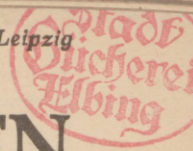


25.5.1927

Postverlagsort Leipzig



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 20 (SEITE 433—448)

20. MAI 1927

FÜNFZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Zum optischen Nachweis eines Vitamines. Von R. POHL, Göttingen. (Mit 9 Figuren) 433

Neuere Ergebnisse über das Leuchten verfestigter Gase und ihre Beziehungen zum Nordlicht. Von L. VEGARD, Oslo. (Mit 3 Figuren) 438

ZUSCHRIFTEN:

On the Relative Mass of a Proton and an Electron. Von J. C. GHOSH, Dacca (India) 445

Untersuchung von Atomtrümmern mit dem Spitzenzähler. Von W. BOTHE und H. FRÄNZ, Berlin-Charlottenburg 445

Über eine Volksversammlung von Krähen. Ein

Beitrag zur Frage nach Sprache und Organisation der Tiere. Von W. GERLACH, Tübingen 446

BESPRECHUNGEN:

DAKIN, WILLIAM J., Elements of General Zoology. (Ref.: R. Goldschmidt, Berlin-Dahlem) 446

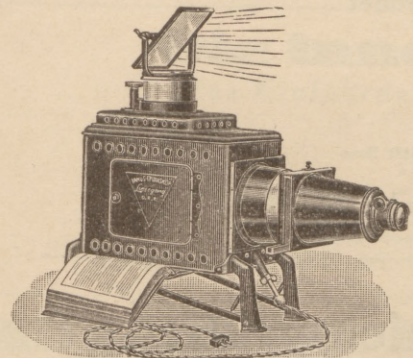
PHILIPTSCHENKO, JUR., Variabilität und Variation. (Ref.: Curt Stern, Berlin-Dahlem) . . 446

WESENBERG-LUND, C., Contributions to the Biology and Morphology of the Genus Daphnia with some remarks on heredity. (Ref.: A. Luntz, Berlin-Dahlem) 447

DENNERT, E., Die intraindividuelle fluktuierende Variabilität. (Ref.: P. Stark, Breslau) . . . 448

Janus-Epidiaskop

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



Listen frei

Der führende Glühlampen-Bildwerfer zur Projektion von

Papier- und Glasbildern

Verwendbar für alle Projektionsarten!

Qualitäts-Optik

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

Ed. Liesegang, Düsseldorf, Postfach 124

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

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

Manuskripte, Bücher usw. an

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

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

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

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

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Einführung in die Elektrizitätslehre

Von

R. W. Pohl

Professor der Physik an der Universität Göttingen

Mit 393 Abbildungen. VII, 256 Seiten. 1927. Gebunden RM 13.80

Das Buch bildet den ersten Teil einer „Einführung in die Physik“.

Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente

nach Wellenlänge geordnet

Von

H. Kayser

Geheimer Regierungsrat,
Professor der Physik an der Universität Bonn

VIII, 198 Seiten. 1926. Gebunden RM 24.—

Seriengesetze der Linienspektren

Gesammelt von

F. Paschen und R. Götze

IV, 154 Seiten. 1922. Gebunden RM 11.—

Zum optischen Nachweis eines Vitamines¹⁾.

Von R. POHL, Göttingen.

(Aus dem I. Physikalischen Institut der Universität.)

Die Ortsgruppe Kiel der Deutschen Gesellschaft für technische Physik hat mich freundlicherweise eingeladen, in Ihrem Kreise einiges über den optischen Nachweis eines Vitamines zu berichten. Ich habe der Wahl dieses Themas gern zugestimmt. Denn seine Behandlung läßt wieder einmal zeigen, wie bei den wichtigen und für uns alle gleich bedeutsamen Problemen der Biologie verschiedene Disziplinen Hand in Hand arbeiten müssen, und zwar in unserm Sonderfall Chemie, Medizin und Physik.

Die Mitwirkung der Physik bei der Vitaminfrage läuft auf eine quantitative Ausmessung ultravioletter Absorptionsspektra hinaus. Erlauben Sie mir, im ersten Teil meines Vortrages etwas über die Technik dieser Messungen zu bringen. Den Physikern unter Ihnen werde ich allerdings damit nichts Neues sagen.

Zunächst beginnen wir mit einer Definition, nämlich der des Absorptionskoeffizienten κ . Es sei J_0 die auf eine Schicht der Dicke d auffallende, J die durch sie durchtretende Lichtmenge. Dann gilt $J = J_0 e^{-\kappa d}$, und κ wird als Absorptionskoeffizient bezeichnet. (Der Kürze halber lassen wir die Reflexionsverluste an den beiden durchsetzten Oberflächen der Schicht außer acht. Sie lassen sich unschwer berücksichtigen.) $1/\kappa$ hat eine einfache physikalische Bedeutung: Die Schichtdicke d werde in Millimetern gemessen. Dann bedeutet $1/\kappa$ diejenige Schichtdicke in Millimetern, die die einfallende Lichtmenge auf $1/e$ oder auf rund 37% schwächt.

Die Messung des Absorptionskoeffizienten erfordert nach obigem lediglich die Messung zweier Lichtmengen J und J_0 . Lichtmengen lassen sich nach verschiedenen Verfahren messen. Das empfindlichste und wohl heutigentags vollkommenste ist das Verfahren der lichtelektrischen Photometrie. Die lichtelektrische Photometrie gehört zu dem Wertvollsten von dem vielen, was die Physik ELSTER und GEITEL, den beiden hochverdienten Gymnasiallehrern in Wolfenbüttel, verdankt. ELSTER und GEITEL haben die lichtelektrische Photometrie schon im Jahre 1893 geschaffen und späterhin bis zu ihrem Tode ständig vervollkommenet. Das Wesentliche wird, und zwar in unserer heutigen Bezeichnungswiese, kurz durch die Fig. 1 erläutert. Das zu messende Licht tritt durch das Fenster F auf eine Alkalimetallfläche K im Innern einer hochevakuierten Glaskugel Z_1 . Das Metall wird mittels einer kleinen Batterie negativ aufgeladen. Das Licht spaltet Elektronen ab und diese gelangen über eine zweite Elektrode

zu einem empfindlichen Elektrometer E_1 . Die Zahl der Elektronen ist nach den Untersuchungen von ELSTER und GEITEL im weitesten Intensitätsbereich (über $1:10^6$) direkt der vom Elektrometer angezeigten Lichtmenge proportional. Die Messung der Lichtmengen ist auf eine einfache Messung von Elektrizitätsmengen zurückgeführt.

Dies lichtelektrische Photometer von ELSTER und GEITEL ist nun das gegebene Instrument zur quantitativen Ausmessung optischer Absorptionsspektra. Man hat mit ihm lediglich für die verschiedenen Wellenlängen des Spektrums zusammengehörige Wertepaare J und J_0 zu messen und aus ihnen κ zu berechnen.

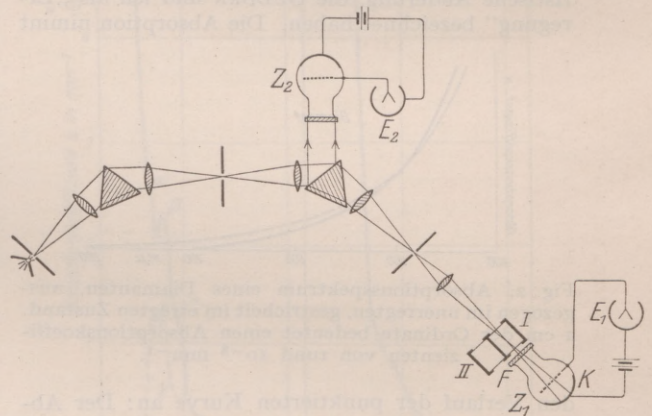


Fig. 1. Lichtelektrisches Spektralphotometer, bestehend aus einem Monochromator mit doppelter spektraler Zerlegung und dem lichtelektrischen Photometer $Z_1 E_1$ von ELSTER und GEITEL. Das zweite Photometer $Z_2 E_2$ dient zur Ausschaltung von Schwankungen der Lichtquelle.

I und II sind zwei Tröge mit Quarzfenstern zur Untersuchung von Lösungen. I enthält die Lösung, II das Lösungsmittel allein.

Bei der technischen Ausführung dieser lichtelektrischen Spektralphotometrie hat man zwei Fehlerquellen auszuschalten:

1. Die Empfindlichkeit der Alkalimetallflächen ist in verschiedenen Spektralgebieten recht verschieden oder sie ist sehr „selektiv“. Infolgedessen muß man spektral sehr sauberes Meßlicht verwenden. Bei einfacher spektraler Zerlegung erhält man meist zuviel Nebenlicht, das der unvermeidlichen Zerstreuung in den Linsen und im Prisma entstammt. Dies Nebenlicht beseitigt man weitgehend mit einer zweiten spektralen Zerlegung. So gelangt man zu dem in Fig. 1 skizzierten und wohl ohne weiteres verständlichen „Doppelmonochromator“.

¹⁾ Vortrag vom 28. Februar 1927.

2. Als Lichtquelle muß man im kurzwelligen Ultraviolett häufig Funken (meist zwischen Al-, Cd-, Zn- und Mg-Elektroden) benutzen. Funkenlicht ist zeitlich wenig konstant. Seine Schwankungen lassen sich jedoch mühelos mittels eines zweiten lichtelektrischen Photometers eliminieren. Es ist in der Fig. 1 mit den Buchstaben Z_2 angedeutet. Man benutzt also gemäß dieser Figur gleich die unvermeidliche Reflexion des Lichtes an der Prismenfläche, um die Konstanz des einfallenden Funkenlichtes zu kontrollieren und seine Schwankungen in Rechnung zu stellen.

Derartige lichtelektrische Spektralphotometer sind in meinem Institut seit Jahren in Betrieb. Sie dienen vorzugsweise der Ausmessung der Absorptionsspektren von Krystallen. Die Fig. 2 zeigt als Beispiel das Absorptionsspektrum eines Diamanten im Sichtbaren. Ich gebe dies Beispiel aus einem besonderen Grunde. Das Absorptionsspektrum des Diamanten ist nicht konstant. Unter dem Einfluß absorbierten Lichtes erfährt es eine charakteristische Änderung, die GUDDEN und ich als „Erregung“ bezeichnet haben. Die Absorption nimmt

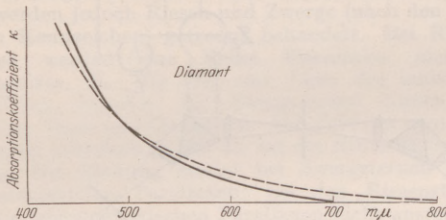


Fig. 2. Absorptionsspektrum eines Diamanten, ausgezogen im unerreagten, gestrichelt im erreagten Zustand. 1 cm der Ordinate bedeutet einen Absorptionskoeffizienten von rund 10^{-3} mm^{-1} .

den Verlauf der punktierten Kurve an: Der Absorptionskoeffizient sinkt im Gebiet der kurzen und steigt im Gebiet der längeren Wellenlängen. Die Ursache dieser „Erregung“ entnimmt man elektrischen Beobachtungen. Es handelt sich um eine Verlagerung lichtelektrisch abgespaltener Elektronen. Die Änderung des Absorptionsspektrums läßt sich hier also auf eine physikalische, nicht auf eine photochemische Umwandlung im üblichen Sinne zurückführen. — Auf diesen Punkt werden wir später zurückkommen. — Damit bin ich am Ende des physikalischen Teiles meiner Ausführungen und ich komme nunmehr zum zweiten Teil, der Vitaminfrage.

Als Vitamine bezeichnet man bekanntlich rätselhafte Substanzen, die schon in winziger Menge für den Organismus lebenswichtig sind. Ihr Fehlen ruft charakteristische und zum Teil sehr schwere Krankheitsbilder hervor. Ein bekanntes Beispiel einer Avitaminose ist das Auftreten von Skorbut bei einseitiger Ernährung mit konservierten Nahrungsmitteln. — Dem Skorbutkranken fehlt das Vitamin C, das ihm normalerweise durch frische Gemüse und Früchte zugeführt wird.

Die Erforschung der Avitaminosen ist von medizinischer Seite in etlichen Fällen dem Tierexperiment zugänglich gemacht worden. So zeigen z. B. junge Ratten bei bestimmter einseitiger Ernährung eine schwere Störung ihres Knochenwachstums, das Fehlen des D-Vitamines in der Nahrung verhindert die Verkalkung der Knochen. Diese Rattenrachitis konnten die Mediziner auf zwei Weisen beheben: 1. durch Lebertran, 2. durch Bestrahlung der kranken Tiere mit ultraviolettem Licht.

Wie wirkt das Licht? Um darüber Klarheit zu gewinnen, hat man zunächst im Kontrollversuch den leeren Rattenkäfig bestrahlt und die Ratten erst nach Schluß der Bestrahlung wieder hineingesetzt. Die Tiere wurden auch jetzt gesund! Diesen überraschenden Befund suchte man zunächst mit physikalischen Privatansichten zu deuten: Die Luft im Käfig sollte durch das ultraviolette Licht ionisiert oder gar radioaktiv gemacht worden sein. Doch ließ die Aufklärung des Befundes nicht lange auf sich warten. Man hatte beim Kontrollversuch zwar die Ratten aus dem Käfig herausgenommen, aber nicht das, was auf dem Boden solcher Käfige zu liegen pflegt, Sägemehl, Futterreste und Faeces. Das ultraviolette Licht hatte aus etlichen dieser Substanzen das zuvor fehlende D-Vitamin gebildet und das war hinterher von den nichtbestrahlten kranken Ratten gefressen worden. — Es war damit ein großer Fortschritt erzielt: Statt der Bestrahlung der Versuchstiere genügte die Bestrahlung ihrer Nah-

Nach diesen Versuchen stand fest: Das D-Vitamin ist das photochemische Reaktionsprodukt irgendeiner Substanz, die sich in den Nahrungsmitteln der Ratten und in der Haut der lebenden Ratte findet. Diese Substanz nannte man das Provitamin. Es galt die Frage, welches der Bestandteile der Rattennahrung oder der Rattenhaut als Provitamin anzusprechen war. Diese Frage ist durch ausländische Forscher weitgehend geklärt worden, vor allem durch HESS in New York. Man zeigte, daß das Cholesterin, das sowohl in der Nahrung wie in der Haut der Ratten vorkommt, etliche wesentliche Eigenschaften besitzt, die man von dem Provitamin verlangen mußte.

1. Das Cholesterin war unbestrahlt physiologisch unwirksam, die Ratten blieben krank. Bestrahltes Cholesterin hingegen heilte die Ratten.

2. Das Cholesterin ließ direkt eine photochemische Umsetzung erkennen. Die Substanz wurde im ultravioletten Licht ausgebleicht, sie wird unterhalb von $300 \text{ m}\mu$ durchsichtiger!

3. Die photochemische Aktivierbarkeit des Cholesterins blieb erhalten, wenn das Cholesterin ein Dutzend, ja selbst 120 mal umkrystallisiert wurde.

4. Die photochemische Aktivierbarkeit, wohlverstanden immer am Tierversuch geprüft, blieb selbst bei mehrfacher Umdestillation im Vakuum vorhanden.

Seither galt die Identität Cholesterin = anti-rachitisches Provitamin für erwiesen. Es erschien nur noch als Problem, die chemische Struktur des photochemischen Reaktionsproduktes, also des eigentlichen D-Vitamines aufzuklären.

Bei diesem Stand der Dinge wandte sich Herr HESS an Kollegen WINDAUS in Göttingen, als eine Autorität auf dem Gebiete der Cholesterinforschung. WINDAUS sollte die chemischen, HESS die Tierversuche ausführen. In üblicher Duplizität der Fälle trat kurz danach Herr ROSENHEIM in London an Kollegen WINDAUS mit dem gleichen Anliegen heran. Auch Herr ROSENHEIM erhielt die WINDAUSSCHEN Präparate und die drei Herren verabredeten Austausch und gemeinsame Publikation ihrer Ergebnisse.

Kollege WINDAUS nahm die Bearbeitung der wichtigen Frage sogleich mit seinen Schülern in großem Ausmaße in die Hand. Die anfängliche Vorstellung einer photochemischen Oxydierung bestätigte sich nicht. Auch der naheliegende Gedanke einer photochemischen Umlagerung in ein Isomeres oder Polymeres erwies sich als unzutreffend. WINDAUS hatte dabei besondere Hoffnung auf das Allocholesterin gesetzt und in ihm das Vitamin vermutet. Das Allocholesterin bildet sich spontan in das Cholesterin zurück. Es hat also mit den durch Bestrahlung aktivierten Cholesterinpräparaten eine charakteristische Eigenschaft gemein: nämlich die langsame spontane Rückbildung in inaktives, Ratten nicht heilendes Cholesterin. Doch auch das Allocholesterin war für WINDAUS eine Enttäuschung, es heilte die Rattenrachitis nicht. Trotzdem sollten diese negativen Versuche späterhin sehr wertvoll werden.

Diesem Fehlschlag folgten weitere. Alle Versuche von Kollegen WINDAUS, an den durch Bestrahlung aktivierten Cholesterinpräparaten irgendeine chemische Änderung aufzufinden, waren vergeblich, Schmelzpunkt, Krystallisation, Dichte, alles blieb unverändert.

Bei diesem Stand der Dinge erzählte mir Herr WINDAUS von seinem Problem. Er schilderte mir ausführlich seine negativen chemischen Befunde, die so gar nicht mit dem optischen Befund von HESS der photochemischen Ausbleichung des Cholesterins im Ultravioletten, zu vereinen waren. Da fielen mir meine oben erwähnten Krystalle ein. Auch bei ihnen hatten wir ja unter der Einwirkung des Lichtes eine Ausbleichung im Gebiet kurzer Wellen und zwar ohne Änderung der chemischen Eigenschaften als Folge eines einfachen physikalischen Vorganges. Sollte nicht gleiches auch für das Cholesterin zutreffen? Konnte nicht auch die von HESS gefundene Ausbleichung des Cholesterins wie die „Erregung“ der Krystalle eine rein physikalische Ursache haben? Unwahrscheinlich war es zwar im höchsten Maße, denn ein Cholesterinmolekül in einer Lösung ist etwas ganz anderes, als ein Krystall. Aber man durfte auch etwas höchst unwahrscheinliches versuchen, vollends bei einer so festgefahrenen Lage, wie sie mir Kollege

WINDAUS schilderte. Ich bat mir daher von Herrn WINDAUS etwas von seinem physiologisch aktivierbaren Cholesterin aus und ließ sein Absorptionsspektrum durch zwei meiner Schüler, die Herren REUSS und HILSCH, ausmessen.

Die Fig. 3 zeigt das Ergebnis für unbestrahltes Cholesterin. Einem kontinuierlichen Anstieg der Absorption zu kürzeren Wellen sind bei α , β und γ deutliche Banden überlagert. Fig. 4 gibt das gleiche Cholesterin nach seiner Aktivierung mit dem ultravioletten Licht einer Quarzbogenlampe. Die überlagerten Banden sind nicht mehr vorhanden.

Zieht man die Kurve der Fig. 4 von der Kurve 3 ab, so erhält man ein, wenngleich rohes Bild der charakteristischen Banden. Zwei der Maxima sind besonders deutlich erkennbar. Hiermit war aber

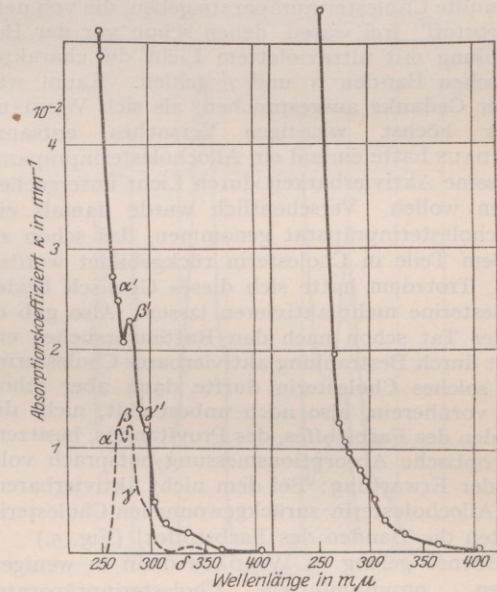


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 3. Ausgezogene Kurve: Absorptionsspektrum eines Cholesterinpräparates in einprozentiger alkoholischer Lösung.

Gestrichelte Kurve: Die durch die Ausbleichung verschwundenen Absorptionsbanden, durch Differenzbildung der Kurven 3 und 4 gewonnen.

Fig. 4. Absorptionsspektrum des gleichen Präparates nach seiner photochemischen Ausbleichung durch ultraviolettes Licht.

noch nichts Nennenswertes erreicht. Es war nur eine quantitative Bestätigung der HESSschen Entdeckung, der photochemischen Ausbleichung des Cholesterins unterhalb von 300 m μ . Neu und wichtig war erst das folgende.

Der Absorptionskoeffizient des Cholesterins war bei 280 m μ durch die Bestrahlung auf unter die Hälfte heruntergegangen. Nach diesem optischen Befund mußte über die Hälfte des Cholesterins photochemisch umgesetzt worden sein,

falls gemäß der herrschenden Ansicht Cholesterin und Provitamin identisch waren. Kollege WINDAUS opponierte ganz energisch. Mit größter Entschiedenheit trat er dafür ein, daß nach seinen chemischen Befunden höchstens wenige Promille des Cholesterins photochemisch umgesetzt sein könnten. Da aber gab es nur einen Ausweg: Die bisherige Identifizierung des Provitamins mit dem Cholesterin war falsch. Die Absorptionsbanden, die bei der Ausbleichung verschwinden, gehören überhaupt nicht dem Cholesterin an, sondern einer unbekannt Substanz, die das Cholesterin in der Konzentration von wenigen Tausendsteln begleitet. Ich nannte diese Substanz ihrer starken selektiven Lichtabsorption halber kurz einen „Farbstoff“.

Diese Deutung hatte eine einfache Konsequenz: Es mußte Cholesterinpräparate geben, die von dem „Farbstoff“ frei waren, denen schon vor der Bestrahlung mit ultraviolettem Licht die charakteristischen Banden α und β fehlen. Kaum war dieser Gedanke ausgesprochen, als sich WINDAUS eines höchst wichtigen Versuches entsann. WINDAUS hatte einmal ein Allocholesterinpräparat auf seine Aktivierbarkeit durch Licht untersuchen lassen wollen. Versehentlich wurde damals ein Allocholesterinpräparat genommen, das schon zu großem Teile in Cholesterin rückgebildet worden war. Trotzdem hatte sich dieses Gemisch beider Cholesterine nicht aktivieren lassen. Also gab es in der Tat schon nach den Rattenversuchen ein nicht durch Bestrahlung aktivierbares Cholesterin! Ein solches Cholesterin durfte dann aber schon von vornherein, also noch unbestrahlt, nicht die Banden des Farbstoffes, des Provitamins, besitzen. Die optische Absorptionsmessung entsprach voll auf der Erwartung: Bei dem nicht aktivierbaren, aus Allocholesterin zurückgewonnenen Cholesterin fehlten die Banden des Farbstoffes! (Fig. 5.)

Ebenso gelang es WINDAUS dann in wenigen Tagen, provitaminfreie Cholesterinpräparate, optisch wie physiologisch gesprochen, durch andere Reinigungsmethoden zu gewinnen. Es war kein Zweifel mehr möglich: Das Provitamin ist nicht mit dem Cholesterin identisch. Es ist eine winzige Beimengung, die nicht besonders gereinigte Cholesterinpräparate im Sinne eines Farbstoffes begleitet. Diese optisch gewonnenen Ergebnisse trug ich am 10. 12. 26 in der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen vor¹⁾. Kollege WINDAUS war gedrückter Stimmung, das Provitamin, das in Gestalt des Cholesterins in großen, der chemischen Untersuchung zugänglichen Mengen verfügbar erschienen war, hatte sich optisch als ein nur spurenweise, höchstens in Promillen anwesender „Farbstoff“ erwiesen, dessen winzige Mengen chemisch nicht gefaßt werden konnten. Ich selbst war optimistischer, natürlich unbeschwert durch die Kenntnis chemischer Schwierigkeiten: Die so sehr selektiven Absorptionsbanden waren doch offenbar ein vorzüglicher Indikator, der bei der An-

reicherung des Provitamins zu chemisch faßbaren Mengen benutzt werden konnte. Die Parallele mit der Anreicherung radioaktiver Substanzen an Hand ihrer Strahlung lag ja so nahe. Der optische Indikator der quantitativen Absorptionsmessung arbeitet außerordentlich viel rascher als das zuvor allein verfügbare Tierexperiment. Der Rattenversuch erforderte einige Wochen, der optische Versuch einige Stunden. (Dabei ist es lediglich eine technische Frage, die Dauer einer optischen Messung durch bessere Hilfsmittel auf wenige Minuten herabzusetzen.)

WINDAUS und seine Mitarbeiter nahmen sofort Versuche in Angriff, das Provitamin, den unbekannt Farbstoff, anzureichern. Es gelang ihnen auch auf zwei Wegen: durch Fraktionierung im

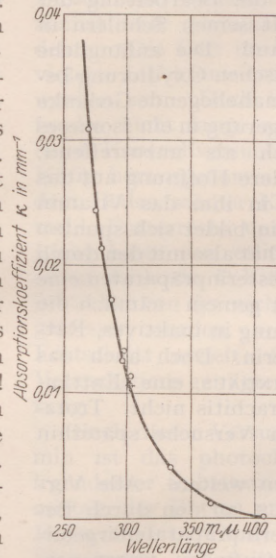


Fig. 5. Absorptionsspektrum eines Cholesterinpräparates, in dem der Farbstoff fast durch Zerfall von Allocholesterin gewonnenen, nicht ausbleichbaren und physiologisch nicht aktivierbaren Cholesterins.

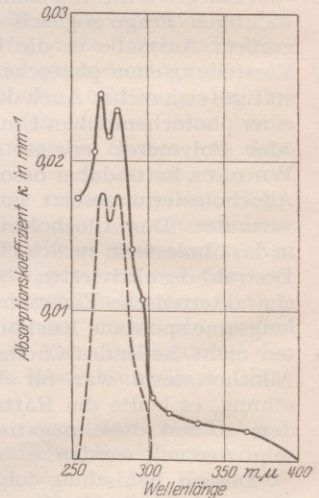


Fig. 6. Absorptionsspektrum eines Cholesterinpräparates, in dem der unbekannt „Farbstoff“, das Provitamin, durch 10fache Hochvakuumdestillation auf etwa das doppelte angereichert ist. Die gestrichelte Kurve zeigt wieder die Banden, die bei der photochemischen Ausbleichung verschwinden.

Hochvakuum und durch fraktioniertes Umkrystallisieren aus Essigsäure. Fig. 6 zeigt ein Cholesterinpräparat, in dem der Farbstoff fast auf das Doppelte angereichert ist. Allerdings waren für diesen bescheidenen Erfolg schon 10 Fraktionen erforderlich. Aber viel wichtiger waren alle negativ verlaufenden Anreicherungsversuche, die Versuche, die den Farbstoff zerstörten statt ihn anzuhäufen. Durch sie wurde der Kreis der Betracht kommenden Substanzen bald so eingeeengt, daß WINDAUS schon nach wenigen Tagen auf Grund seiner chemischen Befunde in einem Sterin der Hefe, dem Ergosterin, den gesuchten Farbstoff vermutete. Und WINDAUS hat glänzend recht

¹⁾ Nachr. d. mathem.-physik. Kl. 1926, H. 2, S. 143.

behalten! Die Fig. 7 und 8 zeigen den optischen Befund. In Fig. 7 sehen Sie wieder das Absorptionsspektrum des Farbstoffes, wie er ein altes Cholesterinpräparat in einprozentiger Lösung begleitet. α erreicht einen Höchstwert von $0,013 \text{ mm}^{-1}$. In Fig. 8 sehen Sie dann das Absorptionsspektrum des Ergosterins in der winzigen Konzentration von $\frac{1}{1000}\%$. Die weitgehende Identität beider Spektra ist offensichtlich. Dabei beträgt aber der Absorptionskoeffizient α im Höchstwert fast $0,08 \text{ mm}^{-1}$. Er ist also trotz 1000 mal kleinerer Konzentration 6mal so hoch, als er rechts am Cholesterin gefunden wurde. Daraus folgt sofort, daß das Ergosterin, das gesuchte Provitamin, dem Cholesterin nur zu $\frac{1}{60}\%$ beigemischt ist. Auf je 6000 Cholesterinmoleküle kommt erst ein Farbstoff- oder ein Ergosterinmolekül. Kein Wunder, scherzte WINDAUS, daß ihm dieser winzige Begleiter in 20jähr. Beschäftigung mit dem Cholesterin bisher entgangen

dosen von nur $\frac{1}{1000}$ mg bestrahlten Ergosterins heilten die kranken Ratten.

Damit war also das Provitamin mit dem Ergosterin identifiziert. Es verblieb nun die weitere Aufgabe, auch die Struktur des photochemischen Reaktionsproduktes, des eigentlichen D-Vitamines aufzuklären. Als Physiker konnte ich natürlich nur nach seinem Spektrum suchen. Daß es nicht im Gebiet langer Wellen zu finden war, wußte ich schon aus dem negativen Ausfall meiner ersten Versuche, die der „Erregung“ des Cholesterins gegolten hatten. Das Absorptionsspektrum des Vitamins mußte im kurzwelligen Ultraviolett gesucht werden. Die Fig. 9 zeigt links das Absorptionsspektrum des Ergosterins in einer Lösung von $\frac{1}{25}\%$ herab bis zu $200 \text{ m}\mu$. Daneben sehen Sie rechts in Fig. 9 das Spektrum der gleichen Substanz nach längerer Bestrahlung mit dem ultravioletten Licht eines Magnesiumfunken. Die Differenz beider

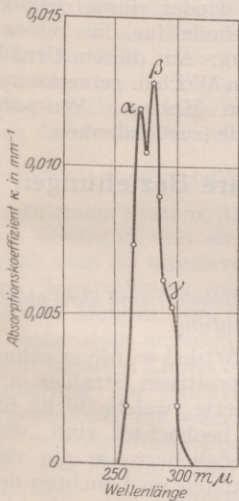


Fig. 7. Absorptionsspektrum des „Farbstoffes“ oder Provitamins, wie es einer 1 proz. alkoholischen Cholesterinlösung beigemischt war.

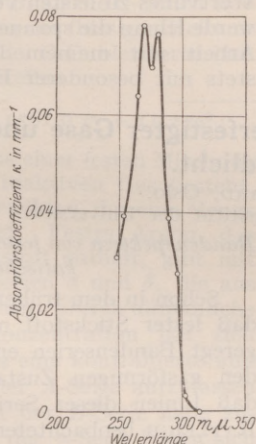


Fig. 8. Absorptionsspektrum des Ergosterins in $\frac{1}{1000}$ Proz. alkoholischer Lösung.

Die zwischen Fig. 7 und 8 verbleibenden Abweichungen erklären sich dadurch, daß Fig. 7 durch eine ziemlich rohe graphische Subtraktion der Kurven 3 und 4 gewonnen ist.

war! Auch erschien jetzt nachträglich die kurze Bezeichnung „Farbstoff“ für das Provitamin nicht ungerechtfertigt.

Die Spektren des Ergosterins und des Provitamins stimmten also überein. Zur restlosen Identifizierung mit dem Provitamin in der Rattenrachitis fehlten noch zweierlei:

1. die photochemische Ausbleichbarkeit des Ergosterins,

2. die entscheidende Kontrolle im Tierversuch.

Die photochemische Umsetzung des Ergosterins ergab sich beim ersten Vorversuch in krasser Weise. Das Tierexperiment war positiv: Tages-

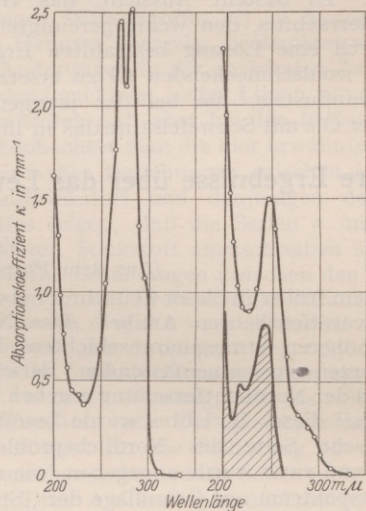


Fig. 9. Absorptionsspektrum von Ergosterin in $\frac{1}{25}$ proz. alkoholischer Lösung bis herab zur Wellenlänge $\lambda = 200 \text{ m}\mu$ links vor, rechts nach erfolgtem photochemischen Umsatz. Die graphisch gewonnene schraffierte Fläche zeigt das Absorptionsspektrum des beim photochemischen Umsatz geschaffenen D-Vitamins.

Kurven gibt mit ihren positiven Werten die beim photochemischen Umsatz neu geschaffene Absorption, oder das Spektrum des eigentlichen D-Vitamines. Einzelheiten seiner Struktur werden wohl noch zu verbessern sein, dahin zielende Messungen sind im Gange. Aber in großen Zügen ist das Absorptionsspektrum des D-Vitamines bekannt¹⁾.

Die chemische Identifizierung des Vitamines durch Kollegen WINDAUS steht noch aus. Hoffentlich wird auch dabei der optische Indicator sich als bequemer und sicherer Führer erweisen.

Damit hätte ich Ihnen die Rolle der Physik bei

¹⁾ Nachr. v. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Mathem.-physik. Kl. 1926, H. 2, S. 185.

der Aufklärung des D-Vitaminproblems geschildert. WINDAUS selbst hat sie kürzlich in einem Vortrage treffend gekennzeichnet: „Ohne die Physik hätten wir Chemiker das Ergebnis Ergosterin = Provitamin auch herausbekommen. Aber zu dem, was jetzt in den letzten Wochen in wenigen Arbeitstagen erreicht worden ist, hätten wir, allein auf das Tierexperiment als Indicator angewiesen, mindestens noch ein Jahr gebraucht.“ Außerdem hat die physikalische Messung noch ein praktisch wichtiges Ergebnis gezeitigt, die besondere Brauchbarkeit des Magnesiumfunkenlichtes zur Aktivierung des Ergosterins. Der Quecksilberlampe fehlt es gerade in dem photochemisch wirksamen Spektralbereich an Emissionslinien erheblicher Energie. Hingegen hat der Mg-Funken gerade dort seine überwiegende Emission.

Ich komme zum Schluß. Die Vitaminfrage hat in letzter Zeit die Tageszeitungen stark beschäftigt. Es besteht Aussicht, das Heilmittel der Kinderrachitis, den wenig gereinigten Lebertran, durch eine Lösung bestrahlten Ergosterins in einem wohlgeschmeckenden Öl zu ersetzen. Die Margarineindustrie, die bei der jetzigen Reinigung ihrer Öle mit Schwefelsäure das in ihnen ent-

haltene Ergosterin völlig zerstört, kann mit einem bequemen Ersatz des Verlorenen rechnen und so fort. Doch kann erst die medizinische Erfahrung zeigen, was von diesen berechtigten Hoffnungen in Erfüllung gehen wird. — Gesichert ist aber schon heute ein Resultat von allergrößter Tragweite. — Man hat ein Provitamin und ein Vitamin, nämlich das D-Vitamin, in chemisch faßbaren Mengen, und die Natur des Provitamins ist bereits chemisch aufgeklärt. Damit ist ein altes wissenschaftliches Rätsel gelöst. Es ist ein großer Erfolg der deutschen Chemie. — Mich als Physiker hat noch ein Punkt mit besonderer Genugtuung erfüllt. Ich habe nach meinem Lehrauftrag in Göttingen die Physik ausdrücklich nicht nur für Physiker, sondern insbesondere auch für Biologen zu vertreten. Ich habe mich immer gegen die Abkapselung des Physikbetriebes nach Fachschulgesichtspunkten energisch zur Wehr gesetzt. Bei der Vitaminfrage hat sich wieder einmal gezeigt, daß die physikalische Methode für die Biologie Wertvolles zu leisten vermag. Aus diesem Grunde werde ich an die spannenden Wochen gemeinsamer Arbeit mit meinem lieben Kollegen WINDAUS stets mit besonderer Freude zurückerdenken.

Neuere Ergebnisse über das Leuchten verfestigter Gase und ihre Beziehungen zum Nordlicht.

Von L. VEGARD, Oslo.

(Aus dem Physikalischen Institut der Universität.)

In einem früher in dieser Zeitschr. (1925, Nr. 30, S. 541) veröffentlichten Artikel „Das Nordlicht und die höheren Atmosphärenschichten“ habe ich einen kurzen zusammenfassenden Bericht über den Stand der Nordlichtforschung gegeben. In dem letzten Teil dieses Berichtes wurde besonders die physikalische Seite des Nordlichtproblems behandelt, und zwar wurde angegeben, wie man das Nordlichtspektrum auf Grundlage der „Stickstoffstaubtheorie“ deuten kann. Diese Deutung gründete sich auf einen Vergleich zwischen den vom Verfasser vorgenommenen Untersuchungen über das Nordlichtspektrum und über das Leuchten verfestigter Gase. Seitdem dieser Artikel geschrieben wurde, ist die Arbeit fortgesetzt, und sowohl in bezug auf das Nordlichtspektrum als mit Rücksicht auf die Lichtemission bei tiefen Temperaturen sind eine Reihe wichtiger Ergebnisse erhalten worden. Im Anschluß an meinen früheren Artikel werde ich im folgenden eine kurze Übersicht über die späteren Ergebnisse geben. Für ausführlichere Beschreibungen dieser Untersuchungen muß ich auf die schon veröffentlichten Abhandlungen¹⁾ hinweisen.

- ¹⁾ L. VEGARD: I. The Luminescence from solidified Gases down to the Temperature of liquid Hydrogen and its Applikation to cosmic Phenomena. Comm. from the Phys. Lab. Leiden Nr. 175. 1925.
- II. Det Norske Vid. Akad. Skr. I, Nr. 9. 1925.
- III. Comptes Rendus 182, 211. Jan. 1926.
- IV. Comm. from Phys. Lab. Leiden. Supplement Nr. 59. 1926.
- V. Das Leuchten verfestigter Gase und seine Be-

Bandenspektren von festem Stickstoff und ihre physikalische Deutung.

Schon in dem früheren Artikel wurde erwähnt, daß fester Stickstoff mit positiven Strahlen angeregt Bandenserien emittierte, welche nicht für den gasförmigen Zustand beobachtet sind, und daß Linien dieser Serie möglicherweise die von RAYLEIGH beobachteten Banden im Leuchten des Nachthimmels erklären könnten. Durch die weiteren Versuche sind noch eine Reihe von anderen Bandenserien und Seriensystemen beobachtet, und es ist mir auch gelungen (III, IV, S. 24; V, S. 418), diese Serien im Sinne der Quantentheorie zu deuten. Dadurch hat man einen wertvollen Einblick in dem Mechanismus des Leuchtvorganges im festen Stickstoff erreicht, der auch für die Deutung gewisser Eigentümlichkeiten des Nordlichtspektrums von besonderer Bedeutung ist. Es ist deshalb zweckmäßig, daß wir zuerst über die Bandenspektren des festen Stickstoffes kurz berichten.

- ziehungen zu kosmischen Vorgängen. Ann. d. Phys. 19, 377. 1926.
- VI. On the Origin of the red Colour of the Aurora. Det Norske Vid. Akad. Avh. I, Nr. 2. 1926.
 - VII. L. VEGARD, H. KAMERLING, ONNES und W. H. KEESOM, Emission de lumière par des gaz solidifiés à la température de l'hélium liquide et origine du spectre auroral. C. R. 180, 1084. 1925.
 - VIII. The Luminescence of solidified Gases at liquid Helium Temperature. Comm. from Phys. Lab. Leiden Nr. 183.

Wenn fester Stickstoff — in der α -Form — mit Kanalstrahlen angeregt wird (I), entsteht eine diffuse Bandenserie, die wir mit A bezeichnet haben. Von dieser Serie sind 7 Einzelbanden in dem Intervall 4905—3290 beobachtet worden. Jedes Band hat eine recht scharfe Grenze gegen kürzere Wellen. Die Wellenlänge dieser Grenze läßt sich recht genau feststellen und die Frequenzen lassen sich durch die Formel

$$\nu = 30398 - 1788 m + 20 m^2 \quad (m = 0 \rightarrow 6)$$

bestimmen. Mit schnellen Kathodenstrahlen angeregt, gibt fester Stickstoff zwei diffuse Serien BB' , die aus etwa 13 Einzelbanden bestehen und sich über den Bereich 6400—2950 erstrecken. B und B' lassen sich mit der jetzigen Meßgenauigkeit als eine Dublettserie auffassen (I). Wenn man einen Spektrographen mit etwas größerer Dispersion verwendet, beobachtet man eine Serie von recht scharfen Dubletten, die mit CC' bezeichnet sind, und die mit der B -Serie in naher Beziehung stehen (VI, VII, VIII). Sowohl die B - als die C -Serien sind besonders bei der Temperatur des flüssigen Heliums recht stark entwickelt. Die C -Dublettserie läßt sich durch die Formel darstellen:

$$\nu_C = \nu_{C'} + 44 = 34057 - 1561,9 m + 11,2 m^2.$$

In einem System, das aus einer festen Mischung von Stickstoff und einem inaktiven Gas besteht, erhält man ein intensives Leuchten, das eine Menge von Spektrallinien ausweist. Festes Argon, das geringe Mengen von Stickstoff enthält, gibt mit Kanalstrahlen angeregt 2 Serien α und β , die aus recht scharfen Linien bestehen. Durch allmähliche Änderung der Stickstoffkonzentration hat sich ergeben, daß die α -Serie als eine kontrahierte und etwas verschobene Form der A -Serie aufzufassen ist. Die β -Serie hängt mit der B -Serie nahe zusammen. Die Frequenzen der α -Serie lassen sich durch die Formel

$$\nu = 30748 - 1831 m + 20,7 m^2 \quad (m = 0 \rightarrow 6)$$

berechnen (I, II). Mit schnellen Kathodenstrahlen (5—6 mm Funke) angeregt, geben Argon-Stickstoffmischungen besonders bei geringer Stickstoffkonzentration sehr linienreiche Spektren (I, II, IV).

Wenn das feste Argon nur Spuren von Stickstoff enthält, ist das Spektrum in Blau und Violett hauptsächlich durch vier Serien $\vartheta, \gamma, \gamma', \delta$ dominiert. Die ϑ -Serie ist besonders dominierend mit 6 starken und scharfen Linien von Rot bis Violett. Die γ -Serie besteht aus Triplets. Für die Serien ϑ und δ gelten die folgenden Formeln:

$$\begin{cases} \nu_{\vartheta} = 22976 - 1635 m - 11,6 m^2 & (m = 0 \rightarrow 5) \\ \nu_{\delta} = 21238 - 1632 m - 12,0 m^2 & (m = 0 \rightarrow 3) \end{cases}$$

und für die beiden γ -Serien finden wir:

$$\begin{aligned} \nu_{\gamma} &= 23213 - 2180 m + 86,5 m^2 - 59 p. \quad \left\{ \begin{array}{l} (m + 0 \rightarrow 4) \\ (p = 1, 2, 3) \end{array} \right. \\ \nu_{\gamma'} &= 23303 - 2113 m + 71 m^2 \quad (m = 0 \rightarrow 4) \end{aligned}$$

Außer diesen Serien bekommt man bei Anregung von A - N -Gemischen mit schnellen Kathodenstrahlen noch eine große Zahl von Linien, die alle einem Bandensystem (ε) gehören.

Solange die feste Schicht nur Spuren von Stickstoff enthält, sind nur einige der stärksten ε -Linien vorhanden und sind recht schwach gegenüber den Linien der Serien $\vartheta, \delta, \gamma, \gamma'$. Wenn Stickstoff bis zu Konzentrationen von etwa 1—20% hinzugefügt wird, ist das Spektrum in Blau bis Ultraviolett vom ε -System beherrscht, und bei Konzentrationen zwischen etwa 2—20% dominiert eine bestimmte Serie im ε -System, die mit η bezeichnet ist. Die Linien der η -Serie werden mit zunehmender N -Konzentration recht diffuse mit einer scharfen Begrenzung gegen kürzere Wellen. Sie begrenzen das ε -System gegen Ultraviolett und spielt eine fundamentale Rolle in diesem System. Außerdem tritt noch eine diffuse Serie ζ auf, die dem ε -System nicht angehört. Wenn man von der Temperatur des flüssigen Wasserstoffes (1) zu derjenigen des flüssigen Heliums übergeht, beobachtet man wohl gewisse Änderungen in der spektralen Zusammensetzung des Leuchtens, einige Linien verschwinden und neue treten auf; aber bei den beiden Temperaturen beobachtet man die hier erwähnten Serien.

Die einfachen Beziehungen zwischen den Serien in Argon-Stickstoff und denjenigen des reinen Stickstoffes zeigen, daß die Serien α und β dem beigemischten Stickstoff zuzuschreiben sind. Gewisse einfache Beziehungen zwischen den Serien α, ϑ und δ deuten mit Bestimmtheit darauf hin, daß auch die Serien ϑ und δ vom Stickstoff stammen. Die Zunahme der Intensität des ε -Systems mit zunehmender Stickstoffkonzentration spricht entschieden für die Auffassung, daß das ε -System ein Stickstoffleuchten ist. Die gewöhnlichen Argonspektren können für die Erklärung der in festen Argongemischen auftretenden Serien nicht in Frage kommen. Diese Auffassung ist auch durch ähnliche Anregung von festen Neon-Stickstoffgemischen bei der Temperatur des flüssigen Heliums bestätigt worden. Auch in diesem Falle beobachtet man VIII, S. 27) die δ -Serie und eine Reihe von Linien des ε -Systems. Wegen der nahen Verwandtschaft zwischen den Serien δ und ϑ muß auch die letzte von Stickstoff herrühren.

Gewisse Verbindungen zwischen die γ -Serien und ϑ lassen vermuten, daß auch die γ -Serien dem Stickstoff zuzuschreiben sind. Die Serien $A, B, C, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \vartheta, \zeta$ verschwinden alle sehr schnell nach dem Aufhören der Anregung; nur die A -Serie habe ich gelegentlich im Nachleuchten beobachten können. Das ε -System dagegen bleibt eine merkliche Zeit im Nachleuchten stehen und tritt in Spektralaufnahmen des Nachleuchtens sehr stark auf. Da die angeregte Schicht wenigstens nach dem Aufhören der Anregung sich in festem Zustand befindet, muß das ε -System für den festen Zustand charakteristisch sein. Da die anderen Serien von den bis jetzt bekannten Serien gasförmigen Stickstoffes verschieden sind, und da sie nur unter-

halb des Umwandlungspunktes des Stickstoffes entstehen, muß man auch für diese Serien annehmen, daß sie dem festen Zustand gehören.

Sämtliche Serien sind als Oszillationsserien zu deuten (I, S. 83; IV, S. 25). Für die Energie eines Oszillators ergibt bekanntlich die Quantentheorie annähernd:

$$W_{osc} = h(\omega m - \alpha^2 m^2) \quad (1)$$

und für die Frequenz:

$$\omega_m = \omega - 2 \alpha^2 m \quad (2)$$

Mit wachsender m (wachsender Amplitude) wird die Bindung des oszillierenden Teilchens schwächer, die Frequenz nimmt ab. Wären nun diese Gleichungen für alle m -Werte richtig, so würde man für $m = \frac{\omega}{2 \alpha^2}$ die Frequenz 0 bekommen. Dies gibt für die Energie:

$$W_f = \frac{h \omega^2}{4 \alpha^2} \quad (3)$$

Das oszillierende Teilchen wäre von der betreffenden Bindung frei. Es ist jedoch nicht ohne Gefahr, diese Formeln für große m -Werte gelten zu lassen. Bei großen Amplituden treten möglich Glieder mit höheren Potenzen von (m) auf¹⁾. Der Anregungsprozeß besteht wenigstens teilweise darin, daß gewisse Elektronen aus ihren Normalbahnen getrieben werden. Sie können dadurch entweder in andere stationäre Bahnen, welche die krystallinische Atombindung zulassen, übergeführt werden, oder sie können ganz außerhalb der Wirkungssphäre des betreffenden Atoms geführt werden. In beiden Fällen werden wir von innerer Ionisation sprechen.

Nun kann das System in den Ionisierungsstufen oszillatorische Energie besitzen, und setzt man $\frac{W_{osc}}{h} = T(m)$, bekommt man für die Frequenz:

$$\nu = \nu_0 + T_2(m_2) - T_1(m_1) \quad (4)$$

Die Indices 2 und 1 entsprechen Anfangs- bzw. Endzustand. Wenn wir das negative Zeichen vor α^2 im Oszillationstherm berücksichtigen, ergeben sofort die Serienformeln für $A, B, C, \alpha, \beta, \gamma, \gamma', \delta, \vartheta, \zeta$, daß sämtliche diese Serien durch Elektronensprünge von einem festen oberen Niveau zu verschiedenen oszillatorischen Niveaus entstehen.

In der Thermformel hat man m_2 einen konstanten Wert zu geben und m_1 als Laufzahl zu betrachten. In jeder Serie gibt also Rekombination zum oszillatorischen o-Niveau die möglichst kürzeste Wellenlänge der Serie. Nun enden die meisten Serien recht plötzlich in der kurzwelligen Richtung, und das könnte darauf deuten, daß die beobachtete Linie in jeder Serie, welche die höchste Frequenz hat, einer Rekombination zum oszillatorischen o-Niveau entspricht. Dies scheint auch in gewissen Fällen richtig zu sein, aber durch die Deutung des ε -Systems hat sich eine Auswahlregel für die möglichen Sprünge ergeben, welche in gewissen Fällen einen Übergang zum o-Niveau verbietet.

¹⁾ Vgl. BIRGE und SPONER, Phys. Rev. 28, 259, 1926.

Für die Serien ϑ und δ ist es jedoch recht wahrscheinlich, daß die Linie ($m = 0$) wirklich durch Übergänge zu oszillatorischen o-Niveaus entstehen. Denn durch diese Annahme bekommt man ohne weiteres Serienformeln für ϑ und δ , welche zeigen, daß sie sich nur durch verschiedene Anfangsniveaus unterscheiden. Die in den Formeln vorkommende Laufzahl (m) gibt also die richtige Numerierung des Grundniveaus dieser beiden Serien.

Für das ε -System wurde zuerst die folgende Formel gefunden:

$$\begin{aligned} \varepsilon_n^p &= 16747 + 1755 n + 15,5 n^2 + (480 + 31,0 n) p \\ n &= -1, 0, 1 \dots 7, \text{ und } p + 0, 1 \rightarrow 6 \end{aligned}$$

Sämtliche Kombinationen von n und p innerhalb des angegebenen Wertbereiches ergeben 63 Linien, wovon die meisten beobachtet sind. Die Serie in (n) für $p = 6$ entspricht der η -Serie. Für jeden n -Wert bekommt man eine Serie mit Laufzahl p , wo die Linien mit konstantem Frequenzunterschied aufeinander folgen. Für jeden n -Wert ändert sich der Frequenzunterschied in der p -Serie. Es scheint, als ob man für jeden n -Wert ein besonderes Niveauschema konstruieren müßte.

Es zeigte sich indessen (III, IV, V), daß das ε -System auf die Form der Gleichung (4) gebracht werden kann. Die konstanten Frequenzintervalle der p -Serien rühren daher, daß die Oszillationen des Anfangs- und Endzustandes annähernd denselben Wert von α^2 besitzen. Der Übergang zu der Thermformel (4) läßt sich durch die Transformation $m_2 - m_1 = n + n_0$, und $m_2 = p_0 - p$ erreichen, wo n_0 und p_0 vorläufig willkürliche, ganze Zahlen sind, welche die oszillatorischen o-Niveaus bestimmen. Wenn man von der Numerierung der Niveaus wegsieht, kann man das Niveauschema sämtlicher Linien eindeutig konstruieren (Fig. 1). Man findet nun, daß eine Reihe von Übergängen nicht vorkommen, und es handelt sich darum, ein einfaches Auswahlprinzip zu finden, das die nicht auftretenden Übergänge erklären.

Eine eingehende Analyse der verschiedenen Möglichkeiten führt zu der einfachen Regel $m_2 - m_1 \not\leq 0$; oder durch den Emissionsvorgang kann die Zahl der Oszillationsquanten, die im Prozeß beteiligt sind, niemals abnehmen.

Nimmt man weiter an, daß die Grenzlinie in Ultraviolett der η -Serie einem Übergang zum o-Niveau entspricht, wird auch die Numerierung des Anfangsniveaus festgestellt (Fig. 1). Aus der früher gegebenen Formel für das ε -System bekommt man die folgende Thermformel:

$$\begin{aligned} \nu_\varepsilon &= 33974 + m_2(1461 - 15,5 m_2) \\ &\quad - m_1(2158 - 15,5 m_1) \end{aligned}$$

Die beobachteten Linien erfüllen die Bedingungen:

$$\begin{aligned} 6 &\not\leq m_2 \not\leq 0 \\ 14 &\not\leq m_1 \not\leq 0 \\ 8 &\not\leq m_1 - m_2 \not\leq 0 \end{aligned}$$

Die gefundene Auswahlregel ist von bedeutender physikalischer Tragweite. Sie bedeutet, daß

die in den Bandenlinien emittierte Energie niemals der Oszillationsenergie entnommen wird. Die Wirkung der Oszillationen auf den Strahlungsvorgang besteht darin, daß Oszillationen durch die Elektronensprünge auf Kosten der Rekombinationsenergie entstehen, und hierdurch wird die emittierte Energie quantenmäßig vermindert, und es bilden sich Oszillationsserien.

Wie ich in meinen früheren Arbeiten erwähnt habe, muß man erwarten, daß die gefundene Auswahlregel nicht nur für den festen Zustand, sondern auch für Oszillationsbanden gasförmiger Lichtquellen gelten. Die gewöhnlichen positiven und negativen Oszillationsbanden des gasförmigen Stickstoffes sind denjenigen des festen Zustandes

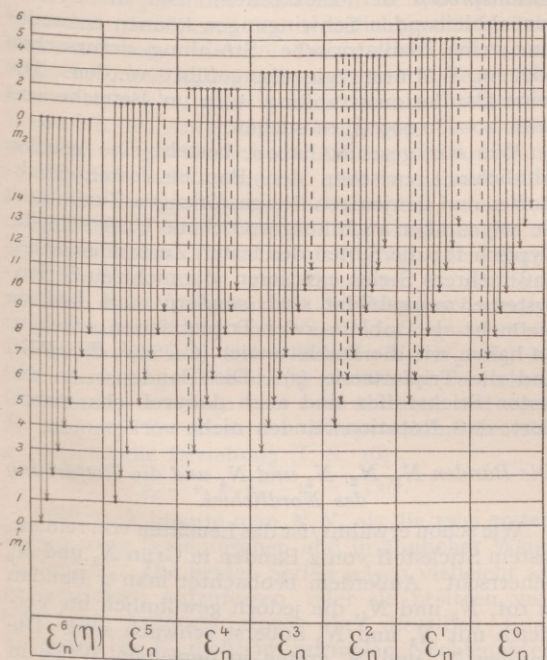


Fig. 1. Energiestufenschema, das die Bildung der Serien des ϵ -Systems angibt.

sehr ähnlich, und es zeigt sich in der Tat, daß, wenn man die Niveaus nach den DESLANDERSchen Formeln in üblicher Weise numeriert, so ist unser Auswahlprinzip erfüllt, und dadurch die nicht vorkommenden Übergänge erklärt. Ich hoffe bald die Gelegenheit zu finden, auch Bandenspektren von anderen Gasen in bezug auf die neue Auswahlregel zu untersuchen, um festzustellen, welcher Grad von Allgemeinheit der Auswahlregel zukommt.

Die Tatsache, daß das Auswahlprinzip überhaupt für gewisse Systeme gilt, ist von großer theoretischer Tragweite. Nach dem Korrespondenzprinzip sollte man nämlich erwarten, daß eine durch Oszillationen erzeugte Erhöhung der durch den Elektronensprung erzeugten Grundfrequenz ebenso wahrscheinlich wie eine Abnahme sein sollte. Eine Erhöhung ist aber durch das Aus-

wahlprinzip verboten. Es scheint, als ob das Korrespondenzprinzip nicht für diese Emissionsprozesse Geltung hat. Ob es möglich sein wird, eine solche Bewegungsform zu finden, daß das Auswahlprinzip mit dem Korrespondenzprinzip in Einklang gebracht werden kann, müssen die weiteren theoretischen Untersuchungen der Atomkonstitution beantworten.

Wie erwähnt, kann man, wie FRANCK, BIRGE, SPONER, WITMER u. a. getan haben, die Bindungsenergien der Atome aus den Serienformeln berechnen. Da die Frequenz für den Banden des festen Stickstoffes annähernd eine lineare Funktion von (m) ist, sollte die Gleichung (3) für die Dissoziationsenergie annähernd gelten. Der oszillatorische Endtherm des ϵ -Systems ergibt nach Formel (3) für die Dissoziationsspannung 9,3 Volt, der Anfangstherm 4,25 Volt. Die Frequenzenergie nimmt also mit steigendem Elektronenniveau ab. Die Grundfrequenz des ϵ -Systems, welche dem Elektronensprung entspricht, ist 33 974 oder 4,2 Volt. Die Summe dieser Elektronenenergie (4,2 Volt) und der Trennungsenergie des Anfangsniveaus (4,25 Volt) ergibt 8,5 Volt oder annähernd die Trennungsenergie des Endniveaus. Die Trennungsenergie nimmt also ungefähr um einen Betrag ab, welcher der Erhöhung der Elektronenenergie entspricht. Durch die innere Ionisation wird also die Atombindung lockerer.

Die aus dem ϵ -System gefundenen Werte der Frequenzenergien der betreffenden Anregungsstufen des festen Stickstoffes sind von derselben Größenordnung wie die für den gasförmigen Stickstoff gefundenen Werte. Nach BIRGE und SPONER (Phys. Rev. 1926, S. 259) sind für das negative Bandenspektrum des Stickstoffes die Trennungsenergien 9,1 und 6,7 Volt für Endzustand bzw. Anfangszustand.

Für die Trennungsenergien des Endzustandes ergibt also das negative Bandenspektrum des gasförmigen Stickstoffes ungefähr denselben Wert als das ϵ -System des festen Zustandes. Die größere Trennungsenergie des Anfangszustandes im Falle des negativen Bandenspektrums entspricht der Tatsache, daß die Grundfrequenz (25 565) kleiner ist als diejenige des ϵ -Systems (33 974).

Nach Untersuchungen von BIRGE, SPONER u. a. ist es sehr wahrscheinlich, daß das negative Bandenspektrum dem N^+_g -Ion gehört, und die Übereinstimmung der Trennungsenergien deutet darauf hin, daß das ϵ -System einem ionisierten Zustand des festen Stickstoffes entspricht. Um sich diesen Ionisierungszustand vorzustellen, und um die annähernde Gleichheit der Trennungsenergien in der gasförmigen und in der festen Phase zu erklären, kann man annehmen, daß das Gitter der α -Modifikation ein „Molekylargitter“ ist. Die außerordentlich verschiedene Erregbarkeit der beiden Modifikationen des festen Stickstoffes ist vielleicht durch Übergang von einem Ionengitter bis zu einem Molekylargitter zu erklären. Diese Frage läßt sich vielleicht durch Strukturbestimmungen mit Röntgenstrahlen endgültig beant-

worten. Selbst wenn man mit einem Molekylargitter zu tun hätte, wäre es doch verfrüht, aus der annähernden Übereinstimmung der Trennungsenergie des ε -Systems und derjenigen des negativen Bandenspektrums den Schluß zu ziehen, daß das ε -System durch Rekombination nach einem N^+_{2-} -Ion entsteht. Für die anderen Serien ist die o-Lage der Oszillationsniveaus nur für δ und θ als recht sicher anzusehen. Einige früher angegebene Beziehungen zwischen diesen Serien und A , α und C beruhen auf gewissen annähernd numerischen Übereinstimmungen der Niveauhöhen und sind nicht als sicher anzusehen. Wir werden hier die früher gegebenen Formeln zugrunde legen, und wir berechnen die folgenden Trennungsenergien, welche alle dem Endzustand der Elektronenlage entsprechen.

Für die Serien δ und θ finden wir 7,1 Volt, für die A -Serie 4,9 Volt und für die C -Serie 6,7 Volt. Die beiden letzten Serien sind sowohl im reinen, festen Stickstoff als in festem Argon mit geringem Stickstoffgehalt beobachtet. Im letzten Falle sind sie mit α und β bezeichnet. Die Variation der Trennungsenergien entspricht verschiedenen inneren Ionisierungsstufen (Elektronenbahnen). Die großen Werte von ω und α^2 für γ und γ' deuten darauf hin, daß sie einem hohen Elektronenniveau entsprechen. Hiermit stimmen auch die geringen Trennungsenergien 1,69 bzw. 1,93 Volt.

Die Tatsache, daß diese Serien sich nicht, oder wenigstens nur kurze Zeit, im Nachleuchten halten, während das ε -System sich recht lange hält, läßt sich möglicherweise in folgender Weise erklären: Der Bildung des ε -Systems ist ein Ionisierungsprozeß vorausgegangen, und die Elektronen, welche für die Ionenbildung weggeschossen sind, können entweder in quasistationären Bahnen verweilen, oder sie können einfach in der umgebenden (isolierenden?) Substanz für eine Weile stecken bleiben. Durch den Rekombinationsprozeß von Elektronen vielleicht bis zu dem N^+_{2-} -Ion wird das ε -System gebildet. Diese Rekombination geschieht schrittweise, und die letzte Stufe gibt das ε -System. Es existieren auch wohl Serien, welche das Anfangsniveau des ε -Systems als Endniveau haben. Diese Serien liegen aber in Ultrarot. Durch die Elektronensprünge dieser ultraroten Serien sollten sich die oszillatorischen Ausgangsniveaus des ε -Systems bilden.

Die übrigen Serien A , B , C , C' , α , β , γ , γ' , δ , θ , ζ stehen nicht in enger Beziehung zum ε -System und müssen also anderen verschiedenen Elektronenübergängen entsprechen, denn wären sie auf dem Rekombinationsweg nach den ε -Sprüngen gebildet, so müßten sie im Nachleuchten vorkommen. Sie gehören möglicherweise Erregungsstufen der neutralen Gittermolekyl¹⁾. Sind die Elektronen-

bahnen nicht quasistationär, findet die Rekombination unter Bildung der Serien sehr schnell nach der Anregung statt. Die Tatsache, daß diese Serien nicht *Seriensysteme* bilden, bedeutet, daß durch den Anregungsprozeß (*innere Ionisierung*) oszillatorische Energie nicht dem Atom zugeführt wird.

Für die Anregungs- und Emissionsvorgänge in festem Stickstoff sollten also die folgenden einfachen Regeln gelten. *Die Anregung selbst produziert direkt keine Atomschwingungen, und Schwingungsenergie wird auch nicht zusammen mit Elektronenrekombinationsenergie emittiert.*

Der letzte Teil des Satzes deckt sich mit unserem Auswahlprinzip. Wir könnten auch sagen: Atomschwingungen bilden sich *nur* durch den *Rekombinationsprozeß* der Elektronen. Die im System zurückbleibenden Schwingungen können entweder eine reine oszillatorische Strahlung verursachen oder in Wärmeenergie übergeführt werden. Die reine Oszillationsstrahlung wäre im Bereiche von etwa 40—80 000 Å zu suchen.

Wie wir gesehen haben, besteht eine gewisse Ähnlichkeit zwischen den Banden festen Stickstoffes und denjenigen des gasförmigen Zustandes; sie zeigen aber auch ausgesprochene Unterschiede. Typisch für die Serien des festen Zustandes ist es, daß mehrere Serien existieren, die nicht zu Seriensystemen ausgebildet sind, sondern man darf sie vielmehr als Dublett- oder Triplettserien ansehen. So haben wir die Dublettserien (CC') (δ , θ), (BB') und die Triplettserie (γ). Die Bandenserien des festen Stickstoffes sind auch dadurch charakterisiert, daß Rotationsbanden nicht vorkommen.

Die Banden N_1 , N_2 , N_3 und N_4 und die Rotfärbung des Nordlichtes.

Wie schon erwähnt, ist das Leuchten von reinem, festem Stickstoff von 2 Banden in Grün N_1 und N_2 beherrscht. Außerdem beobachtet man 2 Banden in rot, N_3 und N_4 , die jedoch gewöhnlich im Vergleich mit N_1 und N_2 äußerst schwach sind. Die Banden N_2 und N_4 treten in derselben Weise in dem „normalen“ Nachleuchten auf; N_4 besteht aus einer einzigen, scharfen Linie (5945), während N_2 gewöhnlich aus mehreren recht scharfen Komponenten besteht. Die Ausbildung dieser Komponenten ändert sich sehr mit den experimentellen Bedingungen, gewöhnlich ist eine Komponente mit einer Wellenlänge von 5230 dominierend. Die Banden N_1 und N_3 sind in reinem, festem Stickstoff sehr diffus; N_1 besteht aus 3 Maxima, ein Hauptmaximum (5556) und 2 Nebenmaxima (5618, 5659). Das Band N_3 ist sehr schwach und ist bis jetzt nur mit einem sehr lichtstarken Spektrographen von geringer Dispersion erhalten¹⁾.

¹⁾ Die ζ -Serie ist durch große Werte von ω und kleine Werte von α^2 gekennzeichnet, und die entsprechende Trennungsenergie ist sehr groß, läßt sich aber durch die jetzigen Messungen nicht genau feststellen. Die Schwingungen des Endtherms entsprechen wahrscheinlich derjenigen der neutralen unangeregten Gitteratome.

¹⁾ Wenn McLENNAN neulich (Nature 1926, 18. Sept.) angibt, daß er das N_3 -Band nicht bekommen hat, ist dazu nur zu bemerken, daß er mit der benutzten Dispersion und der erhaltenen Schwärzung des N_1 -Bandes eine merkbare Schwärzung von dem schwachen, diffusen N_3 -Band nicht hätte bekommen können.

Deshalb ist die Struktur von N_3 nicht mit Genauigkeit bestimmt, nur läßt sich mit Sicherheit ein Hauptmaximum bei etwa 6377 erkennen, und auch ein Maximum bei etwa 6565. N_1 und N_3 sind im normalen Nachleuchten bis jetzt nicht beobachtet, treten aber in dem dauerhaften Nachleuchten auf. Nach meiner Deutung des Nordlichtspektrums ist die starke grüne Nordlichtlinie (5577) als eine Grenzerscheinung des N_1 -Bandes anzusehen. N_2 korrespondiert mit einer zweiten grünen Nordlichtlinie oder Gruppe von Linien, die bei etwa 5230 liegt¹⁾. In Rot beobachtet man im Nordlicht eine Linie bei etwa 5944, die mit N_4 korrespondiert, und eine Linie (6320,0) von einem Band umgeben, die als eine Entwicklungsform des N_3 -Bandes anzusehen ist. Gewöhnlich bekommt man auch im Nordlichtspektrum ein Maximum bei etwa 6556. Die Intensität der roten Bänder N_3 und N_4 den grünen N_1 und N_2 gegenüber ändert sich sehr, aber in einer noch unbekanntenen Weise mit den Anregungsbedingungen. Sie können plötzlich — gewöhnlich am Anfang der Anregung — ziemlich hell auftreten, aber manchmal sind sie kaum im Spektroskop beobachtbar, ohne daß ich bis jetzt einen Grund dafür angeben kann. Über das Intensitätsverhältnis N_1/N_2 ist eine Reihe von Beobachtungen gemacht, und es ist festgestellt, daß N_1/N_2 mit der Strahlengeschwindigkeit, Strahlendichte und Verminderung der Teilchengröße wächst. Die 4 Bänder N_1 , N_2 , N_3 , N_4 scheinen in enger Beziehung zueinander zu stehen. N_2 und N_4 verhalten sich sehr ähnlich, und auch N_1 und N_3 . Zwischen den Hauptmaxima besteht annähernd die Beziehung (I, S. 36):

$$\nu_2 - \nu_1 = \nu_4 - \nu_3 = 1130.$$

Hiernach könnte man N_1N_3 als die zwei ersten Linien einer Serie ansehen und in ähnlicher Weise N_2 und N_4 . Die beiden Serien wären vielleicht als Dublettserien aufzufassen, oder sie besitzen verschiedene Anfangsniveaus, aber dieselben Endniveaus. Da N_1 nicht im normalen Nachleuchten vorkommt, ist kein Übergang zwischen den Anfangsniveaus der (N_2N_4)-Serie und der (N_1N_3)-Serie möglich. N_1 und N_2 entsprechen Übergängen zwischen oszillatorischen o-Niveaus. N_3 und N_4 bilden sich, wenn beim Elektronensprung von den respektiven Anfangsniveaus ein Oszillationsquantum gebildet wird. Das ausgestrahlte Quantum wird vermindert und die Bänder treten jetzt in Rot auf.

Diese Deutung hat auch eine interessante Beziehung zu der Frage über die Ursache der Farbenänderungen des Nordlichtes. Durch die während der letzten Jahre vorgenommenen Untersuchungen ist es mir gelungen, diejenigen Änderungen des Spektrums festzustellen, welche für die Farbenänderungen maßgebend sind. Die überwiegende Nordlichtstrahlung verteilt sich im Spektrum auf die folgenden 3 Hauptteile:

a) Das Gebiet in Blau bis Ultraviolett, das aus den negativen Stickstoffbanden und aus Linien

der zweiten positiven Gruppe besteht. Die Intensitätsverteilung der Linien innerhalb dieser Gruppe ist ziemlich konstant und ist in relativem Energie- maß in Fig. 2 dargestellt.

b) Das gelbe und grüne Gebiet, wo nur die starke Nordlichtlinie und die sehr schwache Linie oder Linien-Gruppe 5230 mit Sicherheit beobachtet ist. Hier dominiert die Linie (5577) die Farbe.

c) Das Gebiet in Rot, wo man die Linie 5944 und die rote Linie bei etwa 6320 mit einem diffusen Band umgeben und eine Linie oder ein Band bei etwa 6565 beobachtet hat. Gewöhnlich sind sämtliche diese Linien äußerst schwach.

Nun beobachtet man, daß das Nordlicht mit tieferer Farbe auftreten kann, und dies muß natürlich von einer Verstärkung des roten Spektralbereiches herrühren. Bei einem sehr starken und während längerer Zeitintervalle tiefrot gefärbten Nordlicht am 26. Januar 1926 hatte ich die Gelegenheit, die spektrale Änderung in Rot genauer festzustellen (VI). Es zeigte sich, daß die Rotfärbung praktisch durch eine einzige Linie (6320) verursacht wurde. Diese Linie hatte unter die starke Rotfärbung eine Stärke von ungefähr derselben Größe wie die grüne Nordlichtlinie (5577), aber keine andere Linie in Rot war sichtbar. Auch die photographischen Aufnahmen zeigten nur diese Linie verstärkt. Die Linien in Grün und Rot sind auch in Fig. 2 angegeben, aber die relativen Intensitäten in diesem Gebiete sind großen Schwankungen unterworfen.

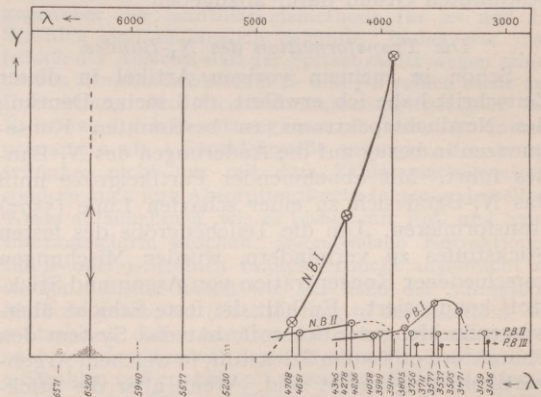


Fig. 2. Intensitätsverteilung der Hauptlinien im Nordlichtspektrum. Punkte derselben Bandenserie sind mit einer Kurve verbunden. N.B. bedeutet das negative, P.B. das positive Bandenspektrum.

Die Farbe ist also wesentlich durch die Intensität von zwei Linien (5577) und (6320) relativ zueinander und relativ zu denjenigen der Stickstoffbanden bestimmt. Daß die Intensität der Nordlichtlinie (5577) den Stickstoffbanden gegenüber recht viel variieren kann, ist durch eine Reihe von Spektralaufnahmen festgestellt. Unter anderen hat man eine Änderung mit der Höhe. Hat die Linie (6320) die gewöhnliche geringe Stärke, wird die Farbe des Nordlichtes mit abnehmender relativer Stärke der grünen Nordlicht-

¹⁾ Siehe L. VEGARD, Nature 1926, 4. Dezember.

linie von intensivem Grün bis Bläulichweiß übergehen. Diese Farbenübergänge sind in der Tat sehr charakteristisch. Je nach der gleichzeitigen Intensität der roten Linie (6320) kann man eine Reihe von Farbnuancen von Rötlichblau oder Violett bis Dunkelrot bekommen. Nun sollte die rote Linie (6320), welche durch ihre große Verstärkung die Rotfärbung bewirkt, als eine Form des N_3 -Bandes aufzufassen sein. Nach der erwähnten Auffassung der Bildungsweise der Banden N_1 , N_3 , N_3 , N_4 sollte also die Linie (6320) mit der grünen Nordlichtlinie (5577) eng zusammenhängen, indem sie die beiden ersten Linien einer Oszillationsbandenserie bilden.

Die grüne Nordlichtlinie sollte einem Elektronenübergang im nicht oszillierenden System entsprechen. Wie wir gesehen haben, entstehen die Bandenserien in festem Stickstoff dadurch, daß die Emissionssprünge der Elektronen Oszillationen hervorrufen, wodurch das emittierte Strahlungsquantum vermindert wird. In dieser Weise entsteht (6320), wenn der Elektronenübergang, der gewöhnlich die Linie (5577) bildet, ein Oszillationsquantum veranlaßt. Die Verstärkung der roten Linie sollte also darauf beruhen, daß die Wahrscheinlichkeit für Oszillationsbildung unter gewissen Bedingungen erhöht wird. Welche diese Bedingungen sind, darüber wissen wir bis jetzt sehr wenig, aber gerade ähnliche Verstärkungen der roten Banden N_3 und N_4 beobachtet man für festen Stickstoff, ohne daß es bis jetzt möglich ist, einen bestimmten Grund dafür anzugeben.

Die Transformation des N_1 -Bandes.

Schon in meinem vorigen Artikel in dieser Zeitschrift habe ich erwähnt, daß meine Deutung des Nordlichtspektrums zu bestimmten Konsequenzen in bezug auf die Änderungen des N_1 -Bandes führt. Mit abnehmender Partikelgröße muß das N_1 -Band sich zu einer scharfen Linie (5577) transformieren. Um die Teilchengröße des festen Stickstoffes zu vermindern, wurden Mischungen verschiedener Konzentration von Argon und Stickstoff kondensiert. Enthält die feste Schicht überwiegende Mengen Stickstoff, hat das System den Charakter von festem Stickstoff, in welchem Argonpartikeln eingebettet sind. Wenn aber die Stickstoffkonzentration gering ist, hat das System den Charakter von fester inaktiver Substanz, in welcher feste Stickstoffpartikeln eingelagert sind. Die durchschnittliche Größe dieser Partikeln soll mit abnehmender Konzentration abnehmen. Die Versuche mit Argongemischen zeigten in der Tat eine Transformation des N_1 -Bandes von der erwarteten Art. Mit steigendem Argongehalt bewegte sich das Hauptmaximum in der Richtung von längeren Wellen, die Nebenmaxima verschwanden, und bei sehr geringer Stickstoffkonzentration hat N_1 die Form einer etwas diffusen Linie angenommen. Es zeigte sich indessen, daß zwei Effekte sich überlagerten, denn nur Zusatz von geringen Mengen

Argon bewirkt eine Verschiebung des N_1 -Bandes, die auf einer spezifischen Wirkung von Argon beruhen muß. Bei einer Stickstoffkonzentration von etwa 20% tritt eine zweite Wirkung ein, wodurch die Bewegung noch stärker wird. Nur dieser letzten Wirkung kann die Änderung der Teilchengröße zugeschrieben werden. Da die beiden Effekte in derselben Richtung gehen, bewegt sich N_1 die Nordlichtlinie vorbei.

Der Verbindung zwischen der Lage des Hauptmaximums und der Konzentration habe ich durch eine recht bedeutende Anzahl von Messungen bei der Temperatur von flüssigem Wasserstoff genau festlegen können (I, S. 78). Die Kurve (λ , c) besteht aus zwei geradlinigen Teilen. Einige Versuche sind auch bei der Temperatur des flüssigen Heliums gemacht und haben fast denselben Verlauf der (λ , c)-Kurve gegeben. Diese Kurve ist in Fig. 3 gezeichnet.

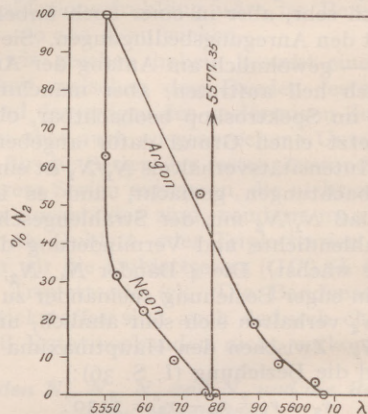


Fig. 3. Die Bewegung des N_1 -Bandes bei der Temperatur des flüssigen Heliums in N - A - und N - Ne -Gemischen, und die Lage der Nordlichtlinie.

Bei der Temperatur von flüssigem Helium konnten auch feste Neon-Stickstoffmischungen untersucht werden, und nun zeigte es sich, daß Neon fast keine spezifische Wirkung auf die Lage des N_1 -Bandes ausübte. Selbst bis Neonkonzentrationen von 70% war keine Bewegung merkbar. Aber wenn die Stickstoffmengen noch geringer waren, trat eine Bewegung und Kontraktion des N_1 -Bandes ein, und da Neon keinen Einfluß hat, ist diese Bewegung der eintretenden Verminderung der Partikelgröße zuzuschreiben. Die (λ , c)-Kurve für Neongemische ist in Fig. 3 angegeben. Den letzten geradlinigen Teil, welcher der Bewegung entspricht, habe ich aus den Beobachtungen unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, und es ergab sich:

$$\lambda = 5577,56 - 0,8754 c.$$

Die Grenzwellenlänge für $c = 0$ ist jetzt 5577,56 und innerhalb der Meßgenauigkeit ist sie mit der Wellenlänge der Nordlichtlinie (5577,35) identisch.

Zuschriften.

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

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

On the Relative Mass of a Proton and an Electron.

A recent letter by Prof. G. N. LEWIS in Nature on photons encourages publication of the following speculative note on the conversion of radiation into matter. Let us suppose that when two quants of frequency ν collide¹⁾ with each other, a part E of the energy associated with the quants becomes latent by transformation into matter in the shape of a proton and an electron, and the remainder undergoes degradation into the heat motion of the proton and the electron:

$$E = 2 h\nu - 2 \cdot \frac{2}{3} kT, \quad (1)$$

where T represents the temperature corresponding to the heat motion of proton or electron and k is the ordinary gas constant for a molecule.

Since energy and mass is connected by the relation

$$M = \frac{E}{c^2}, \quad (2)$$

where c is the velocity of light, we obtain for the sum of the masses of the proton and the electron produced in the above process

$$M^1 + m^1 = \frac{1}{c^2} [2 h\nu - 3 kT]. \quad (3)$$

The mass of an electron

$$m^1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{e^2}{a}, \quad (4)$$

where a ist the radius of the electron and $e = 1,59 \cdot 10^{-20} EMU$. Prof. W. C. MC. LEWIS assumes the radius of a light quantum, for which we may now substitute the name photon, to equal that of an electron, while ORNSTEIN and BURGER conclude that a photon ought to have a radius equal to the wave-length of radiation associated with it. If we assume that both these conclusions are correct in the particular case we arrive at the result

$$a = \lambda = \frac{c}{\nu} \quad (5)$$

and

$$m^1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{e^2 \nu}{c}. \quad (6)$$

We assume further that when two photons bearing monochromatic radiation ν collide, the immediate result is that each photon is converted into a „Hohlraum“, the volume and the total energy of the „Hohlraum“ being the same as that of the photon which has been transformed. The space density of radiant energy in a photon

$$= \frac{h\nu}{\frac{4}{3}\pi \cdot \lambda^3} = U, \quad (7)$$

where U is the energy density of total radiation in the „Hohlraum“. According to PLANCK

$$U = \frac{48\pi \cdot h}{c^3} \left[\frac{kT}{h} \right]^4 \cdot \frac{\pi^4}{90}, \quad (8)$$

¹⁾ COMPTON has already postulated that a quantum has got momentum = $\frac{h\nu}{c}$ (Phys. Rev. 1923, S. 486).

where T is the temperature of the „Hohlraum“. From (7) and (8)

$$kT = 1957 h\nu \quad (9)$$

Identifying the temperature of the proton or the electron with the temperature of the „Hohlraum“ in which they are produced, we obtain for

$$\left. \begin{aligned} & \frac{M^1 + m^1}{m^1} \\ &= \frac{6,54 \cdot 10^{27} [2 - 3 \cdot 1957] \nu \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^{10}}{3 \cdot 10^{10} \cdot 3 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 1,59 \cdot 10^{-20} \cdot 1,59 \cdot 10^{-20} \cdot \nu} \\ &= 1828. \end{aligned} \right\} (10)$$

The agreement with the experimental value may be purely fortuitous but is quite remarkable. It may well be that cosmic heat has its origin in the degradation of high frequency radiation into heat as suggested above when the energy of such radiation is partially transformed into matter. The question remains open why radiation of wave-length $1,85 \cdot 10^{-13}$ cm alone is capable of producing stable electrons. The work of MILLIKAN and KOLHÖRSTER indicates the existence of cosmic rays of very high frequency.

Dacca (India), The University, 21. März 1927.

J. C. GHOSH.

Untersuchung von Atomtrümmern mit dem Spitzenzähler.

Die großen Vorteile der GEIGERSCHEN Zählmethode gegenüber der Szintillationsmethode für α - und H-Strahlen sind hinlänglich bekannt. Bisher war man jedoch der Ansicht, daß der Spitzenzähler wegen seiner großen Empfindlichkeit für β - und γ -Strahlen nicht zur Erforschung der Atomzertrümmerung geeignet sei. Es ist nun durch Benutzung eines sehr reinen Poloniumpräparates als α -Strahlenquelle gelungen, die Atomtrümmer nicht nur mit dem Zähler nachzuweisen, sondern auch ihre Absorptionskurve in genau derselben Weise aufzunehmen, wie es bisher mit RaC und Szintillationsschirm geschah; irgendwelche Korrekturen für β - oder γ -Strahlen brauchten nicht angebracht zu werden. Bisher haben wir nur nach der „direkten“ Methode gearbeitet (Beobachtung in der Richtung der α -Strahlen), daher konnten nur solche Atomtrümmer nachgewiesen werden, deren Reichweite diejenige der α -Strahlen (3,8 cm bei 15°) wesentlich übertraf. Untersucht wurden folgende Elemente: B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, Ca, Cu. Nur vier von diesen ließen Atomtrümmer mit Sicherheit erkennen, nämlich

$$B(> 20), N(16), Mg(13), Al(ca. 16).$$

Die beigefügten Zahlen bedeuten die Reichweiten der Atomtrümmer in Zentimetern Luft von 15° . Bei den übrigen angeführten Elementen ist, sofern überhaupt Atomtrümmer mit einer Reichweite > 7 cm auftreten, deren Zahl wesentlich kleiner als bei diesen vieren. Paraffin ergab H-Teilchen von 15 cm Reichweite. Den früheren Messungen, welche mit schnelleren α -Teilchen ausgeführt worden sind, schließen sich unsere Ergebnisse gut an.

Berlin-Charlottenburg, Physikalisch-Technische Reichsanstalt, den 11. April 1927.

W. BOTHE. H. FRÄNZ.

Über eine Volksversammlung von Krähen. Ein Beitrag zur Frage nach Sprache und Organisation der Tiere.

Auf Zureden befreundeter Vogelkenner, welchen ich die folgende Beobachtung erzählte, wage ich unter Nichtachtung der Mahnung an den Schuster, bei seinen Leisten zu bleiben, deren allgemeine Bekanntgabe.

In dem Tübingen benachbarten „Schönbuch“, einem ausgedehnten Hochwald, überwintern alljährlich große Schwärme von Krähen. Im Spätherbst stellen sie sich seit Jahren ein, täglich beobachtet man das gleiche Spiel: mit dem ersten Tagesgrauen kommt ein dichter Schwarm nach Tübingen, läßt sich auf hohen Bäumen des botanischen Gartens mit lautem Gekrächze nieder, verteilt sich dann ins Ammer- und Neckartal auf Wiesen, Feldern und Weinbergen, sammelt sich gegen Abend wieder und fliegt ins Nachtquartier zurück. Ich kenne diese Vorgänge schon aus den Jahren vor 1914.

In den ersten Märztagen dieses Jahres — ich glaube es war am 2. März — ließ sich morgens bald nach 6 Uhr der Schwarm unter ohrenbetäubendem Lärm auf 4 nebeneinanderstehenden großen Bäumen meines

Institutgartens nieder. Ich kann nicht schätzen, wieviel Vögel es waren, die Bäume waren dicht schwarz bedeckt von den Massen der Krähen. Nachdem sie längere Zeit geschrien hatten, verstummten sie allmählich; und dann fing einer der Vögel an — ich kann nicht anders sagen — zu *sprechen*. Er sprach etwa eine halbe Minute lang. Nachdem er aufgehört hatte, begann langsam ansteigend das Schreien der ganzen Masse, bis es wieder still wurde. Und nun fing der Sprecher wieder allein an, sprach überlaut, richtig eindringlich, wieder etwa eine halbe Minute lang, der Chor antwortete; und dieses Wechselspiel wiederholte sich dann noch fünfmal. Darauf flog der ganze Schwarm mit einem Aufschrei hoch; nur auf jedem der vier Bäume blieb je eine Krähe zurück, die noch um 9 Uhr gesehen wurden. Seit diesem Tage sind die Krähen verschwunden, abgereist in ihre Sommerfrische.

Kann man nun etwas anderes denken, als daß es sich hier um eine Volksversammlung der organisierten Krähen handelte, daß in ihr der Präsident Reden hielt, Befehl zum Aufbruch gab, Angaben für den Flug in die Sommergefilde machte?

Tübingen, Physikalisches Institut, Ostern 1927.

W. GERLACH.

Besprechungen.

DAKIN, WILLIAM J., *Elements of General Zoology*.

A guide to the study of animal biology correlating function and structure, with notes on practical exercises. Oxford University Press 1927. XVI, 496 S. 14 × 22 cm. Preis 12,6 s.

DAKIN, Professor der Zoologie in Liverpool, in England auch als vorzüglicher Pädagoge bekannt, hat den Versuch gemacht, ein Lehrbuch der tierischen Biologie zu schreiben, das zum Inhalt etwa das hat, was für den so viel diskutierten Unterricht in allgemeiner Biologie in Betracht kommt. Zweifellos ist das Unternehmen ein sehr schwieriges, und es wird sich darüber diskutieren lassen, ob es überhaupt möglich ist, in einem elementaren Lehrbuch die ganze Zoologie, Vergleichende Anatomie und Allgemeine Physiologie zu behandeln und obendrein noch ein biologisches Praktikum mitanzuschließen. Sicherlich ist DAKIN bei seinem ehrgeizigen Programm so weit gekommen, als es im Rahmen eines elementaren Lehrbuches möglich ist. Es wird zunächst ein Kapitel über Protozoen vorausgeschickt, wobei nach englisch-amerikanischer Sitte die Darstellung sich hauptsächlich an Typen anschließt. Hier, wie in dem ganzen Buch ist stets Morphologie und Funktion in engstem Zusammenhang behandelt und gleichzeitig eine Reihe von Laboratoriumsversuchen angegeben, die einem praktischen Kurs zugrunde liegen müssen. Der weitere Inhalt des Buches ist nach Organsystemen, resp. Funktionen angeordnet, also: Zusammensetzung des tierischen Körpers, Ernährung, Atmung, Zirkulation, Temperatur, Skelett, Bewegung, Histologie und Zellenlehre, Nervensystem und Sinnesorgane, Wachstum und Fortpflanzung, Entwicklungs- und Lebenszyklen, Ökologie und Parasitismus, das Tier als Ganzes. Im einzelnen ist dieser Rahmen nun in verschiedener Weise ausgefüllt. Im Kapitel Ernährung z. B. werden als Typen Säugetier, Frosch, Fisch, Krebs, Daphnia, Biene, Hydra usw. im einzelnen besprochen. Die Darstellung lehnt sich also an einen praktischen Kursus mit den üblichen Laboratoriumstypen an. Dazwischen folgen mehr in Gestalt von Abschweifungen die Angaben über Morphologie und Physiologie im allgemeinen. In dieser Art ist das ganze Buch durchgeführt, so daß im ganzen

alle Hauptpunkte der gesamten tierischen Biologie und Physiologie in irgendeinem Zusammenhang erwähnt werden. Wenn man die Berechtigung eines derartigen Lehrbuches anerkennt, so ist zweifellos das Buch in ausgezeichnete Weise durchgeführt und vermittelt in stets elementarer Form (oft für unsere Begriffe zu elementarer Form) einen außerordentlichen Stoff von Kenntnissen und gibt dem Studierenden einen Begriff von der Einheit von Bau und Funktion und dazu noch die nötigen laboratoriumstechnischen Anleitungen. Jedenfalls hat DAKIN einen Kurs, wie er hier zugrunde liegt, durchgeführt, und es wäre sehr interessant zu wissen, welches die Resultate sind. Ob sich ein ähnlicher Kurs im zoologischen oder biologischen Unterricht an einer deutschen Universität durchführen ließe, erscheint allerdings dem Referenten etwas zweifelhaft. Denn es ist eine solche außerordentliche Fülle von Tatsachen in das nicht sehr umfangreiche Werk hineinverarbeitet, daß man glauben möchte, daß es für einen Anfänger zu viel ist. Das, was der mit den Grundzügen von Zoologie und Physiologie Vertraute an dem Buch schätzen wird, ist trotz der sehr elementaren Darstellung vielleicht für den Anfänger doch zu hoch. Auch bei uns sind in den letzten Jahren Lehrbücher der Zoologie erschienen (KÜHN, STEMPPEL), die nach der gleichen Richtung tendieren. Für den deutschen Universitätslehrer wird es sicher von großem Interesse sein, die pädagogische Methode DAKINS mit der in den genannten deutschen Werken angewandten zu vergleichen. R. GOLDSCHMIDT, Berlin-Dahlem.

PHILIPTSCHENKO, JUR., *Variabilität und Variation*.

Berlin: Gebr. Borntraeger 1927. 101 S. und 4 Abbild. 16 × 25 cm. Preis geh. RM 5,70.

Nach BATESON zerfällt die Genetik in zwei Teile, die Vererbungslehre und die Veränderlichkeitslehre. Jene steht bekanntlich mit im Vordergrund des gegenwärtigen biologischen Interesses, während diese weniger gepflegt worden ist. Das Buch von PHILIPTSCHENKO bringt nun eine ausführliche Darstellung dieses Gebietes unter Berücksichtigung auch besonders der unzugänglichen russischen Literatur.

Die Veränderlichkeitslehre gliedert sich in die Lehre

von der Veränderlichkeit als Vorgang (Variation) und als Zustand (Variabilität). Die Einteilung der Variationen erfolgt nach den Ursachen derselben. So unterscheidet man Modifikationen, Mutationen und Kombinationen. Die Variabilität scheidet der Verf. in die *individuelle* Variabilität, wenn die Veränderung sich nur auf die einzelnen Individuen desselben Genotypus erstreckt, und die *gruppenweise* Variabilität, wenn die Veränderung ganze Gruppen von Individuen innerhalb der Grenzen einer LINNÉschen Art (Linneon) betrifft, also die Variabilität einer Art in Hinsicht auf die in ihr enthaltenen Elementararten (Jordanone) und Biotypen. Als Grundgesetz der individuellen Variabilität wird das QUETELETsche Gesetz bezeichnet. Die Behauptung des Verf., daß „jede dem QUETELETschen Gesetz unterworfenen Variationskurve in erster Linie die individuelle Variabilität des betreffenden Merkmals widerspiegelt“, kann jedoch nicht als bewiesen betrachtet werden. Variationskurven, die Abweichungen von der Binomialkurve, wie Schiefheit, Exceß u. a., aufweisen, lassen sich mit Hilfe des Begriffs der Reaktionsnorm auf das QUETELETsche Gesetz zurückführen. Die gruppenweise Variabilität läßt sich nicht auf dieses Gesetz zurückführen. Für sie ist von wesentlicher, wenn auch vielleicht nicht grundlegender Bedeutung das VAVILOWSche „Gesetz der homologen Reihen“. Der dem VAVILOWSchen Gesetz zugrunde liegende Parallelismus von Formenreihen beruht entweder auf dem Vorhandensein gleicher Gene (genotypischer Parallelismus) oder gleicher Reaktionsweisen, der verglichenen Arten (ökotypischer Parallelismus — TURESON). In einem Schlußkapitel „Variation und Evolution“ bekennt sich der Verf. zu der Anschauung, daß die Genetik die Entstehung der niedrigen systematischen Einheiten (Linneone, Jordanone, Biotypen) prinzipiell geklärt habe, daß aber die Entstehung der höheren systematischen Einheiten „gänzlich außerhalb ihres Gesichtsfeldes“ liege.

So interessante Einzelprobleme die Behandlung auch gezeigt hat, so fragt es sich doch, ob die systematische Einteilung im Rahmen einer besonderen Veränderlichkeitslehre lohnenswert ist. Daß die Vererbungslehre im Gegensatz zur Variabilitätslehre sich in viel höherem Maße zu einer selbständigen Wissenschaft entwickelt hat, scheint darauf hinzuweisen, daß die Wertigkeit dieser beiden biologischen Disziplinen verschieden ist. CURT STERN, Berlin-Dahlem.

WESENBERG-LUND, C., *Contributions to the Biology and Morphology of the Genus Daphnia with some remarks on heredity*. Mém. de l'acad. roy. des sciences et des lettres de Danemark, sect. des sciences, Serie 8, Bd. II, Nr. 2. Kopenhagen 1926. 162 S., 21 Abbild. und 2 Tafeln.

Der bescheidene Titel dieses neuen Werkes von WESENBERG-LUND steht in keinem Verhältnis zu seinem reichen und vielseitigen Inhalt. Es enthält nicht nur die Resultate einer zwanzigjährigen Beobachtungszeit an *Daphnia magna*, *D. pulex*, *D. longispina* und *D. cucullata*, sondern auch eine eingehende Auseinandersetzung mit den Gegnern der von WESENBERG-LUND begründeten Schwebetheorie, sowie Betrachtungen über die Bedeutung der modernen Vererbungslehre für die theoretischen Probleme des Darwinismus und Lamarckismus.

Eine kurze Einleitung eröffnet das Werk mit einem allgemeinen historischen und systematischen Überblick. Der darauffolgende spezielle Teil bringt eine eingehende morphologische und biologische Beschreibung der obengenannten vier *Daphnia*-Arten. Die Untersuchungen wurden in mehreren dänischen

Seen und Tümpeln durchgeführt, und WESENBERG-LUND gibt genaue Beschreibungen der Lokalvariationen und der Zyklomorphose in diesen Gewässern. Die Entwicklung von littoraler zu pelagischer Lebensweise wird in der Linie: *D. magna* — *D. pulex* — *D. longispina* var. *longispina* — var. *lacustris* — var. *galeata* — subsp. *hyalina* — *D. cucullata* festgelegt. Von wichtigeren Resultaten sei hier erwähnt, daß ein und dieselbe Art (z. B. *D. cucullata*) sich in zwei nahe beieinander gelegenen, aber in ihrer Tiefe und Größe verschiedenen Gewässern ganz verschieden verhalten kann, indem die Maximal- und Minimalperioden in diesen Gewässern auf die entgegengesetzten Jahreszeiten fallen, und auch die Zyklomorphosen ganz verschieden verlaufen. Bemerkenswert ist ferner, daß nur die Sommerformen von *D. longispina* und *D. cucullata* große Unterschiede aufweisen, dagegen die Winterformen sich kaum voneinander trennen lassen.

Der nächste „Theoretical remarks“ betitelt Teil bringt neue Beweise für die Gültigkeit der Schwebetheorie und eine scharfe Kritik der gegnerischen Arbeiten, besonders derjenigen von WOLTERECK und seinen Schülern. Die große Erfahrung WESENBERG-LUNDS auf dem Gebiete der Plaktonforschung ermöglicht ihm, sich bei seinen Ausführungen auf ein enormes Material zu stützen, welches die Mehrzahl der Plaktonorganismen in den verschiedensten Gewässern umfaßt. Mit Recht weist WESENBERG-LUND darauf, daß kleine Tümpel, wie sie in der Mehrzahl von den Gegnern der Schwebetheorie untersucht wurden, für die Ausbildung von Schwebeargenen (Stacheln, hohe Helme) am wenigsten geeignet sind, wegen der ihnen eigenen geringen Stabilität der Lebensbedingungen, welche oft durch geringe äußere Einwirkungen vollständig umgewandelt werden, indessen dieselben Einwirkungen in größeren Seen kaum merkbare Veränderungen hervorrufen. Seines Erachtens können sich die Plaktonorganismen nicht nur durch die Ausbildung von Schwebeargenen, sondern auch auf andere Art und Weise an die äußeren Lebensbedingungen anpassen. Den Einwand, daß die Daphnien zum größten Teil nicht Schwebeargen, sondern Schwimmer sind, entkräftet er durch den Nachweis, daß sie zwischen zwei Schwimmstößen schweben, wobei sie eine Stellung einnehmen, die es ihnen ermöglicht, die Schwebeargenen als solche auszunützen; dadurch wird auch der Einwand, daß die Schwebeargenen in der vertikalen Achse der Daphnien liegen und also keine Bedeutung für die Erhöhung der Schwebefähigkeit besitzen sollen, entkräftet. Die WOLTERECKsche Theorie, derzufolge die Ausbildung der Schwebeargenen nur von der Ernährung abhängt und diese Organe selbst nur dazu da seien, um die Organismen in den Nahrungsschichten zu erhalten, widerlegt er, indem er zeigt, daß von einer wirklichen Schichtung des als Nahrung dienenden Nannoplanktons überhaupt keine Rede sein kann. Die Bedeutung des Oberflächenhäutchens und der Thermoklinen als Auslesefaktoren (WOLTERECK) existiert nur unter Laboratoriumsbedingungen, niemals aber im Freien.

Im letzten Abschnitt des Werkes äußert WESENBERG-LUND seine Ansichten über die Entstehung der Arten und Lokalvariationen. Als konsequenter Lamarckist mißt er der experimentellen Vererbungslehre hinsichtlich des Artbildungsproblems wenig Bedeutung zu. Er glaubt, daß die sich nur über kurze Zeiträume erstreckenden, unter direkt widernatürlichen Bedingungen durchgeführten Laboratoriumsversuche nicht geeignet sind, uns über diese wichtigsten Fragen aufzuklären. Die Vorgänge in der

Natur zwingen uns zu der Annahme einer Vererbung erworbener Eigenschaften. Es ist unmöglich, in diesem engen Rahmen alle Mißverständnisse und Mißdeutungen aufzudecken, die WESENBERG-LUND den Stoff für seine temperamentvolle und überaus scharfe Kritik der modernen Genetik liefern. Auf einiges fühlt sich aber Ref. verpflichtet einzugehen. So erscheint es ihm z. B. unverständlich, wenn WESENBERG-LUND die Anwendbarkeit der MENDELSchen Gesetze in der Natur nur aus dem Grunde anzweifelt, daß erstens ein Weibchen von vielen Männchen befruchtet werden und also die Generation F_1 aus Halbbrüdern und -schwestern bestehen kann, und zweitens daß diese Generation F_1 wohl niemals eine Kreuzung untereinander eingeht, sondern verstreut wird und sich auf ganz andere Art vermehrt, als es unter Laboratoriumsbedingungen der Fall ist. Durch solche Betrachtungen kann die Bedeutung der experimentellen Genetik kaum verringert werden.

Der hohe Wert dieses Buches bleibt trotzdem bestehen. Die Fülle des mitgeteilten, zum Teil ganz neuen Materials, die umfassenden, sich nach den verschiedensten Richtungen erstreckenden Beobachtungen, und nicht zuletzt die überaus zweckmäßige und klare Gliederung des Stoffes, sind die Vorzüge, die man diesem neuen Werk von WESENBERG-LUND unbedingt nachrühmen muß.

A. LUNTZ, Berlin-Dahlem.

DENNERT, E., **Die intraindividuelle fluktuierende Variabilität.** (Botanische Abhandlungen, herausgegeben von K. GOEBEL, H. 9.) Jena: G. Fischer 1926. 149 S. und 31 Abbild. Preis RM 7.—.

Mit seiner „intraindividuellen fluktuierenden Variabilität“ führt der Verf. einen neuen Begriff in das Gebiet der Variabilitätslehre ein, der der Tatsache Rechnung tragen soll, daß die Variabilitätserscheinungen sich nicht nur beim Vergleich der verschiedenen Individuen einer Population, sondern auch innerhalb dieser Individuen selbst zeigen. Zur Vereinfachung wird die intraindividuelle fluktuierende Variabilität mit dem kürzeren Terminus „Fluktuation“ belegt, während die Bezeichnung fluktuierende Variabilität für die gleichartigen, aber extraindividuellen Erscheinungen verwendet wird. Das sind nomenklatorische Festlegungen, deren scharfe Einhaltung aber nur von Vorteil sein kann. DENNERT weist mit Recht darauf hin, daß man bislang das Hauptaugenmerk in erster Linie auf die extraindividuelle Variabilität gerichtet hat, und dieser Einseitigkeit entgegenzuwirken ist eben seine eigentliche Absicht. DENNERT führte eine große Fülle von variationsstatistischen Messungen an gleichartigen Organen derselben Individuen aus, wobei ihm als Hauptuntersuchungsmaterial verschiedene einheimische Bäume, aber vereinzelt auch andersartige Gewächse dienten. Er bestimmte die Länge, die Breite, das Verhältnis zwischen Länge und Breite (Dimensionsquotient), das Produkt aus Länge und maximaler Breite (Dimensionsprodukt), die Zahl der Blattnerven usw. Die an einem möglichst großen Material gewonnenen Einzelwerte wurden in üblicher Weise zu Variabilitätskurven vereinigt. Das wesentliche Ergebnis liegt nun darin, daß diese Variabilitätskurven in allen prinzipiellen Zügen mit den Variabilitätskurven übereinstimmen, die man für die extraindividuelle Variabilität erhält. Es treten Bilder auf, die sich mehr minder weitgehend mit der bekannten Wahrscheinlichkeitskurve decken. Daß dieses Bild auch bei den Fluktuationen

herrscht, führt den Verf. zu wichtigen Folgerungen. Landläufig nimmt man an, daß die Übereinstimmung mit der Binomialkurve derart zu deuten ist, daß die Gestaltung von einer Fülle von Außenfaktoren abhängig ist. Bei der Organgröße speziell handelt es sich im wesentlichen um Ernährungsfaktoren. In sehr einleuchtender Weise demonstriert dies BAUR für die Bohnengröße. Von Einfluß ist hier beispielsweise die Zahl der Bohnen in der Hülse, die Zahl der Hülsen an der Pflanze, die Zahl der Blätter, die Größe der Blätter und die Belichtungsverhältnisse für die assimilierenden Organe. Bei geringer Samen- und Hülsenzahl, bei gesteigerter Blattzahl, großen Blattdimensionen und günstigen Lichtverhältnissen wirken alle diese Faktoren zu einer Vermehrung der Bohnengröße zusammen, bei inversen Verhältnissen müssen möglichst kleine Bohnen erscheinen, und es wird nun von dem jeweiligen Zusammenwirken dieser einzelnen Faktoren abhängen, welche Größenordnung die Samen einhalten. Natürlich können noch mehr Faktoren am Werke sein, und je mehr es sind, desto mehr wird sich die Kurve der Wahrscheinlichkeitskurve nähern. Das ist, wie gesagt, einleuchtend. Geht man aber zu den intraindividuellen Fluktuationen über, dann ergeben sich Schwierigkeiten. Denn hier haben wir es ja mit den Organen einer einzigen Pflanze zu tun, ja, das Bild bleibt sogar gleich, wenn wir auf die Blätter eines einzelnen Zweigs übergehen. Hier haben wir es also mit „intraorganeller“ Variabilität zu tun. Nun können ja auch hier auf die Teilorgane Außenfaktoren in verschiedener Weise einwirken. So ist z. B. die Belichtung bei den Blättern eines Zweiges recht verschieden, auch die Art der Nahrungszufuhr vom Sproß und anderes kann eine Rolle spielen. Aber es gibt doch Fälle, für die solche Momente nicht herangezogen werden können. So ist die Entscheidung über die späteren Größenverhältnisse der Blatt- und Blütenorgane vielfach schon in der Knospe gefallen, wo die Außenfaktoren noch ausgeschlossen sind, und eine durchsichtige Beziehung zu der Art der Stoffzufuhr läßt sich häufig nicht erkennen. Das führt DETMER zu der Auffassung, daß hier innere Faktoren, und zwar nicht innere Ernährungsfaktoren, ganz wesentlich mit hereinspielen. Und so gelangt er zu dem Ergebnis: „daß Wachstum und Variabilität in einem Rhythmus oder periodisch erfolgen, ist in einer allgemeinen Eigenschaft des Protoplasmas begründet. Daß dieser Rhythmus überhaupt eintritt, hängt von einer Reihe von Bedingungen ab, bei denen die Außenfaktoren eine bedeutende Rolle spielen; aber auch die Ausgestaltung des Rhythmus (der Kurve) selbst wird in vieler Beziehung von diesen Außenfaktoren mitbewirkt.“ DENNERT gelangt also zu einer vermittelnden Stellung und erinnert, wie schon in den angeführten Sätzen zum Ausdruck kommt, an ganz andersartige Erscheinungen, die ebenfalls noch sehr umstritten sind, nämlich die Periodizität von Wachstum und Ruhe. KLEBS vor allem hat versucht, hier die Außenfaktoren als das allein Maßgebende zu stempeln und ist darin vor allem in Opposition zu SCHIMPER getreten, dem sich im wesentlichen PFEFFER anschließt. Aber auch hier darf man wohl den von DENNERT verteidigten Standpunkt vertreten, daß die Außenfaktoren zwar das Bild modeln und den Verlauf der Erscheinungen beeinflussen, daß aber zunächst eine autonome Grundlage für das organische Gestalten vorhanden ist. Darauf hingewiesen zu haben ist der Sinn und Wert der vorliegenden Broschüre. P. STARK, Breslau.

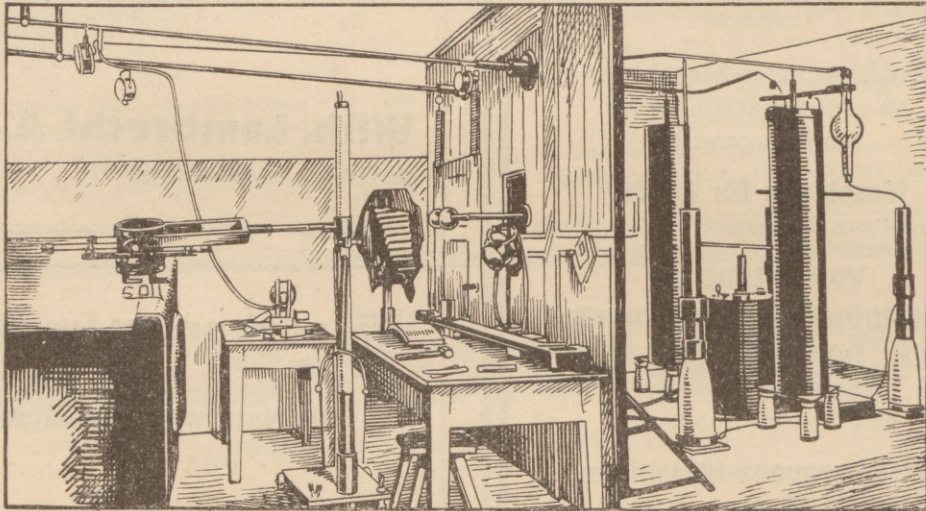
Ausschreiben zur Bewerbung um ein Stipendium der Mochizuki-Stiftung bei der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften

Auf Grund des Beschlusses des Verwaltungsausschusses der Mochizuki-Stiftung vom 20. April 1927 wird gemäß §§ 2 und 3 der Stiftungsurkunde ein Stipendium für Forschungsarbeit in dem Fache der Biologie im weitesten Sinne in Höhe von RM 100.— (buchstäblich einhundert Reichsmark) monatlich auf 2 Jahre ausgeschrieben.

Die Bewerbung un'liegt folgenden Bedingungen: 1. Der Bewerber muß die deutsche oder deutsch-österreichische Staatsangehörigkeit besitzen und muß promoviert haben. 2. Der Bewerber muß den Nachweis erbringen, daß er Neigung und Talent zur Forschung hat. (Einreichung eines möglichst vollständigen Berichts über die bisherige Laufbahn und Tätigkeit, evtl. Publikationen, Zeugnisse.) 3. Der Bewerber darf keine voll besetzte Stelle innehaben.

Gemäß § 9 der Stiftungsurkunde kann die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft verlangen, daß der Stipendiat seine Forschungsarbeiten in einem der Kaiser Wilhelm-Institute ausführt. Bewerbungen, die auch Angaben über die Arbeitspläne enthalten sollen, sind bis spätestens 1. Oktober 1927 zu richten an die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Berlin C 2, Schloß, Portal III

Material-Prüfungen durch Röntgenstrahlen



Esresco-Großeinrichtung in einem technischen Betriebe

Rich. Seifert & Co., Hamburg 13
Spezialfabrik für Röntgenapparate

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Vor kurzem erschien:

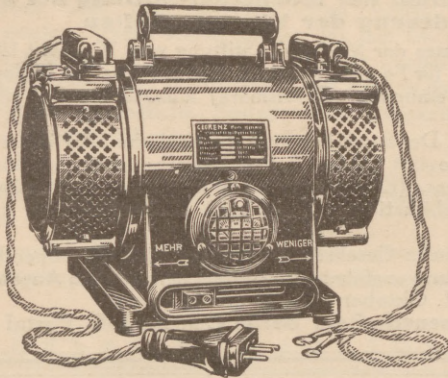
Anleitung zur Untersuchung der Lebensmittel

Von

Dr. J. Großfeld

Nahrungsmittelchemiker am Untersuchungsamt in Recklinghausen

Mit 26 Abbildungen. XII, 409 Seiten. 1927. RM 22.50; gebunden RM¹24.—



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

Hochfrequenz-Maschinen
 bis zu 8000 Perioden für alle
 Anwendungszwecke

Maschinen für Sender
 der drahtlosen Telegraphie und Telephonie

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

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



C. LORENZ
 AKTIENGESELLSCHAFT
 BERLIN-TEMPELHOF

Lambrechts Meteorograph

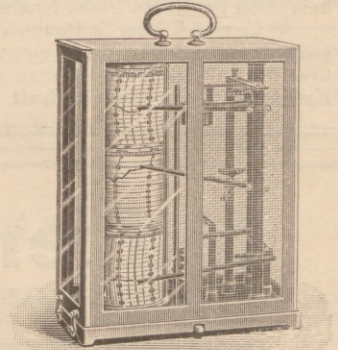
zeichnet fortlaufend auf

Luftdruck
**Luft-
 temperatur**
**Luft-
 feuchtigkeit**

*

Prospekt 406
 kostenlos

*



Wilh. Lambrecht A.-G.
 Göttingen

Gegr. 1859

Gegr. 1859

Wir suchen zu kaufen:

Die Naturwissenschaften

1915—1921

Mathematische Annalen

1—80, auch einzeln

**Französische mathematische
 Zeitschriften**

Separata
 und Zeitschriftenliteratur zur

**Fauna Ostasiens und
 Ostindiens**

Hirschwaldsche Buchhandlung

Berlin NW 7 Unter den Linden 68