenheiten vergleichende Aufnahmen einerseits an durch feines Pulvern beanspruchtem Steinsalz und Sylvin und andererseits an normalen Spaltstücken dieser Mineralien mittels der röntgenographischen Drehspektrogramm- methode vorgenommen. Es zeigte sich auch bei Anwendung des Differenzialverfahrens keine Abweichung der mechanisch kräftig beanspruchten und der nicht-deformierten Materialien.

4.

Sehr schöne Doppelbrechungserscheinungen zufolge isomorpher Beimischung weist, wie bekannt, oft der Granat auf. Bei ihm ist anzunehmen, daß der Ersatz von Baugruppen feinbauliche Druck- und Zugeffekte mit sich bringen kann, die mit den jeweiligen kristallographischen Wachstumskegeln, also mit der Krystallgestalt in Beziehung stehen, was, wenn auch ohne obige feinbauliche Deutung, die bekannten Erforscher optischer Anomalien C. KLEIN und R. BRAUNS hervorhoben. In optischer Hinsicht macht der hier als Beispiel herangezogene Granat den täuschenden Eindruck eines Zwillingstocks mit gesetzmäßig in den optischen Feldern sehr verschieden liegenden kristallographischen Achsen. Das ist in Wirklichkeit in feinbaulicher Hinsicht indes nicht der Fall. Die unter 90° , 45° und anderen Winkeln zu einander verschieden liegenden optischen Sektoren eines Granats von Wilui ergaben bei meinen Versuchen nach Art und Lage durchaus gleiche Lauediagramme und idente Hauptspektren bei Drehaufnahmen, was am besten an Beugungsbildern zu demonstrieren ist, die auf der Grenzlinie zweier optisch ganz verschiedener Felder oder auf dem gemeinsamen Eck dreier angesetzt sind. So ist denn zu erschließen, daß hier die normalen Atomlagerungen von der Spannung in röntgenographisch merklicher Größe nicht verändert sind, während die optischen Differenzierungen sehr kräftige desorientierende Wirkung der Spannung auf die Elektronenbahnen nachweisen. Es liegt hier gewissermaßen ein Elektronen-Zwillingstock vor. Die Erklärung für diesen feinbaulich interessanten Umstand ergibt sich leicht in Ansehung der sehr bedeutsamen elektrischen anziehenden und abstoßenden Kräfte, deren Maß sich in der hohen Zahl des Elastizitäts-

moduls kennzeichnet. Es erscheint nötig, in vorliegendem Falle eine Atomverlagerung, indes von geringem Ausmaß, anzunehmen (wie ja allgemein eine Elektronenverlagerung im Molekül ohne Kern-dислоkation nicht denkbar ist). Der Einfluß der geringen Kernverlagerung auf die leicht umzubauenden Elektronenhüllen summiert sich zu kräftigen optischen Wirkungen.

4.

Durchaus einleuchtend ist auch die *Änderung mechanischer Eigenschaften* durch eingetretene Spannung eines Materials. Die innere Verschiebbarkeit und der Widerstand gegen Verletzung, die Härte, werden von den feinbaulichen Ungleichmäßigkeiten als Hemmungen des Fortschreitens mechanischer Wirkungen im verfestigenden Sinne beeinflusst.

Da der Energieinhalt eines atomdeformierten Systems als verschieden von dem des normalen anzusehen ist, so sind auch *chemische Differenzen* zwischen beiden Zuständen zu erwarten. Wahrscheinlich sind hierauf z. B. die bekannten Verschiedenheiten der Lösungsgeschwindigkeiten unbeanspruchter und gereckter Metalle, wie Eisen, zurückzuführen. G. TAMANN hat solche Umstände bereits atomistisch erklärt.

III. Die Entspannung (Relaxation).

Wie beim optischen Experiment leicht zu erkennen ist, stellt sich die vielfach erörterte Entspannung gelegentlich unmittelbar mit dem Nachlaß der mechanischen Beanspruchung ein. Gelinde gebogene Glasbalken oder ebenso behandelte Steinsalz- bzw. Sylvinstäbchen, die im polarisierten Lichte bei Benutzung eines Gipsblättchens vom Rot 1. O. an den konvexen und den konkaven Seiten in entgegengesetzten Polarisationsfarben neben der rot erscheinenden neutralen Faser erstrahlen, werden dabei wieder isotrop. Hingegen lassen schnell gekühlte Gläser, kräftig gedrückte Steinsalz- oder Sylvinpräparate und isomorphe Mischungen im allgemeinen bei gewöhnlicher Temperatur keinen merklichen Nachlaß der „anormalen“ Doppelbrechung im Laufe langer Beobachtungszeit erkennen. Die Atomverlagerungen und Umordnungen der Elektronenbahnen sind bei ihnen mit größerem Ausmaß anzunehmen. Wohl aber wird sehr oft die Relaxationszeit durch Erwärmen sehr wesentlich abgekürzt. Das ist in ausgezeichneter Weise beispielsweise bei Sylvin oder Steinsalz zu demonstrieren. Sie verlieren die beim Abschrecken oder durch mechanische Beanspruchung erworbene Doppelbrechung, wie schon R. BRAUNS hervorhob, ganz oder bis auf geringe Reste. Daher lassen sie sich bei erhöhter Temperatur spannungslos deformieren. Feinbaulich wird man

sich diese Umstände als eine durch kleine oder größere Veränderung möglich gemachte *Rücklagerung* und *Reformation* der Atome vorzustellen haben.

IV. Die Rekristallisation.

Es ist das Bestreben gespannter Materialien, ihre Spannung auszugleichen, das (wie schon POLANYI und seine Mitarbeiter, auch R. GROSS u. a. darlegten) dazu führen kann, daß die Harmonisierung über die Grenzen der Individuen greift, falls letztere in molekularer Nähe zu einander sind. Es handelt sich dabei, wie der Verfasser schon vor Jahren erwähnte, um eine Umordnung des Raumgitters der angegliederten Krystallteile. Falls bei solchem Rekristallisieren, wie sehr häufig, das Korn des Materials sich vergrößert, so ist der Ausdruck *Sammelkrystallisation* bezeichnend. Blei, Cadmium, Aluminium, Eisen, Gold sind gute Beispiele dafür, ebenso manche Oxyde. Kalkspat vollzieht beim Glühen (unter Kohlendruck, um den Fortgang von CO₂ zu vermeiden) gleichfalls eine *Kornvergrößerung*, welche wohl den verbreiteten natürlichen Vorgängen der *Marmorisierung* zu parallelisieren ist. In der Natur werden allerdings oft *Lösungsumsetzungen* in die Vorgänge der Sammelkrystallisation hineinspielen, so insbesondere bei der Entstehung krystalliner Schiefer. Auch bei den Materialien geosynkinal in tiefere und daher wärmere Zonen der Erdschale versenkter Salzlager werden die einschlägigen Vorgänge der Sammelkrystallisation auf den ineinander greifenden Effekten der Temperatur, der Zeit und der stofflichen Umgebung beruhen. Indes ist von R. GROSS nachgewiesen, daß gebogenes Steinsalz sich auch bei trockener Hitze normalisiert. Nach H. KINDT stellen sich dabei die ersten Keime der Rekristallisation bei 600° C ein. Da es mir gemäß der obigen Überlegung über das Zusammenwirken von Temperatur und Zeit bei solchen nicht phasenändernden Vorgängen wahrscheinlich war, daß eine Sammelkrystallisation von Steinsalz oder Sylvin auch bei niedrigen Wärmegraden nachzuweisen sein möchte, wurden diese Salze fein gepulvert, gepreßt und bei 400°, auch 300° einige Stunden, bei 100° C 45 Stunden lang getempert. Der Vergleich von Lauediagrammen sowie Dreh-spektrogrammen ergab stets Neukristallisation. Auch andere Mineralien der Salzlager verhalten sich in der Weise.

Für die von mir aufgestellte Meinung der Entwicklung grober Struktur in den ursprünglich wohl grusig feinkörnig gebildeten Salzlagern durch Sammelkrystallisation, auch für die Erklärung trotz augenscheinlicher Deformation einheitlich gebauter, einzeln im Nebengestein liegender Steinsalzkristalle, sind solche Erfahrungen von Wert.

Verflüssigung des Heliums in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Von WALTHER MEISSNER, Berlin.

Die Verflüssigung des Heliums und damit die Erreichung einer Temperatur von nur $4,3^{\circ}$ abs. gelang KAMERLINGH ONNES in Leiden zum ersten Male im Jahre 1908¹⁾. In der folgenden Zeit wurden in Leiden noch tiefere Temperaturen, neuerdings etwa $0,9^{\circ}$ abs. erzielt, indem man das Helium unter vermindertem Druck sieden ließ. Zahlreiche wichtige Untersuchungen sind in dem neu erschlossenen Temperaturgebiet ausgeführt. Erwähnt sei besonders die Entdeckung der Supraleitfähigkeit einiger Metalle. Viele ungeklärte Probleme harren aber auf dem Gebiet der tiefsten Temperaturen noch der Lösung.

Erst im Jahre 1923 ist Helium an anderer Stelle verflüssigt worden²⁾, nämlich in Toronto (Kanada), wo MC LENNAN an der dortigen Universität mit sehr großen Mitteln, die von verschiedenen Seiten gestiftet wurden, ein Kälte-laboratorium einrichtete. Die Wasserstoff- und Heliumverflüssiger sind die gleichen wie die Apparate von KAMERLINGH ONNES, der MC LENNAN genaue Zeichnungen zur Verfügung stellte. Das in Toronto benutzte Helium entstammt den Gasquellen Kanadas bei Calgary, Alberta. Von diesem Helium hat MC LENNAN auch KAMERLINGH ONNES 1921 eine gewisse Menge geschenkt. Außerdem wurden ONNES 1919 etwa 30 cbm Helium von der Regierung der Vereinigten Staaten von Nordamerika zur Verfügung gestellt, die aus den Gasquellen der Vereinigten Staaten gewonnen waren. Die Gasquellen Kanadas werden nach brieflicher Mitteilung MC LENNANS zur Zeit nicht ausgebeutet. Die Quellen der Vereinigten Staaten sind von der amerikanischen Regierung mit Beschlag belegt, um Helium zur Füllung von Luftschiffen zu gewinnen. Die Ausfuhr von Helium ist neuerdings durch Gesetz verboten.

In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt wurde die Einrichtung einer Heliumverflüssigungsanlage von mir im Jahre 1920 nach verschiedenen Vorarbeiten angeregt. Allerdings kam die Nachahmung der Leidener Anlage nicht in Frage, da hierzu Mittel und Hilfskräfte nötig gewesen wären, wie sie der Reichsanstalt nicht annähernd zur Verfügung stehen. Vielmehr mußte eine möglichst einfach zu handhabende Apparatur geschaffen werden. Erschwerend war ferner, daß nicht, wie in Kanada, reines Helium zur Verfügung stand: Trotz vielfacher Bemühungen gelang es nicht, Helium aus den gewaltigen Vorräten der Vereinigten Staaten zu beschaffen. Die Ausbeute der bisher untersuchten heliumhaltigen deutschen Gasquellen ist nicht lohnend. Es kam daher

trotz des außerordentlich geringen Heliumgehaltes der Luft nur die Gewinnung des Heliums aus der Luft in Betracht. Sie wurde ermöglicht durch das Vorhandensein der großen Sauerstoffwerke der Gesellschaft Linde, in denen Neon-Helium-Gemisch als Nebenprodukt abgeschieden wird. Dieses mußte allerdings von mir erst mühselig mit Hilfe von flüssigem Wasserstoff getrennt werden.

Die Vorbedingung für die Heliumverflüssigung war die Schaffung einer großen Wasserstoffverflüssigungsanlage. Es existierte zwar in der Reichsanstalt eine von mir 1913 aufgestellte Verflüssigungseinrichtung, bei welcher der kleine NERNSTsche Apparat benutzt wurde. Mit diesem wurde bis 1920 flüssiger Wasserstoff für viele in der Reichsanstalt von mir und auch anderen ausgeführte Untersuchungen hergestellt. Da der Apparat aber nur etwa $\frac{1}{2}$ l flüssigen Wasserstoff pro Stunde lieferte, sind mit ihm an einem Tage nur bis zu 1,5 l flüssigen Wasserstoffs hergestellt worden. Zur Verflüssigung von Helium etwa in dem Umfange wie im Leidener Laboratorium reichen derartige Mengen längst nicht aus. Die neue Wasserstoffverflüssigungsanlage wurde für etwa 5 l flüssigen Wasserstoff pro Stunde eingerichtet. Es konnte dann ein in der Reichsanstalt vorhandener, von C. VON LINDE geschenkter Kompressor von 25 cbm/Stunde Ansaugvolumen, sowie eine vorhandene Vakuumpumpe von 260 cbm/Stunde Ansaugvolumen verwendet werden. Allerdings mußte der Kompressor zum Betrieb mit Wasserstoff in verschiedener Hinsicht umgeändert werden. Die Pumpe dient zum Abpumpen der zur Vorkühlung des Wasserstoffs benutzten flüssigen Luft. Eine ausführliche Veröffentlichung über die Wasserstoffverflüssigungsanlage, deren Wirkungsgrad gegenüber dem theoretisch möglichen recht gut ist, erscheint demnächst an anderer Stelle.

Die Heliumverflüssigungsanlage wurde etwa für dieselbe Leistung wie die in Leiden vorhandene eingerichtet. Für die Kompression des Heliums lieferte die Maschinenfabrik Sürth der Gesellschaft Linde einen Kompressor von 10 cbm/Stunde Ansaugvolumen zu Selbstkosten, der meinen Angaben entsprechend so abgeändert ist, daß er evakuiert werden und unter Vakuum längere Zeit gelassen werden kann. Dieser Kompressor wird außerdem nach der Heliumverflüssigung als Pumpe benutzt, um das flüssige Helium unter vermindertem Druck sieden zu lassen und so unter die normale Siedetemperatur abzukühlen.

Die wichtigsten Teile der Verflüssigungsanlagen sind die eigentlichen Verflüssigungsapparate für Wasserstoff und für Helium, in denen die Ab-

¹⁾ H. KAMERLINGH ONNES, Communications Leiden Nr. 108. 1908.

²⁾ J. C. MC. LENNAN, Nature 112, 135—139. 1923.

kühlung der komprimierten Gase im Gegenstrom zu den entspannten und die teilweise Verflüssigung der beiden Gase nach dem LINDESchen Prinzip durch Entspannen in Drosselventilen erfolgt. In dem Wasserstoffgegenströmer wird der Wasserstoff durch flüssige Luft vorgekühlt, die unter etwa 0,1 Atm. Druck siedet. Im Heliumgegenströmer erfolgt die Vorkühlung erst durch flüssige Luft, dann durch flüssigen Wasserstoff, der durch Abpumpen des Dampfes nahezu bis zum Erstarrungspunkt abgekühlt wird. Die Gegenströmer, deren Ausführung von den bisher üblichen Konstruktionen abweicht, wurden nach meinen Entwürfen unter ständiger Fühlungnahme mit mir von der Linde A.-G. durchkonstruiert und angefertigt. Besonders Herr Dr. POLLITZER von der Linde A.-G. hat diesen Arbeiten großes Interesse entgegengebracht, so daß ich ihm sehr zu Dank verpflichtet bin. Die Linde A.-G. hat in überaus dankenswerter Weise die beiden Verflüssiger mit Zubehör zu einem Bruchteil der normalen Kosten geliefert. Selbst diese Kosten konnten nicht von der Reichsanstalt getragen werden, sondern sie wurden auf meinen Antrag von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft übernommen, welche die Apparate mir als Leihgabe zur Verfügung stellte. Ihr sei daher auch an dieser Stelle besonderer Dank gesagt.

Die Linde A.-G. hat die Verflüssigungsarbeiten ferner dadurch weitgehend unterstützt, daß sie der Reichsanstalt die zu den Arbeiten erforderliche flüssige Luft und verhältnismäßig große Mengen von Neon-Helium-Gemisch kostenlos zur Verfügung stellte.

Das Neon-Helium-Gemisch, das im Höllrieglkreuther Werk der Gesellschaft Linde schon vom Stickstoffgehalt weitgehend befreit war, enthielt 20–25 Volumprozent Helium. Seine Trennung erfolgte nach verschiedenen anderen Versuchen in folgender Weise: Das unter einem Druck von etwa 30 Atm. in Stahlflaschen befindliche Gemisch wurde unter diesem Druck in ein Kondensationsgefäß gelassen, das in flüssigen Wasserstoff eintauchte. Dieser wurde durch Abpumpen des Dampfes zum Erstarren gebracht und so bis etwa 11° abs. abgekühlt. Das ausgefrorene Neon hat dann nur noch geringen Dampfdruck und enthält wenig gelöstes Helium. Das Helium wird bei geschlossener Stahlflasche in ein Gasometer abgepumpt und dieser Prozeß so lange wiederholt, bis das Kondensationsgefäß genügend mit festem Neon gefüllt ist. Beim Auftauen desselben wird das gereinigte Neon, das nur einige Zehntel Volumprozent Helium enthält, durch eigenen Druck in vorher evakuierte Stahlflaschen gepreßt bis zu einem Druck von etwa 30 Atm. Das Helium, das noch durch beim Abpumpen mitgerissenes festes Neon verunreinigt war, wurde einem zweiten Rei-

nigungsprozeß durch nochmaliges Ausfrieren des Neons unterworfen.

Auf diese Weise sind von April 1924 bis Januar 1925 etwa 3 cbm Neon-Helium-Gemisch getrennt und etwa 700 l Helium gewonnen worden. Das reine Neon wurde zum größten Teil an die Linde A.-G. zurückgegeben.

Am 7. März 1925 glückte es zum ersten Male, etwa 200 ccm flüssiges Helium zu erhalten, womit die Heliumverflüssigung in Deutschland zum ersten Male durchgeführt war. Der Druck vor dem Expansionsventil betrug etwa 40 Atm. Die Temperatur wurde mit einem Heliumgasthermometer gemessen, das einen Eispunktsdruck von etwa 250 mm Quecksilber hatte. Die Menge des flüssigen Heliums wurde aus der Verringerung des Gasometerinhalts erschlossen. Durch Abpumpen des Heliumdampfes konnte schon bei dieser ersten Verflüssigung die Temperatur weitgehend erniedrigt werden.

Die nächsten Verflüssigungsversuche verliefen nicht alle gleich glücklich. Es stellten sich noch Schwierigkeiten praktischer Art ein, die nunmehr aber im wesentlichen überwunden sind. Insbesondere ist das Helium jetzt so rein, daß ein Verstopfen des Expansionsventils überhaupt nicht mehr eintritt. Die Temperatur wird jetzt mit einem Heliumdampfdruckthermometer gemessen. Es macht keine Schwierigkeiten, mit der Temperatur bis auf etwa 2° abs. herunterzugehen. Das im Innern des Verflüssigers befindliche Gefäß für flüssiges Helium faßt 400 ccm. 10 l flüssigen Wasserstoffs ermöglichen es, einige Stunden mit flüssigem Helium zu arbeiten. Vorläufig ist nicht daran gedacht, das flüssige Helium aus dem Verflüssiger in andere Gefäße abzufüllen. Natürlich wird alles verflüssigte Helium nach der Verdampfung wieder aufgefangen.

Es sind von mir zunächst Messungen über den Widerstand von Metallen, besonders über die Supraleitfähigkeit in Angriff genommen.

Erwähnt werden mag noch, daß ich bei allen Arbeiten bis Mitte 1923 nur einen Techniker, Herrn WACKER, seit dieser Zeit noch einen zweiten Techniker, Herrn MAX SCHULZE (vorübergehend Herrn CARL HOENOW) zur Hilfe hatte. Mit so wenig Hilfskräften konnte ich nur deshalb auskommen, weil schon beim Entwurf aller Apparate auf möglichst große Einfachheit hingearbeitet worden war.

Natürlich ist aber eine Vermehrung der Hilfskräfte und der Mittel dringend erwünscht, um größere Untersuchungen mit flüssigem Helium durchführen zu können. Hierzu ist auch noch eine Ergänzung des Heliumvorrates nötig, der trotz aller Vorsicht sich allmählich etwas verringert und für verschiedene geplante Arbeiten längst nicht ausreicht.

Besprechungen.

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Gegründet von R. KUKULA und K. TRÜBNER. Unter redaktioneller Mitarbeit von FRITZ EPSTEIN, herausgegeben von GERHARD LÜDTKE. 27. Jahrgang. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1925. XXX, 1942 S. 13 × 21 cm. Preis 40 Goldmark.

Das Jahrbuch der gelehrten Welt für das Jahr 1925 ist erschienen, vollkommener als alle vorangegangenen Jahrgänge, nicht nur an äußerem Umfange, sondern auch an innerer Vertiefung. Die *Minervalose* Zeit ist jetzt endgültig vorüber, und an allen Orten des Alphabets von Aachen bis Zwolle, wo eine Universität ist, ein Forschungsinstitut, ein botanischer, ein zoologischer Garten, eine Sternwarte oder eine zoologische Station — man könnte die Reihe noch weit fortsetzen — wird man die *Minerva* mit allen ihr zukommenden Ehren empfangen. Das Jahrbuch hat sich mittlerweile ein so großes Ansehen erworben und ist in der ganzen Welt so bekannt, daß es sich erübrigt, auf seine Einzelheiten einzugehen. Wen seine Berufstätigkeit dazu zwingt, mit dem am Betriebe der Wissenschaft interessierten Kreise in Verbindung zu bleiben, für den ist es ein unentbehrliches Auskunftsbuch. Wenn es nicht existierte, so wäre es ebenso unmöglich, sich über nie notwendigsten Personalien auf diesem Gebiete zu unterrichten, wie es unmöglich wäre, sich in einem Orte ohne Adreßbuch zurechtzufinden.

Aber nicht nur für die berufsmäßig daran Interessierten ist die *Minerva* wertvoll, für jeden, der sich für die Zusammensetzung und für die Personalien der Gelehrtenrepublik interessiert, ist sie eines der unterhaltendsten Bücher. Ein Jahrgang der *Minerva* hat auch keineswegs nur Augenblickswert oder besser Jahreswert, auch die *alten* Jahrgänge behalten ihre Bedeutung, wenn auch in anderem Sinne als in dem von dem Herausgeber ursprünglich allein beabsichtigten. Die vielen bisher erschienenen Jahrgänge liefern zur Biologie der Universitäten und der

dazu gehörigen Unterrichts- und Forschungsanstalten ein unschätzbares Material, und wer sich seine Durcharbeitung angelegen sein ließe, gleichviel von welchem Gesichtspunkte aus, der würde unter seinen Händen „Beiträge zur Entwicklung der neuzeitlichen Kultur“ entstehen sehen, die sich von selbst ergeben und ungeahnte Zusammenhänge erkennen lassen würden. Das Universitätsschachspiel, in dem so mancher nach eines Dezerenten unerforschlichem Ratschlusse plötzlich zum Springer geworden ist, dem nach der Ansicht der Sachverständigen eine bescheidenere Rolle zukäme, würde sich hier mit einer bisweilen vielleicht erschreckenden Deutlichkeit enthüllen, namentlich wenn sich ein boshafter Mitarbeiter fände, der die Vorschlagslisten und dazu die Personalien der berechtigten Anwärter herbeizuschaffen instande wäre. Die *Minerva* würde von Jahrgang zu Jahrgang auch wertvolle Angaben liefern über die Wirkungen, die die Einführung des Altersgesetzes herbeigeführt hat und würde wertvolle neue Belege für den Satz „Vernunft wird Unsinn“ in Hülle und Fülle liefern. Sie würde über den Nachwuchs belehren und zeigen, wie bescheiden man geworden ist bei der neuen Besetzung von sonst mit Recht angesehenen Lehrstühlen. Man würde vielleicht auch einen ungefähren Überblick über die Universitäten bekommen können, die den Numerus clausus eingeführt haben, für Leute, die GOLDSCHMIDT heißen, wie es kürzlich ein witziger Privatdozent symbolisch umschrieb. Kurz — eine Fülle von Themen würde sich auch dem oberflächlichen Leser aufdrängen, gleichviel ob dem Historiker oder dem Nationalökonom, der dieses Jahrbuch der gelehrten Welt mit den ihm geläufigen Gewohnheiten liest. Jeder wird eine Fülle von Anregung daraus schöpfen und deswegen ist die *Minerva* das Buch, das wirklich in der Bibliothek „keines Gelehrten fehlen sollte“.

ARN. BERLINER, Berlin.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Quecksilberhelid.

In zwei in der „Nature“ (114, 861. 1924; 115, 337. 1925) erschienenen Noten machte Herr J. J. MANLEY die aufsehenerregende Mitteilung, daß es ihm gelang, eine beständige Quecksilberheliumverbindung zu erzeugen, der die Formel (HgHe)_n zukommt. Die Verbindung soll nach den Angaben von MANLEY im Glimmstrom unter gewissen nicht näher beschriebenen Bedingungen aus einem Gemisch von Quecksilberdampf und Helium entstehen und erst bei heller Rotglut zerfallen. Wie kommt es, daß hier das „edelste“ der inerten Gase zur Reaktion gebracht werden kann? Die wahrscheinlichste Erklärung dafür liegt wohl in der Annahme einer Bildung von angeregten, metastabilen Heliumatomen. Wie durch eine Reihe von Tatsachen erwiesen ist (Näheres hierüber vgl. den Artikel des Verf. im Marxschen Handbuch der Radiologie Bd. VI, S. 238 u. 252), kann das Heatom durch Elektronenstoß aus dem Grund- (1 S) Zustand in den viel energiereicheren 2 s-Zustand geworfen werden, aus dem es nicht durch Ausstrahlung zurückfallen kann, so daß dem 2 s-Zustand eine relativ lange Lebensdauer zukommt (ca. 2,5 · 10⁻³ sec gegen 10⁻⁸ sec bei anderen angeregten Atomen). Da im 2 s-Zustand ein Elektron bereits in einer 2 quantigen Bahn läuft, hat das (He)_{2s}

eher den Charakter des Wasserstoff- oder Lithiumatoms als den eines Edelgases. Aus diesem Grunde wird auch die Bildung des 2 atomigen Trägers des He-Bandenpektrums durch die Vereinigung zweier (He)_{2s}-Atome erklärt (vgl. SOMMERFELD, Atombau und Spektrallinien, 4. Aufl., S. 739). Andererseits ist auch beim Quecksilber der 2 p₁- und der 2 p₃-Zustand metastabil, wobei dem 2 p₃-Zustand nach den Beobachtungen von FRANCK und EINSPOHN eine längere Lebensdauer zukommt. Das HgHe dürfte nun beim Zusammentreffen eines (He)_{2s}- und eines (Hg)_{2p3}-Atoms ebenso gebildet werden wie die He₂-Molekel. Eine Verbindung mit dem normalen (1 S)-Hg-Atom ist ebenfalls denkbar, aber weniger wahrscheinlich. Für die hier gezeichnete Erklärung spricht auch die von MANLEY erwähnte Beobachtung, daß bei der Bildung von HgHe der Brechungsindex des Gasgemisches zunimmt. Die Absorptionslinie von (He)_{2s} liegt nach den Beobachtungen von PASCHEN bei 10 830 A.-E., während die Wellenlänge der stärksten Absorptionslinie des normalen He 584,4 A.-E. beträgt, so daß nach der Dispersionsformel mit der Bildung von (He)_{2s} und seiner etwaigen Bindung an Hg-Atome ein Anwachsen des Brechungsvermögens verbunden sein muß. Über den Grad von Metastabilität läßt sich natürlich a priori nichts sagen. Sicher aber ist das Gebilde außergewöhnlich energiereich, denn

nach den spektroskopisch und elektrisch gemessenen Anregungsspannungen ist

$$(\text{Hg})_{2p,3} + (\text{He})_{2s} - (\text{Hg})_{1s} - (\text{He})_{1s} = 4,66 + 19,75$$

Voltelektronen. Dies entspricht einer Reaktionswärme von 561 000 kal/Mol. Nicht berücksichtigt ist dabei allerdings die bei der Vereinigung freierwender Deformationsarbeit. Setzt man sie schätzungsweise gleich der bei der H_2 -Bildung geleisteten Arbeit, so wird an der Größenordnung von $\frac{1}{2}$ Million Cal. nichts geändert.

Durch diese Erklärung bleibt der Edelgascharakter des gewöhnlichen He-Atoms unberührt. Denn das $(\text{He})_{2s}$ -Atom ist kein Edelgas, sondern ein neues System. Wenn es bisher für die Chemie der angeregten Atome noch keine große Zahl von Beispielen gibt, so liegt es an der relativen Seltenheit metastabiler angeregter Zustände. Doch sind auch beim Neon derartige metastabile Zustände beobachtet, so daß die Möglichkeit einer Verbindung HgNe gegeben ist. In dieselbe Kategorie von Reaktionen gehört offenbar die Ozonbildung. Charakteristisch für sie ist, daß sie nie auf rein thermischem Wege eingeleitet werden können, sondern daß erst durch das Vorhandensein einer Glimmentladung die Vorbedingungen geschaffen sein müssen. Denn nach dem BOLTZMANNschen Prinzip wäre z. B. bei der Temperatur T das Verhältnis der Zahl der He-Atome im 2s-Zustand zu der im 1s-Zustand gegen durch

$$\frac{[\text{He}]_{2s}}{[\text{He}]_{1s}} = e^{-\frac{eV}{kT}} = e^{-\frac{229000}{T}}$$

also für Temperaturen unter 100 000° keine wesentliche Konzentration.

In einer inzwischen erschienenen Berichtigung (Nature 115, 947. 1925) korrigiert MANLAY seine 2. Mitteilung dahin, daß die Formel nicht, wie zuerst infolge eines Rechenfehlers mitgeteilt (HgHe_n), sondern $(\text{HgHe}_{10})_n$ heißen müsse. Die oben angegebene Vermutung, daß es sich um eine Verbindung des $(\text{He})_{2s}$ handle, wird dadurch nicht widerlegt, doch ist denkbar, daß beim Zusammentreten der angeregten He-Atome eine größere Deformationsarbeit frei wird als oben angenommen wurde, sodaß der Energieinhalt nicht derart ungeheuer sein muß, wie aus der Annahme von 10 $(\text{He})_{2s}$ -Atomen folgen würde.

Jena, Physikalisches Institut der Universität, den 4. Juli 1925. G. Joos.

Zum Nachweis des Verschiebungssatzes bei Bandenspektren.

Bekanntlich spielt der Verschiebungssatz, der das Funkenspektrum eines Atoms mit dem Bogenspektrum des im periodischen System vorangehenden Elementes vergleicht, bei den Linienspektren eine bedeutende Rolle und hat dort zur Sicherstellung einer Reihe interessanter Seriengesetzmäßigkeiten geführt. Bei den Molekülspektren, den Bandenspektren, sollte man nun Ähnliches erwarten, doch ließ ein empfindlicher Mangel an gut untersuchten Spektren einen sicheren Nachweis des Verschiebungssatzes hier noch nicht zu. Allerdings konnte ich schon früher durch einen Vergleich des Bandenspektrums des neutralen Stickstoffs mit dem des ionisierten Moleküls zeigen, daß der Verschiebungssatz insofern gilt, als ein Wechsel von ungradzahliger Termstruktur (Quintetts der positiven Banden) zur gradzahligen Struktur (Dubletts der negativen Banden) bei der Ionisierung auftrat. Die Ähnlichkeit des Spektrums eines ionisierten Moleküls mit dem des entsprechenden Moleküls, welches das im periodischen

System vorangehende Element enthält, läßt sich jetzt aber auch durch zwei Beispiele belegen: Ich kann zeigen, daß drei Bandenspektren des Kohlenstoffs, nämlich die erste negative Gruppe von DESLANDRES, welche aus Einzelbanden besteht und nach Rot abschattiert ist, ferner das sog. Kometenschwanzspektrum, eine Anzahl von Quadruplettbanden, auch sämtlich nach Rot abschattiert, und schließlich ein weiteres von R. C. JOHNSON gefundenes Spektrum von Quadruplettbanden, diese aber nach Violett abschattiert, sich als Interkombinationen von drei Dublettermen darstellen lassen. Gebe ich, einem Brauche bei Linienspektren hier folgend, dem tiefsten Energieterm die Frequenz 0, so lauten diese 3 Terme:

$$\begin{array}{l} C+O \quad A_1 \quad A_2: \nu = 0 (+ 14) + 2199 n - 15,5 n^2 \\ \quad \quad B_1 \quad B_2: \nu = 20359 (+ 127) + 1547 n - 13,0 n^2 \\ \quad \quad C_1 \quad C_2: \nu = 45616 (+ 28) + 1701 n - 25,6 n^2 \end{array}$$

Die Termdifferenzen $\nu = C_2 - A_1$ liefern mir die Banden der negativen Kohlenstoffgruppe, die 4 Kombinationen $\nu = C_{1,2} - B_{1,2}$ die Quadruplettbanden des Kometenschwanzspektrums und die letzte Kombination $\nu = B_{1,2} - A_{1,2}$ die Banden des dritten Spektrums. Eine derartige Interkombinationsmöglichkeit hat m. E. bei den Linienspektren noch kein Analogon. Alle 3 Spektren haben somit den gleichen Träger und die Anregungsbedingungen sprechen insgesamt hier für das ionisierte Kohlenoxydmolekül $C+O$. Das mit diesem zu vergleichende Spektrum ist also das des BO, welches von R. MULLIKAN eingehend untersucht worden ist. Auch er findet 3 Bandensysteme, 2 Quadruplettsysteme, das eine wieder nach Rot, das andere nach Violett abschattiert, und ein nach Rot abschattiertes System von Einzelbanden, die sich wieder durch Interkombinationen von 3 Energietermen darstellen lassen:

$$\begin{array}{l} BO \quad A_1, A_2: \nu = 0 (+ 13) + 1926,8 n - 12,2 n^2 \\ \quad \quad B_1, B_2: \nu = 23526 (+ 126) + 1285,6 n - 11,7 n^2 \\ \quad \quad C_1, C_2: \nu = 42875 (+ ?) + 1304,6 n - 10,4 n^2 \end{array}$$

Die Übereinstimmung der Spektren beider Moleküle nach Struktur und Termgröße ist fast vollkommen. Ein zweites interessantes Beispiel liefert nun der Vergleich der negativen Stickstoffbanden mit den Cyanbanden; der Träger ist in dem einen Falle $N+N$, in dem anderen CN , auch hier die gleiche Analogie in Struktur und Lage des Spektrums:

$$\begin{array}{l} N+N \quad A: \nu = 0 + 2187,1 n - 16,1 n^2 + 1,90 m^2 \\ \quad \quad C: \nu = 25546,6 + 2397,7 n - 26,2 n + 2,07 m^2 \\ CN \quad A: \nu = 0 + 2055,6 n - 13,7 n^2 + 1,89 m^2 \\ \quad \quad C: \nu = 25799,8 + 2143,9 n - 20,2 n^2 + 1,96 m^2 \end{array}$$

Hervorzuheben ist noch, daß sämtliche 4 Moleküle je 13 Elektronen besitzen. Man kann daher annehmen, daß von diesen je 2 die K-Schalen der beiden Atome aufbauen, weitere 8 Elektronen eine gemeinsame Achterschale bilden und das 13. Elektron als Leuchtelektron das Molekül umkreist. Die Beispiele zeigen nun, daß die Erhöhung der Kernladungsumme von 13 auf 14 keinen wesentlichen Einfluß auf die Elektronenfrequenz hat, die Spektren liegen im Gegensatz zu den Linienspektren stets in der gleichen Spektralgegend.

Der vierfache Rydbergterm tritt somit bei der Elektronenenergie der Bandenspektren nicht explizite im Energieausdruck auf. Die Oszillationsfrequenz hingegen wird etwas vergrößert, der Kernabstand der Atome entsprechend verkleinert. Ferner zeigt die Tatsache der weit größeren Ähnlichkeit von $C+O$ mit BO ($C+O \rightarrow BO$) als mit CN ($CO+ \rightarrow CN$), daß die Ionisierung, wie auch zu erwarten war, auf Kosten des

Kohlenstoffatoms vor sich geht. Eine ausführliche Mitteilung wird demnächst an anderer Stelle erfolgen.

Bonn, Physikalisches Institut, den 5. Juli 1925.

R. MECKE.

Vorläufige Mitteilung über einen Zerfall des Bleiatoms.

SMITS¹⁾ teilte schon letztes Jahr mit, auf welche Weise er meinte, daß ein Zerfall der Atome vielleicht realisierbar wäre. Schon viele Jahre beabsichtigte er, verschiedene Metalle in einer Vakuumlampe zu studieren, in der Hoffnung, daß bei zunehmender Stromdichte das Atom zerfallen würde. Sehr beschäftigt mit anderen Untersuchungen wurden diese Versuche verschoben. Wenn aber im Juli letzten Jahres MIETHE mitteilte, daß es ihm gelungen war, Quecksilber in der Lampe von JAENICKE in Gold umzuwandeln, wenn diese Lampe stark überlastet brennt, entschloß er sich seine vorgenommenen Untersuchungen nicht weiter aufzuschieben, und so fing er sofort mit dem Studium des Metalles *Blei* an, welches Studium durch uns zusammen fortgesetzt worden ist.

Es leuchtet ein, daß bei dem Blei sehr eigentümliche Schwierigkeiten auftreten, weil es bei 327° schmilzt und ein Quarzgefäß, in welchem Blei erstarrt ist, beim Aufwärmen zerspringt.

Ungeachtet dessen gelang es uns, eine sehr handliche Bleilampe zu konstruieren, welche viele Stunden hintereinander ruhig brennt.

Das reinste Blei von KAHLBAUM kam in dem wärmsten Teile der Lampe nur in Kontakt mit reinem, stark ausgeglühtem Quarz und in dem kälteren Teile mit einem hochausgeglühten eingeschlifenen stählernen Stifte und einem ebenso hochausgeglühten eingeschlifenen Kohlenstifte.

Die Abdichtung geschah durch einen stark zusammengepreßten Kautschukring und einen weichen Kitt. Die Stellen der vollkommenen Abdichtung wurden durch Kühler auf die Temperatur des Leitungswassers gehalten.

Die Evakuierung geschah mittels einer vollkommen quecksilberfreien, sorgfältig gereinigten Kapselpumpe, welche mit zwei in flüssiger Luft gekühlten U-Röhren verbunden war. Das hohe Vakuum wurde erhalten durch ein großes Gefäß, das mit wiederholt im Vakuum ausgeglühter Kokosnußkohle gefüllt war, in flüssige Luft hineinzutauchen, um dann, nachdem die Verbindung mit der Kapselpumpe unterbrochen war, die Lampe mit diesem Kohlengefäß in Verbindung zu bringen. Um eine Verunreinigung mit Quecksilber vollkommen auszuschließen, wurde der Druck an einem Glasfedermanometer mit Skala abgelesen.

Die Untersuchungsmethode, welche wir anwandten, war die spektroskopische mit dem Quarzspektrograph. Auf diese Weise erhielten wir mit den reinsten Präparaten von KAHLBAUM wiederholt höchst interessante Resultate.

Wir beabsichtigten erst zur Veröffentlichung überzugehen, nachdem die Untersuchungen noch einmal mit demselben Resultat wiederholt sein wurden. Der Grund, daß wir ungeachtet dessen von unserer ursprünglichen Absicht abweichen und unsere bis jetzt erhaltenen Resultate *unter Vorbehalt* mitteilen, ist dieser: Zwei bis jetzt untersuchte Bleipräparate von KAHLBAUM, gemerkt „rein“, waren in der Tat sehr rein. Das Spektrum zeigte nur eine im Ultraviolett mit dem Quecksilberspektrum übereinstimmende Linie, und diese Präparate könnten daher für unsere Untersuchungen dienen. Als wir aber unsere Experimente mit einem

neuen Kahlbaum-Präparat, gemerkt „purissimum“, fortsetzen wollten, entdeckten wir zu unserem großen Bedauern, daß dieses ungenügend rein war, weil das Bleispektrum alle Quecksilberlinien zeigte.

Mit diesem Präparat war also nichts anzufangen, und weil es vielleicht ein paar Monate dauern wird, bevor die Firma KAHLBAUM imstande ist, uns ein neues, sehr reines Präparat zu liefern, entschlossen wir uns, unsere Resultate, mit dem reinen Präparat erhalten, hier kurz mitzuteilen.

Erstens wollen wir ein Resultat erwähnen, welches dazu dienen kann zu zeigen, daß das Material, mit welchem das Blei in der Lampe in Kontakt war, keine Verunreinigung veranlaßte. Die Quarzbleilampe brannte etwa 10 Stunden bei 100–120 Volt Klemmenspannung und ± 10 Amp.

In drei Intervallen wurde untereinander jedesmal das Spektrum der Quarzbleilampe, das Spektrum einer Quarz-Quecksilberlampe und die Skala aufgenommen.

Die erste Aufnahme geschah sofort nach der Zündung, die zweite nach 4 Stunden und die dritte nach 6 Stunden Brennens. Das Resultat war, daß das Bleispektrum vollkommen ungeändert geblieben war. Anfangs war im Bleispektrum nur eine Quecksilberlinie im Ultraviolett zu konstatieren, und nach 10 Stunden Brennens war das Bleispektrum *vollkommen ungeändert* geblieben!

Dieses negative Resultat unter obengenannten Umständen ist wichtig für die Beurteilung des nächsten. Weil wir bei höheren Stromdichten schon positive Resultate erhielten, führten wir in den nächsten Versuchen die Stromdichte auf und erhielten dabei wieder ein positives Resultat. Wir belasteten die Bleilampe jetzt mit 30–35 Amp. bei einer Klemmenspannung von ± 80 Volt. Nach 6 Stunden Brennens konstatierten wir im Bleispektrum schon ein schwaches Auftreten einiger Quecksilberlinien und nach 10 Stunden Brennens waren sowohl im sichtbaren als im ultravioletten Teil die stärksten Quecksilberlinien, und ebenso die charakteristischen Thalliumlinien sehr deutlich zu konstatieren, welches auf einen Zerfall des Bleiatoms in Thallium und Quecksilber hindeutet.

Wir erwarten, daß die Resultate unserer fortgesetzten Untersuchungen diese vorläufigen bestätigen werden. Wir hoffen, später auch das Wismut in der Quarzwismutlampe in gleicher Weise zu studieren.

Amsterdam, den 6. Juli 1925.

Laboratorium für allgemeine und anorganische Chemie.
A. SMITS und A. KARSEN.

Zur naturwissenschaftlichen Erforschung des Denkens.

GERHARDS spricht in seinem Bericht (Naturwissenschaften 1925, S. 471–477 und 506–510) davon, daß die Theorie von SELZ mit gestalttheoretischen Anschauungen konvergiere; das ist wohl in einigen äußerlichen Punkten der Fall, aber sachlich ist nicht unwichtig, daß gerade im Wesentlichen, in den Grundlagen der Auffassung, von einer Übereinstimmung keine Rede sein kann. Ich habe (Psychologische Forschung 3, S. 423f.) gezeigt, daß die Selzsche Theorie eine ausgesprochene „Maschinentheorie“ ist im genauen Gegensatz zum gestalttheoretischen Ansatz. Dem klaren Einblick in die theoretische Sachlage dient es meines Erachtens nicht, wenn diese Verschiedenheit verwischt wird. Daß GERHARDS die sachliche Klarstellung meiner Kritik als „parteiliche Hetze“ hinstellt, spricht nur gegen ihn selbst.

Erlangen, den 12. Juli 1925.

W. BENARY.

¹⁾ Nature 114, 609. 1914.

Zur Geschichte der Chemie im Raume.

In einer Zuschrift an die Redaktion dieser Zeitschrift (S. 606 des laufenden Jahrganges) beanstandet Herr RASSOW die Tatsache, daß in meinem, am 25. Oktober 1924 in der Aula der Amsterdamer Universität gehaltenen Vortrag „Fünfzig Jahre aus der Geschichte einer Theorie. Ihre Grundleger“ (s. „Die Naturwissenschaften“ 13, 284. 1925) die „ausschlaggebende Förderung, die die neue Theorie durch deutsche Fachgenossen erfuhr, in erster Linie durch JOHANNES WISLICENUS“, nicht behandelt wurde.

Dabei hat Herr RASSOW 2 Punkte übersehen: Erstens, daß PAUL WALDEN in derselben Stunde, an-

schließend an meinen Vortrag, die Entwicklungsgeschichte der Stereochemie gegeben hat (s. „Die Naturwissenschaften“ 13, 301, 331, 352, 376. 1925), so daß es entschieden als verfehlt anzusehen gewesen wäre, falls ich dieselbe auch in *meinem* Vortrage erörtert hätte, zweitens aber, daß ich in meiner ausführlichen VAN 'T HOFF-Biographie (Leipzig 1912, VIII und 638 S.), welche demnächst in zweiter Auflage erscheint, sehr ausführlich die hervorragende Rolle geschildert habe, welche JOHANNES WISLICENUS in dem genannten Entwicklungsgange gespielt hat.

Utrecht, im Juli 1925.

VAN 'T HOFF-Laboratorium.

ERNST COHEN.

Astronomische Mitteilungen.

Das kontinuierliche Coronaspektrum. Bekanntlich besteht das Spektrum der Sonnencorona aus einer Reihe monochromatischer Strahlungen, deren Ursprung bis jetzt noch nicht aufgeklärt ist (zu denen auch die berühmte grüne Coronalinie λ 5303 Å gehört), und ferner aus einem kontinuierlichen Spektrum, das sich bis zu einer beträchtlich größeren Höhe über der Sonnenoberfläche erstreckt. Letzteres wurde bis jetzt von vielen Forschern für das Spektrum glühender von der Sonne herausgeschleuderter Teilchen angesehen, und diese Anschauung fand eine Stütze in der bei mehreren Finsternissen gemachten, allerdings nur auf Schätzungen beruhenden Wahrnehmung, daß das Intensitätsmaximum dieses kontinuierlichen Spektrums im Vergleiche zum normalen Sonnenspektrum nach rot verschoben ist, und zwar mit wachsender Höhe über der Sonnenoberfläche immer stärker, was auf eine nach oben ständig abnehmende Temperatur hinzuweisen schien. Dieser Glaube an die rötliche Färbung der Corona war unter den Astronomen so stark verbreitet, daß sogar von mehreren Seiten Versuche gemacht worden sind, die Corona unter Ausnutzung der Verschiedenheit ihres Spektrums von dem des Himmelslichtes auch außerhalb einer Finsternis sichtbar zu machen. Durch die letzte in den Sitzungsberichten der Preußischen Akademie (1925, V. Mitteilung vom 27. Nov. 1924) erschienene Untersuchung von H. LUDENDORFF, die eine Bearbeitung seiner während der Sonnenfinsternis vom 10. Sept. 1923 in Pasaje (Mexiko) erhaltenen Spektralaufnahmen darstellt, ist nun die gänzliche Haltlosigkeit dieses Glaubens erwiesen worden. Die Resultate LUDENDORFFS beruhen auf einem genauen quantitativen Vergleiche der Intensitätsverteilung im Coronaspektrum mit derjenigen im normalen Sonnenspektrum (Photosphäre) und dürfen daher wohl als eine endgültige Entscheidung der aufgeworfenen Frage betrachtet werden. Die technische Schwierigkeit, die in der Vergleichung zweier Lichtquellen so ungeheuer verschiedener Intensität wie die Corona und die Photosphäre liegt, löst LUDENDORFF dadurch, daß er bei der Aufnahme der als Vergleichsspektren zu verwendenden Sonnenspektren das Sonnenlicht zuerst an einer Kreidplatte diffus reflektieren läßt und ferner durch verschiedene Kombinationen abgestufter Absorptionsgitter aus Kupferdrahttuch noch weiter schwächt. Da sowohl bei der Reflexion an Kreide wie auch beim Durchgange durch Gitter der verwendeten Art eine merkliche Änderung der spektralen Zusammensetzung des Lichtes, wie experimentell bewiesen ist, nicht stattfindet, erhält LUDENDORFF nach dieser Methode eine ganze Skala von Sonnenspektren verschiedener stetig abnehmender Intensität, an die sich die den verschiedenen Höhen-niveaus entsprechenden kontinuierlichen Coronaspektren (bei der Finsternisaufnahme stand der Spalt des

Spektralapparates senkrecht zum Sonnenrande, und die Schwärzungen in der Corona waren auf der 150° belichteten Aufnahme bis zu einem Bogenabstande von über $15'$ von diesem noch gut meßbar) unmittelbar anschließen lassen. Die photometrischen Intensitätskurven beider Spektren im Bereiche zwischen 4840 und 3820 Å zeigen nun, daß das Maximum aller Kurven bei derselben Wellenlänge liegt, und daß auch der ganze Verlauf der Intensität in allen untersuchten Schichten der Corona mit dem Intensitätsverlaufe im normalen Sonnenspektrum bis auf kleine, an der Grenze der Meßgenauigkeit liegende Abweichungen übereinstimmt. *Eine merkliche Rotverschiebung der Maximalintensität im Coronaspektrum gegenüber dem Sonnenspektrum ist demnach bestimmt nicht vorhanden.* Die nahe Übereinstimmung des Coronaspektrums mit dem Sonnenspektrum in Verbindung mit der Tatsache, daß ersteres von zahlreichen Absorptionslinien durchsetzt ist, deren Lage mit den FRAUNHOFERSchen Linien des letzteren genau übereinstimmt, scheint durchaus dafür zu sprechen, daß das kontinuierliche Coronalicht nichts weiter als an irgendwelchen in der Umgebung der Sonne befindlichen Teilchen gestreutes Sonnenlicht ist. Über die physikalische Natur dieser Teilchen gehen die Meinungen bekanntlich noch weit auseinander, jedoch bleibt, nachdem die Untersuchungen ANDERSONS (Zeitschr. f. Physik 28, 299. 1924) gezeigt haben, daß die Annahme fester oder flüssiger Teilchen in der Umgebung der Sonne auf sehr große Schwierigkeiten stößt, eigentlich nur noch die Möglichkeit übrig, freie Elektronen oder Atomrümpfe, die das Sonnenlicht streuen, für das kontinuierliche Coronaspektrum verantwortlich zu machen, um so mehr, als die Tatsache der Ausströmung elektrisch geladener Teilchen aus der Sonne auch durch die Erscheinung des Nordlichtes auf der Erde als belegt betrachtet werden darf. Diese Hypothese über die Beschaffenheit der Coronateilchen bietet noch den weiteren Vorzug, daß man namentlich Elektronen sehr beträchtliche in der nächsten Umgebung der Sonne wohl ganz regellos verteilte Geschwindigkeiten (von der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit) zuschreiben darf, welche starke Dopplereffekte zur Folge haben müssen, durch die die FRAUNHOFERSchen Linien in der inneren Corona vollständig verwischt werden könnten. Auf diese Weise würde die äußerst merkwürdige Tatsache, daß die Absorptionslinien im kontinuierlichen Coronaspektrum in dem untersten, der Sonne am allernächsten gelegenen Teile der Corona vollständig unsichtbar sind und erst in größerer Höhe erscheinen, in ziemlich befriedigender Weise erklärt werden können. Es darf allerdings nicht übersehen werden, daß der Annahme auch dieser Hypothese zur Zeit noch beträchtliche Schwierigkeiten im Wege stehen. P.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere

Redigiert von

P. Buchner

Greifswald

und

P. Schulze

Rostock

Aus dem Inhalt der letzten Hefte:

Heft 1/2 des 4. Bandes (ausgegeben am 13. Juni 1925)

Zur Entomostraken-Fauna des Seeburger Sees. Von *Rudolf Drost*. Mit 46 Textabbildungen
Studien an intracellularen Symbionten V. Die symbiontischen Einrichtungen der Zikaden.

Von *Paul Buchner*. Mit 33 Textabbildungen und Tafel I—IX

Zur Theorie der Staatenbildung (II. Teil). Von *Hermann Legewie*

Preis 36 Goldmark

Heft 5 des 3. Bandes (ausgegeben am 22. Mai 1925)

Zur Theorie der Staatenbildung. I. Teil: Die Biologie der Furchenbiene *Halictus malachurus* K.
Von *Hermann Legewie*

Die Trichterrolle des Ahornblattrollers. Biologisches und Taxonomisches über einen sehr
bemerkenswerten Rüsselkäfer. Von *Heinrich Prell*. Mit 4 Textabbildungen

Endemisches Vorkommen einer mediterranen Zecke (*Dermacentor reticulatus* F.) in Deutsch-
land. Von *Paul Schulze*

Die parasitischen Rädertiere mit besonderer Berücksichtigung der in der Umgegend von
Minden i. W. beobachteten Arten. Von *Ernst Budde*. Mit 27 Textabbildungen

Beitrag zur topographischen Anatomie der Eingeweide des Huhnes. Von *Heinrich Bittner*.
Mit 5 Textabbildungen

Preis 15.60 Goldmark

*

Diese Zeitschrift bildet zugleich die Abteilung A der

„Zeitschrift für wissenschaftliche Biologie“

Sie erscheint zwanglos in einzeln berechneten Heften. Ihre Bezieher erhalten
bei gleichzeitigem Bezug zweier anderer Abteilungen der

„Zeitschrift für wissenschaftliche Biologie“

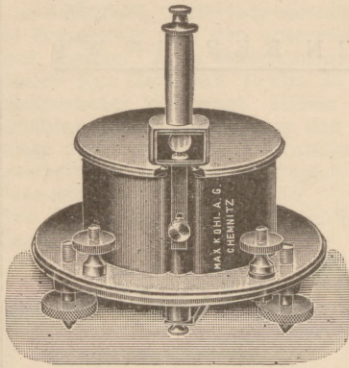
Abt. B: Zeitschrift für Zellforschung und mikroskopische Anatomie

Abt. C: Zeitschrift für vergleichende Physiologie

Abt. D: Wilhelm Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen

Abt. E: Archiv für wissenschaftliche Botanik

einen Nachlaß von 10% auf den Ladenpreis



Drehspul-Spiegelgalvanometer

Max Kohla.G.Chemnitz6

Seit 1876 bestehend

Physikalische Apparate
Einrichtung von Hörsälen
Experimentier-Schalttafeln
Luftpumpen für Laboratorien
Funkeninduktoren

Listen, Kostenanschläge, Beschreibungen usw. auf Wunsch

(386)

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Band I.	124 Seiten und 439 Seiten Tabellen mit 16 in den Text gedruckten Figuren. 1894.	30 Goldmark
Band II.	548 Seiten. 1895.	30 Goldmark
Band III.	481 Seiten mit 58 in den Text gedruckten Figuren. 1900.	30 Goldmark
Band IV.	Heft 1/2. 266 Seiten mit zahlreichen in den Text gedruckten Figuren, 1 Lichtdrucktafel und 2 lithographierten Tafeln. 1904/05.	16 Goldmark
	Heft 3. 158 Seiten mit 77 Textabbildungen und 9 Tafeln. 1918.	Vergriffen
Band V.	Heft 1. 266 Seiten mit zahlreichen Textabbildungen. 1921.	15 Goldmark
	Heft 2. 248 Seiten mit zahlreichen Textabbildungen und 5 Tafeln. 1922.	15 Goldmark
Band VI.	Heft 1. 136 Seiten mit zahlreichen Textabbildungen und 3 Tafeln. 1923.	6 Goldmark
	Heft 2. 155 Seiten mit zahlreichen Textabbildungen und 3 Tafeln. 1923.	6,50 Goldmark
Band VII.	Heft 1. 276 Seiten mit zahlreichen Textabbildungen und 2 Tafeln. 1923.	20,80 Goldmark
	Heft 2. 259 Seiten mit zahlreichen Textabbildungen. 1924.	22,40 Goldmark
Band VIII.	Heft 1. 283 Seiten. 1924.	29,70 Goldmark
	Heft 2. 167 Seiten. 1925.	18 Goldmark

Über Wärmeleitung und andere ausgleichende Vorgänge

Von

Dr. Emil Warburg

Professor an der Universität Berlin

116 Seiten mit 18 Abbildungen, 1924

5,70 Goldmark