

Stadtbücherei
Ebing

20. 5. 1926

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 21 (SEITE 465-496)

21. MAI 1926

VIERZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

Heilkunde und Naturwissenschaft. Von A. GOTTSCHNEIDER, Berlin	465	Über die Quantelung des Rotators und die Koordinatenwahl in der neuen Quantenmechanik. Von OTTO HALPERN, Wien	488
Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels. Von ADOLF NAEF, Zürich. (Mit 7 Figuren.) Schluß	472	Albrecht Penck, die Meereskunde und die „Meteor“-Expedition. Von G. SCHOTT, Hamburg	489
Die Gesetze der Krystallochemie. Von V. M. GOLDSCHMIDT, Oslo	477	Bitte an die Fachgenossen, die auf dem Gebiete der Lufterlektrizität arbeiten. Von H. BENDORF und V. F. HESS, Graz	490
BESPRECHUNGEN:		ZOOLOGISCHE MITTEILUNGEN: Die Wärmeregulierung des überwinternden Bienenvolks. Die Bedeutung der Schweresinnesorgane bei den Medusen. Die Lichtorientierung der Landasseln	
ARRHENIUS, SVANTE, Erde und Weltall. Von A. Frey, Prag	485	Über einen möglichen Zusammenhang zwischen der abnorm hohen Dichte einiger Fixsterne, der Hessschen Weltraumstrahlung und der Entstehung der Elemente. Von A. VON ANTROPOFF, Bonn	493
U. S. Coast and Geodetic Survey. Von E. Brennecke, Berlin-Potsdam	485	ASTRONOMISCHE MITTEILUNGEN: Die Bahn des Planeten 1036 Ganymed. Die Verteilung und die Zahl der nicht-galaktischen Nebel. Ether and Reality	
JOLY, JOHN, The surface-history of the earth. Von O. Hahn und A. Johnsen, Berlin	486	495	
ZUSCHRIFTEN UND VORLÄUFIGE MITTEILUNGEN:			
Zur Frage der physikalisch-chemischen Charakterisierung der Proteine. Von G. ETTISCH und W. BECK, Berlin-Dahlem	487		
Eine einfache Absorptionsmethode im Ultrarot. Von G. LASKI und S. TOLKSDORF, Berlin-Dahlem	488		

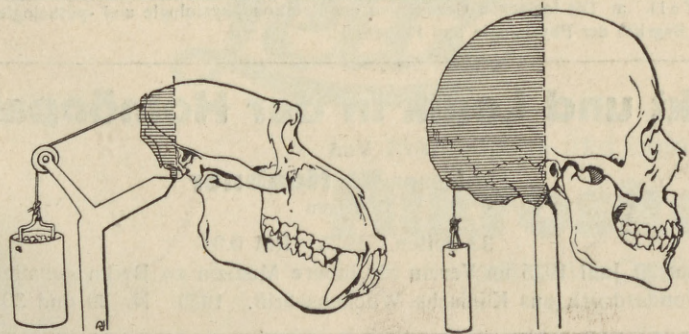


Abb. 316. Schimpanse- und Menschenschädel frei schwebend aufgestellt. An Stelle des Nackenbandes ein Zug mit Gewicht, welches den Schädel gerade trägt. Der hinter dem Unterstützungspunkt befindliche Schädelteil schraffiert (nach dem Modell von Th. Mollison, anthrop. Sammlung, Heidelberg).

Aus: Anatomie des Menschen

Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte

Erster Band: Bewegungsapparat

Von

Hermann Braus

o. ö Professor an der Universität, Direktor der Anatomie Heidelberg

844 Seiten mit 400 zum großen Teil farbigen Abbildungen. 1921. Gebunden RM 16.-

Zweiter Band: Eingeweide (einschließlich periphere Leitungsbahnen I. Teil). 704 Seiten mit 329 zum großen Teil farbigen Abbildungen. 1924. Gebunden RM 18.-

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

26

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 7,50. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 0,75 zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

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

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ Seite RM 150.—;

Millimeter-Zeile RM 0,35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-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.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank, Berlin, Depositen-Kasse C.
Postcheckkonto Nr. 118935.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Pathologie als Naturwissenschaft — Relationspathologie

Für Pathologen, Physiologen, Mediziner und Biologen

Von

Gustav Ricker

Direktor der pathologischen Anstalt der Stadt Magdeburg

401 Seiten. 1924. RM 18.—; gebunden RM 19,80

Aus dem Inhaltsverzeichnis:

- I. Physiologischer Teil. A. Die Reizung des Nervensystems als erster Vorgang in den Organen mit Parenchymnerven. Der Ablauf der Vorgänge in den Organen mit Parenchymnerven. — B. Die Reizung des Nervensystems als erster Vorgang in den Teilen ohne Parenchymnerven. Der Ablauf der Vorgänge in den Teilen ohne Parenchymnerven. — C. Weitere allgemeine Bemerkungen über die physiologischen Vorgänge, insbesondere über ihre Spezifität. Die Funktion und der Stoffwechsel. — D. Die direkte — metaphysiologische — Reizbarkeit. — Schlußbemerkungen.
- II. Pathologischer Teil. A. Einleitung: Die typische Hyperplasie und die Hypoplasie in ihren Beziehungen zum Nervensystem und Blute. B. Die örtlichen Kreislaufstörungen in ihren Beziehungen zum Nervensystem und zur Exsudation von Blutbestandteilen. — C. Die Wirkungen der örtlichen Kreislaufstörungen. — D. Anwendung der Lehre von den vom Nervensystem abhängigen Kreislaufstörungen und Gewebsveränderungen, der Relationspathologie, auf einige pathische Prozesse.
- III. Logischer Teil. a) Die logischen Grundlagen der Relationsphysiologie und -pathologie. — b) Die Kritik der wichtigsten Begriffe der Physiologie und Pathologie.

Affekt und Logik in der Homöopathie

Von

Professor **W. Heubner**

Göttingen

32 Seiten. 1925. RM 0,90

Nach einem am 29. Juni 1925 im Verein für innere Medizin zu Berlin gehaltenen Vortrage

Sonderdruck aus Klinische Wochenschrift. 1925. Nr. 29 und 30

Sozialärztliches Praktikum

Ein Leitfaden für Verwaltungsmediziner, Kreiskommunalärzte, Schulärzte, Säuglingsärzte, Armen- und Kassenärzte

Bearbeitet von zahlreichen Fachgelehrten

Herausgegeben von

Professor Dr. med. **A. Gottstein** und Dr. med. **G. Tugendreich**

Ministerialdirektor der Medizinalabteilung
im Preuß. Ministerium für Volkswohlfahrt

Abteilungsvorsteher im Medizinalamt der
Stadt Berlin

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

506 Seiten mit 6 Textabbildungen. 1920. RM 10.—

Heilkunde und Naturwissenschaft.

Von A. GOTTSTEIN, Berlin.

Vor fast Jahresfrist erschien ein Aufsatz des Berliner Chirurgen AUGUST BIER, „Wie sollen wir uns zur Homöopathie stellen?“¹⁾ Er löste bis heute einen ungewöhnlich starken Widerhall aus. Das Aufsehen verdankte er zuerst der *Bedeutung des Verfassers*. BIER ist eine starke, urwüchsige Persönlichkeit, eine Führernatur, ein Mann von scharfem Blick und großer Arbeitskraft; er sieht neue Probleme, geht an sie frei von Voreingenommenheit und Schulmeinung heran, er versenkt sich dann in die Quellen mit eingehenden literarischen Studien und bemüht sich, seine Funde in einem System zusammenzufassen. Seine Lehren entsprangen fast stets der Beobachtung in praktischer Berufstätigkeit, sie knüpften an die nächstliegenden Vorgänge an, die der Mehrzahl selbstverständlich erschienen, während gerade an der geltenden Deutung der scharfe Zweifel von BIER begann. Durch diese Art, die Dinge zu sehen und zu erklären, war es BIER im Laufe der Jahrzehnte geglückt, eine Reihe neuer Behandlungsmethoden an Stelle bisher geltender in die Chirurgie einzuführen, die zum Teil tiefgehende Umstellungen bedeuteten. Zum zweiten aber verdankt dieser Aufsatz von BIER das Aufsehen seinem *Inhalt*. BIER erklärte, die Homöopathie sei nicht der Unsinn, als der sie hingestellt werde; wir könnten viel aus ihr lernen; er begründete seine Auffassung eingehend durch Erörterungen, eigene ältere Erfahrungen und neue Beobachtungen. Er unterstellt als zutreffend, daß schon in der ursprünglichen Form, welche die Homöopathie seit 1796 durch ihren Begründer HAHNEMANN erfuhr, viel Falsches enthalten gewesen sei, was nicht aufrecht erhalten werden könne; übrigens sei HAHNEMANN kein Sektierer, sondern ein scharfsinniger und namentlich in der Chemie gut unterrichteter und auch um andere Fragen verdienter Gelehrter gewesen. Auch davon werde der Kern seiner Auffassungen nicht berührt, daß mit der Homöopathie seither viel Unfug getrieben worden sei. BIER will lediglich vertreten, daß in den Grundlehren der Homöopathie ein guter Kern stecke, daß die Ärzte aus ihr viel lernen und durch ihre Grundsätze die eigenen Heilmittel vermehren und verbessern könnten. Als ersten Eckpfeiler der Homöopathie sieht er die *Ähnlichkeitsregel* an, den Satz: Similia similibus curantur, d. h. die Lehre, daß diejenigen Mittel und Heilverfahren, die in stärkerer Anwendung eine bestimmte und charakteristische Symptomenreihe krankhafter Erscheinungen hervorrufen, in entsprechend kleinerer Dose diese selben Symptomenkomplexe aufzuheben vermögen.

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1925, Nr. 18/19, auch als Sonderheft.

Für BIER ist diese Lehre nur ein besonderer Fall oder eine andere Fassung der sog. ARNDT-SCHULTZschen Regel, nach der Heilmittel und Heilverfahren in kleinen Dosen als Reize erregend, in größeren Dosen lähmend wirken; daher erhöht oft in kleiner Dose dieselbe Arznei eine Organtätigkeit, die sie in hoher vernichtet. Die Arzneimittelwirkung sei also in erster Linie von der Dosierung abhängig, deren richtige Wahl das kranke Organ zu erhöhter Leistung im Sinne der Naturheilung anrege. Die zweite Stütze der Homöopathie sei die Arzneiprüfung am gesunden Menschen, die zu dem Ergebnis führe, daß der Kranke und besonders das chronisch erkrankte Organ schon auf viel kleinere Gaben des gleichen Mittels und viel stärker reagiere, als das gesunde. Mit der dritten Lehre von HAHNEMANN, die den größten Widerspruch gefunden hat, der Lehre von der Potenzierung der Wirkung durch Verdünnung in den Potenzen von 10 bis zur Unmöglichkeit jeden Nachweises, findet sich BIER leicht ab. Die Auffassung, daß chemische Substanzen in fein verteiltem und aufgeschlossenem Zustande die Organe leichter erreichten und anders wirkten, als in grober Form, sei durch die neuen physikalisch-chemischen Lehren gestützt; seit der Einführung der Antitoxinbehandlung, der Anwendung der Produkte der inneren Sekretion und der Vitaminforschung haben wir auch gelernt, spezifische Reaktionen von Substanzen in solchen Verdünnungen herbeigeführt zu sehen, die kaum noch von den gebräuchlichen der Homöopathie abweichen.

Dann beruft sich aber BIER weiter darauf, daß es ihm geglückt sei, durch Ausgang vom Satze des Similia similibus neue wirksame Heilverfahren zu entdecken, und er empfiehlt sie der Nachprüfung durch die Ärzte. BIER hat an sich selbst und an anderen große Erfolge bei frischen katarrhalischen Erkrankungen durch innerlichen Gebrauch von Jod in starker Verdünnung erzielt, während bekanntlich Jod in den gebräuchlichen Mengen Schnupfen und Katarrhe hervorruft. Unbestritten sei die Wirkung des Schwefels auf die Haut. Die Prüfung an gesunden Menschen und die Erfahrungen bei der chronischen Schwefelvergiftung zeigten, daß hohe Gaben, innerlich genommen, Hautgeschwüre, Ausschläge und Furunculose erzeugten. Nun habe er und seine Schüler an einem großen Material hartnäckige Furunculosen der Haut, die lange allen übrigen Behandlungsmethoden getrotzt hätten, durch das homöopathische Mittel Sulfojodat D 6 geheilt. Er selbst habe dann Schwefelverreibungen nach den Vorschriften der Homöopathie in Tablettenform, täglich etwa 0,0003 mg Jodschwefel bis zur Heilung gegeben.

In den hartnäckigsten Fällen sei diese durch im ganzen 0,01 mg Jodschwefel oder durch noch weniger erfolgt, auch bei Erkrankungen, die seit 3—9 Jahren unter den verschiedensten gebräuchlichen Heilverfahren fortwährend Rückfälle erlitten hätten. Schließlich wendete BIER den Gedanken: Similia similibus auf eine gefährliche, die chirurgischen Krankenhäuser heimsuchende Erkrankung an, nämlich auf die nach Operationen auftretende Bronchitis oder Lungenentzündung, die durch die lähmende Wirkung des zur Narkose verwendeten Äthers auf die Lungen herbeigeführt werden. Hier hätten sich ihm die Einspritzungen von $\frac{1}{2}$ —1 ccm Äthers, rein oder mit Olivenöl, glänzend bewährt, aber nur bei den Äthernarkoseerkrankungen, nicht bei anderen akuten Lungenentzündungen und auch hier nur nach eingetretenen Erkrankungen oder in deren Beginn, nicht aber als Vorbeugungsmittel. Diese Wirkung konnte seither von anderen nicht beobachtet werden.

Die Stellungnahme von BIER führte zu Gegenäußerungen von Vertretern der wissenschaftlichen Medizin. Eine Anzahl von Aufsätzen wies auf die schwachen Punkte in der Beweisführung von BIER und die zahlreichen Fälle des Nichtzutreffens der ARNDT-SCHULTZschen Regel hin. Dann hielt der Berliner Verein für innere Medizin und Kinderheilkunde am 29. Juli 1925 eine Sitzung ab mit dem Gegenstand: „Zur Kritik der Homöopathie“. Antwort auf die Frage von Geheimrat BIER: „Wie sollen wir uns zur Homöopathie stellen?“. Berichterstatter waren der Marburger Kliniker E. MÜLLER und der Göttinger Pharmakologe W. HEUBNER. An der Erörterung beteiligte sich eine größere Anzahl Kliniker, unter ihnen auch BIER selbst. Die Verhandlungen sind später, ergänzt durch 2 Aufsätze des Wiener Pharmakologen H. H. MEYER und des Würzburger Kinderarztes RIETSCHEL, im Verlag von Georg Thieme erschienen. In den Erörterungen wurde eine Reihe von wichtigen allgemeinen Grundsätzen der wissenschaftlichen Heilkunde und Kritik hervorgehoben, oder richtiger, aus der Jahrhunderte alten Geschichte der Heilkunde erneut wieder vorgebracht und darauf hingewiesen, daß die Beobachtungen von BIER, unter der Voraussetzung ihrer Bestätigung, durchaus auch anderen Deutungen zugänglich seien. Es wurde der Faktor der Selbstheilung und der der psychischen Beeinflussbarkeit Erkrankter gewürdigt.

Sehr zutreffend wies HEUBNER auf 2 Gesichtspunkte hin. Er betonte zuerst den Gegensatz von Forscher und Praktiker, der in vielen Fällen zu einem Zwiespalt zwischen feststehendem Wissen und der Notwendigkeit eines sofortigen Handelns führe, auch dann, wenn sichere wissenschaftliche Unterlagen für dieses Handeln fehlen; der Beruf des Arztes erfordere dann gebieterisch, daß sein Denken Erfüllung von Wünschen suche, und daher sei die subjektive Erfahrung über Heilerfolge oft durch Affekte getrübt. Er belegte in diesem Kreise von Sachverständigen die Gefahr der Selbsttäuschung über Heilerfolge durch einige weniger

bekanntere neuere Tatsachen; aber jeder Außenstehende, der die Vorgänge der letzten Jahrzehnte erlebt hat, kennt ja zahlreiche, oft Aufsehen erregende derartige Fälle. Deshalb verlangte HEUBNER mit aller Bestimmtheit, daß auch an die Prüfung der Angaben über erzielte Heilerfolge derselbe strenge und objektive Maßstab von exakter Methodik gelegt werde, wie dies die Naturwissenschaften gegenüber den Ergebnissen ihrer Beobachtungen zu tun gewohnt seien. Weiter aber bestritt HEUBNER unter Berufung auf ein großes Material die Richtigkeit sowohl der Schlußfolgerung von HAHNEMANN, wie der sog. ARNDT-SCHULTZschen Regel, daß kranke Organe empfindlicher seien als gesunde, und daß kleine Dosen von Giften erregend, große lähmend wirken. Selbst die einzige Beobachtungsreihe, auf die SCHULTZ seine Lehre gestützt habe, sei nicht bestätigt worden; in einigen Fällen allerdings träfe bei weiter Auslegung des vieldeutigen Begriffes der Reizung die Angabe zu, in zahlreichen anderen Fällen dagegen nicht; da alle Substanzen, die als erregende Gifte bekannt seien, bei Steigerung ihrer Konzentration schließlich einmal eine schädliche, die Struktur zerstörende Wirkung haben müssen, so sei es nicht schwer, eine Reihe scheinbar beweisender Beispiele beizubringen. Die Verschiedenheit in der Wirkungsweise kleiner und großer Dosen zeige keine faßbare Gesetzmäßigkeit, sondern sei eine Serie von Problemen, ein Konglomerat verschiedener Erscheinungen. Aus den in der Erörterung gemachten Ausführungen sind hier noch die von GOLDSCHIEDER erwähnenswert. Es sei gewiß unsere Pflicht, die Beobachtungen von BIER nachzuprüfen. Aber selbst im Falle ihrer Bestätigung sei dies kein Beweis für die Richtigkeit der homöopathischen Lehre, weil diese ein medizinisches System darstelle, das alles nach *einem* Prinzip behandle; das aber sei verwerflich, denn es gäbe kein medizinisches System; man müsse auf Grund eines Verständnisses für das pathologische Geschehen, nicht aber mit doktrinärem Ausgehen von gewissen Grundsätzen an die Heilung von Krankheiten herantreten.

Eine besondere Beachtung aber verlangen die Äußerungen von BIER selbst in dieser Erörterung. Er bekannte sich nochmals zum homöopathischen Ähnlichkeitssatz, aber er bekämpfte jetzt den Standpunkt von HEUBNER von der *Medizin als Wissenschaft*. Die Naturwissenschaften seien nur die Dienerinnen der Medizin, allerdings ungeheuer wichtige Dienerinnen. HIPPOKRATES hätte das Gehirn für ein schleimabsonderndes Organ gehalten, nichts vom Blutkreislauf gewußt, und sei doch der beste Arzt gewesen, den wir gehabt haben. Medizin sei auch Kunst, und in der Kunst spiele die Intuition eine außerordentlich große Rolle. Es fiel ihm nicht ein, die Wichtigkeit der Naturwissenschaften für die Heilkunde zu leugnen, aber diese selbst sei *nicht* Naturwissenschaft.

Bei diesen Bemerkungen von BIER muß zu-

gegeben werden, daß sie in einer Erörterung ausgesprochen wurden, in der eine eingehendere Begründung gar nicht möglich war. BIER beabsichtigt jetzt seine grundsätzliche Stellung nochmals ausführlich auseinanderzusetzen; bisher liegt nur die Einleitung vor¹⁾. Schon die damaligen Äußerungen von BIER in ihrer programmatischen Kürze wirkten wie eine Absage an die naturwissenschaftliche Einstellung in der Medizin. Dieser Eindruck wird durch den neuen Aufsatz von BIER verstärkt. BIER meint hier, daß große Grundwahrheiten einfach seien und mit einfachen Beobachtungsmitteln erkannt werden könnten, daß die Entdeckungen der Physiologie, Pathologie, Bakteriologie usw. zwar ungeheuer wichtig seien, aber zu Unrecht als unentbehrliche Voraussetzung für eine wissenschaftliche Medizin und deren praktische Anwendung angesehen würden. Es sei eine Einkehr nötig, ob nicht das einfache naive Schauen und Denken uns verloren gegangen sei, und ob es nicht in großen Grundfragen weiter führe als noch so fein ausgeklügelte technische Hilfsmittel und die Ansammlung ungeordneter und nicht mehr übersehbaren Wissenswustes. Es darf hier daran erinnert werden, daß NERNST in seiner Rede „Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze“²⁾ ebenfalls das „Simplex veri sigillum“ vertritt, aber mit ganz entgegengesetzten Deutungen und Folgerungen.

Nummehr unterliegen die tatsächlichen Angaben von BIER und seinen Schülern der klinischen Prüfung. Für die Leser dieser Zeitschr. sind aber die grundsätzlichen Einstellungen von BIER wichtiger. Und deshalb möge darauf hingewiesen werden, daß gerade in der Gegenwart Zweifel an den Unterlagen der Denkmethode in der Medizin zu einer starken Unsicherheit geführt haben. Zwar der von HEUBNER gekennzeichnete Zwiespalt, je nachdem der Wissenschaftler oder der durch Lücken seines Wissens eingeeengte und doch mit der Pflicht und dem Wunsch zu helfen am Krankenbett tätige Arzt in Betracht kommt, ist alt. Sehr interessant ist, daß L. ASCHOFF in der soeben erfolgten Veröffentlichung seiner noch vor dem BIERschen Auftreten im Jahre 1924 gehaltenen Vorlesungen schon in dem ersten Aufsatz sich mit dem gleichen Gegensatz in etwas anderer Form beschäftigt; er spricht von der *Doppelstellung* des Pathologen, der als reiner Naturwissenschaftler kausal urteilen und sich auf Physik und Chemie stützen, der aber als Berater des Klinikers auch teleologische Betrachtungen einbeziehen müßte. Man darf freilich die Stellungnahme von HEUBNER und ASCHOFF keineswegs zusammenwerfen mit den heute gar nicht so vereinzelt Äußerungen anderer Mediziner, die einfach die naturwissenschaftliche Einstellung der Medizin eines für sie überwundenen Zeitabschnittes für erledigt erklären und an deren Stelle andere, nicht ganz klare, zuweilen mystische Systeme setzen wollen. Man braucht diese Äußerungen einer

gährenden Zeit noch nicht allzu ernst nehmen. Aber die Stellungnahme eines Mediziners von der Bedeutung von BIER hat die Zahl dieser Unsicheren und Schwankenden und ihr Selbstbewußtsein stark erhöht. Mit dem Satze, daß für den Erfolg ärztlicher Maßnahmen auch die Persönlichkeit des Helfers am Krankenbett eine große Rolle spielt, mit diesem selbstverständlichen und unbestrittenen Satz ist ein Grund zur Ablehnung des naturwissenschaftlichen Denkens in der Medizin noch nicht gegeben, und ebenso wenig mit berechtigtem Tadel einer allzu theoretischen Einstellung mancher Schulen. Auch die gerade heute mächtige Strömung, welche die Einwirkung auf die Seele des Erkrankten in den Vordergrund stellt und die Heilung vieler krankhaften Vorgänge ausschließlich durch psychotherapeutische Verfahren erreichen will, muß hier erwähnt werden. Auch ihr liegt manches Richtige, weil Selbstverständliches, zugrunde. Es genügt hier, an die Darstellung von KREHL in seiner pathologischen Physiologie zu erinnern und auf die Worte von NAUNYN hinzuweisen, mit denen er in seiner Lebensbeschreibung dieser Frage gedenkt. Er sieht die Beeinflussung der Seele des Kranken zum Zwecke, sein Vertrauen zu gewinnen, als eine selbstverständliche und dankbare Forderung an; die „Psychotherapie“ aber als eine selbständige und „dominierende“ Methode verwirft er; man mache davon so viel Aufhebens, weil jeder Ignorant sich als Psychotherapeut aufspielen könne. Trotzdem wird gerade in der Gegenwart mit der Ausdehnung psychotherapeutischer Schulen und Sekten zugleich die Abkehr von der naturwissenschaftlichen Richtung der Medizin verbunden. Und gerade, weil BIER mit der Empfehlung der ihm als erprobt geltenden neuen Heilverfahren zugleich zur Ablehnung der Heilkunde als Naturwissenschaft sich bekennt, gewinnt sein Vorgehen allgemeine Bedeutung und darf eine Würdigung an dieser Stelle beanspruchen.

Der Herausgeber dieser Zeitschr. hat mich aufgefordert, über die durch das Auftreten von BIER entfachten Erörterungen nicht nur zu berichten, sondern auch zu ihnen Stellung zu nehmen. Ich glaube das hier nur dadurch tun zu sollen, daß ich zunächst einmal die Fragestellung des Problems nachprüfe.

In dem Satz „Similia Similibus“ und auch in dem ihm gegenübergestellten und nicht anders zu beurteilenden Satze von GALEN „Contraria contrariis“, heißt das Prädikat „Curantur“, was sowohl „behandeln“ wie „heilen“ bedeuten kann, hier aber im letzteren Sinne gebraucht wird. Er müßte ergänzt werden durch die drei alten ärztlichen Sätze „Medicus curat, natura sanat“, den anderen „Qui bene diagnosticit, bene sanabit“ und den letzten: „Primum non nocere“. Der Satz nimmt als selbstverständlich vorweg, daß es Heilmittel gibt und daß Leiden überhaupt nur durch ihre Anwendung beseitigt werden; ihm fehlt das Subjekt oder richtiger die Kennzeichnung

¹⁾ Münch. med. Wochenschr. 1926, Nr. 14.

²⁾ Naturwissenschaften 1922, Nr. 26.

des Gegenstandes der Anwendung von Heilmitteln. Gegenstand der Behandlung waren nach HAHNEMANN entsprechend dem damaligen Stande des Wissens bestimmte Symptome oder Symptomen-gruppen. Sie bilden noch heute für viele seiner Anhänger und mehr noch für die Mehrzahl der Hilfesuchenden das Ziel der Behandlung. Für den wissenschaftlichen Mediziner war bis vor kurzem der Gegenstand der Behandlung die *Krankheit*, deren Bewertung und Abgrenzung vom herrschenden pathogenetischen System bestimmt wurde. Gegenwärtig gilt auch das nicht mehr, vielmehr soll den Gegenstand der Behandlung die gesamte Persönlichkeit bilden, und die heutige Klinik bemüht sich, für die normalen und pathologischen Vorgänge die Zusammenarbeit der einzelnen Organe und Organsysteme unter dem Einfluß der mehrfach vorhandenen zentralen und peripheren Regulationsmechanismen zu erforschen; sie rechnet zum Krankheitsbilde auch die Abwehrvorgänge des Gesamtorganismus, die zuweilen stürmischer sind als der krankhafte Vorgang selbst, und gerade in deren Benutzung liegt die Stärke der therapeutischen Einstellung der Gegenwart, auch in der Chirurgie, in der wir viele Fortschritte den Methoden von BIER verdanken. Nach der heut geltenden Auffassung sind Krankheiten Vorgänge, bei denen der in der Norm harmonische Ablauf der Funktionen des Gesamtorganismus durch äußere oder innere Einflüsse unter veränderten Bedingungen sich vollzieht. Aber schon VIRCHOW verband mit dem Begriff des Krankheitsvorganges den der *Gefährdung* des Gesamtorganismus; wir verstehen daher nach ASCHOFF unter einem Krankheitsprozeß jede Störung im Ablauf der Lebensvorgänge, durch welche der Organismus in seiner biologischen Existenz gefährdet wird, d. h. nicht mehr den gegebenen Lebensbedingungen angepaßt erscheint. Um dies abzuwenden, wird die Hilfe des in den Methoden der Heilkunde vorgebildeten Fachmannes angerufen, der zuerst feststellen soll, ob eine gegenwärtige oder später drohende Gefährdung in dieser Richtung besteht, und der dann die Verfahren der Abhilfe angeben und durchführen soll. Er wird hinzugezogen, wenn der Betroffene seine Gesundheit gefährdet glaubt. Ganz abgesehen von der wirtschaftlichen Seite der Frage, die von dem Verständnis und den Mitteln des Bedrohten beeinflusst wird, hängt der Zeitpunkt der Beanspruchung des Helfers vom subjektiven Ermessen ab; aber nicht nur der Schmerz und das Krankheitsgefühl sind sehr unsichere Maßstäbe, es gibt zahlreiche eingebilddete Kranke, Hypochonder und Neurastheniker, Menschen, die eine fehlerhafte Lebensweise nicht aufgeben, aber auch deren Folgen nicht tragen wollen, unrettbare Opfer gesundheitsschädlicher Berufsausübung, tödlich Erkrankte, die über das nahe Ende hinweggetäuscht werden wollen. Auch sie alle verlangen Rat und Hilfe, sie bilden einen großen Teil ärztlicher Inanspruchnahme; hier mögen seelische Einwirkungen, Wunderkuren und Ähnliches, schließ-

lich auch symptomatisch wirksame Heilmittel einen großen Raum einnehmen, aber bei der hier zu erörternden Frage scheiden diese Fälle besser aus. Ebenso sollen hier die Fragen des Arznehungers der Leidenden, der Propaganda der Heilmittelindustrie und manche oft erörterte Mißstände im Heilmittelverkehr nicht erörtert werden. Unter Beweis steht hier zunächst nur die Frage, daß und ob die Heilung einer Krankheit durch die angewendeten Heilmittel herbeigeführt ist, und wenn, ob die Anwendung dieser Mittel der künstlichen Veranlagung und gedanklichen Einfällen des Helfers oder seiner auf naturwissenschaftlichen Errungenschaften und naturwissenschaftlichem Denken beruhenden Schulung zu danken ist.

Es gibt Heilmittel, und es gibt Gifte und Gegengifte. Dem Studium ihrer Eigenschaften und Wirkungen dient gemeinsam ein besonderes Fach der Heilkunde. Derselbe Körper kann sowohl Heilmittel wie Gift sein. In welchem Sinne er wirkt, das ist in der Tat oft nur eine Frage der Dosierung oder Anwendungsform. Es gibt auch eine Reihe von Substanzen, die an sich Nahrungs- oder Genußmittel sind, die aber in besonderen Fällen ausgezeichnet wirkende Heilmittel werden, so z. B. Pflanzensäfte bei Avitaminosen, wie Skorbut. Es gibt weiter auch Arzneimittel oder Gifte, deren Wirkungen sich gegen einen einzelnen Vorgang richten, einen Vorgang, der sowohl im normalen wie im krankhaften Ablauf der Körperscheinungen bedeutungsvoll ist. Das sind symptomatische Heilmittel wie Schlafmittel, schmerzstillende Mittel, Abführmittel, lähmende, betäubende oder erregende Substanzen. Ein Teil der Heilmittel entstammt der Überlieferung aus Volkserfahrungen oder der Empirie, ein anderer ist durch planmäßige Versuche gefunden worden. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß es noch eine Fülle von chemischen Körpern gibt, die in irgendwelcher Form Heilwirkungen entfalten und deren Entdeckung der Zukunft vorbehalten bleibt. Die Heilmittel entstammen nicht nur dem Mineral- und Pflanzenreich, sondern werden neuerdings auch sehr häufig dem Körper entnommen, wie die Heilsera, das Adrenalin, das Insulin. Natürlich ist es ein Aberglaube, daß gegen jedes Gift ein Gegengift, gegen jede Krankheit und jedes Krankheitssymptom ein Heilmittel gewachsen ist, und natürlich bedarf es der wissenschaftlichen Forschungen im Laboratorium oder am Krankenbett, um die Ursachen für die Wirkungen zu erforschen, und weiter bedarf es wissenschaftlicher Untersuchungen, um die zweckmäßigsten Formen der Anwendung aus den Rohprodukten festzustellen. Nicht eine Vorsehung hat Metalle, wie Quecksilber, Arsen, Bismut als Heilmittel gegen die Syphilis geschaffen, sondern sehr mühselige Laboratoriumsversuche erst haben die Verbindungen ausfindig gemacht, die bei zweckmäßig erprobter Anwendungsform Nutzen bringen, anderenfalls ernst schaden. Auch die Behandlungsmethode mit den dem Körper selbst entnommenen Substanzen

beruht auf sorgsamem bakteriologischen, physikalischen und chemischen Studien, sowie folgerichtigen wissenschaftlichen Beobachtungen, und auch für die Anwendung am Krankenbett im Einzelfall bedarf es der Beobachtung und Erfahrung, wie der Kontrolle des Ergebnisses mittels genauer Untersuchungsverfahren, bei denen Zahl und Maß eine Rolle spielen. Der geniale Arzt wird zwar häufiger im Einzelfall das Richtige treffen, als derjenige, der schematisch vorgeht und für jedes Symptom über einen Rezeptvordruck verfügt. Aber die Intuition und der geistreiche Einfall können sehr leicht irreführen. Als vor einigen Jahren in einer Berliner Anstalt eine Massenvergiftung auftrat, ging der geniale Blick sehr stark vorbei, bis der kenntnisreiche Chemiker durch planmäßige Untersuchung im Methylalkohol die Ursache fand. Alle diese Fragen sollen hier nur gestreift werden. Dagegen interessiert hier vor allem die weitere Frage von der Bedeutung der Arzneimittel im Heilverfahren. Da ergibt sich, daß die Anwendung des Heilmittels nur ein Teil dieses Heilverfahrens ist, zwar ein dem Kranken selbst besonders wichtig erscheinender Teil, aber nicht immer auch den Ärzten.

Zunächst zeigt sich, daß der Erfolg einer Behandlung viel mehr von dem *Zeitpunkt ihres Beginns* als von der *Wahl der angewendeten Mittel* abhängt. Wer bestimmt die Behandlungsbedürftigkeit einer Krankheit? In den meisten Fällen doch der Erkrankte selbst oder seine Angehörigen, und dies nur dann, wenn ihnen selbst die Behandlungsbedürftigkeit wahrnehmbar wird. Das ist nur bei einem Bruchteil der Erkrankungen der Fall, bei den plötzlich beginnenden akuten Infektionskrankheiten, bei Verwundungen und Unfällen; sonst entscheiden subjektive Empfindungen wie Schmerz, oder objektiv wahrnehmbare Veränderungen der Form, der Temperatur, der normalen oder ungewöhnlichen Ausscheidungen, die Herabsetzung der Leistungsfähigkeit, nicht zuletzt persönliche seelische Einstellungen. Sehr viele ernste und gefährliche Erkrankungen, namentlich die chronischen, schreiten sehr lange ohne irgendwelche subjektiven Wahrnehmungen fort, während umgekehrt zahlreiche außerordentlich harmlose Leiden mit heftigen subjektiven Beschwerden verbunden sein können. Der Beginn und das Entstehen einer Erkrankung bedarf also sorgfältiger diagnostischer Methodik, die sich von subjektiven Angaben freimacht und deren Verfahren auf naturwissenschaftlichen oder technischen Einrichtungen aufgebaut sind. Die Krankheit auf der Höhe kann sehr oft der Laie erkennen, die Krankheitsanfänge müssen sorgfältig mit Messungsmethoden ergründet werden. Der Erfolg der Behandlung hängt in zahlreichen und den wichtigsten Fällen vom Zeitpunkt ihres Einsetzens ab und wird viel häufiger durch Frühbehandlung als durch Anwendung eines medikamentösen Verfahrens entschieden. Denn je früher die Krankheit in Behandlung genommen wird,

desto einfacher sind die Behandlungsmethoden, je später sie zur Behandlung kommt, desto umständlicher, langwieriger und minder erfolgreich. Nebenbei sei erwähnt, daß unsere ganze moderne Gesundheitsfürsorge auf Frühdiagnose und Frühbehandlung sich aufbaut, und daß in Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Forderung zuerst in Amerika, dann bei einigen Krankenkassen in Deutschland die sog. periodische Untersuchung anscheinend Gesunder eingeführt worden ist, gerade um die Anfänge der Erkrankungen herauszufinden. Diese Institute bedienen sich zu ihrem Betriebe sehr komplizierter physikalisch-chemischer diagnostischer Apparate und Verfahren, die unerlässlich sind für die Erfüllung der gestellten Aufgaben.

Weiter aber muß die Frage nach den *Beweisen* für eine Heilwirkung durch ein bestimmtes Mittel gegen eine bestimmte Krankheit oder einen bestimmten Symptomenkomplex erörtert werden. Bei Krankheiten mit einer hohen Sterblichkeit ist der Maßstab die Prozentzahl der Gestorbenen. Das gilt besonders für die akuten ansteckenden Krankheiten mit ihren charakteristischen Erscheinungen. Nur wenige von ihnen, wie Cholera und Pest haben eine Sterblichkeit von 50% der Erkrankten und mehr, d. h. die Wahrscheinlichkeit zu sterben ist die gleiche wie die zu genesen, oder noch größer. Bei der Mehrzahl der einheimischen und mit Recht als lebensgefährlich geltenden Erkrankungen, und gerade bei solchen, bei denen die Antitoxinbehandlung Anwendung findet, liegt die Sterblichkeit um höchstens 10% der Erkrankten; für den tödlichen Ausgang kommt aber meist weniger die spezifische Krankheitsursache, als das Lebensalter, die Konstitution, vorangegangene oder begleitende Erkrankungen als Todesursache in Betracht. Wie soll man hier entscheiden, ob das neue Heilmittel im Einzelfall oder in einer Gruppe von Einzelfällen gewirkt hat, wenn auch ohne diese Behandlung 90% genesen? Der persönliche Eindruck des erfahrenen Beobachters kann, wie zahlreiche Beispiele lehren, zu bedenkliehen Urteilstäuschungen führen. Hier kann doch nur der Tierversuch mit maximalen Reizen oder die Kontrolle im Vergleich mit anderen nicht behandelten oder anders behandelten Krankheitsfällen in gleich und genügend großer Zahl, also die Statistik nach korrekter Methode unter Berücksichtigung der Fehlergröße antworten. Nun liegt aber bei der Mehrzahl aller in Behandlung genommenen Erkrankungen eine Lebensgefahr überhaupt nicht vor. Selbst bei den gesundheitlich ungünstigeren Versicherten der Krankenkassen erlangen 97% aller Fälle, bei denen der Arzt Arbeitsunfähigkeit bescheinigt, die Wiederherstellung; von den versicherungspflichtigen Unfällen erledigt sich die übergroße Mehrzahl in wenigen Wochen durch Genesung unter wiedergewonnener Leistungsfähigkeit. Bei der überwiegenden Mehrzahl aller dieser Fälle handelt es sich um Selbstheilung von Leiden, deren Beschwerden der Arzt mildert oder deren Verschlimmerung er verhütet. Auch hier ist

die Beurteilung des Erfolges selbst bei Wunden, Hauterkrankungen oder Augenleiden, wo der Beobachter die täglichen Änderungen sehen kann, schwierig, die Gefahr der Urteilstäuschung groß und die Notwendigkeit der Überwachung der Schlußfolgerung durch Kontrollen nach Zahl und Maß dringend. Dann aber darf nicht übersehen werden, daß gerade jene 3%, bei denen nach der Art des Leidens niemand etwas anderes als den tödlichen Ausgang erwartet, an die Kunst, das Wissen und die Zeit des Arztes besonders hohe Anforderungen stellen, und daß hier bei der Behandlung die Frage der Einwirkung eines Heilmittels überhaupt keine Rolle spielt. Die Zahl und Art der als unheilbar oder tödlich geltenden Krankheiten hat in den letzten Jahrzehnten eine starke Verminderung erfahren, und zwar aus der Nutzenanwendung der Ergebnisse der naturwissenschaftlich eingestellten Forschungen, auch soweit eine Vermehrung des Heilmittelschatzes die Folge war.

Nun bildet das Heilmittel nur einen Teil des Heilverfahrens im Krankheitsfalle. Für das Heilverfahren unerlässlich ist selbst in den Fällen der Anwendung eines sicheren Heilmittels oder in solchen Fällen, in denen es einer medikamentösen Behandlung überhaupt nicht bedarf, die Regelung der Ernährung, die Pflege, die Verhütung von Störungen des Heilverlaufes, die Beratung in der Genesungszeit, die Wiederherstellung der seelischen und körperlichen Leistungsfähigkeit, alles Fragen, von denen die spätere Gesundheit und Arbeitsfähigkeit abhängt. Alle diese Aufgaben verlangen zwar Hingebung und Persönlichkeit, aber doch in erster Linie physiologische Kenntnisse.

Weiter aber gibt es zahlreiche Fälle, bei denen es sich um Genesung, Tod oder Siechtum handelt, in denen, abgesehen von der Behandlung der Symptome, das Medikament versagt, und bei denen eine operative Behandlung in Frage kommt. Die Chirurgie hat bekanntlich in einer Reihe von Krankheiten der inneren Organe durch die Erweiterung ihrer Technik die Behandlung und Genesung überhaupt erst ermöglicht und dem Messer ist jetzt das Zentralnervensystem und das Herz innere zugänglich gemacht worden. Aber auch hier ist nur scheinbar der Künstler dem Naturwissenschaftler überlegen. Denn ehe der Meister eingreift, ja eingreifen konnte, war auch im operativ behandelten Fall lange Vorarbeit nötig. Diagnose mit Röntgenstrahlen, Asepsis, Narkose, vielleicht ein Überdruckverfahren bei dem Eingriff der Eröffnung der Lungen oder Ähnliches, dann folgt Wundverschluß und Verband. Allen diesen Maßnahmen gingen mühselige, durch die Arbeit vieler Forscher geförderte Untersuchungen auf den Gebieten der Anatomie, Physiologie, Bakteriologie, Chemie und Physik voraus. Ja der zuletzt eingreifende Künstler muß selbst über Anatomiekenntnisse verfügen, ihm kommen bei der Behandlung der Gewebe die rein biologischen Versuche des Fortlebens explantierter Zellen auf

künstlichem Nährboden zugute. Zugegeben, daß kein Chirurg ohne manuelle Fertigkeiten, ohne künstlerischen Anschauungssinn ein Meister werden wird, so hat doch auch mancher moderne Experimentator auf dem Gebiete der theoretischen Physik und Chemie nicht weniger künstlerisches Geschick anwenden müssen als der Chirurg, ohne daß die Ergebnisse seines Forschens auf diesen Umstand zurückgeführt werden. BIER sagt gern, daß die Technik der Darmnaht von jedem Assistenten erlernt werden könne; für ihn aber sei ein guter Arzt nur der, der einen Verletzten so zu lagern verstehe, daß er keine Schmerzen habe. Das ehrt den Menschen und Lehrer des Nachwuchses; aber jeder wird sich und die Seinen vor einer Bauchoperation zunächst nur einem Arzt anvertrauen, von dem er sicher ist, daß er die Technik beherrscht. Auch diese Technik war leicht erfunden, aber sie erhielt erst Bedeutung, als die Forschung nach jahrzehntelanger Arbeit Vieler den Eingriff in die Bauchhöhle ungefährlich gemacht hatte.

Dann gewinnt als Heilverfahren die Behandlung mit physikalischen Kräften, mit Wärme, Licht, Strahlen eine stets wachsende Bedeutung und ersetzt medikamentöse Heilmittel und chirurgisches Eingreifen. Gerade BIER bezeichnet sich zutreffend als einen der beschäftigtsten und erfolgreichsten Naturheilkundigen. Er hat in geistvollen Schlußfolgerungen eine große Anzahl geltender Anschauungen über die Selbstheilungsvorgänge im Körper durch neue Deutungen ersetzt, die er in die Praxis übertrug. Vermutlich in diesem Zusammenhange spricht er wohl von dem Werte der Intuition. Aber gerade er verdankt den größeren Teil seiner neuen Auffassungen seinen feinen Beobachtungen der Baum- und Pflanzenwelt, die er als echter Naturforscher mit physiologischen Kenntnissen unbefangen betrachtete und deren Ergebnisse er auf die Lebensvorgänge der Tierwelt im normalen und krankhaften Zustande übertrug. Wer einmal die reichen Früchte der biologischen Röntgenforschung verfolgt, wird bewundernd anerkennen, wie umfassend durch die Beherrschung physikalischer Technik die biologischen Auffassungen erweitert worden sind. Aber er wird auch hier wieder nur folgerichtige und scharfsinnige Beobachtungen von Lebenserscheinungen, nicht aber künstlerische Intuition finden. Auch zur Aufstellung einer neuen Theorie des Baues der Atome gehört selbstverständlich Phantasie und Eingebung, darum ist es niemand bisher eingefallen, die theoretische Physik aus den Naturwissenschaften herauszunehmen und für eine Geisteswissenschaft zu erklären.

Nun ist aber die Hauptfrage diejenige von den Leistungen der Heilkunde für die gesamte Gesellschaft. Ein brauchbarer erster Maßstab ist die Höhe der Sterblichkeit oder die Größe der mittleren Lebensdauer unter der Voraussetzung der erwiesenen Wirkung der verschiedenen Heilverfahren und Operationen. Da ergibt sich nun die überraschende Tatsache, daß die Erfolge der Heilkunde am Krankenbett des *Einzelalles* innerhalb der

Fehlerquellen der Statistik liegen. Die Verlängerung des Lebens, die Beseitigung einer bestehenden Lebensgefahr im Sonderfall ist für den Einzelnen gewiß ein großer Gewinn, sie wird aufgewogen durch ebenso zahlreiche Fälle des Versagens durch zu spätes Beanspruchen der Hilfe. Auf der anderen Seite hat die Sterblichkeit insgesamt und für viele der häufigsten alltäglichen Krankheiten in den letzten Jahrzehnten erheblich abgenommen und die durchschnittliche Lebensdauer für alle Altersklassen sich stark und stetig erhöht. Aber bis auf einige wenige, quantitativ nicht allzuviel ausmachende Einzelfälle ist das zwar ein Erfolg der gesamten Heilkunde, nicht aber ein Erfolg der Einzelbehandlung. Drei Beispiele mögen diese scheinbar paradoxe Feststellung erläutern. Auf das erste derselben habe ich seit 1 $\frac{1}{2}$ Jahrzehnten wiederholt hingewiesen. Die Krätze ist vielleicht die einzige Krankheit, bei der die Zusammenhänge besonders leicht zu übersehen sind. Sie wird durch eine, meist mit bloßem Auge sichtbare Milbe hervorgerufen, die sich fast nur von Mensch zu Mensch überträgt und außerhalb des Menschen kaum lebensfähig ist. Die von ihr erzeugten Krankheitserscheinungen werden nach wenigen Tagen sichtbar und fühlbar, nicht wie bei Syphilis und Tuberkulose nach Wochen oder Monaten. Wir besitzen seit Jahrzehnten Heilmittel, die billig, schnell und ohne Berufsstörungen wirken und die mit der Krankheit zugleich den Ansteckungsstoff vernichten. Trotzdem ist die Krätze auch heute noch nach den akuten Infektionskrankheiten das häufigste Krankenhausleiden und außerordentlich verbreitet geblieben. Die Gründe sind einleuchtend. Trotz des fast unfehlbaren und bequemen Heilmittels und trotz der Leichtigkeit und Schnelligkeit der Diagnose kommen aus sozialen Gründen Heilkundige und Erkrankte nicht rechtzeitig zusammen.

Das zweite Beispiel sind die periodischen Schwankungen akuter ansteckender Krankheiten. Die Höhe dieser Schwankungen ist so groß, daß die Wellenberge und -täler die durch ein wirksames Heilmittel etwa herbeigeführten Senkungen weit übertreffen. Die Größe der Sterblichkeit an Masern, Diphtherie, Lungenentzündung und gar an Grippe wird allein durch die Verbreitung der Epidemie bestimmt. Die Schwankungen der Sterblichkeit durch rechtzeitige und wirksame Heilverfahren bleiben weit hinter dieser Ursache zurück.

Das dritte Beispiel sind die Blinddarmentzündungen, die seit Jahrzehnten in steigendem Umfang dem operativen Verfahren zugeführt worden sind. Trotzdem stieg die Zahl der Todesfälle vom Anfang dieses Jahrhunderts bis 1917 langsam an und zeigte erst in zeitlichem Zusammenreffen mit der geänderten Ernährung seit 1917 für mehrere Jahre einen immerhin recht merkbaren Abfall, der gegenwärtig wieder im Schwinden ist. Die in der Lebensweise bedingten Gründe für die Zunahme lebensgefährlicher Blinddarmentzündungen waren also auch hier wieder stärker

als die Verbesserung der Lebenserhaltung durch Frühdiagnose und durch die Ausdehnung des im Einzelfalle lebensrettenden operativen Eingriffs. Andere die Lebensrettung verbürgende operative Eingriffe beziehen sich auf Krankheiten von verhältnismäßig zu großer Seltenheit, als daß der Heilerfolg zahlenmäßig ins Gewicht fielen.

Die Aufgabe der Heilkunde als einer unentbehrlichen Dienerin der Gesellschaft liegt weniger darin, einige interessante, aber seltene und in höherem Lebensalter oder in kleineren gesellschaftlichen Schichten verbreitete Leiden zu beseitigen. Sie liegt darin, die Gesamtsterblichkeit oder die Übersterblichkeit in verschiedenen Lebensaltern durch bestimmte sehr verbreitete, meist seuchenartige, langwierige und die Wirtschaft des Betroffenen und seiner Familie wie der Gesamtheit schwer schädigende Massenerkrankungen herabzusetzen. Sie liegt weiter darin, bei ähnlich gekennzeichneten, das Leben nicht gefährdenden Krankheitsgruppen die Krankheitsfolgen eines viel späteren Lebensabschnittes, die Störungen der Berufsausbildung oder der Erwerbsfähigkeit oder die Erzeugung eines minderwertigen Nachwuchses durch rechtzeitiges Eingreifen zu verhüten. Daß dies Ziel unter starker Mitwirkung der Heilkunde erreichbar ist und daß wir ihm erheblich näher gekommen sind, beweist die beträchtliche Abnahme der einheimischen akuten und chronischen ansteckenden Krankheiten, das Absinken der Sterblichkeit auf die Hälfte und die starke Erhöhung der Lebensdauer in allen Altersklassen. Ja selbst die schweren Schädigungen der Volksgesundheit durch die Vorgänge von 1916—1923 konnten diese Besserung nur für kurze Zeit und in geringer Stärke unterbrechen; bei Zusammenfassung von Jahrfünften ist diese Störung in den sinkenden Kurven sehr wenig bemerkbar. Sogar diejenigen Krankheiten, deren letzter Entstehungsgrund die wirtschaftliche Not ist und die als Ursachen von Tod und gesundheitlichem Verfall um so häufiger sind, je schlechter die wirtschaftliche Lage wird, zeigen starke Abnahme, ein Beweis, daß es gelungen ist, durch rechtzeitige Einbeziehung der Gefährdeten in eine planmäßige Gesundheitsfürsorge die wirtschaftliche Gefahr auszugleichen. Das gilt besonders für die Säuglingssterblichkeit.

Die Methoden der vorbeugenden Medizin sind keine anderen als die des untersuchenden Kliniklers; aber da es sich um Krankheitsanfänge handelt, müssen die feineren Untersuchungsverfahren stärker und sorgfältiger herangezogen werden als für die Erkennung des einzelnen Krankheitsfalles auf der Höhe des Leidens. Bei der vorbeugenden Gesundheitsfürsorge und der Frühbehandlung spielen das Medikament und der chirurgische Eingriff eine sehr geringe Rolle. Bei der Feststellung der Ersterscheinungen bedarf es zwar nicht der exakten Verfahren der Astronomen oder des theoretischen Chemikers und Physikers, aber immerhin oft recht genauer Messungen, röntgenologischer, chemischer und bakteriologischer Unter-

suchungen. Das Vertrauen auf den persönlichen Künstlerblick würde wenig nützen.

Bei dem Umfange, den die Heilkunde heute erreicht hat, muß die Forschung in Einzelfächer sich teilen, müssen der Forscher im Laboratorium und der Arzt am Krankenbett sich in viele Sonderprobleme vertiefen. Den gekennzeichneten Fortschritten sind die Ergebnisse nahezu aller dieser Sonderforschungen zugute gekommen, und selbst anfangs scheinbar rein theoretische, abseits der Tagesforderungen liegende Arbeiten erlangten auf einmal Bedeutung. Die heute so häufig geübte Bluttransfusion, die eine lange Geschichte von Jahrzehnten immer neuen Versagens hatte, die aber bei vielen ernstesten Erkrankungen lebensrettend wirkt, erfordert für die Feststellung ihrer Notwendigkeit im Einzelfall keinen besonderen Scharfblick, auch ihre Technik ist leicht zu erlernen; sie ist aber in der Gegenwart erst ungefährlich geworden durch serologische Untersuchungen von anfänglich sehr theoretischer Färbung. Für die Malariabehandlung der Paralyse, die diese früher absolut tödliche Krankheit besserungsfähig gemacht hat, gilt gewiß die obige Bemerkung, daß es an sich für die Volksgesundheit ziemlich gleichgültig ist, ob gerade von den Paralytikern ein nennenswerter Bruchteil erhalten wird oder nicht. Aber das Verfahren, aus Ergebnissen der Laboratoriumsforschung abgeleitet, ist biologisch von großem Interesse, therapeutisch von weiter Perspektive und könnte dereinst eine beträchtliche Ausdehnung auf andere gesundheitspolitisch wichtigere Erkrankungen erfahren. Auch die innere Klinik, die sich heute stark mit Laboratoriumsforschungen von meist nicht unmittelbar praktischer Ausnutzungsmöglichkeit befaßt, verspricht doch dank der Synthese der bisher gewonnenen Ergebnisse in naher Zeit eine Erhöhung unseres Könnens. An der Frühdiagnose und Frühbehandlung, die den Kern der Leistungssteigerung der heutigen Heilkunde bildet, haben alle Sonderfächer, theoretische wie klinische, ihren Anteil.

Auch für die Arzneimittellehre in der Forschungsstätte der Laboratorien gilt das gleiche. Ihre Untersuchungen verheißen uns für die Zukunft weitere neue Möglichkeiten und Klärung über die Bewertung alteingeführter Arzneiverfahren. Daß sie einem akademischen Streit über einen vor 130 Jahren bei einem ganz anderen

Stand unseres Wissens aufgestellten dogmatischen Lehrsatz, wie den des *Similia similibus*, aus dem Wege geht, ist verständlich, sie hat Wichtigeres zu tun.

Abgesehen davon aber beweist die Sachlage, daß die Heilmittel nur einen kleinen Teil des Heilverfahrens bilden, und daß es nicht zutreffend ist, die Behandlung mit Medikamenten in den Mittelpunkt ärztlichen Denkens und Strebens zu stellen und von ihm ausgehend Betrachtungen über die Grundlagen ärztlichen Handelns anzustellen.

In seinem neuen obenerwähnten Aufsatz be ruft sich BIER außer auf HIPPOKRATES noch besonders auf VIRCHOW. Auch ich möchte mit drei Anführungen aus den Aufsätzen von VIRCHOW schließen. Am 18. August 1848 schrieb der damals noch nicht dreißigjährige VIRCHOW: „Wir sind einfach Naturforscher, und als solche verlangen wir, daß jeder Einsichtige dazu beitrage, den allgemeinen Naturgesetzen Anerkennung zu verschaffen, weil nur unter der Herrschaft dieser Gesetze ein befriedigender Zustand aller möglich ist.“ Im selben Jahr sagte er: „So muß auch die Medizin zur Natur zurück. Aus den Ärzten waren Priester geworden, welche die Medizin knechteten. Aber die Medizin emanzipierte sich, und jetzt müssen die Ärzte Priester in anderem Sinne werden, nämlich Hohepriester der Natur und der humanen Gesellschaft.“ Und im Jahre 1867 hielt er auf der Naturforscherversammlung in Frankfurt a. M. eine Rede über „die neuen Fortschritte in der Pathologie“. Er schloß sie mit den hier etwas gekürzten Worten: „Daher möchte ich Sie bitten, daß Sie, die anderen Naturforscher, uns als ebenbürtig anerkennen, nicht immer glauben möchten, wir dächten noch im Sinne der GALENISCHEN Scholastik. Diesen Plunder, soweit er Plunder war, haben wir über den Haufen geworfen. Alles systematische, alles bloß dogmatische Wissen haben wir abgestreift, und daher hoffe ich, daß Sie uns freudig begrüßen werden als Mitkämpfer auf gemeinsamem Boden.“

Der Entwicklungsgang der modernen Medizin aller Kulturvölker lehrt, daß das auch heute noch zutrifft, und daß der Schritt von BIER, der aus einigen Auswüchsen den Anlaß nimmt, eine grundsätzliche Änderung der gedanklichen Unterlagen zu fordern, einen Rückschritt in überholte Zeitabschnitte bedeutet.

Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels.

VON ADOLF NAEF, Zürich.

(Schluß.)

Leider liefert uns die obere Hälfte des Tertiär keine sicheren körperlichen Hominidenreste, sondern nur problematische Artefakte¹⁾. Die Vorstellung, die wir uns von der allmählichen Menschwerdung innerhalb dieser auf 10 bis 15 Millionen

¹⁾ Vgl. W. FREUDENBERG, voriger Band S. 452.

Jahre zu schätzenden Zeit machen dürfen, kann deshalb nur eine sehr unbedeutende sein. Die Entwicklung des Schädels und Gehirns stand aber offenbar in einem starken Gegensatz zu dem Vorgang, den wir für die Pongiden erschlossen haben. Auffallende Veränderungen sind hier überhaupt nicht

mehr anzunehmen; dagegen ein wohl unendlich langsamer Ausbau des Angelegten unter allmählicher Zunahme der Körpergröße.

Diese Zunahme ohne Preisgabe der einmal erlangten arithmetischen und architektonischen (nicht bloß physiologischen) Körper-Hirn-Relation zu erreichen, war sozusagen die gestellte Aufgabe (!!!).

Nur so konnte, spätestens zu Beginn der Eiszeiten, der Typus erreicht werden, den uns zwei hochbedeutsame Fossilien veranschaulichen, nämlich die Schädelkalotte von *Pithecanthropus erectus* aus Java (vgl. im vorigen Band S. 190 die Darstel-

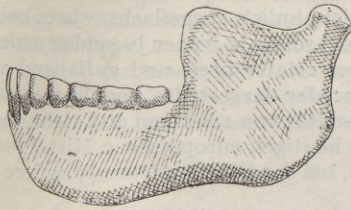


Fig. 10. Profilansicht des ältesten sicher erkannten Hominidenkiefers (von MAUR bei Heidelberg stammend), etwa gleichaltrig mit dem *Pithecanthropus* fossil ($\frac{1}{3}$ nat. Größe), nach LECHE 1910 (auf Grund eines Gipsabgusses) gezeichnet. Dieses wohlerhaltene Stück war seinerzeit eine äußerste Überraschung für die Morphologen: Das völlig menschliche Gebiß, stark abgebraucht, aber außerordentlich regelmäßig und äußerst kräftig gebildet, die steilstehenden Schneidezähne, der ebenfalls durchaus menschliche Zahnbogen (Fig. 5) waren verbunden mit noch völlig stumpfem Kinn und mit einer Form des aufsteigenden Kieferastes, der sozusagen noch hinter dem heutiger Pongiden zurückzustehen schien (Fig. 7). Das alles ist für uns nach dem vorstehenden bei einem wirklichen Urmenschen fast selbstverständlich, paßt aber allerdings durchaus nicht zu dem Bestreben, den Menschen als einen weitergebildeten Gorilla oder Schimpanse anzusehen.

lung von WEINERT) und der Unterkiefer von MAUR bei Heidelberg (*Protanthropus Heidelbergensis*), gefunden von SCHOETENSACK (Fig. 10). Beide gehören vielleicht in relativ nahe Verwandtschaft; jedenfalls kann man sich zu dem Maurer Unterkiefer keinen wesentlich von *Pithecanthropus* verschiedenen Schädel denken, nämlich weder einen primitiveren noch einen im Sinne der Menschwerdung fortgeschrittenen. Beide Fossilien müssen ja den Morphologen dadurch überraschen, daß sie sich der reinen Form nach so wenig über das erheben, was als Typus oder ursprüngliche Norm der Anthropomorphen zu gelten hat (vgl. Fig. 8 und 11). Der Hauptunterschied ist die Größe, der aber hier eine ganz besondere Bedeutung zukommt.

Jedenfalls war in *Pithecanthropus* ein Anthropomorphe realisiert, der beinahe die durchschnittliche Größe eines europäischen Mannes (160 bis 170 cm) erreicht hatte, ohne von der urtypischen absoluten Hirn-Körperproportion kleinerer Affen, Anthropoiden und Anthropomorphen wesentlich (im Sinne einer physiologischen Proportion) ein-

zubüßen. Die Schädelkapazität beträgt nach DUBOIS fast 900 ccm und erreicht damit gerade die kleinsten der bei lebenden normalen Menschen, allerdings nur bei kleinsten Rassen, noch vorkommenden Maße.

Die Tragart eines solchen Schädels muß we-

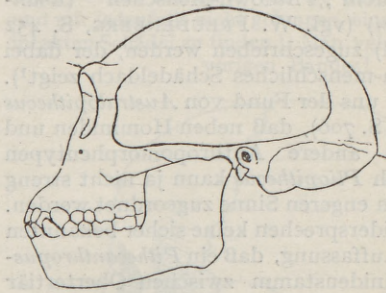
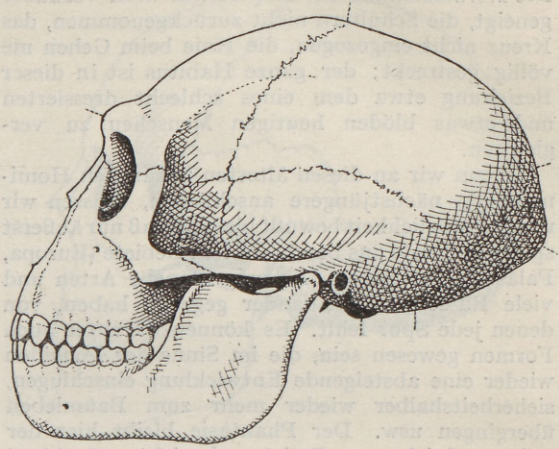


Fig. 11. Rekonstruktion des Schädels von *Pithecanthropus erectus*. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Man vgl. die wirklich erhaltenen Teile im vorigen Bande auf S. 190! Die Nebenfigur zeigt die erste bekannte Rekonstruktion durch den Entdecker, die natürlich nur eine vorläufige Deutung war und nicht auf einer methodischen Gesamtvergleiche der Anthropomorphen beruht. (Wir sehen da spezielle Züge verschiedener Pongiden mit dem urmenschlichen Schädeldach verbunden.) Das allgemeine Prinzip der neuen Rekonstruktion ist das, für die Ergänzung eines Fossils zunächst die typischen Merkmale der betreffenden Gruppe zu verwenden und nur soweit abzuändern, als die Anpassung an das besondere Objekt verlangt. Man erkennt in der Tat zunächst den urtypischen Anthropomorphenschädel wieder (Fig. 8, H. 20, S. 451), variiert durch die wirklich vorliegende Wölbung des Schädeldaches und die Einsetzung einiger als ursprünglich erkannter Hominidenmerkmale (niedriger Kronfortsatz, höherer Körper, steil aufsteigender Ast des Unterkiefers). Eine genauere Diskussion kann hier nicht stattfinden. Das Ganze veranschaulicht jedenfalls den Urzustand des Hominidenschädels, wie er im Anfang der Eiszeitperiode offenbar noch vertreten war, wenn auch wohl (?) bereits fortgeschrittenere Formen daneben bestanden.

sentlich menschlich gedacht werden; alle Morphologen sind heute darüber einig, daß *P.* eine mehr oder minder gefestigte aufrechte Haltung zuzuschreiben sei. Doch sind hier in noch stärkerem Grade Einschränkungen zu machen, als sie namentlich BOULE beim Neandertaler gemacht hat. Die *Normalhaltung* des Kopfes war wohl vornüber geneigt, die Schultern nicht zurückgenommen, das Kreuz nicht eingezogen, die Knie beim Gehen nie völlig gestreckt; der ganze Habitus ist in dieser Beziehung etwa dem eines schlecht dressierten und etwas blöden heutigen Menschen zu vergleichen.

Wenn wir an diesen ältesten bekannten Hominidentyp nächstjüngere anschließen, müssen wir uns der Möglichkeit bewußt bleiben, daß nur äußerst spärliche Reste aus beschränktem Gebiete (Europa, Palästina) vorliegen. Es mag manche Arten und viele Rassen nebeneinander gegeben haben, von denen jede Spur fehlt. Es können darunter auch Formen gewesen sein, die im Sinne der Pongiden wieder eine absteigende Entwicklung einschlugen, sicherheitshalber wieder mehr zum Baumleben übergangen usw. Der Phantasie bleibt hier der weiteste Spielraum. Es ist auch nicht undenkbar, daß solche Rassen auch morphologisch sich den Pongiden näherten, z. B. durch vergrößerte Eckzähne, wie sie dem „Pitdown-Menschen“ (*Eoanthropus Dawsoni*) (vgl. W. FREUDENBERG, S. 452 in diesem Band) zugeschrieben werden, der dabei ein fast modern-menschliches Schädeldach zeigt¹⁾. Ferner belehrte uns der Fund von *Australopithecus* (S. Jahrg. 1925 S. 706), daß neben Hominiden und Pongiden noch andere Anthropomorphentypen existierten; auch *Pliopithecus* kann ja nicht streng den Pongiden im engeren Sinne zugeordnet werden.

Trotzdem widersprechen keine sicher bekannten Tatsachen der Auffassung, daß ein *Pithecanthropus*-ähnlicher Hominidenstamm zwischen Obertertiär und mittlerem Quartär allmählich den Charakter des „Urmenschen“ (*Homo Neandertalensis*) angenommen habe. Jedenfalls kann dessen Entstehung nicht anders denn über das Stadium der Fig. 11 hinwegschreitend gedacht werden. Dabei ist, wie bisher, der ganze Gang persönlicher Entwicklung in Betracht zu ziehen. Wenn schon Pongiden den Zustand der Fig. 4 (H. 20, S. 448) erreicht haben, unter Steigerung eines entsprechenden (H. 20, S. 450), bei Uraffen anzunehmenden, muß das Bild eines *Pithecanthropus*kindes noch wesentlich menschlicher gewesen sein. Ganz junge Urmenschen aber können kaum noch deutlich von heutigen Verhältnissen (Australierkinder bei KLAATSCH 1912) abweichend gedacht werden.

Die spätere individuelle Entwicklung brachte natürlich auch bei Ur-Hominiden die gesetzmäßige

¹⁾ Einstweilen teile ich darüber die Meinung W. K. GREGORYS (1922) und vieler anderer, daß die Zusammengehörigkeit von Schädeldach und Kiefer nicht erwiesen sei. Der letztere gehört fast sicher einem schimpansenartigen Typus an, sicher keiner Stammform von *Homo*. Schädelkapazität etwa 1200 ccm.

relative Verkleinerung der Hirnkapsel und Verstärkung der Kiefer, wovon wir leider keine direktere Kunde haben. Immerhin ist der jugendliche Neandertaler der Fig. 12 in diesem Zusammenhang recht interessant, da die letzte Phase des Prozesses bei ihm noch nicht abgelaufen ist. (Man vergleiche unter Messung mit dem Zirkel von der Ohröffnung aus Kiefer- und Schädelmaße.) Beim alten Neandertaler (Fig. 13) ist das Gebiß nicht wesentlich vom Heidelberger (Fig. 10) verschieden; die Schneidezähne sind etwas schräger gestellt, ohne darin die heutigen Verhältnisse sog. primitiver Rassen zu erreichen oder zu übertreffen; die ganze Kieferpartie ist bedeutend verstärkt. Der Hirnschädel dagegen ist ähnlich ausgeflacht, wie es beim Gorilla (H. 6, S. 95) schon in früher Jugend geschieht. Dabei ist er aber relativ breit und auffallend voluminös geblieben: der dargestellte (maximale) hatte sogar eine Kapazität von 1608 ccm und steht damit schon über dem heutigen europäischen Mittel (beim Mann 1550 ccm, bei der Frau 1360 ccm); andere Neander-

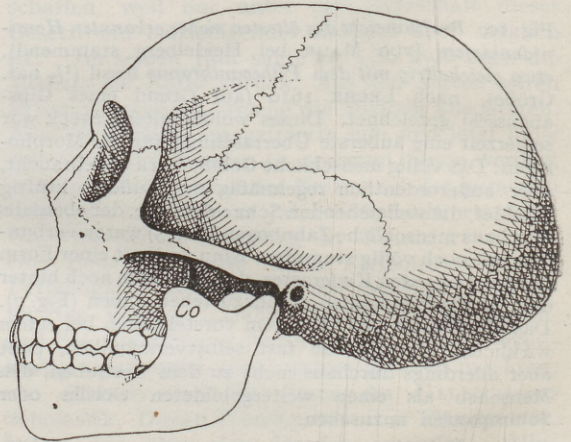


Fig. 12. Rekonstruktion eines jugendlichen Neandertalers nach dem Schädel von Le Moustier (Vézère-Tal, Südfrankreich), von O. HAUSER 1908 in einer Wohnhöhle gefunden und von H. WEINERT 1925 neu zusammengesetzt¹⁾; man vgl. besonders dessen Fig. 38, S. 46! $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Der Schädel unterscheidet sich nicht unbedeutend von anderen Vertretern derselben Art (s. oben S. 707), wobei z. T. der jugendliche Charakter maßgebend ist: Schwache Augenbrauenwülste, daher auch die hintere Begrenzung der Augenhöhle weniger steil gestellt. Fast schwächlich erscheint der unfertige Unterkiefer mit dem offenbar verletzten und wieder verheilten Gelenkkopf und einem die Jochbogenhöhe bei weitem nicht erreichenden, abgekrümmten Kronfortsatz (Co). Eine Abnormität am Gebiß (Zurückbleiben des linken Milchzahns) ist korrigiert, dem normalen Verhalten entsprechend. Leider ist dieser Schädel bedeutend älter als die milchzahnigen Anthropomorphen (H. 6, S. 92 bis 95). Die Weisheitszähne sind zwar noch nicht völlig am Platz, sonst aber ist das Gebiß fertig. Das Individuum mochte 18 Jahre zählen.

¹⁾ H. WEINERT, Der Schädel des eiszeitlichen Menschen von Le Moustier in neuer Zusammensetzung. Berlin: Julius Springer 1925.

taler erreichten nur 1300 bis 1400, auch wohl noch weniger.

Die teilweise Gleichsinnigkeit der Entwicklung zwischen Neandertalmenschen und Pongiden ist also unverkennbar; durch die sekundäre Entwicklung der Brauenwülste werden allgemein die Öffnungen der Augenhöhlen zuletzt wieder steiler gestellt, die Schläfenlinie (punktiert) rückt gegen den Scheitel vor. Verschieden ist aber der Grad dieser Veränderung, ihr Tempo und damit ihr Resultat.

Das gleiche gilt für den heutigen europäischen Menschen¹⁾. Jedermann ist die typische, leicht vorgewölbte Kinderstirn bekannt, mit den beiden seitlichen Höckern. Sie geht später langsam in eine mehr „fliehende“ Form über, und zwar beim Mann stets stärker als beim entsprechenden Frauentyp, bei dem viel von der kindlichen Bildung erhalten bleibt. Dabei wird auch hier der Kiefer mächtiger, der ansteigende Ast höher und steiler, das Kinn

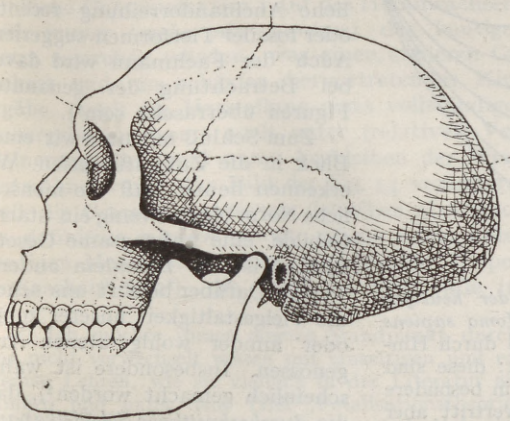


Fig. 13. Rekonstruktion des Schädels eines Neandertalmannes. $\frac{5}{18}$ nat. Größe. Nach dem Alten von Chappelleaux-Saints, den M. BOULE (1911—1913) beschrieb, unter Verwertung von Beobachtungen an verschiedenen anderen Stücken, insbesondere auch des Krapinamenschen (gerade Nase) ergänzt.

nach unten und vorn getrieben, während es sich beim Neandertaler eher noch abschwächt. Brauenbögen werden mehr oder weniger angedeutet, sehr selten sogar fast neandertalerartig ausgebildet.

Ob dieser direkt als Vorfahre des heutigen Menschen aufzufassen sei, kann kaum kurz und ein-

¹⁾ Wir verzichten ganz darauf, hier „niedere“ Rassen zu vergleichen. Dieselben sollten jedenfalls nur insofern als „primitiv“ bezeichnet werden, als sie dem Urmenschen näher stehen als andere oder gar auf den Urtypus der Hominiden oder Anthropomorphen (Fig. 8 u. 11) unverkennbar zurückweisen. Anklänge an Pongiden (Schimpansen z. B.), sind keinesfalls als Zeichen besonderer Verwandtschaft zu bewerten, sondern als zufällige Übereinstimmungen oder konvergente Anpassungen auf urtypisch gleicher Grundlage zu deuten. Dies entspricht allein den Grundprinzipien stammesgeschichtlicher Betrachtung, ohne die alles Reden vom Vergangenen auch an Hand der schönsten Fossilien und Embryonen in haltloses Geschwätz ausläuft.

deutig entschieden werden. Gewisse Anklänge, die man da und dort beobachtet, lassen vermuten, daß sein „Blut“ nicht völlig verschwunden sei. Auch deuten Übergangstypen zwischen Crô-Magnonrasse (Homo sapiens) und Neandertaler aus der älteren

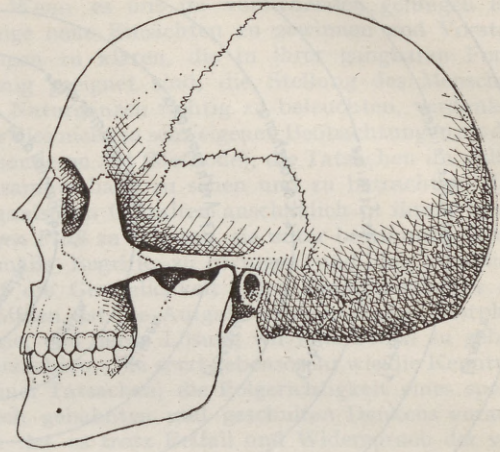


Fig. 15. Schädel eines erwachsenen europäischen Mannes. $\frac{3}{10}$ nat. Größe. Vollständiges Gebiß, normale Proportionen bei übermittelmäßiger Kapazität. Kombinierte Figur, etwas stilisiert. (Es ist durchaus nicht leicht und mir jedenfalls nicht gelungen, einen völlig normalen intakten Schädel zu finden.) Man vgl. die Fig. 3, S. 707 vorigen Bandes!

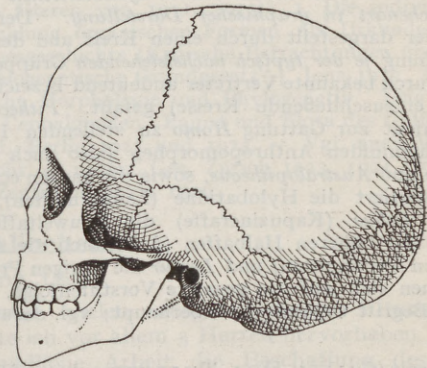


Fig. 14. Schädel eines höchstens 3jähr. europäischen Kindes. $\frac{1}{3}$ nat. Größe. Das Milchgebiß ist hier eben fertig und damit der Typus eines Menschenkindes vollständig geworden. Gegenüber darin primitiven Rassen ist er bereits ausgezeichnet durch ein kräftiges, steiles Kinn. Sonst kann ich daran nichts entdecken, was nicht auch Neandertalkindern bereits eigen gewesen sein müßte oder möchte (bei denen sogar die Schädelwölbung kaum kleiner zu sein braucht). Vielleicht, daß sie noch eine im ganzen mehr vorragende, stärkere, leicht gorilloide (Fig. 12, H. 6, S. 95) Kieferpartie gehabt haben. Andererseits ist gar nicht zu verkennen, daß auch der heutige Europäer (Fig. 15) gegenüber dem Kinderschädel eine neandertaloide Entwicklung einschlägt (Verstärkung der Knochenränder über den Augen zu leichten Wülsten; Zurückliegen der Stirn; Abflachung der ganzen Hirnkapsel; Steilstellung des aufsteigenden Kieferastes,

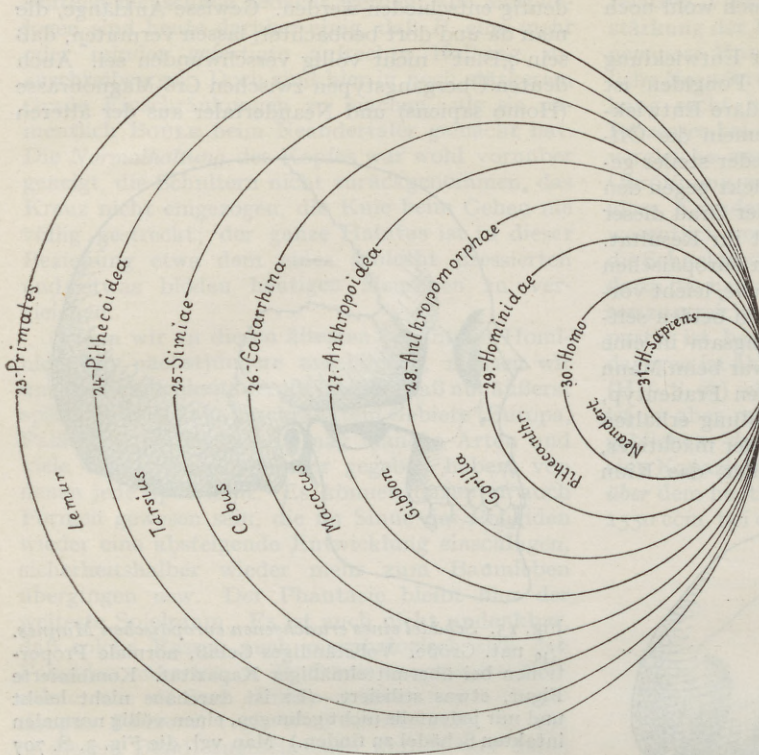


Fig. 16. Die 8 unmittelbaren systematischen Vorstufen der heutigen Menschenart in graphischer Darstellung. Der Begriff *Homo sapiens* ist hier dargestellt durch einen Kreis und derselbe 8mal durch Hinzuziehung je der typisch nächststehenden Gruppen erweitert: diese sind nur durch bekannte Vertreter andeutend bezeichnet, nicht in besondere (mit einzuschließende Kreise) gefaßt. *Pithecanthropus* vertritt aber alle nicht zur Gattung *Homo* zu stellenden Hominiden, *Gorilla* alle nichthominiden Anthropomorphen (also auch *Propliopithecus*, *Pliopithecus* und *Australopithecus*, sowie die ganzen echten Pongiden). *Gibbon* repräsentiert die Hylobatidae (Langarmaffen), *Macacus* die Altweltaffen, *Cebus* (Kapuzineraffe) die Neuweltaffen, *Tarsius* (Gespenstmaki) die höheren Halbaffen (d. h. auch die Anaptomorphiden, seine fossilen Verwandten) und *Lemur* die übrigen Prosimiae. Die Nummern beziehen sich auf die gesamte Vorstufenfolge, beginnend mit 1, d. h. dem Begriff *Organismen* überhaupt; vgl. darüber eine spätere Stelle.

Steinzeit (GALLEY-HILL, TILLBURY u. a.) auf Umbildung oder Vermischung. Sicher ist nur, daß eine neandertaloide Phase durchlaufen werden mußte, wenn aus einem niederen Anthropomorphen über den *Pithecanthropustyp* der heutige Mensch entstehen sollte. An Besonderheiten, die nicht unbedingt auf dieser Linie liegen, fehlt es dem Urmenschen allerdings nicht. Ich hebe hervor die seltsame Niedrigkeit des Kronfortsatzes am Unterkiefer (man vgl. Fig. 7, 8, 10, 11, 13, 14 und 15) und das auffallend gerade, sehr starke Nasenbein, auf das mich beim Krapinamenschen Prof. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER in Agram selber hinwies, sowie das Verstreichen des flachen Backenhöckers gegen vorn (nach Art des Schimpansen), das mir kürzlich Prof. M. BOULE am Original der Fig. 13 demonstrierte.

Rückwärts blickend müssen wir annehmen, daß

die Vorstufen des Menschenschädels *nacheinander* den Charakter folgender Gruppen erreicht haben, zu denen wir in immer engerer Umkreisung (Fig. 16) gehören: Simiæ, Catarrhina (Fig. 2, S. 91), Anthropoidea, Anthropomorphae (Fig. 8), Hominoidea (Fig. 11), Homo (Fig. 13), Homo sapiens (Fig. 15). Keine den Menschen nicht mitenthaltende (!) Gruppe kennzeichnen Zustände, die im ganzen für seine Vorfahren angenommen werden dürfen. Der gemeinsame Anteil am Ahnenerbe ist stets nur durch eine sorgfältige Vergleichung festzustellen, welche schließlich ergibt, daß die Entwicklung offenbar sehr viel *geradliniger* verlaufen ist, als die übliche Aneinanderreihung recenter oder fossiler Tierformen suggeriert. Auch der Fachmann wird davon bei Betrachtung der genannten Figuren überrascht sein¹⁾.

Zum Schluß möchten wir einen Blick in die Zukunft werfen. Wir erkennen heute, daß die menschliche Norm ebensowenig ein starres Gebilde, eine unbeugsame Gesetzmäßigkeit ist wie irgendein anderer Typus. Darüber belehrt uns schon die Vielgestaltigkeit unserer mehr oder minder wohlgerateten Artgenossen. Insbesondere ist wahrscheinlich gemacht worden²⁾, daß die *durchschnittliche Schädelkapazität* bei europäischen Bevölkerungen zunimmt; ebenso die *maximale*. Soweit bekannt, erreichte kein mittelalterlicher Schädel 1800 cm, während 5,2% der heutigen Pariser dieses Maß übertreffen sollen. Dabei mögen allerdings krankhafte Prozesse mitspielen (leichte Hydrocephalie); doch sind auch anschei-

¹⁾ Das ist nicht etwa eine Besonderheit der Menschheitsentwicklung, sondern zeigt sich überall, wo Stammesgeschichte methodisch erschlossen wird, wie der Verfasser in vielfacher Weise feststellen konnte. Durch die Beibehaltung des gleichen Maßstabes ($\frac{1}{3}$) fällt die Bedeutung einer allmählichen Vergrößerung um so mehr ins Auge. Ich selbst war im höchsten Grade überrascht, bei jungen Affenschädeln bereits die Scheitelkurve des *Pithecanthropus* vorzufinden (S. 91, Fig. 7) und nachher bei Anthropoiden und Anthropomorphen wieder auf dieselbe verwiesen und gedrängt zu werden. Leider ist durch ein Versehen meinerseits der Maßstab $\frac{1}{3}$ bei Fig. 13 und 15 nicht gewahrt, sie erscheinen also relativ zu klein und schließen nicht streng an die Reihe an, die durch die Fig. 2 (S. 91) 8, 11, 13, 15 sonst gebildet würde.

²⁾ BROCA 1862, Bull. Soc. Anthr. Paris, v. 3. Vgl. dagegen RETZIUS 1916, Zeitschr. Morph. Anthr. v. 18.

nend völlig normale Schädel bis gegen 2000 ccm beobachtet. *Soweit* (!) die Bedingungen fortbestehen, welche die aufsteigende Entwicklung des Menschenschädels bisher geführt haben, dürfte dieselbe in gleicher Richtung langsam weitergehen; morphologisch kann sie dadurch gekennzeichnet werden, daß immer mehr die bei der heutigen Jugend bestehenden Verhältnisse zu definitiven werden. Es handelt sich also um eine wirkliche Evolution, deren Gegenstück, nämlich die zugehörige Involution, sich unserer Kenntnis leider noch völlig entzieht.

Fig. 14 kann uns eine Vorstellung geben, wie die *Normalschädelform* einer *zukünftigen Menschheit* unter Annahme einer derartig geradlinigen Weiterentwicklung auf eingeschlagenem Wege aussehen würde. Dabei müssen wir uns natürlich vorstellen, daß ausgesprochen unfertige Gebilde, wie der kindliche Unterkiefer, im Lauf des Heranwachsenden noch immer (*mehr oder weniger*) der heutigen Norm zustreben würden, was einen steileren Gelenkast und ein schärfer hervortretendes Kinn ergäbe. Auch die Herstellung eines vollständigen Dauergebisses, wenn auch unter (relativer) Verkleinerung aller, und unter Ausbleiben der Weisheitszähne würde das Bild der Fig. 14 verändern. Daß die *Gesamtproportionen* derselben aber auch als definitive *möglich* wären, mögen schon unter heutigen Menschen gewisse „hochgeistige“ Typen veranschaulichen¹⁾, die durchaus nicht alle im

¹⁾ Ich möchte diesen meinen Standpunkt durchaus nicht verwechselt wissen mit einseitigen und extremen Lehren, wie sie vielfach in der Literatur anklingen und unter dem Titel „Fetalisationstheorie“ (BOLK 1915, 1922) bekannt geworden sind. Vgl. aber schon SNELL 1887, RANKE 1897, KOLLMANN 1905! Der Mensch ist durchaus kein „neotenischer Affenfötus“. — Allerdings stellt die ganz auffallende Ge-

Verdacht stehen, Wasserköpfe und Degeneranten zu sein. — Eine solche Entwicklung müßte allerdings, um ein harmonisches Resultat zu ergeben, auch weiterhin mit entsprechender Steigerung der durchschnittlichen Körpergröße gepaart bleiben. —

Wenn es uns im vorstehenden gelungen ist, einige neue Einsichten zu gewinnen und Vorstellungen zu klären, die in ihrer gangbaren Form wenig geeignet sind, die Stellung des Menschen im Naturganzen richtig zu beleuchten, verdanken wir dies nicht so sehr eigenen Beobachtungen als der besonderen Art (Methode), die Tatsachen im vollen Zusammenhang zu sehen und zu betrachten. Die organischen Gestalten anschaulich in ihrem *lebendigen Fluß* zu erfassen, sie unter bestimmte, ihnen gemäße Begriffe zu zwingen und den Ausblick auf die Gesetzlichkeit ihres Zusammenhangs zu eröffnen, ist die Aufgabe systematischer Morphologie, von deren Lösung wir eine Probe zu geben versuchten. Sie setzt (ebenso sehr wie die Kenntnis reiner Tatsachen) die Folgerichtigkeit eines spezifisch gebahnten und geschulten Denkens voraus, an der es trotz Beifall und Widerspruch der von ERNST HAECKEL geprägten Wissenschaft allzu lange gefehlt hat¹⁾.

radlinigkeit seiner ganzen und insbesondere seiner Schädelentwicklung ein besonderes und höchst bedeutungsvolles Problem. — Darüber an späterer Stelle!

¹⁾ Der kritische Leser vgl. über diese prinzipielle Seite der Sache die folgenden Schriften des Verfassers (neben älteren von 1911, 1913): 1. Die individuelle Entwicklung organischer Formen als Urkunde ihrer Stammesgeschichte (Kritische Betrachtungen über das sog. „biogenetische Grundgesetz“). Jena 1917. 2. Idealistische Morphologie und Phylogenetik. Jena 1919. 3. Die Cephalopoden. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Berlin 1921 und 1923. — Vgl. auch Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. Zürich 1923, 1924, 1925 u. Biol. Zentralbl. 1925, 1926.

Die Gesetze der Krystallochemie.

VON V. M. GOLDSCHMIDT, Oslo.

Vorliegende Mitteilung bringt einen kurzen Auszug aus einer größeren Abhandlung¹⁾, welche ich in den Schriften der Norwegischen Akademie in Druck gegeben habe. Es ist mir gelungen, einige allgemeine Gesetze der chemischen Krystallographie klarzustellen, Gesetze, welche die Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und Krystallform der Stoffe weitgehend beherrschen.

Diese Gesetze sind durch Studien an umfassendem neuem krystallographischen und röntgenographischem Material gewonnen worden, welches von mir und meinen Mitarbeitern seit längerer Zeit systematisch gesammelt worden ist²⁾.

¹⁾ V. M. GOLDSCHMIDT, Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente, VII, Die Gesetze der Krystallochemie, nach Untersuchungen gemeinsam mit T. BARTH, G. LUNDE, W. ZACHARIASEN.

²⁾ Zweck dieser Experimentalarbeiten war zunächst die systematische Erkundung der Isomorphie-

Unter vielen ausgezeichneten Mitarbeitern möchte ich vor allem 3 Herren hervorheben, deren unermüdete Arbeit die Beschaffung des Tatsachenmaterials in erster Linie möglich machte. Es sind dies: Herr Dr. G. LUNDE, welcher die meisten Verbindungen in oft sehr mühevoller Arbeit dargestellt hat, Herr T. BARTH, welcher die meisten (der insgesamt etwa 1300) Röntgendiagramme aufgenommen hat, und Herr W. ZACHARIASEN, dessen mathematische Fähigkeiten bei der Deutung und Berechnung einer sehr großen Anzahl Strukturen den Erfolg ermöglichten. Zahlreichen Fachgenossen des In- und Auslandes verdanke ich sehr wertvolles chemisches Material.

Das Problem, den gesetzmäßigen Zusammenbeziehungen, als Teilaufgabe meiner Arbeiten über die geochemischen Verteilungsgesetze der Elemente. Wie ich zeigen und begründen konnte, wird die geochemische Verteilungsweise der Elemente weitgehend durch Isomorphiebeziehungen bestimmt.

hang zwischen Krystallform und chemischer Zusammensetzung aufzudecken, ist das älteste und wichtigste Problem der Krystallographie, es ist das Ziel der Krystallochemie.

Im folgenden sollen einige der wichtigsten Gesetzmäßigkeiten aufgezählt, und durch Beispiele erläutert werden. Es ist hierbei zu bemerken, daß in dieser kurzen Mitteilung nur ein ganz geringer Bruchteil des neuen Beobachtungsmaterials auch nur erwähnt werden kann. Bezüglich aller Einzelheiten und bezüglich der eingehenden Diskussion der neuen Gesetze muß auf die ausführliche Abhandlung verwiesen werden.

Als erster und allgemeiner Satz ist der folgende zu nennen:

1. Die Krystallstruktur eines Stoffes ist bedingt durch Größe und Polarisierbarkeit seiner Komponenten; als Komponenten sind Atome (respektive Ionen) und Atomgruppen zu bezeichnen.

Wir wollen diese beiden Eigenschaften der Komponenten der Krystallbausteine, nämlich die Größe und Polarisierbarkeit, definieren und einer Analyse unterwerfen.

A. Gesetze über die Größe der Krystallbausteine.

Als Maß der Größe der Komponenten wählen wir den Radius, also den Abstand zwischen dem Zentrum und der Grenze gegen den nächsten Krystallbaustein. Wir denken uns mit anderen Worten den Krystall aus einander berührenden Wirkungssphären (respektive Wirkungskörpern höherer Ordnung) aufgebaut. Unser „Radius“ entspricht also der Vorstellung des BRAGGSchen „Atomradius“. In den folgenden Betrachtungen, welche sich auf Fragen der Raumerfüllung in Krystallgittern beziehen, werden wir nur diese „scheinbaren Größen“ der Krystallbausteine behandeln, bezüglich der Berechnung „wirklicher“ Ionenradien kann auf zahlreiche wichtige Arbeiten von H. G. GRIMM hingewiesen werden. Wir können die Wirkungssphäre zunächst, bei der Betrachtung von parameterlosen Koordinationsgittern kubischer Symmetrie, als kugelförmig betrachten.

Wir stellen folgenden Satz auf:

2. Der Radius eines Krystallbausteines ist bedingt durch Atomnummer (Ordnungszahl) und Zustand des betreffenden Atoms.

Beispielsweise seien einige Radien, gemessen in $\text{cm } 10^{-8}$, nach den uns vorliegenden Zahlen mitgeteilt, zunächst nur um den Einfluß der Ordnungszahl zu erläutern:

1^+ Li 0,78	1^+ Na 0,98	1^+ K 1,33	1^+ Rb 1,49	1^+ Cs 1,65
	2^+ Mg 0,78	2^+ Ca 1,06	2^+ Sr 1,27	2^+ Ba 1,43
	1^- F 1,33	1^- Cl 1,81	1^- Br 1,96	1^- J 2,20
	2^- O 1,32	2^- S 1,74	2^- Se 1,91	2^- Te 2,03

Sodann Radien ein und derselben Atomart in verschiedenem Ionisierungszustande, aber in nicht wesentlich polarisiertem Zustande:

4^+ Pb 0,84	2^+ Pb 1,32	0 Pb 1,74
4^+ Te 0,89	0 Te 1,43	2^- Te 2,03

Der Einfluß des Polarisationsgrades wird in einem späteren Abschnitt erörtert.

Ein und dieselbe Atomart kann somit mit ganz verschiedenem Radius auftreten, je nach dem Ionisierungszustande, und zwar stellen wir den Satz auf:

3. Der Radius steigt mit zunehmender negativer Ladung, sinkt mit zunehmender positiver Ladung. Das Steigen des „wirklichen“ Radius mit zunehmender negativer Ladung wird in gewissem Grade kompensiert durch zunehmende Coulombsche Attraktion zwischen den Krystallbausteinen, das Sinken des „wirklichen“ Radius mit zunehmender positiver Ladung wird durch die zunehmende Coulombsche Attraktion hingegen noch verschärft.

Die Frage nach der Konstanz oder Variabilität des „Atomradius“ ist folgendermaßen zu beantworten:

4. In Krystallbausteinen gleicher Ordnungszahl und gleichen Zustandes ist der „Atomradius“ in erster Annäherung konstant. In Krystallbausteinen gleicher Ordnungszahl, aber in verschiedenem Zustand, kann der „Atomradius“ sehr verschieden sein.

Der Zustand eines Krystallbausteines ist in erster Linie durch den Ionisierungsgrad des betreffenden Atoms bedingt.

Je nach dem Zustande der Krystallbausteine können wir schon bei den einfachsten Verbindungsarten eine Anzahl Gruppen von Gittertypen unterscheiden. Diese Gruppen können leicht durch Analyse der Atomabstände ermittelt werden. So gibt es eine Gittergruppe, welcher der Natriumchloridtypus der Ionengitter angehört, ebenso wie der Cäsiumchloridtypus und der Fluoridtypus.

Die Atomabstände in diesen Gittertypen sind untereinander „kommensurabel“. Eine zweite Gruppe wird von den Gittern des Zinkblendetypus, des Wurtzittypus, des Cuprittypus und den Gittern der meisten freien Elemente gebildet; auch diese Gitter sind in bezug auf Atomabstände untereinander kommensurabel. Hingegen sind Atomabstände beispielsweise des Zinkblendetypus „inkommensurabel“ mit Atomabständen beispielsweise des Cäsiumchloridtypus.

Ich stelle folgenden Satz auf:

5. Es gibt eine endliche Anzahl gegenseitig inkommensurabler Gruppen von Gittertypen, jede Gruppe charakterisiert durch einen gemeinsamen Zustand eines oder mehrerer Krystallbausteine.

Wahrscheinlich ist der Zinkblendetypus und die mit ihm kommensurablen Gittertypen charakterisiert dadurch, daß die Bausteine nicht in gewöhnlichem Sinne ionisiert sind. Der nicht-ionisierte Zustand der Bausteine im Berylliumoxyd wurde zuerst von W. ZACHARIASEN nachgewiesen, später wurde von H. GRIMM und A. SOMMERFELD die Annahme geäußert und begründet, daß alle Zink-

blende- und Wurtzit-Gitter nichtionisierte Atome enthalten. Meine und meiner Mitarbeiter Untersuchungen zeigen, daß Gitter der Typen „Zinkblende“, „Wurtzit“, „Cuprit“ und die meisten Gitter freier Elemente zu ein und derselben kommensurablen Gruppe gehören. Mein Ergebnis, daß der Radius des Atoms in Krystallgitter durch Ordnungszahl und Zustand des betreffenden Atoms *eindeutig* bestimmt ist, gilt indessen nur mit einem gewissen Grade der Annäherung, indem auch Einflüsse niedrigerer Größenordnung den Radius um relativ kleine Beträge ändern können (der sehr wesentliche Einfluß niedrigsymmetrischer Polarisation wird im nächsten Abschnitt erörtert). Drei Arten solcher beeinflussender Faktoren konnten unterschieden und in ihrer Wirkungsweise studiert werden. Es sind dies: a) Der Einfluß der Anordnungsweise umgebender Atome. So sind die effektiven Radien in sonst kommensurablen Gittern um geringe Beträge (wenige Prozente) systematisch verschieden, beispielsweise im Cäsiumchloridgitter und Natriumchloridgitter. b) Der Einfluß der speziellen Art der umgebenden Atome (bei konstantem Gittertypus). So zeigt die Summe der Atomradien Metall-Schwefel, Metall-Selen, Metall-Tellur eine kleine Abnahme (um einige Prozente) in der Reihe vom Cadmiumsulfid zum Quecksilbertellurid. c) Der Einfluß der thermodynamischen Zustandgrößen. Dieser äußert sich in der thermischen Änderung der Atomabstände und in der Kompressibilität der Krystalle; um diesen Einfluß zu eliminieren, der sich in gewissem Grade auch in den Wirkungsweisen a) und b) mit manifestiert, sollten alle Messungen an Atomabständen eigentlich in genügender Nähe des absoluten Nullpunktes und ohne äußeres Druckfeld ausgeführt werden (letzterer Umstand dürfte praktisch fast immer bedeutungslos sein).

B. Gesetze über die Polarisierbarkeit der Krystallbausteine.

1. Polarisation.

Die Bedeutung der Polarisierbarkeit von Atomen und Ionen für das Verständnis chemischer und krystallophysikalischer Erscheinungen ist schon von mehreren Seiten hervorgehoben worden, es sei an die Darlegungen von K. FAJANS über die „Deformation“ der Ionen erinnert, sowie an F. HUNDS Untersuchungen über den Einfluß der Polarisationserscheinungen auf den Gittertypus von Verbindungen der Formel RX_2 .

Erst die Untersuchung einer sehr großen Anzahl von Krystallstrukturen, wie sie von mir und meinen Mitarbeitern systematisch durchgeführt worden ist, ermöglichte es, den Einfluß der Polarisationserscheinungen auf krystallochemische Erscheinungen weitergehend zu überblicken, und erlaubte darüber hinaus noch die Erkennung allgemeiner chemischer Gesetzmäßigkeiten.

Der Polarisationszustand eines Krystallbausteines ist von mehreren Faktoren abhängig. Diese

sind teils in den Eigenschaften des Krystallbausteines *selbst* begründet, teils in der speziellen Art der Einwirkungen von seiten der *umgebenden* Krystallbausteine, der „Nachbarbausteine“.

Die Polarisierbarkeit eines einzelnen Krystallbausteines ist in erster Linie abhängig von dessen Radius und Ladungszustand. Die Polarisierbarkeit *steigt* mit *zunehmendem* Radius des Krystallbausteines, *sinkt* hingegen mit *zunehmender positiver* Ionenladung, wie es in der bekannten Untersuchung von M. BORN und W. HEISENBERG 1924 dargelegt worden ist.

Der Einfluß der Nachbarbausteine auf den Polarisationszustand ist abhängig von *Anordnung* und *Art* dieser Nachbarbausteine. *Hohe* Symmetrie der Umgebung wirkt *vermindernd* auf die Polarisierung des Krystallbausteines, *niedrige* Symmetrie der Umgebung hingegen *erhöhend*. Die spezielle Art der umgebenden Krystallbausteine ist ebenfalls von großem Einflusse auf den Polarisationszustand des Krystallbausteines; man kann in diesem Sinne von *schwach polarisierenden* und *stark polarisierenden* Nachbarbausteinen sprechen. Die polarisierende Einwirkung eines Nachbarbausteines *steigt* mit *zunehmender Ionenladung* desselben, *sinkt* mit *zunehmendem Radius* desselben.

Einige Beispiele mögen diese Beziehungen erläutern. Stark polarisierbar sind die Ionen Se^{2-} , Te^{2-} , schwach polarisierbar sind Li^{1+} , Al^{3+} . Starke Polarisierung zeigt sich vor allem in Gittern vom Typus der sog. Schichtengitter, wie etwa dem Gitter des CdJ_2 , in welchem die Ionen J eine unsymmetrische Umgebung aufweisen und stark polarisiert sind, wie zuerst F. HUND dargetan hat. Stark polarisierende Ionen sind beispielsweise Li^{1+} , Be^{2+} (bedingt durch den kleinen Radius), Zr^{4+} , W^{6+} (bedingt durch hohe positive Ionenladung) und in noch höherem Maße etwa Si^{4+} , S^{6+} (bei denen kleiner Radius und hohe Ionenladung zusammenwirken).

Die Beziehungen zwischen Krystallstruktur und Polarisationszustand der Krystallbausteine kommen zunächst in folgendem Satze zum Ausdruck:

6. Grenzt ein polarisierbarer Krystallbaustein einseitig an einen polarisierenden Krystallbaustein, so wird der Abstand der beiden Krystallbausteine (die Summe der Radien) verkleinert, verglichen mit der Summe der normalen Radien beider Krystallbausteine.

So beträgt der Abstand zwischen Pb^{2+} und O^{2-} im tetragonalen Schichtengitter des PbO 2,33 Å, während die normale Radiensumme von Pb^{2+} und O^{2-} 2,64 Å betragen würde, oder es kann der Abstand zwischen Cd^{2+} und J^{1-} im Schichtengitter des CdJ_2 genannt werden, der 2,98 Å beträgt, gegenüber der Summe 3,23 Å der normalen Ionenradien.

Bei besonders stark polarisierenden Krystallbausteinen kann die Verminderung der Radiensumme ein solches Ausmaß erreichen, daß inniger verbundene „Radikalbausteine“ gebildet werden, in denen von der Regel der „konstanten Atomradien“ nicht mehr viel spürbar ist. Solche Radikal-

bausteine sind beispielsweise $\overset{1-}{\text{NO}_3}$, $\overset{2-}{\text{SO}_4}$, $\overset{1-}{\text{ClO}_4}$. Die direkten Messungen der Atomabstände in solchen Gruppen führen stets zu Werten, welche niedriger sind, als es nach der Regel der konstanten Atomradien erwartet werden sollte, und die vor allem von Krystallart zu Krystallart wechseln, je nach der Stärke der „Polarisationswirkung“. Nur in gewissen speziellen Fällen beobachtet man „normale Atomabstände“ innerhalb solcher Radikale, diese Fälle werden in dem Abschnitte über Kontrapolarisation ihre Erklärung finden. In einigen Gittertypen werden alle Gitterabstände im Krystall beherrscht durch anomal niedrige gegenseitige Abstände der Krystallbausteine, bedingt durch Erscheinungen der „Polarisation“, ein Beispiel hierfür bietet die kubische Form des Siliciumdioxides, der Cristobalit, nach WYCKOFF mit dem Abstände $\text{Si} - \text{O} = 1,54 \text{ \AA}$, gegenüber einer normalen Radiensumme $1,71 \text{ \AA}$. Als Beispiele von Radikalen mit „innerer“ Polarisation sei CO_3 mit einem Abstände $\text{C} - \text{O} = 1,25 \text{ \AA}$ genannt, nach W. H. BRAGG'S Untersuchung des Kalkspats.

2. Kontrapolarisation.

Im vorigen Abschnitte wurde erörtert, daß durch „innere Polarisation“ abgeschlossene Bausteingruppen oder Radikale im Krystallgitter bedingt werden können, und es wurden die Ionen $\overset{2-}{\text{CO}_3}$, $\overset{1-}{\text{NO}_3}$, $\overset{2-}{\text{SO}_4}$, $\overset{1-}{\text{ClO}_4}$ als Beispiele solcher Radikale genannt.

Werden solche „Radikale“ im Krystallgitter von stark polarisierenden Krystallbausteinen umgeben, so äußert sich die Einwirkung dieser Nachbarbausteine¹⁾ auf die Radikale auf eine Weise, die ich „Kontrapolarisation“ nenne. Die Kontrapolarisation äußert sich geometrisch derart, daß die Atomabstände innerhalb des „Radikals“ vergrößert werden. So wirken insbesondere die stark polarisierenden positiven Ionen mit kleinem Radius, wie $\overset{1+2+}{\text{Li}}$, $\overset{4+}{\text{Be}}$ oder die hoch geladenen positiven Ionen, wie $\overset{1-}{\text{NO}_3}$, $\overset{2-}{\text{SO}_4}$, $\overset{3-}{\text{PO}_4}$, wie in den folgenden Abschnitten an Beispielen erläutert werden soll.

Die kontrapolarisierende Wirkung äußert sich darin, daß die verschiedenartigen Anteile des „Radikals“ räumlich mehr und mehr voneinander getrennt werden, bis im Grenzfall eine geometrisch vollständige „Aufspaltung“ des Radikals durch Kontrapolarisation erreicht wird.

¹⁾ Unter der Voraussetzung, daß diese Nachbarbausteine gleiches Ladungsvorzeichen besitzen wie das Zentralatom des Radikals.

Ich kann folgenden Satz aufstellen:

7. *Zusammengesetzte Bausteine (Radikale mit innerer Polarisation) können durch benachbarte stark polarisierende Bausteine mehr oder weniger räumlich gedehnt werden, diese Erscheinung wird als „Kontrapolarisation“ bezeichnet; im Grenzfall führt diese Kontrapolarisation zur vollständigen Aufspaltung des Radikalbausteines, in extremen Fällen wird sogar ein neuartiges Radikal durch Kontrapolarisation gebildet, mit dem kontrapolarisierenden Krystallbaustein als dem einen Bestandteil, und dem abgespaltenen Teile des ursprünglichen Radikales als dem andern Bestandteil.*

Einige Beispiele mögen diesen Satz erläutern. Die rhomboedrisch spaltbaren Nitrate der Alkalimetalle, wie LiNO_3 und NaNO_3 enthalten als Krystallbausteine einerseits das einwertig positive Ion des Alkalimetalls, andererseits das negative Radi-

kation $\overset{1-}{\text{NO}_3}$. Das Ion des Alkalimetalles wirkt nun kontrapolarisierend auf das Radikation $\overset{1-}{\text{NO}_3}$, und zwar ist der kontrapolarisierende Einfluß des Alkalimetalles viel stärker bei Lithium als bei Natrium, da der Radius des Lithiumions nur $0,78 \text{ \AA}$ beträgt, gegenüber dem Radius $0,98 \text{ \AA}$ des Natriumions. Auf meine Veranlassung hat W. ZACHARIASEN die Lage der Atome in den Krystallen des LiNO_3 und NaNO_3 bestimmt, unter besonderer Berücksichtigung des Abstandes $\text{N} - \text{O}$ im Radikale $\overset{1-}{\text{NO}_3}$. Er fand, unter Benutzung neuer Messungen der optischen Konstanten aus unserm Institute die Werte

$$\text{N} - \text{O} = 1,40 \text{ \AA} \text{ für } \text{LiNO}_3$$

$$\text{N} - \text{O} = 1,15 \text{ \AA} \text{ für } \text{NaNO}_3$$

Diese Zahlen lassen die beginnende Aufspaltung durch Kontrapolarisation deutlich erkennen.

Das zweite Beispiel, für einen Fall typischer Aufspaltung, sei der Reihe der Metatitanate entnommen. Die Verbindung CaTiO_3 enthält, wie aus T. BARTHS Untersuchung hervorgeht, die Krystallbausteine Ca und TiO_3 . Wird Ca durch Mg , mit wesentlich kleinerem Radius, substituiert, so steigt die kontrapolarisierende Wirkung auf das Radikal TiO_3 , dieses wird aufgespalten, so daß die Krystallbausteine des Sauerstoffs sich zwischen strukturell fast äquivalenten Bausteinen Mg und Ti anordnen, analog der Lage der Sauerstoffatome im Korund Al_2O_3 .

Das dritte Beispiel mag den extremen Fall erläutern, daß durch besonders starke Kontrapolarisation ein ganz neuartiges Radikal im Krystallgitter entsteht; es mag hierfür der Spinell gewählt werden, in welchem durch Kontrapolarisation des Aluminatradikals in MgAl_2O_4 das neuartige Radikal MgO_4 gebildet worden ist.

C. Gesetze über die Isomorphie.

1. Gewöhnliche Isomorphie.

Eine große Anzahl isomorpher Reihen einfach zusammengesetzter Krystalle wurde untersucht, um die Gesetzmäßigkeiten der Isomorphie fest-

zustellen. Als Isomorphie bezeichne ich im folgenden die Erscheinung, daß Substanzen analoger chemischer Formel Analogie der Krystalstruktur aufweisen. Diese Definition erfordert auch eine Abgrenzung der Begriffe „analoge chemische Formel“ und „Analogie der Krystalstruktur“. Als Analogie der chemischen Formeln zweier Stoffe bezeichne ich diejenige Beziehung, daß beide Bruttoformeln analog sind, in bezug auf Gesamtanzahl der Atome und in bezug auf die Anzahl positiver und negativer Bausteine, wobei diese Bausteine entweder Atome oder Radikale sein können, und es erlaubt ist, Atome durch Radikale zu ersetzen. Als Analogie der Krystalstruktur zweier Stoffe bezeichne ich die Beziehung, daß beide Stoffe ein geometrisch ähnliches Elementärparallelepiped besitzen, in dem eine gleiche Anzahl Atome in geometrisch ähnlicher Weise angeordnet ist, derart, daß auch die Ladungsvorzeichen der einzelnen Krystalbausteine einander in beiden Gittern entsprechen. Auch hier ist es erlaubt, unter Beibehaltung der Isomorphie Einzelatome durch Radikale zu ersetzen, etwa Rb durch NH_4 .

Bisher galt das Auftreten von Isomorphie zwischen zwei Körpern für höchst launenhaft; es hieß, daß Isomorphie manchmal zwar auftritt, wo sie erwartet würde, andererseits aber anscheinend unmotiviert fehlen könnte. Es gelang mir, Regeln für das Auftreten von Isomorphie zu finden, derart, daß Verbindungen jedes gewünschten Krystalstypus in fast beliebiger Anzahl dargestellt werden konnten. Wie in meinem Satze 1 (vgl. S. 478) formuliert ist, wird die Krystalstruktur eines Stoffes durch Größe und Polarisierbarkeit seiner Komponenten bestimmt. Ich folgere hieraus und in Übereinstimmung mit meiner und meiner Mitarbeiter Erfahrung den folgenden Satz:

8. *Isomorphie tritt auf, wenn die relative Größe der Krystalbausteine und die relative Stärke ihrer Polarisierbarkeit innerhalb gewisser Grenzen bei zwei Körpern gleich sind, oder korrespondieren, vorausgesetzt, daß die chemischen Bruttoformeln beider Körper und auch der Sinn der Ladungsvorzeichen bei beiden Körpern analog sind.*

Das erste Beispiel, an welchem mittelst genauer und umfassender Untersuchungen die Gültigkeit dieses Satzes dargetan wurde, ist die lange Reihe der Strukturen vom Rutiltypus. Die Strukturen der Monorutile, der Verbindungen vom Typus TiO_2 oder ZnF_2 , sind an bestimmte relative Dimensionen der Krystalbausteine geknüpft, und zwar liegt die Grenze zwischen Rutiltypus und Fluorittypus bei einem Quotienten der Ionenradien von 0,67, die Grenze zwischen Rutiltypus und Schichtgittern (oder Molekülgittern) bei 0,4—0,5 [unter Voraussetzung nicht extrem stark polarisierbarer Bausteine¹⁾].

¹⁾ Man vergleiche: V. M. GOLDSCHMIDT: Geochem. Verteilungsges. d. Elemente Nr. VI, Über die Krystalstrukturen vom Rutiltypus, mit Bemerkungen zur Geochemie zweiwertiger und vierwertiger Elemente, nach Untersuchungen gemeinsam mit T. BARTH, D. HOLMSEN,

Ein zweites Beispiel bildet die Reihe der Perowskitstrukturen, welche sich bei Verbindungen der Formel ABX_3 findet. Diese Struktur wurde zuerst von T. BARTH bei Perowskit, Natriumnioibat und Dysanalyt beschrieben. Unsere und anderer Untersuchungen ergaben dieselbe, teils kubische, teils pseudokubische Struktur für eine Reihe analog zusammengesetzter Körper, insgesamt: CaTiO_3 (BARTH), SrTiO_3 , BaTiO_3 , KJO_3 (BARTH), RbJO_3 (BARTH), NaNbO_3 (BARTH), CaZrO_3 , CaSnO_3 , FeMnO_3 , KMgF_3 (VAN ARKEL), LaAlO_3 (ZACHARIASEN), LaGaO_3 . Allen diesen Körpern der Formel ABX_3 ist es gemeinsam, daß die Ionenradien ihrer Komponenten, wie sie aus Koordinationsgittern bestimmt werden können, in einem ganz bestimmten Größenverhältnis zueinander stehen, bestimmt durch die Formel:

$$R_A + R_X = \alpha \cdot \sqrt{2} (R_B + R_X),$$

worin der Koeffizient α zwischen 0,8 und 1,0 liegt. Sinkt der Koeffizient α unter 0,8, so tritt statt dessen ein Gitter vom Korundtypus auf, indem dann der Krystalbaustein A eine stärkere Kontrapolarisationswirkung ausübt. Steigt der Koeffizient α über 1,0, so treten andere Gittertypen auf, wie der des Kalkspats, bei weiterem Steigen des Koeffizienten der des Aragonites.

Weiter können einige Vertreter des kubischen Spinelltypus genannt werden, wie: Al_2MgO_4 , Mg_2TiO_4 ¹⁾, Li_2WO_4 , Ag_2MoO_4 , sowie bei erhöhter Temperatur Li_2CrO_4 , Li_2SO_4 , Li_2MoO_4 . Als Strukturen des Phenakittypus können genannt werden: Be_2SiO_4 , Zn_2SiO_4 , Li_2MoO_4 (bei tieferer Temperatur an Stelle des Spinelltypus, ebenso bei Li_2WO_4 und Li_2SO_4), Li_2BeF_4 . Es zeigt sich bei diesem Typus A_2BX_4 , wie die kontrapolarisierende Wir-

kung der kleinen Ionen A, nämlich Li, Be, zur Aufspaltung des Komplexes BX_4 führt²⁾, so daß eine Art Koordinationsgitter entsteht.

Eine Reihe systematischer Studien über das Wesen der isomorphen Mischbarkeit wurden angestellt. Es zeigt sich, daß bei einfachen Verbindungen, wie etwa Verbindungen der Formel AX oder AX_2 in Form durchsichtiger Ionengitter das Eintreten isomorpher Mischbarkeit bei Temperaturen, welche nicht sehr nahe der Schmelzkurve liegen, an bestimmte Grade der Ähnlichkeit geknüpft ist, was die Dimensionen der Bausteine betrifft. Für derartige einfache Verbindungen konnte folgende empirische Regel aufgestellt werden:

9. *Isomorphe Mischbarkeit in erheblichem Aus-*

G. LUNDE, W. ZACHARIASEN. Skrifter utgitt av det Norske Videnskapsakademi, M.-N. Kl. 1926, Nr. 1.

¹⁾ Die Verbindung Mg_2TiO_4 ist besonders interessant für den Mineralogen, da die analoge Eisenverbindung, Fe_2TiO_4 offenbar eine primäre Komponente des Titanomagnetits bildet. Direkte Versuche ergaben, daß Mg_2TiO_4 und Al_2MgO_4 aus Schmelzfluß ausgezeichnete Mischkristalle bilden.

²⁾ Umgekehrt hat das Magnesium-Ion im Spinell sozusagen das Radikal Al_2O_4 aufgespalten.

maße und bei Temperaturen, welche nicht sehr nahe der Schmelzkurve liegen, tritt ein, wenn die Radien der betreffenden Bausteine um nicht mehr als etwa 15% (in Prozenten des kleinsten Radius) voneinander verschieden sind.

Von besonderem Interesse erschien mir die Frage, ob isomorphe Mischbarkeit in einfachsten Verbindungen auch eintritt, wenn Ionen ganz verschiedenen Baues¹⁾, aber mit ähnlichem Radius der Wirkungssphäre einander ersetzen sollen. Besonders für die Lösung einiger geochemischen Probleme erschien die Beantwortung dieser Frage sehr wichtig. Es ergab sich, daß Schmelzen der Paare $\text{CaF}_2\text{—CdF}_2$ und $\text{SrF}_2\text{—PbF}_2$, beide dem Fluorittypus angehörig, ausgezeichnete Mischkristalle lieferten, welche zudem durchaus isotrop waren, also nicht jene inneren Spannungen aufwiesen, welche sonst bei Mischkristallen nicht selten sind.

Wir können daher den Satz formulieren:

10. Auch Ionen ganz verschiedenen Baues, wie zweiwertiges Cadmium und Calcium, zweiwertiges Blei und Strontium, können einander sogar in einfachsten Gittertypen isomorph ersetzen.

2. Antisomorphie.

Als Antisomorphie bezeichne ich eine Art von struktureller Verwandtschaft, welche sich von der gewöhnlichen Isomorphie dadurch unterscheidet, daß zwar der geometrische Bau beider Punkt-systeme der gleiche ist, daß aber an analogen Gitterorten nicht gleichartig geladene Ionen auftreten, sondern entgegengesetzt geladene.

Als Beispiele von Antisomorphie können genannt werden:

ThO_2 und Li_2O , entsprechend Isofluoriten und Antifluoriten, ferner AgJ und $\text{NH}_4\text{F}^{2)}$, entsprechend Isowurtziten und Antiwurtziten, weiterhin gibt es Iso-Schichtengitter und Anti-Schichtengitter, wie schon in Geochem. Verteilungsges. VI dargelegt ist. Da es bei unserer heutigen Auffassung der Gitterkräfte ausgeschlossen erscheint, etwa ein positives Ion in einem Mischkristallgitter durch ein negatives Ion zu ersetzen, können wir folgenden Satz aufstellen:

10. Bei antisomorphen Kristallen erscheint gegenseitige isomorphe Mischbarkeit ausgeschlossen.

Die Mischbarkeit von Mg_2TiO_4 und Al_2MgO_4 , die oben erwähnt wurde, steht nicht im Widerspruch zu diesem Satze, da durch die Kontrapolarisation in diesen Gittern sowohl Mg, Al wie Ti als selbständige positive Ionen auftreten.

3. Polymere Isomorphie.

Als polymere Isomorphie bezeichne ich eine Art der kristallochemischen Verwandtschaft zwi-

schen zwei Krystallarten, welche derart definiert ist, daß nicht je ein Elementärparallelepiped beider Krystallarten äquivalent ist, wie bei der gewöhnlichen Isomorphie, sondern daß ganzzahlige Multipla der Elementärzellen einander entsprechen. Typische Fälle von polymerer Isomorphie sind in der oben genannten Abhandlung über den Rutiltypus beschrieben. Es sei an die Unterscheidung der Monorutile, wie TiO_2 , MgF_2 und der Trirutile¹⁾ FeNb_2O_6 und FeTa_2O_6 erinnert. Trirutile nenne ich diese Krystallarten, da je eines ihrer Elementärparallelepipede je drei übereinandergestellten Rutilzellen entspricht. Weiter sei an den von VEGARD beschriebenen Polyrutil ZrSiO_4 erinnert. Zu den Polyrutilen gehören ferner ThSiO_4 (in ZrSiO_4 und ThSiO_4 wird das Radikalion SiO_4^{4-} durch das vierwertige Kation Zr^{4+} oder Th^{4+} kontrapolarisiert und aufgespalten). Im Polyrutil YPO_4 wird die entsprechende Kontrapolarisation durch das dreiwertige Ion Y ausgeübt. Analog kann man aus beliebigen Verbindungen der Formel ABX_4 durch Substitution Polyrutile darstellen, indem man an den Platz von A ein so stark polarisierendes Ion einsetzt, daß man hierdurch das Ion BX_4 genügend aufspaltet.

In manchen Fällen wurde Mischkristallbildung zwischen polymer-isomorphen Körpern beobachtet, ein Beispiel bildet die Gruppe der Ilmenorutile und Strüverite, welche als Mischkristalle des Monorutils TiO_2 und der Trirutile FeR_2O_6 aufgefaßt werden müssen. Wir erhalten den Satz:

11. Bei polymer-isomorphen Krystallarten ist Mischkristallbildung nicht ausgeschlossen.

D. Gesetze über Polymorphie und Morphotropie.

Als Polymorphie bezeichnen wir, indem wir uns an P. v. GROTHS Definition anschließen, die von E. MITSCHERLICH entdeckte Fähigkeit vieler Stoffe, unter verschiedenen Verhältnissen verschiedene Krystallstruktur und somit auch verschiedene Krystallform anzunehmen.

Versucht man, wie meine Untersuchungen es erstreben, eine möglichst eindeutige gesetzmäßige Zuordnung zwischen der chemischen Zusammensetzung der Körper und ihrem Krystallbau klarzustellen, so verlangt das Problem der Polymorphie eine besonders eingehende Bearbeitung. Bereits im Teil V der „Geochemischen Verteilungsgesetze“ (1925) wiesen ich und meine Mitarbeiter auf die Wichtigkeit der Polymorphie hin und schlossen: „Die bunte Mannigfaltigkeit der Krystallarten, das scheinbar willkürliche Auftreten

¹⁾ Wie etwa Ionen der Hauptreihe und Nebenreihe.

²⁾ Daß Ammoniumfluorid, im Gegensatz zu allen anderen Halogeniden der Alkalimetalle und des Ammoniums, hexagonal ist, beruht auf Kontrapolarisation des Radikals NH_4 durch das Fluor.

¹⁾ Lange bevor es Möglichkeiten direkter Strukturermittlung gab, hat W. C. BRÖGGER bereits auf die nahe kristallographische Verwandtschaft zwischen Rutil — TiO_2 —, und Mossit — $\text{Fe}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ — hingewiesen.

und Fehlen von Isomorphie innerhalb ein und desselben Verbindungstypus, wird dann zu einem anschaulichen Bilde werden, welches uns ein regelmäßiges Ansteigen und Absinken der Stabilitätsfelder zeigt, bedingt im Grunde durch den Bau der beteiligten Atomarten.“

Der damals eingeschlagene Weg, die Probleme der Isomorphie und der Polymorphie in ihrem gegenseitigen Zusammenhange zu behandeln, und zwar mit Hilfe von Strukturuntersuchungen an möglichst zahlreichen einfachen Verbindungen, erwies sich als erfolgreich.

Um die Fragen der Polymorphie systematisch zu erörtern, müssen wir einen Rückblick auf Ergebnisse an isomorphen Reihen werfen. Nach Satz (8) (vgl. S. 481) tritt Isomorphie auf, wenn zwei chemisch analoge Körper sich nur durch solche Substitutionen unterscheiden, bei welcher die relative Größe der Krystallbausteine und die relative Stärke der Polarisierbarkeit nur *innerhalb gewisser Grenzen* verändert werden; diese Grenzen sind von Fall zu Fall zu bestimmen, gehorchen übrigens selbst gewissen allgemeinen Gesetzmäßigkeiten, wie andernorts gezeigt wird.

Ein Beispiel mag dies erläutern. Ersetzen wir in einem Gitter vom Perowskittypus, als Beispiel mögen wir den Perowskit selbst wählen, eine oder mehrere Atomarten innerhalb der genannten Grenzen, so wird die Perowskitstruktur nicht in ihrem Wesen geändert, die Isomorphie bleibt erhalten.

Beispielsweise können wir im CaTiO_3 , das Ca durch Sr oder Ba ersetzen, unter Beibehaltung des Strukturtypus. Ebenso können wir im CaTiO_3 das Ti durch Zr oder Sn ersetzen, ebenfalls unter Wahrung der Isomorphie. Ja wir können sogar, durch geeignete Wahl der Substituenten, *alle Atomarten* substituieren, ohne daß die Isomorphie verlorengeht, wie das Beispiel KMgF_3 zeigt. Überschreiten wir indessen die Grenzen isomorpher Ersetzbarkeit durch eine Substitution, welche Radius oder Polarisierungseigenschaften der Krystallbausteine zu stark ändert, so gelangen wir zu einem neuen Gittertypus, einer neuen Krystallstrukturart, *Morphotropie* tritt ein. Dies können wir erzielen, indem wir etwa im CaTiO_3 das Ca durch Mg ersetzen, dann ergibt sich die korundartige Krystallart des Minerals Geikielith MgTiO_3 . Oder ersetzen wir im CaTiO_3 das Ti durch Si, so ist ebenfalls die Grenze isomorpher Vertretbarkeit im Perowskittypus überschritten, wir gelangen zu den verschiedenen Krystallarten des Calciummetasilikates.

Jede isomorphe Reihe, jeder Strukturtypus hat derart sein bestimmtes Ende, seine bestimmte Grenze der Substituierungsmöglichkeit, welche durch Größe und Polarisierungseigenschaften der substituierenden Atomarten ebenso wie durch die eigenen Eigenschaften der betreffenden Strukturart festgelegt sind. Das Ende einer isomorphen Reihe, angrenzend an den Beginn einer neuen

Strukturart, erläutert uns nun das Wesen der Polymorphie. Polymorphie tritt ein, sobald bei ein und demselben Körper die *thermodynamischen* Faktoren ausreichen, um den Übergang einer solchen Reihe in die nächste Reihe zu ermöglichen. Nach meinen Erfahrungen sind es speziell die Änderungen der Polarisations- und Kontrapolarisationswirkungen mit der Temperatur, welche für das Auftreten der meisten Fälle von Polymorphie in diesem Sinne verantwortlich sind.

Eine Umschreibung mag diese Betrachtungsweise verdeutlichen. Wir mögen ein und denselben Körper mit ein und derselben Strukturart aber bei verschiedenen Temperaturen und Drucken mit sich selbst vergleichen. Wir können dann sagen, der Körper sei bei diesen verschiedenen Temperaturen und Drucken *mit sich selbst isomorph*. Wird aber durch Temperatur und Druck eine Änderung in den Eigenschaften der Krystallbausteine hervorgebracht, welche genügend stark ist, um die Grenzen der Isomorphie zu überschreiten, insbesondere eine Änderung der gegenseitigen Polarisationswirkungen, so wird das Ende der selbst-isomorphen Reihe erreicht, es tritt eine Selbst-Morphotropie ein, welche eben das *Wesen der Polymorphie* darstellt.

Ich stelle den Satz auf:

12. *Die krystallochemischen Erscheinungen der Isomorphie, Morphotropie und Polymorphie sind auf das innigste miteinander ursächlich verknüpft. Polymorphie ist die morphotrope Strukturänderung bei konstantem chemischen Bestande, bedingt durch den Einfluß der thermodynamischen Faktoren auf die Eigenschaften und die Wechselwirkung der Krystallbausteine; Polymorphie tritt ein, sobald die Grenzwerte der Selbst-Isomorphie überschritten werden.*

Ich möchte noch bemerken, daß die Herren BARTH und LUNDE als erste die Vermutung aussprachen, daß Polymorphie durch die verschiedene thermische Ausdehnung der einzelnen Krystallbausteine bedingt sein könne, ein Gedankengang, der als Vorläufer des hier aufgestellten Satzes aufgefaßt werden kann. Allerdings ist der Einfluß der thermodynamischen Zustandsgrößen in erster Linie durch Beeinflussung der gegenseitigen Polarisationserscheinungen zu deuten, wie an anderer Stelle gezeigt werden soll. Mein Ergebnis über die ursächliche Verknüpfung von Isomorphie, Morphotropie und Polymorphie kann nun angewandt werden, um nach Belieben polymorphe Körper darzustellen. Man braucht nur, anknüpfend an meine Darlegungen über Isomorphie, in einem gegebenen chemischen Stoffe solche Substitutionen vorzunehmen, daß man sich der *Grenze* der isomorphen Substitutionsmöglichkeit möglichst nähert. Bei jenen Körpern, welche dem Grenzgebiet beiderseits nahe stehen, gelingt es dann in der Regel, schon durch mäßige Temperaturänderungen die Morphotropie, den Umschlag der einen polymorphen Modifikation in die andere hervorzurufen, evtl. auch durch Anwendung von Druckänderungen.

Einige Beispiele, teilweise unter Wiederholung schon oben angeführter Stoffe, mögen das Prinzip erläutern.

Verbindungen ABX_3 .

Die Verbindungen ABX_3 bieten einige schöne Fälle morphotroper Reihen, welche mit Polymorphie verknüpft sind. Aus dem reichhaltigen, meist neuen Materiale an Nitraten, Chloraten, Bromaten, Jodaten, Niobaten, Carbonaten, Silikaten, Titanaten, Zirkonaten, Stannaten, Aluminaten, Gallaten, Fluorosalzen usw. dieser Formel, welches an anderer Stelle ausführlich veröffentlicht wird, seien hier nur einige bekanntere Beispiele genannt:

LiNO_3	MgCO_3	Kalkspattypus
NaNO_3	CaCO_3	
KNO_3		
KNO_3	CaCO_3	Aragonittypus

Die Polymorphie, respektive Morphotropie ist durch kontrapolarisierende Einwirkung des Ions A auf das Ion BX_3 bedingt.

Bemerkenswert ist auch die Morphotropie in den Reihen:

MgTiO_3	AlAlO_3	GaGaO_3	Korundtypus
CaTiO_3	LaAlO_3	LaGaO_3	Perowskittypus

Die Aufspaltung des Radikals BX_3 in der Verbindung ABX_3 führt hier sozusagen beinahe bis zur strukturellen Gleichwertigkeit der positiven Ionen A und B, so daß Isomorphie mit Stoffen der Formel A_2X_3 erreicht wird. Bei noch stärkerer Kontrapolarisation würde gewissermaßen gegenseitiger Umtausch der Rollen von A und B eintreten.

Verbindungen A_2BX_4 .

Ganz besonders schön kommt der Einfluß der Kontrapolarisation in den Beziehungen der Isomorphie, Morphotropie und Polymorphie der Verbindungen des Typus A_2BX_4 zum Ausdruck. Meine Mitarbeiter und ich haben hier bisher drei Hauptkrystallarten studiert, welche in der Reihenfolge:

- Krystallart des Spinells, etwa Ag_2MoO_4 ,
- Krystallart des Phenakits, etwa Be_2SiO_4
- Krystallart des Olivins, etwa K_2SO_4

nach abnehmendem Einfluß der Kontrapolarisation auf das Radikal BX_4 geordnet sind. Hierzu kämen dann noch die Krystallarten des Ca_2SiO_4 . Es sei bemerkt, daß T. BARTH und G. LUNDE an einigen Krystallarten der Spinellgruppe zuerst einen Einfluß der Atomgrößen auf das Zustandekommen der einzelnen Krystallarten beobachtet hatten.

Ein besonders geeignetes Feld zum Studium der Polymorphie und zur planmäßigen Darstellung polymorpher Körper bieten ganz allgemein diejenigen Krystallarten, in welchen kontrapolarisierbare Radikale vorkommen. Die Kontrapolarisation ist nämlich, wie ich gefunden habe, beson-

ders leicht durch die *thermodynamischen Faktoren beeinflussbar*, und man findet dann oft den Fall, daß bei ein und demselben chemischen Körper innerhalb eines relativ kleinen Intervalles von Temperatur und Druck zwei oder mehr verschiedene Krystallstrukturarten darstellbar sind. Es sei hier an die Polymorphieerscheinungen der Sulfate, Silikate, Carbonate, Nitrate erinnert. Enthält ein Körper mehrere kontrapolarisierbare Radikale, so ist besonders reiche Mannigfaltigkeit der Polymorphie zu erwarten; es sei hier nur das Beispiel des Ammoniumnitrates genannt, mit den Radikalen NH_4 und NO_3 .

Die Wirkungen der Kontrapolarisation sind stark temperaturabhängig. Die Erfahrung zeigt, daß die aufspaltende Wirkung kontrapolarisierender Kationen auf komplexe Anionen mit steigender Temperatur zuzunehmen pflegt. Eine Zunahme der Kontrapolarisation kann aber auch durch chemische Substitution erzielt werden, indem man ein noch stärker polarisierendes Kation in den Krystall einführt. Für solche Fälle kann man die Regel aufstellen:

13. *Bei hoher Temperatur ist diejenige Krystallart stabil, welche mittels Substitution des kontrapolarisierenden Kations durch dessen niedriges Homologon erhalten werden könnte. Im umgekehrten Sinne wirkt dann eine Substitution des positiven Zentralatoms im komplexen Anion.*

Bezüglich der Bestätigung dieser Sätze durch die Erfahrung muß ich auf die ausführliche Publikation verweisen.

Wir beherrschen demnach die Gesetze der Polymorphie und können die Erscheinungen der Polymorphie im Zusammenhang mit andern krystallochemischen Erscheinungen verstehen. Aus den genannten Sätzen und deren Verknüpfung mit der Energetik der polymorphen Umwandlung kann nun auch die Verschiebung der Zustandsfelder durch physikalische und chemische Beeinflussung verstanden werden. Beim Studium der Polymorphie sind wir nicht mehr auf empirische Feststellung zufällig dargebotener Umwandlungsercheinungen angewiesen, sondern wir können nach Belieben polymorphe Modifikationen gegebener Verbindungstypen planmäßig aufsuchen und studieren.

Nur in zwei Arten von Fällen kann es mißlingen, einen bestimmten Strukturtypus durch zielbewußte Substitution darzustellen, und zwar liegt in diesen beiden Arten von Fällen die Ursache des Mißerfolges nicht in einem Versagen des Prinzips, sondern in der nur beschränkten Anzahl von Atomarten, welche uns hier auf der Erde zur Verfügung stehen.

Die erste Art von Fällen beruht darauf, daß zur betreffenden erfolgreichen Substitution so große oder so kleine Atomarten angefordert werden müßten, daß es die Variationsgrenzen unseres Elementensystems überschritte. Wollen wir zum Beispiel durch Vergrößerung des Erdalkaliatoms von Perowskittypus der Titanate zum nächstfolgenden

Strukturtypus ABX_3 gelangen, so genügt es nicht, das Ca durch Sr oder Ba zu ersetzen (vgl. oben), sondern es müßte ein noch größeres Erdalkalium angewandt werden, vielleicht ein noch größeres als das Radiumatom. Ebenso kann ein gewisser Polymorphiefall der Metasilikate nicht realisiert werden, weil wir kein kleineres zweiwertiges Metallatom als jenes des Berylliums besitzen.

Die zweite Art von Fällen beruht darauf, daß mitunter die Eigenschaftsänderung durch Substitution gerade in einem Intervall erfolgt, in welchem keine substituierende Atomart geeigneter Eigenschaften vorliegt, so daß wir nicht Polymorphie, sondern nur Morphotropie beobachten. So ist der Sprung zwischen den Verbindungen des Bors und des Aluminiums so groß, daß die Erscheinung der Isopolymorphie meist nicht zur Beobachtung gelangt und auch nicht durch Vermittelung einer dazwischenliegenden positiv dreiwertigen Atomart studiert werden kann.

Die organische Krystallochemie mit ihren so mannigfaltigen Substitutionsmöglichkeiten wird

indessen reichen Ersatz für diese naturgegebenen Lücken der anorganischen Krystallochemie bieten.

Ich glaube, in dieser Mitteilung den Weg gezeigt zu haben, durch welchen die Krystallochemie aus einer rein deskriptiven zu einer exakten Wissenschaft wird. Die neuen Prinzipien und Arbeitsweisen, die von jetzt an die Forschung auf krystallochemischem Gebiete kennzeichnen werden, dürften gewiß auch auf andern Feldern der chemisch-physikalischen Wissenschaften und auch in der Technik nützliche Anwendung finden. Unter anderm eröffnet sich ein Ausblick auf die schon naheliegende Möglichkeit, Vorgänge der chemischen Katalyse durch Erscheinungen der Kontrapolarisation zu erklären, indem die Kontrapolarisation die Fähigkeit besitzt, das sonst in sich abgeschlossene Innere reaktionsträger Radikale durch Aufspaltung zu öffnen.

Oslo, Mineralogisches Institut der Universität, April 1926.

Besprechungen.

ARRHENIUS, SVANTE, *Erde und Weltall*. Aus dem Schwedischen übersetzt von Dr. FINKELSTEIN. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1926. VII, 342 S., 68 Abbildungen im Text und 2 Tafeln 14 × 21 cm. Preis 12,— Reichsmark.

Das vorliegende Werk ist eine Vereinigung der beiden früheren schon in vielen Auflagen erschienenen Schriften: „Der Lebenslauf der Planeten“ und „das Werden der Welten“. Obwohl auf dem Titelblatt nichts davon zu ersehen ist, scheint das Buch nur einen ersten Teil vorzustellen, und wir dürfen also offenbar noch einen zweiten erwarten, welcher die neuesten Anschauungen über das Wesen der Fixsterne und des Milchstraßensystems bringen soll, während der erste Teil sich hauptsächlich mit den Verhältnissen der Erde und der Planeten beschäftigt.

In den ersten Kapiteln die sich mit dem Ursprung der Astronomie und der Entwicklung der Chronologie befassen, werden auch die modernen Vorschläge über die Kalenderreform besprochen. Diese Gelegenheit möchte der Referent dazu benützen, auch einmal ein paar Worte gegen die Reform zu sprechen. Man kann wohl nicht leugnen, daß das Fixieren der beweglichen Feste eine wirtschaftliche Bedeutung hat, allerdings in um so geringerem Maße, je mehr die Bestrebungen die kirchlichen Feste überhaupt abzuschaffen an Boden gewinnen. Auch gegen den Beginn des Jahres mit dem Weihnachtstage wäre nichts einzuwenden; man folgte hier nur einem in früheren Jahrhunderten vielfach geübten Brauche. Dagegen scheint mir der Vorschlag die Woche aufzugeben, einen 7tägigen Zyklus, der nun schon seit vielen Jahrhunderten ununterbrochen läuft, nicht nur zu unterbrechen und mit einem neuen Anfangspunkt zu beginnen, sondern durch Einschalten eines außerhalb der Woche stehenden Tages gänzlich zu zerstören, für schlecht.

Es geht der praktische Wert, der mit einer doppelten Datierung verbunden ist, verloren, wenn alle Wochentage immer mit dem gleichen Datum zusammenfallen. Aus Datum und Wochentag kann man heute innerhalb gewisser Grenzen die Jahreszahl berechnen, ein Vorteil, der dann wegfällt. Es ver-

schwindet damit auch ein wichtiges Hilfsmittel der Erinnerung, was z. B. bei Zeugenaussagen nicht unwichtig sein kann. Endlich muß man sich die Frage erlauben, ob es wirklich wünschenswert ist, das tägliche Leben noch in einem Punkte einförmiger und grauer zu machen.

Im übrigen reiht sich das Buch in seiner glänzenden und fesselnden Darstellung würdig an die anderen Bücher des Verf. an. A. PREY, Prag.

U. S. Coast and Geodetic Survey. Annual report of the director, U. S. C. a. G. S. to the Secretary of Commerce for the fiscal year ended June 30, 1924. 8°. 80 S. mit 20 Karten und einer Abbildung (Vermessungsschiff „Discoverer“). Washington 1924, Government Printing Office.

Der vorliegende „Annual report“ ist in seinem Umfang gegen den vorjährigen (Besprechung siehe diese Zeitschr. 13. Jg., S. 174) erheblich verringert worden (80 S. gegen 149, 20 Karten gegen 38); er enthält außer einer Einleitung noch 3 Abschnitte (The Bureau's greatest needs, The Washington office, In the field). Ein 4. Abschnitt, wie er im vorjährigen Berichte mit eingehenden statistischen und Personalangaben für die geleisteten Feldarbeiten enthalten war, ist dem gegenwärtigen nicht mehr beigefügt worden. Da die allgemeinen und laufenden Arbeiten des Survey in der obengenannten Besprechung angegeben sind, so genügt es, aus dem vorliegenden Report die Fortschritte und besonderen Ergebnisse des Berichtsjahres zu erwähnen.

Wie in der Einleitung bemerkt wird, ist dieses 108. Jahr des Bestehens des C. a. G. S. als erfolgreich zu bezeichnen, besonders wegen der Ersetzung alter unbrauchbarer Vermessungsschiffe durch moderne, wodurch mit einem gutgeschulten Personal Beachtenswertes geleistet wurde. Anschließend werden dann gleich die Wünsche zur Verbesserung der Besoldungen, im besonderen zur Regelung der Ruhestandsgehälter, lebhaft zum Ausdruck gebracht. Weiter wird darauf hingewiesen, wie notwendig die schnelle Bekanntgabe der Vermessungsergebnisse zur Benutzung für die Feldmesser in den einzelnen Staaten ist; dann wird das Zusammenarbeiten (und die Fortschritte dabei) mit

den staatlichen Behörden, im besonderen mit den Armee- und Marinebehörden (Versuche mit Invarbändern zur Basismessung, Geben von besonderen Funkenzeitsignalen u. dgl.), verzeichnet. Der Küstenvermessung, die für die Auffindung der unter Wasser hoch aufragenden, für die Schifffahrt höchst gefährlichen Klippen von größter Bedeutung ist, wird fortdauernd die größte Aufmerksamkeit gewidmet. Hierbei hat sich die Beigabe von Barkassen zu einem Vermessungsmutterschiff als zweckdienlich erwiesen; die schnelle und sichere Verlegung von Kabeln und die rasche Vermessung von kleineren Häfen zum Anlaufen mit großen Schiffen ist durch dies Verfahren sehr gefördert worden. Die diesbezüglichen Fortschritte in Alaska und den Philippinen werden hervorgehoben. Sehr bemerkenswert ist ferner, daß es gelungen ist, mit dem Echolot nicht allein vertikale, sondern auch horizontale Entfernungen unter Wasser zu bestimmen, so daß es möglich geworden ist, neben der leichten Ermittlung der Meerestiefe auch den Ort des Vermessungsschiffes (Lage zur Küste) ebenso leicht festzustellen.

An geodätischen Arbeiten auf dem Lande sind im besonderen 3 Hauptprojekte nennenswert: 1. das weitmaschige Triangulationsnetz im Westen zu verengern. 2. Die Triangulation längs des 49. Parallels in Übereinstimmung mit dem Survey von Canada zu Ende zu bringen, und 3. die Triangulation in Süd-Alaska durchzuführen. Wie in der vorjährigen Besprechung schon erwähnt, wird der Wiederholung der Triangulation in Californien die größte Aufmerksamkeit gewidmet, da die bereits festgestellten Bodenverschiebungen von solcher Größe sind, daß sie dauernd weiterverfolgt werden müssen, um die größten Gefahrenzonen für zu erwartende Erdbeben angeben zu können. Aus den magnetischen Vermessungen bleiben die Vorarbeiten für die Herstellung von Karten für die Aviation erwähnenswert. Im Schlußteil der Einleitung wird hervorgehoben, wie nötig es ist, der Weiterentwicklung und den Neukonstruktionen von Vermessungsinstrumenten aufmerksam zugewandt zu sein, einige neue Erfindungen werden aufgezählt.

Im 1. Abschnitt erfahren wir wieder die unerfüllten Wünsche des Vorjahres und die neu hinzugekommenen, von denen einige angeführt sein mögen. Da die inländischen Flüsse in steigendem Maße mit Motorbooten befahren werden, so macht sich das Bedürfnis nach großmaßstäbigen Karten der Flußgebiete mehr und mehr geltend. Dazu werden größere flachgebaute Flußvermessungsboote erforderlich. Weiter müssen die lotenden Küstenschiffe zur Erhaltung der Arbeitsmöglichkeit auch im Nebel mit den entsprechenden akustischen und funktelegraphischen Instrumenten ausgerüstet werden. Dann sind zur Sicherung der Schifffahrt an den Küsten, im besonderen in der Nähe der Flußmündungen, überall da, wo die Tätigkeit des stets bewegten Wassers fortwährend Veränderungen hervorruft, dauernde und eingehende Nachprüfungen der hydrographischen Vermessungen erforderlich. Zur regelmäßigen Durchführung aller vorgesehenen Vermessungen ist es nötig, auch die Wintermonate für die Außenarbeiten auszunutzen, das erfordert im besonderen die Einstellung eigens konstruierter größerer Vermessungsschiffe. Auf dem Festlande fehlt es an genügenden Karten für die Projekte des Wegebaues, für die Forstwirtschaft und auch für den Flugzeugverkehr. Im besonderen müssen die magnetischen Beobachtungsstationen im Westen des Landes vermehrt werden. Mehr könnte auch für die Vermessung von Alaska getan werden, wenn dort ein geeigneter Hafenplatz angelegt würde, wo Vermessungsschiffe ihre Vorräte ergänzen

und die erforderlichen Reparaturen vornehmen könnten. Im Schlußkapitel dieses Abschnittes wird darauf hingewiesen, wie wichtig eine möglichst zahlreiche Entsendung von Vertretern des Survey zu allen internationalen fachtechnischen Kongressen ist.

Der 2. Abschnitt macht uns in statistischen Angaben mit dem Personalbestand und seinen Veränderungen bekannt. Zur Zeit verfügt der Survey über 398 Beamte. Zusammengedrängt berichten die einzelnen Abteilungen (hydrographische und topographische, geodätische, kartographische, erdmagnetische, Gezeiten- und schließlich Instrumentenabteilung) über die ausgeführten Berechnungen, die neu herausgegebenen Bücher und gedruckten Vorschriften, über den ständig steigenden Verbrauch an Karten mit Diagramm. Auch die Erfahrungen der in Gebrauch genommenen neukonstruierten Instrumente werden kurz mitgeteilt. Den Schluß dieses Abschnittes bildet das Arbeitsprogramm für das kommende Jahr.

Der 3. (letzte) Abschnitt zeigt uns an der Hand der zahlreichen eingefügten Karten und Skizzen, welche Außenarbeiten im einzelnen im abgelaufenen Jahre zur Ausführung gekommen sind; dabei wurden mannigfache Sonderwünsche berücksichtigt, wie z. B. eine Feineinwägung der Wege im Yellowstone Park. In der magnetischen Abteilung wurden Untersuchungen angestellt über die störenden Einflüsse der Morgendämmerung auf Telegraphen- und Kabelleitungen. In der Gezeitenabteilung arbeiteten 7 automatische Pegelregistrierapparate während des ganzen Jahres an zahlreichen Stationen der Küsten. Neue transportable automatische Pegelregistrierapparate wurden an weniger wichtigen Stationen vorübergehend aufgestellt. Den größten Raum in diesem Abschnitt nehmen die ausgeführten geodätischen Außenarbeiten ein. Klar tritt hier hervor, welche große Bedeutung gut organisierte Vermessungen für horizontale und vertikale Aufnahmen für ein wirtschaftlich aufstrebendes Land haben. Unter diesen Arbeiten hebt sich gegenwärtig die Wichtigkeit einer gut angelegten und genauen Vermessung zur Katastrierung der Städte heraus. Verständnisvolles Zusammenarbeiten des Survey mit den Stadtverwaltungen bleibt für die gute Durchführung der Sache von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Durchsicht des vorliegenden Reports stärkt wieder den Eindruck, daß umfangreiche Arbeiten geleistet sind, aber weit umfangreichere in diesem Lande zu tun bleiben. E. BRENNER, Berlin-Potsdam.

JOLY, JOHN, *The surface-history of the earth*. Oxford, at the Clarendon Press 1925. 192 S., zahlreiche Textfiguren und mehrere Tafeln. 14 × 22 cm.

Der bekannte Verf. ist Professor der Geologie und Mineralogie an der Universität Dublin. Diese Tatsache bedeutet ein Programm: als Geologe ist JOLY Historiker, als Mineraloge ist er Anorganograph; und so beschreibt er denn im vorliegenden Buch die Geschichte der leblosen Erdhülle. Diese Art ist schon an sich originell. Die Verknüpfung des Historischen und des Kausalen liefert als Ergebnis periodisches Geschehen. Das gelingt dem Autor freilich nur mit Hilfe mehrerer kühner Annahmen; aber der Versuch solch großzügiger Synthese ist anregend und fruchtbar. Methodisch bedeutungsvoll und nachahmenswert ist besonders die Verwendung radioaktiver, gravimetrischer, thermischer und seismologischer Daten.

JOLY benutzt hauptsächlich zwei neuere Errungenschaften: erstens die Erkenntnis der *Gesteinsradioaktivität* und zweitens die Lehre von der *Isostasie*. Diese beiden Faktoren haben nach JOLY wiederholt, und zwar abwechselnd, in die Erdgeschichte eingegriffen und den

Rhythmus von ozeanischen Transgressionen sowie Regressionen nebst dem Aufsteigen der Kettengebirge geschaffen, der sich auch fernerhin fortsetzt.

Die *Isostasie*, deren Lehre viele Anhänger, aber auch Gegner hat, bedeutet bekanntermaßen hydrostatisches Gleichgewicht zwischen schweren und leichteren Gesteinsmassen, Inseln und Kontinente samt Gebirgen tauchen — wie Eisberge ins Wasser — in einen dichteren Untergrund ein, der sich zwar nicht gegen Kräfte von kurzer Wirkungszeit, wohl aber gegen lange andauernden Druck plastisch verhält, wie das z. B. beim Pech der Fall ist. Nach Störungen sucht sich das Gleichgewicht erneut einzustellen, teils säkular, teils ruckweise bei Erdbeben. Die Annäherung an Isostasie ergibt sich daraus, daß die wegen der tatsächlichen Dichteunterschiede und Höhendifferenzen an der Erdoberfläche zu erwartenden Schwereanomalien und Lotabweichungen in Wirklichkeit nur teilweise oder stellenweise vorhanden sind. So wird anscheinend der Überschuß der Gebirgsmassen über die Masse der weniger dichten und niedrigen Ozeane mehr oder weniger dadurch ausgeglichen, daß der Untergrund unter den Meeren größere Dichte besitzt als das relativ lockere Material der Gebirge. Unterhalb der sog. Ausgleichsfläche, deren Tiefe zu 60—120 km geschätzt wird, herrschen in einem und demselben Niveau keine Dichteunterschiede mehr; Gebirgsbildung kann demnach nicht unter diese Tiefe hinabreichen. Der Untergrund, in dem die Kontinente usw. schwimmen, ist nach JOLY überall einheitlich basaltisch, worauf u. a. die Tatsache hinweist, daß die sog. Plateaubasalte allorts auffallend gleiche chemische Zusammensetzung zeigen.

Alle Basalte enthalten nun eine kleine, aber deutlich nachweisbare Menge radioaktiver Substanzen, die natürlich eine Quelle ständiger Wärmeentwicklung darstellt. Über dem schwach radioaktiven (basischen) Basaltmagma lagern als oberste kontinentale Schichten die stärker aktiven (sauren) Gesteine, wie Granite, Porphyre u. a., deren Aktivität hinreicht, um die durch Ausstrahlung von den Kontinenten verloren gehende Wärme zu kompensieren. Es folgt hieraus, daß die radioaktive Wärme, die unmittelbar unter diesen kontinentalen Schichten in dem Basalt erzeugt wird, keinen Abfluß nach oben hat: das Basaltmagma muß sich allmählich erwärmen und kommt zum Schmelzen. Ist dieser Fall eingetreten, so gehen große Veränderungen an der Erdoberfläche vor sich. Das spez. Gewicht der geschmolzenen Lava ist niedriger als das des festen Magmas; die in dem Magma schwimmenden Kontinente sinken daher tiefer ein; große Teile des Festlandes werden vom Ozean überflutet.

Da das sich ausdehnende basaltische Substrat Zugkräfte auf das Hangende ausübt, und da der Meeresboden über ihm viel dünner ist als die Kontinente, so

werden besonders im Meeresboden und an den Küsten Risse auftreten, durch die die stark gespannte Basaltlava austritt; aber auch auf dem Festland kann dergleichen erfolgen, wie die gewaltigen Basaltdecken (Plateaubasalte) des Dekkan in Vorderindien beweisen.

Dieser Zustand der geschmolzenen Lavamassen bleibt aber nicht lange bestehen. Die leichtbewegliche, der Anziehung des Mondes unterliegende Basaltmasse gibt ihre Wärme an die unter dem Boden der Ozeane liegenden kälteren Teile ab. Die Temperatur unter den Kontinenten und unter dem Basaltboden sinkt, die Lava erstarrt von neuem. Diese Erstarrung ist natürlich mit einer Erhöhung des spez. Gewichtes verbunden. Die Kontinente werden wieder emporgehoben, die Ozeane ziehen sich von großen Teilen des Festlandes zurück, neue Gebirge werden gebildet, deren Höhe Tausende von Metern betragen kann.

Die Zeit, die notwendig ist, das Schmelzen des Magmas unter den Kontinenten zu bewirken, schätzt JOLY auf 30—50 Millionen Jahre; die Abkühlung erfolgt dann viel schneller und ist in wenig Jahrtausenden beendet. JOLY glaubt im ganzen sechs solcher „Revolutionen“ während der geologischen Erdgeschichte feststellen zu können. Für die Dauer der Oberflächengeschichte unserer Erde ergäbe dies also einen Wert von höchstens 200—300 Millionen Jahren. Diese Zahl für das Alter der festen Erdkruste ist nun mindestens fünfmal niedriger, als sich aus den Altersbestimmungen aus dem Uranbleigehalt radioaktiver Mineralien ergibt. JOLY hält deshalb diese letzten Angaben für viel zu hoch und bringt eine Anzahl Gründe dafür, die seine Ansicht stützen sollen. Es ist hier nicht der Platz, auf diese sehr wichtigen Fragen einzugehen. Nach Ansicht der Referenten können die Altersbestimmungen der festen Erdkruste nach der sog. Bleimethode ein solches Maß von Sicherheit beanspruchen, daß man mit einem Mindestalter der festen Erdkruste von 1500 Millionen Jahren rechnen muß. Mit Bezug auf die oben geschilderten „Erdrevolutionen“ ist daraus der Schluß zu ziehen, daß entweder ihre Dauer oder ihre Anzahl beträchtlich unterschätzt worden ist.

Wenn hier also auch noch mancherlei Fragen späterer Zeit überlassen bleiben müssen, so sehen wir doch in den JOLYSchen Erklärungen der rhythmischen Oberflächenbewegungen der Erde eine Arbeitshypothese, die sich auf dem Boden experimenteller Tatsachen aufbaut und eine Reihe bisher rätselhafter Beobachtungen unter einem einheitlichen und neuen Standpunkt zusammenfaßt. Das Buch von JOLY wird daher allen an erdgeschichtlichen Fragen interessierten Lesern hohen Genuß bereiten. Der Genuß wird noch erhöht durch die vorbildliche Ausstattung des Werkes und die wunderschönen geologischen und alpinen Landschaftsbilder.

O. HAHN. A. JOHNSEN.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und die vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Zur Frage der physikalisch-chemischen Charakterisierung der Proteine.

(Vorläufige Mitteilung.)

Es ist von besonderem praktischen wie auch theoretischen Interesse, eine Methode zu besitzen, die in einwandfreier Weise gestattet Proteine zu charakterisieren. Eine solche Methode sollte sich auf folgendem Gedankengang aufbauen lassen: Bekanntlich erhält man durch Zufügen von Kupfersalzen zu Eiweiß-

stoffen in alkalischer Lösung die sog. Biuret-Reaktion, eine charakteristische violette Färbung. Da ähnliche Färbungen auch von anderen Stoffen, wie eben dem Biuret, gegeben werden, liegt es nahe anzunehmen, daß es sich um eine Komplexbildung des Kupfers mit dem Eiweiß handelt. Nun weiß man nach neueren Untersuchungen, daß auch Stoffe in kolloider Lösung imstande sind, gut gekennzeichnete chemische Gleichgewichte zu geben. Daher schien es nicht ausgeschlossen, daß möglicherweise komplexe Ionen von

Kupfer und Eiweiß entstehen, und daß demgemäß eindeutig gegebene Kupferionenkonzentrationen in solchen Proteinlösungen vorhanden sind. Es wurden deshalb diese Kupferionenkonzentrationen durch potentiometrische Messungen zu bestimmen gesucht und namentlich geprüft, ob sich auf diesem Wege verschiedene Proteinarten unterscheiden lassen. Wir benutzen bisher nur die Serumproteine, da die Unterscheidung von Globulin und Albumin uns zunächst wichtig schien. Es wurde Euglobulin und auf der anderen Seite das Gemisch von Pseudoglobulin + Albumin untersucht. Wir gewannen sie auf elektrodialytischem Wege aus Rinderserum. Die bisherigen Ergebnisse der Messung elektromotorischer Kräfte, bei denen die Kupferweißlösungen gegen eine $m/10$ Kupfersulfatlösung geschaltet waren, finden sich in den nachstehenden Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1. *Euglobulin.*

Eiweiß-Gehalt in %	Farbenskala	Konzentr. Gang der Cu-Ionen
0,005	Lösg. wasserklar. Flocken abgesetzt	} Von 10^{-9} bis 10^{-15}
0,01	Lösg. leicht blaugrün, grüne Flocken	
0,03	Lösg. leicht getrübt, blau mit einer Spur grün	
0,06	hellblau	
0,11	dunkelblau	
0,22	blau mit Spur rot	
0,45	blaurot gegen blau	
0,9	blaurot	
1,8	rotblau	
3,6	rotblau	

Tabelle 2. *Pseudoglobulin + Albumin.*

Eiweiß-Gehalt in %	Farbenskala	Konzentr. Gang der Cu-Ionen
0,01	Flocken abgesetzt, Flüssigkeit farblos	} Von 10^{-9} bis 10^{-11}
0,02	Flocken, Flüssigkeit blaugrün	
0,03	leicht Trübung, Lösg. hellblau	
0,06	blau	
0,12	dunkelblau	
0,25	blau mit Spur rot	
0,5	blaurot	
1,0	rotblau	
2,0	rotblau	

Ein Unterschied zwischen beiden Substanzen ist nicht zu verkennen, zumal auch der ψ -c Kurvengang ($\psi = E.M.K.$ der resp. Kette) bei beiden Körpern ein unterschiedlicher ist. Es scheint sich auch um wirkliche Gleichgewichte zu handeln, wenn auch das Alter und die Einwirkungsdauer des Alkalis genau zu berücksichtigen sind. Die Untersuchung wird fortgesetzt, und zwar soll mit dem Verhalten der Eiweißkörper das des Biurets und ähnlicher Stoffe verglichen werden. Es wird auch lohnend sein, die Veränderung der Färbung der Lösungen bei Änderung der Eiweißkonzentration optisch zu verfolgen.

Berlin-Dahlem, den 27. März 1926. Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.
G. ERTSCH und W. BECK.

Eine einfache Absorptionsmethode im Ultrarot.

Die Aufnahme der Reststrahlenspektren von Kristallen scheidet vielfach an der Schwierigkeit, geeignete Präparate für die Untersuchung der Eigenfrequenzen herzustellen. Absorptionsmessungen fester Substanzen müssen wegen der sehr geringen Durchlässigkeit, die die Kristalle gewöhnlich für lange Wellen auch in der Umgebung von Stellen anomaler

Dispersion haben, an sehr feinen Schichten durchgeführt werden. Bei der Verwendung von Dünnschliffen (SCHAEFER) ist man auf gut kristallisierende Substanzen angewiesen, der Methode, mikrokristalline Stoffe auf Unterlagen aufzukristallisieren oder zu sublimieren (REINKOBER), sind schon wegen der erforderlichen Trägerplatten nur bestimmte Kristalle und Spektralgebiete zugänglich.

Wir haben einfach ganz feine Kristallpulver in hauchdünner Schicht zunächst auf Steinsalzplatten aufgestäubt, so daß die vorher glasklar polierte Platte eine milchige Trübung zeigte. Diese Schichten werden mit einer zweiten Steinsalzplatte bedeckt und die beiden Platten am Rande so fest verklebt, daß das Pulver vor Feuchtigkeit geschützt ist und sich nicht verschieben kann. Die aufgenommenen Spektren, bezogen auf die Intensität der durch zwei genau gleiche Steinsalzplatten ohne Zwischenschicht hindurchgegangenen Strahlung, sind, wenn man während einer Meßreihe immer die gleiche Stelle der Schicht durchstrahlt, bei verschiedenen Präparaten derselben Substanz sehr genau reproduzierbar. Freilich muß man auf absolute Messungen der Absorptionskoeffizienten verzichten.

Auf die beschriebene Weise haben wir bei regulären und hexagonalen Oxyden neben den Grundschrwingungen noch mehrere Oberschwingungen festgestellt, und sogar in einem Falle (Berylliumoxyd), in dem die Strukturbestimmungen mit Röntgenstrahlen nicht eindeutig waren, den hexagonalen Aufbau bestätigen können. Der Vorteil der Methode besteht darin, daß sie für mikrokristalline und amorphe, schwer schmelzbare, schwer lösliche oder chemisch leicht angreifbare Stoffe anwendbar ist. Als Trägerplatten kann man jede durchsichtige Substanz verwenden (z. B. Quarz, Flußspat, Sylvin), vor allem auch Zaponlackhäutchen¹⁾. So ist der ganze ultrarote Spektralbereich, insbesondere auch das Gebiet von 20–40 μ , Absorptionsmessungen zugänglich. Eine Verfälschung der Spektren durch selektive Absorption infolge der Zerstreuung der Strahlung an den Kristalliten kommt, wie sich aus der Beugungstheorie des Lichtes an kleinen Teilchen leicht überschlagen läßt, bei den betrachteten ultraroten Wellenlängen und submikroskopischer Zerteilung nicht in Frage.

Die ausführlichen Messungen, zu denen wir die Mittel teilweise dem Elektrophysikausschuß der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft verdanken, werden von der einen von uns in der Dissertation veröffentlicht werden.

Berlin-Dahlem, den 31. März 1926, Kaiser Wilhelm-Institut für Faserstoffchemie.

G. LASKI. S. TOLKSDORF.

Über die Quantelung des Rotators und die Koordinatenwahl in der neuen Quantenmechanik.

Der Rotator fällt als cyclisches System zunächst außerhalb des Schemas der neuen Quantenmechanik, die von BORN und JORDAN bekanntlich nur für Koordinaten aufgestellt wurde, die periodische Funktionen der Zeit und nicht, wie der Winkel φ , der Zeit proportional sind. Diese Schwierigkeit läßt sich nun sehr einfach durch Einführung der bekannten POINCARÉschen

Berührungstransformation $q = \sqrt{2J} \cos w$ beheben,
 $p = -\sqrt{2J} \sin w$

¹⁾ Vgl. M. CZERNY, Verhandl. d. dtsh. phys. Ges. 1925, S. 8.

die Librations- und cyclische Bewegungen ineinander überführt. Die Durchführung der Rechnung ergibt dann zwangsläufig die bekannte Halbzahligkeit der Rotationsterme.

Es läge nun der Gedanke nahe, diese sehr einfache Methode auf alle gequantelten Systeme anzuwenden, die ja nach Einführung der Wirkungsvariablen durchweg cyclische Systeme geworden sind. Dies scheidert jedoch an dem Umstand, daß der BORN-JORDANSche Matrizenkalkül nicht für beliebige Koordinaten, die in der klassischen Mechanik periodische Funktionen der Zeit sind, richtige Resultate liefert, sondern nur für kartesische bzw. solche, die dieselben Perioden haben wie die kartesischen.

Für die nähere Begründung sowie die Einzelheiten der Rechnung sei auf die bald erscheinende Publikation in der Zeitschr. f. Phys. verwiesen.

Wien, Institut für theoretische Physik der Universität, März 1926.
OTTO HALPERN.

Albrecht Penck, die Meereskunde und die „Meteor“-Expedition.

Herr A. PENCK hat sich in letzter Zeit mehrfach in Aufsätzen mit der „Meteor“-Expedition und, für jedermann verständlich, mit dem der Wissenschaft leider so früh entrissenen A. MERZ beschäftigt, das Lebenswerk dieses Forschers, seines Schülers, würdigend. Es sind Herrn PENCK dabei eine Reihe Irrtümer wissenschaftlicher und auch sozusagen geschäftlich-historischer Art unterlaufen. Es handelt sich um 3 Artikel PENCKs, betitelt: 1. Die Deutsche Atlantische Expedition¹⁾; 2. ALFRED MERZ²⁾; 3. ALFRED MERZ, Die Deutsche Atlantische Expedition auf „Meteor“³⁾. Ich habe die „Naturwissenschaften“ um die Aufnahme meiner Ausführungen gebeten, weil die „Meteor“-Expedition alle naturwissenschaftlichen Kreise, nicht bloß die geographischen, angeht, und weil die Literaturzeitung, die ja fast ausschließlich geisteswissenschaftlichen Interessen dient, Erwiderungen überhaupt nicht aufnimmt.

1. Im ersten Artikel vom Herbst 1925 (Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde S. 248) steht, daß „die Deutsche Seewarte weder an der Planung noch an der Ausrüstung der „Meteor“-Expedition beteiligt sei“. Es ist mir ein Bedürfnis, anzuerkennen, daß der Plan des Unternehmens in seiner charakteristischen Anlage der Querschnitte von A. MERZ stammt; die Seewarte hat, nachdem der damalige Präsident Herr CAPELLE ohne mein Zutun eine Zeitlang eine ganz andere Idee vertreten hatte, den Plan akzeptiert. Jeder sieht ein, daß es ein Fehler gewesen wäre, die Seewarte nicht zu beteiligen; die Seewarte ist laufend mitbeteiligt gewesen, insbesondere auch an der Ausrüstung. Der Präsident saß von Anfang an mit in der Kommission für die Expedition. Ich selbst habe dienstlich in der Seewarte und auf Veranlassung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft in Innsbruck im September 1924 an den tagelangen Beratungen dieser Kommission über die Aufgaben, Reisewege und Ausrüstung der Expedition mitgewirkt; ich habe über die Aufstellung der Lotmaschinen des „Meteor“ nach Inaugenscheinnahme des Schiffes Ratschläge erteilt, für die A. MERZ mir seinen Dank ausgesprochen hat. Die Seewarte hat eine große

Zahl Karten und Bücher und auch Instrumente zur Ausrüstung hergegeben, was sogar in der Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1926, S. 70, 71, 73 zu lesen ist (Spezialbarometer, Spiegeltheodolit usw.), ganz abgesehen von geistigem Gut, z. B. hinsichtlich der Interferometerfrage, ganz abgesehen auch von der Teilnahme zweier Beamten der Seewarte.

2. In der Dtsch. Literaturzeit. steht S. 27 und 31, daß ich, weder dienstlich noch persönlich mit der Expedition in Verbindung stehend, über die Aufgaben der Unternehmung nicht völlig zutreffende Angaben in den Ann. d. Hydrographie 1925, S. 145 hätte machen können, daß er — PENCK — darum die Öffentlichkeit orientiert habe, daß ich z. B. irrümlicherweise mitgeteilt hätte, „Meteor“ würde an entlegenen Stellen (Süd-Georgien) Ortsbestimmungen von früheren Jahren im Hinblick auf A. WEGENERS Verschiebungstheorie wiederholen. Was das Fehlen der Verbindung mit der Expedition betrifft, so zeigt das in meinem Absatz 1 Gesagte das Gegenteil. Für den Aufsatz in den Ann. der Hydrographie stand mir eigene Kenntnis und amtliches Material reichlich und genügend zur Verfügung. Die Wiederholung der Ortsbestimmung war mir in der Marineleitung ausdrücklich als Aufgabe — natürlich Nebenaufgabe — bezeichnet worden; bestätigt wird dies durch ein Telegramm des „Meteor“ vom 14. II. 1926: „die beabsichtigten astronomischen Kontrollbeobachtungen auf Süd-Georgien (Moltkehafen) konnten nicht erledigt werden, weil die andauernd starke Bewölkung die Beobachtungen verhindert hat.“

Das genügt wohl.

3. Es ist nicht richtig, daß seit NATTERER die Chemie des Meeres vernachlässigt worden sei (Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1925, S. 246) — ich erinnere nur an die vielen Arbeiten der Kieler hydrographisch-biologischen Schule, an die neuen von B. SCHULZ u. a. — es ist nicht richtig, daß wir MERZ den wichtigen Nachweis verdanken, daß die Temperatur der Wasseroberfläche des Meeres höher ist als die der darüberliegenden Luft: dies wurde schon 1890, also 21 Jahre früher, in einem grundlegenden Aufsätze von W. KÖPPEN und danach noch mehrfach, vor MERZ, behandelt.

4. Es ist nicht richtig, daß MERZ und BRENNECKE gleichzeitig (Dtsch. Literaturzeit. a. a. O. S. 28) oder MERZ sogar vor BRENNECKE (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1926, S. 94), die neuen Anschauungen über die großen Wassermassungen im Ozean — auf deren Prüfung letzten Endes die „Meteor“-Expedition hinausläuft — gewonnen hat. Es ist zur Not begreiflich, daß Herr PENCK unter dem frischen Eindruck des so außerordentlich tragischen Todes seines Schülers die Leistungen von A. MERZ derart heraushebt, daß der eine oder andere Forscher auf gleichem Gebiete dabei zu kurz kommt. Aber mit derselben Pietät, die Herrn PENCK die Feder geführt hat, fühle ich die Pflicht für W. BRENNECKES Leistung einzutreten, weil es sich um einen ebenfalls verstorbenen Kollegen der Seewarte handelt. Viele Jahre vor MERZ (1922) hat BRENNECKE bereits im Jahre 1911 in seinen Reiseberichten von der „Deutschland“-Expedition (z. B. Ann. d. Hydrographie 1911, S. 642 und 644) ganz unmißverständlich geschrieben: „Das Hauptergebnis unserer Reihemessungen ist die Feststellung eines Tiefenstromes in etwa 1500—3000 m Tiefe, der vom Nordatlantischen Ozean nach Süden vordringt und durch hohe Temperatur und hohen Salzgehalt sich von der über- und unterlagernden Schicht abhebt.“ Zweifellos sind diese Berichte im Institut für Meereskunde schon vor dem Kriege genügend gewürdigt und auch Herrn PENCK bekanntgeworden. Sie sind der wissenschaftliche Ausgangspunkt für die Umwälzung

¹⁾ Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1925, S. 243—251.

²⁾ Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1926, S. 81—102.

³⁾ Dtsch. Literaturzeit. 1926, H. 1, S. 26—32.

(Diese Zeitung nimmt Entgegnungen grundsätzlich nicht auf.)

geworden, die sich allmählich in unseren Vorstellungen über die ozeanischen Zirkulationen vollziehen. Für die Geschichte der Ozeanographie ist dieser Punkt, wie man voraussehen kann, von außerordentlicher Wichtigkeit.

Ich möchte mich für diesen Standpunkt besonders auf das Urteil eines so hochgeschätzten und neutralen Ozeanographen wie Prof. O. PETERSSON, Göteborg, berufen, des Gründers der internationalen Meeresforschung, der als Nestor unseres Fachs 1924 im „Ymer“ (Stockholm, H. 4, S. 405—422), einen langen Nachruf für seine soviell jüngeren Fachgenossen BRENNÉCKE veröffentlicht hat, den man nachlesen wolle. PETERSSON schildert den großen wesentlich horizontalen Wasseraustausch zwischen S und N und N und S in den verschiedenen Etagen, stellt die Leistungen BRENNÉCKES in dieser Hinsicht im Süden in eine Linie mit den entsprechenden Forschungen F. NANSENS im Norden und schreibt u. a., daß die neuen Ansichten sich seit 1912 (!) allmählich durchgesetzt haben auf Grund der Aufzeichnungen der deutschen Südmeer-Expedition, d. h. eben BRENNÉCKES Beobachtungen auf der „Deutschland“. „MERZ und Wüst haben dies in den Diagrammen wiedergegeben“ (1923), heißt es bei PETERSSON.

MERZ bleibt immer das große Verdienst, mit Energie und unter Heranziehung auch älterer Messungen des „Challenger“ und der „Gazelle“, die nun erst mit Sicherheit zu deuten waren (KRÜMMEL, Ozeanographie, I, S. 341), der umwälzenden Anschauung, die wir heute alle im Grundsatz teilen, zum Durchbruch verholfen zu haben. Neue Anschauungen setzen sich fast stets nur unter gewissen Schmerzen und Kämpfen durch, bei deren Austragung peinliche Gerechtigkeit angestrebt werden muß. Zur Zeit sind wir in der Periode der Meeresforschung, die von der früheren, damals allein möglichen beschreibenden und bestenfalls konstruktiven Methode überführen wird zu einer mathematisch-physikalischen Behandlung der Probleme; der Vorgang

ist ganz ähnlich zu bewerten wie auf dem Gebiete der Meteorologie, die hierin schon ungemein viel weiter fortgeschritten ist.

Die mannigfachen Spitzen, die Herr PENCK seinen 3 Aufsätzen eingefügt hat, wären nur dann verständlich, wenn die neue ozeanographische Richtung von der Seewarte oder mir bekämpft würde, was natürlich nicht der Fall ist; sie waren also durchaus überflüssig und unvorsichtig. Auch könnte die Liste der Irrtümer Herrn PENCKS vermehrt werden, z. B. hinsichtlich der Bewertung der „Valdivia“-Tiefsee-Expedition.

Im übrigen möchte ich recht sehr zur Einigkeit und Einigung mahnen. Meine Bemühungen an verschiedenen maßgebenden Stellen seit vielen Monaten gehen nach dieser Richtung. Das letzte Ziel dieser Zeilen ist auch, nach tunlichster Ausräumung der wesentlichen Irrtümer und Mißverständnisse, eine Plattform zu schaffen für einen neuen Anlauf aller ozeanographischen Tätigkeit in Deutschland. Ob Herr PENCK für diesen Standpunkt zu haben ist, wird die Zukunft lehren. Die 3 Aufsätze A. PENCKS sind diesem Ziele leider nicht förderlich; er hat zuviel beweisen wollen und dadurch unvermeidbar die Kritik herausgerufen.

Hamburg, den 26. April 1926.

G. SCHOTT.

Bitte an die Fachgenossen, die auf dem Gebiete der Luftelektrizität arbeiten. Wir arbeiten gegenwärtig an einem größeren zusammenfassenden Werke über Luftelektrizität; unsere Arbeit ist aber dadurch sehr erschwert, daß uns infolge der großen Notlage der österreichischen Universitäten nur wenig Zeitschriften und fast keine ausländischen zur Verfügung stehen.

Wir wären daher den Fachgenossen zu besonderem Danke verpflichtet, wenn sie uns ihre Veröffentlichungen auf diesem Gebiete sowie auf den angrenzenden Nachbargebieten zusenden würden.

Prof. H. BENNDORF und Prof. V. F. HESS, Physikalisches Institut der Universität Graz (Österreich).

Zoologische Mitteilungen.

Die Wärmeregulierung des überwinternden Bienenvolks hat L. ARMBRUSTER in seinem Buch „Der Wärmehaushalt im Bienenvolk“ (Berlin: Verlag Pfenningstorff 1923) auf Grund jahrelanger mühevoller Registrierungen des Imkers RAMMERT (Sondershausen) und der Beobachtungen anderer Autoren dargestellt und damit einen bisher geheimnisvollen Abschnitt des Bienenlebens wesentlich geklärt.

Es ist eine allbekannte Tatsache, daß die Bienen im Winter nicht bei stillgelegtem Stoffwechsel erstarren, sondern der Nahrung bedürfen und durch Flügelschwirren und gesteigerte Atmung eine erheblich über der Außentemperatur liegende Wärme im Stock aufrecht erhalten. Dies „Heizen“ der Bienen erfolgt nun nicht regellos, sondern rhythmisch, andererseits aber auch nicht in einfacher Abhängigkeit von den Schwankungen der Außentemperatur, vielmehr treten die durch das Heizen erzeugten Temperatursteigerungen in der Traubenmitte gerade bei einigermaßen konstanten Außenbedingungen in bestimmten gleichmäßigen und selbständigen Intervallen hervor.

Die auf den Waben hängende Traube ruht nicht in lebloser Erstarrung sondern ist in ständiger Bewegung begriffen. Die „Hautbienen“, welche überall radiär mit nach innen gestellten Köpfen als äußerste Schicht der Traube der zudringenden Kälte des Stockes mit ihren dicht behaarten Hinterleibern Trotz bieten, können ihren Platz nur eine Zeitlang behaupten: sobald ihre Körpertemperatur sich auf etwa 13° abgekühlt

hat, müssen sie der drohenden Kältestarre ausweichen. Sie tun das, indem sie eine nach der andern in das Innere der Traube vordringen, wo sie nun ihrerseits die bisher hauptsächlich von ihnen allein gehütete Wärme genießen, während andere Bienen in die Hautschicht versetzt werden und die Abwehrstellung gegen den kalten Raum einnehmen. Da durch die eindringenden Hautbienen der Wärmeverrat der Traube allmählich aufgebraucht wird, muß die Ablösung immer schneller und häufiger stattfinden, bis schließlich, wenn auch die Traubenmitte bis auf nahe an 13° abgekühlt ist, die Unruhe allgemein wird. Das Volk geht von der Verteidigung gegen die Kälte zum Angriff über: die Traube löst sich und das Heizen beginnt. Der größte Teil der Tiere sitzt, heftig schwirrend und atmend, auf den Waben, während die Futterhohler ihnen bei dieser erschöpfenden Arbeit aus den Vorratszellen Nahrung zutragen und sie füttern. Im kurzen Verlauf einer halben bis ganzen Stunde haben die gesteigerte Atmung und Muskelaktivität der schwer arbeitenden Tiere die Temperatur des gelockerten Bienenhaufens auf durchschnittlich etwa 25,2° gesteigert, das Heizen wird abgebrochen und die Traube im Laufe der nächsten 3 Stunden geschlossen, um die errungene Wärmelinie wieder im Abwehrkampf zu behaupten, bis sie in den Stunden des „Kühlfalles“ abermals schrittweise verlorenght und durch einen neuen „Heizsprung“ wieder erobert werden muß.

Natürlich muß die Dauer dieses Kühlfalles von

dem Temperaturgefälle zwischen Traubenmitte und Stockluft abhängen, und nur bei einigermaßen konstanter Witterung werden sich die Heizsprünge in den gleichmäßigen Zeitintervallen von etwa 22 Stunden folgen, wie ARMBRUSTER sie in den regelmäßigsten Teilen der Kurve eines Volkes findet. Auf Störungen von außen oder in dem Befinden der Bienen reagiert die Temperaturkurve sofort mit Unregelmäßigkeiten. Dieser eigentliche Winterhaushalt der Bienen mit seinen bei günstigen Bedingungen regelmäßigen Lammertschen Perioden währt ungefähr bis Anfang Februar, am deutlichsten dürften die Perioden im Dezember und Januar zu bemerken sein.

Aus dem durchschnittlichen Nahrungsverbrauch eines überwinterten Bienenvolkes läßt sich berechnen, daß während einer Lammertschen Periode durchschnittlich etwa 20 g Kohlenhydrate umgesetzt werden. Der respiratorische Quotient der Winterbienen beträgt nach REIDENBACH bei 18,3° C recht genau 1, nach MILNER-DEMUTH bei 8° 0,94. Die Kohlenhydrate müssen also ziemlich vollständig zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden, was einer Wärmeerzeugung von 80 großen Calorien und einer Umwandlung von 15 l Sauerstoff in Kohlensäure durch das ganze Volk entsprechen würde. Der Energieumsatz für ein einzelnes Tier läßt sich aus den von ARMBRUSTER angegebenen Zahlen zu etwa 5 kleinen Calorien während einer Periode berechnen.

Im Sommer, zumal während der Zeit des Brutgeschäftes, liegen die Wärmeverhältnisse durchaus anders. Bei ihrer Darstellung stützt ARMBRUSTER sich einerseits auf fortlaufende Lammertsche Kurven aus den Jahren 1894/95, andererseits auf sehr eingehende Messungen von GATES. Die Reiztemperatur für die Heizreaktion liegt jetzt mit Rücksicht auf die äußerst wärmebedürftige Brut viel höher als im Winter, statt bei 13 bei etwa 34°. Schon bei 34,5° wird die Heizreaktion gestoppt, und bei 35° setzt eine Kühlreaktion ein, indem die Bienen am Flugloch fächeln und bei noch stärkeren Temperaturanstiegen das Brutnest räumen, so daß die Abkühlung durch den Fächelstrom ganz ungemindert wirken kann. Mit Rücksicht auf das in sehr engen Grenzen eingeschlossene Entwicklungsoptimum der Bienenbrut liegt also hier der Temperaturintervall, innerhalb dessen geheizt wird, nur zwischen 34 und 34,5°, während der winterliche Heizsprung die Temperatur durchschnittlich von 13,1 auf 25,2° steigert.

Die Bedeutung der Schweresinnesorgane bei den Medusen. Soweit die Sinnesorgane die Bedeutung haben, ihren Träger über den Zustand seiner Umwelt oder von Teilen seines eigenen Körpers zu unterrichten, besteht ihre Aufgabe in der Perzeption zeitlich oder räumlich geordneter und dadurch — soweit es sich um Außenreize handelt — eine Raumorientierung ermöglichender Reize. Daneben sind aber zahlreiche Fälle bekannt, in denen die Sinnesorgane durch Aufnahme gleichmäßig wirkender Reize lediglich Erregung überhaupt zu liefern haben. Je nach der Verwertung, welche die Reize finden, kann man sie demnach einteilen in orientierende und schlechthin erregende oder stimulierende. Der Reizerfolg orientierender Reize ist seiner Natur nach vorübergehend, wie die Beinbewegungen eines Insekts oder die Wachstumskrümmungen eines Polypen, die sich in die Lichtrichtung einstellen. Dagegen ist der Reizerfolg eines stimulierenden Reizes seiner Natur nach dauernd, wie der vom Labyrinth erzeugte Muskeltonus eines Wirbeltieres oder die rhythmischen Schwimmbewegungen der Medusen, welche von den am Glockenrand gelegenen

sog. Randkörpern ausgelöst werden. Vielfach gehen von ein und demselben Organ sowohl orientierende als stimulierende Wirkungen aus. So erzeugen die Facettenaugen der Insekten einerseits Einstellungsbewegungen, während sie andererseits den Tonus der Muskulatur beeinflussen. Es leuchtet ein, daß für die Erzeugung von Erregung überhaupt besonders einfach gebaute Sinneswerkzeuge ausreichen, und es liegt nahe, bei einer vergleichend physiologischen Darstellung der Sinnesorgane von solchen auszugehen, welchen ausschließlich diese Bedeutung zukommt, wie z. B. den Schwingkölbchen der Zweiflügler nach v. BUDENBROCK. Von einem solchen Organ können dann theoretisch auf zwei Wegen der Orientierung dienende Organe abgeleitet werden. Wenn sich die von einem vorübergehenden Reiz erzeugte Erregung rasch wieder ausgleicht, so können durch die Verwertung zeitlicher Reizunterschiede Schreckreaktionen entstehen. Der Übergang zwischen einem stimulierenden und einem der Auslösung von Schreckbewegungen dienenden Organ wäre da gegeben, wo etwa ein Lichtsinnesorgan bei Aufenthalt des Tieres im Hellen erhöhte Bewegungstätigkeit auslöst (Photokinese). Auch ohne Unterschiedsreaktion würde ein solches Tier, wenn sein natürlicher Aufenthaltsort die Bedingungen dafür aufweist, sich meistens im Dunkeln befinden. Dagegen läßt sich ein Organ, welches Schwerwirkungen in Erregung verwandelt, nicht auf diesem Wege in ein orientierendes Organ überleiten, da ja die Schwerkraft immer und überall wirksam ist. Hier kommt nur die Ausnutzung räumlich geordneter Reizunterschiede durch die Sinnesfläche in Frage, etwa in der Form getrennter Leitungsbahnen von mehreren, in verschiedenen Körperlagen von einem Statolithen erregten Sinnesflächenteilen zu verschiedenen Muskelgruppen. Auf diesem Prinzip beruhen die echten Orientierungsreaktionen, die sog. topischen Reaktionen derjenigen Tiere, deren Nervensystem in Zentren und Leitungsbahnen geschieden ist.

Eine andere Frage ist es aber, ob auch die Natur in der Phylogenese einen dieser Ableitung entsprechenden Weg genommen hat. LEHMANN¹⁾ hat, da er für die Randkörper der Medusen keine statische Funktion nachweisen konnte, ihre Bedeutung als Stimulationsorgane aber feststeht, den Schluß gewagt, daß diese Sinneskörper phylogenetische Vorstufen der bei den Bilaterien verbreiteten statischen Schweresinnesorgane und auch der mit diesen in enger Beziehung stehenden Gehörorgane darstellten. Das war in doppelter Hinsicht gefährlich. Einerseits lassen sich von den Cölenteraten mit ihrer radiären Symmetrie und ihren nur als Nervennetz ausgebildeten Nervensystemen schwerlich Schlüsse ziehen auf die phylogenetischen Vorläufer der ganz anders organisierten Bilaterien, andererseits ist ja die Beweiskraft negativer Versuchsausfälle immer nur sehr bedingt. Neuerdings hat denn auch FRÄNKEL in seiner Arbeit „Der statische Sinn der Medusen“ (Zeitschr. f. wiss. Biol., Abt. C: Zeitschr. f. vergl. Physiol. 2, Heft 6. 1925) für die im Golf von Neapel häufige *Cotylorhiza* den Beweis erbracht, daß ihre Randkörper doch im Dienste der Gleichgewichtserhaltung stehen, und damit ist der Hypothese LEHMANNs vollends der Boden entzogen. Sinnesorgane, welche wahrscheinlich allein der Stimulation dienen, kennen wir jetzt nur bei einer sehr abgeleiteten Tiergruppe in den Schwingkölbchen der Fliegen und den bei Insekten verbreiteten Punktaugen. Bei niederen Bilaterien und Protozoen

¹⁾ Die Sinnesorgane der Medusen. Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. 39, 1923.

sehen wir ebenso wie seit FRÄNKELS Untersuchung bei den Cölenteraten stets stimulierende und orientierende Wirkung der Sinnesorgane bzw. -organelle Hand in Hand gehen. Will man sich eine Vorstellung von der Phylogenie der Differenzierung reizbarer Strukturen bilden, so liegt es wohl näher, anzunehmen, daß die Ausbildung solcher Differenzierungen ursprünglich der Orientierung diene, und daß erst später daneben selbständige Bildungen für die Versorgung des Nervensystems mit Erregung und auch für die Verbindung verschiedener Körperfunktionen auftraten.

Der Mechanismus, durch den die Medusenrandkörper eine Gleichgewichtserhaltung ermöglichen, ist insofern sehr interessant, als er die Eigentümlichkeiten des als Nervennetz ausgebildeten Nervensystems der Medusen deutlich hervortreten läßt. Da die Erregung von jedem der acht am Rand der Glocke verteilten Randkörper zu allen Teilen der Muskulatur fließen kann, ist das Prinzip der getrennten Leitungsbahnen hier nicht anwendbar. Es ist ersetzt durch die Eigenschaft der Nervennetze, die Erregung mit starkem Dekrement zu leiten, d. h. den Erregungsgrad mit fortschreitender Entfernung von der Ursprungsstätte der Erregung zu verringern. Bei schief gestellter Medusenglocke, wenn die jeweils oben liegenden Statolithen das zugehörige Sinnesepithel am stärksten belasten, während die seitlich und unten gelegenen mehr oder weniger frei schweben, ist daher der Tonus in dem oben liegenden Teil der Glocke am größten. Dieser Glockenteil bleibt dadurch während der Entspannung nach einer Kontraktion in einem bestimmten Grade eingekrümmt, seine Erschlaffung geht weniger weit als die der übrigen Glocke. Bei der nun folgenden Kontraktion, die überall maximal und daher gleich ist, fördert infolgedessen die untere Glockenhälfte mehr Wasser, und zwar mit einer günstigen Richtung des Rückstoßes nahezu direkt nach hinten, während der obere eingekrümmte Glockenteil weniger Wasser schräg in Richtung auf den Magenstiel zu wirft. Der an den unteren Glockenteilen wirksamere Rückstoß richtet die Meduse auf.

Die durch Schiefelage abgeänderte Schlagart ist also ihrer Natur nach geeignet, das Tier in seine Normallage zurückzudrehen. Es wäre nun freilich denkbar, daß eine solche Rückdrehung in Wahrheit unabhängig davon rein durch die Massenverteilung im Körper zustande käme. Bisher erklärte man die bei Medusen verbreitete Normallage mit aufwärts gekehrter Glocke vielfach mit der Annahme, daß sie im stabilen Gleichgewicht schwämmen infolge der Schwere des abwärts hängenden Magenstiels und des geringen spezifischen Gewichtes der Gallerte an der Glockenoberseite. Störte aber FRÄNKEL die normale Massenverteilung seiner Versuchstiere, indem er den Mundstiel abtrug oder ein Stück Bleidraht am Glockenrande befestigte, so vermochten sie nach anfänglichem Umkippen trotzdem die Normallage wiederzugewinnen und zu behaupten, eben infolge der oben geschilderten Abänderung der normalen Schlagart bei Schiefelage, die dadurch als typische Kompensationsbewegung erwiesen ist. Daß diese tatsächlich von den jeweils oben liegenden Randkörpern ausgeht, wurde durch Ausschaltversuche sichergestellt: wurden bei einem in schräger Lage fixierten Tier die drei oberen Randkörper ausgeschnitten, so trat auch am oberen Glockenrand völlige Erschlaffung ein; war nur ein Randkörper erhalten, so traten rhythmische Kontraktionen überhaupt nur auf, wenn er oben lag, und zwar als Kompensationsbewegungen.

Der Medusenrandkörper stellt das einfachste bisher bekannte ideale Sinnesorgan dar, das alle für diese Organe bekannten Funktionen in sich vereinigt: als

Stimulationsorgan ruft er eine kontinuierliche Wirkung in der Erzeugung des Muskeltonus, eine konstant rhythmische in der Auslösung der Schwimmbewegungen hervor. Die Eigenart des Nervensystems der Medusen und die eigentümliche Lage der Randkörper in gleichen Abständen rings um den Glockenrand bringen es mit sich, daß sie dabei gleichzeitig der Orientierung dienen.

Die Lichtorientierung der Landasseln. Die Einstellbewegungen mancher Tiere gegen gerichtete Reize, wie z. B. die geotropen und heliotropen Wachstumsbewegungen vieler Polypen, lassen sich an entsprechende Erscheinungen bei Pflanzen ohne weiteres anschließen. Unter den als Taxien bezeichneten Ortsbewegungsreaktionen von Inzelen und selbst von manchen Metazoen sind schon früh Fälle bekannt geworden, in denen eine quantitative Beziehung zwischen der Stärke des Reizes und derjenigen der Antwortreaktion erkennbar war. Die Einfachheit und Durchsichtigkeit solcher Erscheinungen bot eine vielversprechende Handhabe, die Abhängigkeit des tierischen Verhaltens von der jeweiligen Konstellation der Umweltfaktoren von diesem Punkt ausgehend zu beweisen und aufzuklären. Die bekannten Vorstöße, welche LOEB mit seiner „Tropismentheorie“ in dieser Richtung unternommen hat, zeigten aber eine allzu schematische Auffassung der beteiligten nervösen Prozesse: Der Reiz wird in der Regel nicht einfach von einem Perzeptions- zu einem bestimmten Erfolgsorgan fortgeleitet, sondern er wirkt durch „Auslösung“ der Antwortreaktion und unterliegt in seiner Wirksamkeit den Einflüssen anderer innerer und äußerer Faktoren. Die völlige Vernachlässigung dieser beiden Grunderscheinungen der Reflexphysiologie bei seiner Behandlung der Orientierungserscheinungen rief denn auch auf allen Seiten den entschiedensten Widerspruch gegen die ganze LOEBsche Betrachtungsweise hervor.

Dabei schoß ein Teil der Gegner LOEBs über das Ziel hinaus. Auf der einen Seite sollten alle Orientierungen der niederen Tiere nach der Methode von Versuch und Irrtum zustande kommen, andererseits wurden alle Wirkungen gerichteter Lichtreize, die zu einer festen Einstellung gegen die Lichtquelle führen, auf ein Schema zurückgeführt, nach dem das Bild der Lichtquelle auf einer bestimmten (oder auch beliebigen) Netzhautstelle festgehalten wird. Der bekannteste Fall dieser Art ist die Fixierreaktion, die in letzter Zeit für verschiedene Wirbellose sehr gut analysiert worden ist. Daneben existiert aber noch ein anderer, von KÜHN als Tropotaxis bezeichneter Einstellungsmechanismus gegen gerichtete Reize. Diese tropotaktischen Reaktionen, bei denen der Organismus sich so einstellt, daß symmetrische Körperregionen bzw. Sinnesflächen Teile von der gleichen Reizenergiemenge getroffen werden, hatten den Überlegungen LOEBs zum Ausgang gedient, und daher kam es wohl, daß ihr Vorhandensein für den Lichtsinn wenigstens der Vielzeller überhaupt in Abrede gestellt wurde. Der Irrtum LOEBs war aber nur der, daß er voreilig ganz allgemein eine unabhängige Fortleitung der auf beiden Körperseiten empfangenen Erregungen zu antagonistischen Muskelgruppen annahm (was freilich höchstens da gelten kann, wo die Einstellung lediglich durch den Muskeltonus bedingt ist), und die Einstellung in eine Erregungssymmetrie, wie sie bei der Tropotaxis vorliegt, kann auch auf der Grundlage geschehen, daß die beiderseitigen Erregungen schon im Zentralorgan einander beeinflussen, so daß entweder bei gegenseitiger Aufhebung der beiden Erregungen gar kein Bewegungsimpuls zur Muskulatur weitergeleitet wird, oder aber

ein solcher, der bereits die Resultierende der beiden Erregungen darstellt.

Die Untersuchung von A. MÜLLER, „Über Lichtreaktionen von Landasseln“ (Zeitschr. f. vergl. Physiol. 3, H. 1. 1925), hat einwandfrei ergeben, daß hier sowohl bei positiver als auch bei negativer Phototaxis eine echte tropotaktische Einstellung vorliegt.

Ein von der Seite beleuchtetes negatives Tier wendet sich von der belichteten Seite ab ins Dunkle. Wird das Tier einseitig geblendet durch Überstreichen des Auges mit einem undurchsichtigen Lack, so erfolgt bei Belichtung der sehenden Seite eine Wendung in gleichem Sinn. Es ist dabei gleichgültig, ob das Licht von vorn, seitlich, hinten oder auch von oben ins Auge fällt: wird bei verschiedenen Tieren das eine Auge ganz, das andere teilweise geblendet, wobei bald der eine, bald der andere Augenteil freibleibt, so erfolgt die Wendung stets vom sehenden Auge fort. Die verschiedenen Augenteile lösen also bei Reizung den gleichen Wendereflex aus. Im diffusen Licht oder bei Oberbeleuchtung führt dieser Mechanismus bei einseitig geblendeten Tieren zu ständigen Kreisbewegungen nach der Seite des geblendeten Auges. Wird nun das beiderseits sehende Tier der Einwirkung zweier sich rechtwinklig kreuzender Bündel parallelen Lichtes von gleicher Intensität ausgesetzt, so bewegt es sich auf der Winkelhalbierenden der beiden Strahlenrichtungen. Die Erregungen in beiden Augen, welche einzeln wirkend eine Wendung nach der unbelichteten Seite erzeugen würden, heben sich also gegenseitig auf, sobald das Tier sich so eingestellt hat, daß beide Augen gleichviel Licht erhalten, wie es bei Einstellung in die Diagonale der Strahlenrichtungen der Fall ist. Dementsprechend weicht das Tier bei Herabminderung der Intensität des einen Lichtes nach der Seite des schwächeren Lichtes aus der Richtung der Diagonale ab, wodurch offenbar erreicht wird, daß mehr Licht von der schwächeren Lichtquelle in das Auge der betreffenden Seite gelangt, als von der stärkeren Lichtquelle in das der entgegengesetzten Seite. In gleicher Weise kommt bei Prüfung zwischen zwei gleichen

Lichtern und teilweiser Bedeckung eines Auges eine Abweichung nach der Seite des behandelten Auges zustande. Schließlich ließen sich auch die auf diesen beiden Wegen erhaltenen Abweichungen gegenseitig aufheben: ein rechts vorn geblendetes Tier wich nach rechts aus der Diagonale der Richtungen zweier gleichstarker Lichter ab, und wenn nun die Intensität des linken Lichtes auf $\frac{1}{5}$ herabgesetzt wurde, trat eine Verschiebung der Laufrichtung zur Diagonale hin ein. Bei noch weiterer Abdämpfung des linken Lichtes endlich wich das Tier nach links ab, da jetzt bei Diagonaleinstellung die von dem rechten, teilweise bedeckten Auge empfangene Reizmenge überwog.

Befindet sich das Versuchstier nicht in negativem, sondern in positiv tropotaktischem Zustand, was bei der Rollassel *Armadillidium* durch länger dauernde Belichtung erzielt werden kann, so zeigt die Analyse des Einstellungsmechanismus durch teilweise Blendung und Prüfung zwischen 2 Lichtquellen, daß hier das genaue Gegenstück zu dem Verhalten in negativem Zustand, also positive Tropotaxis vorliegt. Besonders wichtig ist, daß das einseitig geblendete Tier Kreisbewegungen nach der Seite des sehenden Auges ausführt, solange Licht in das Auge fällt, so daß es dem Tier unmöglich ist, die Lichtquelle zu erreichen: es irrt stets nach der Seite des sehenden Auges vom Lichte ab. Hierdurch wird der Unterschied tropotaktischen Verhaltens gegenüber telotaktischer Einstellung ganz deutlich, denn im letzteren Fall kann das Tier auch in einäugigem Zustand zur Lichtquelle kommen, indem es während seiner Ortsbewegung das Bild derselben auf der Fixierstelle des sehenden Auges festhält. Sobald dieses Bild infolge einer seitlichen Bewegung des Tieres von der Fixierstelle abgleitet, löst es auf den verschiedenen anderen Teilen der Netzhaut verschiedenartige Wendereaktionen aus, durch die es wieder auf die Fixierstelle zurückgebracht wird. Zahlreiche Insekten zeigen dieses Verhalten, das einen von dem der Asseln deutlich verschiedenen Einstellungsmechanismus beweist.

K. HENKE, Göttingen.

Über einen möglichen Zusammenhang zwischen der abnorm hohen Dichte einiger Fixsterne, der Hessschen Weltraumstrahlung und der Entstehung der Elemente.

Drei kosmische Probleme erregen seit einiger Zeit ein besonders großes Interesse: 1. Der Ursprung der Hessschen oder Weltraum- oder Höhenstrahlung, die als äußerst harte und durchdringende Röntgen- oder γ -Strahlung besonders auf hohen Bergen zu beobachten ist und aus dem Weltraum zu stammen scheint. 2. Der Ursprung der radioaktiven Atome von höchstem Atomgewicht, deren beständiger Zerfall wahrscheinlich alle übrigen Elemente entstehen läßt, und dazu kommt neuerdings 3. die Entdeckung der Sterne von abnorm hoher Dichte, die Werte von 50 000 g/ccm erreicht. Da mir die Entdeckung dieser Sterne als eine sehr willkommene Ergänzung erscheint zu Vorstellungen, die ich mir schon lange über den Ursprung der Hessschen Strahlung und die Entstehung der schwereren Elemente gemacht habe¹⁾, so möchte ich hier über diese Vorstellungen im Zusammenhang berichten:

Nach der Theorie von RUTHERFORD-BOHR wird die Anziehungskraft zwischen den Elektronen und dem

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chem. 37, 827. 1924. Vortrag, gehalten in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Bonn, Juli 1925. Referate: Sitz.-Ber. der Gesellschaft 1926. Zeitschr. f. angew. Chem. 38, 971. 1925.

positiv geladenen Kern des Atoms durch die Zentrifugalkraft überwunden. Beim Fehlen einer Umlaufgeschwindigkeit müßte das Elektron auf den Kern stürzen. Es kann aber sicher keine Seltenheit sein, daß ein Elektron, dem diese Bewegung fehlt, in die Nähe eines Kernes gerät, und dann müßte in vielen Fällen nach den Gesetzen der Elektrostatik und der Mechanik eine Vereinigung von Kern und Elektron erfolgen. Diese Elektronen könnten aus demselben Atom stammen, wenn durch eine äußere Ursache die Bewegung des Elektrons gestört wird, oder es kann auch ein fremdes Elektron sein, das zufällig in die Attraktionssphäre des Kernes gerät. Einen gewissen Schutz vor eindringenden Elektronen können die eigene Elektronenhülle des Atoms und auch die im Kern enthaltenen Elektronen bieten. Dieser Schutz muß aber um so geringer werden, je weniger Elektronen das Atom enthält. In ionisiertem Wasserstoffgas, das neben Molekülonen auch freie Wasserstoffkerne und Elektronen in ungeordneter Bewegung enthält, müßte dieser Vorgang daher wohl am häufigsten erfolgen. Man nimmt aber heute wohl allgemein an, daß diese Vereinigungen von Kernen und Elektronen nicht vorkommen, denn sie würden eine fortwährende Umwandlung von chemischen Elementen durch Auf-

nahme von Elektronen durch die Atomkerne ergeben, was bisher nie beobachtet worden ist, falls sich nicht die Umwandlung von Quecksilber in Gold doch noch bestätigen sollte. Anstatt nun zu fragen, wie es kommt, daß diese Vereinigungen nicht erfolgen, nehme ich an, daß sie, besonders beim Wasserstoff, tatsächlich erfolgen und sich nur infolge ihrer Seltenheit gewöhnlich der Beobachtung entziehen. Die Seltenheit des Vorganges würde auch vollständig mit den Gesetzen der Elektrostik und der Mechanik übereinstimmen, da nur ein wirklicher Treffer des Elektrons auf den Kern zu einer dauernden Vereinigung führen kann. Die Treffer werden aber wegen der sehr kleinen Größe des Elektrons und des Kernes nur sehr selten sein. Quantentheoretisch kann die Seltenheit durch eine große Unwahrscheinlichkeit des Überganges aufgefaßt werden¹⁾. Den Stoß muß man als vollständig unelastisch annehmen, da sich alle abstoßenden Kräfte als elektrostatische erwiesen haben und diese bei den entgegengesetzten Ladungen nicht vorhanden sind. Deshalb muß das Elektron am Kern haftenbleiben. Quantentheoretisch würde der Vorgang einem Sprung auf die Bahn Null entsprechen, weshalb sie mit der Aussendung einer Strahlung von außerordentlicher Härte verbunden sein muß.

Die Bedingungen für die Vereinigung von Elektronen und Wasserstoffkernen müssen in der Wasserstoffatmosphäre der Erde in hohem Maße erfüllt sein. Denn durch die Strahlungen der Sonne wird der Wasserstoff ionisiert und die starke Verdünnung des Gases muß die Bildung von Atomionen oder freien Wasserstoffkernen begünstigen. Die Wiedervereinigung wird in der Regel Wasserstoffatome geben. Die seltenen Volltreffer von Kern und Elektron müssen aber zur dauernden Vereinigung und zur Aussendung der harten Strahlung führen. Der Ursprung der „Weltraumstrahlung“ wären danach die höchsten Schichten der Atmosphäre²⁾.

Die Existenz solcher Aggregate von Elektronen und Wasserstoffkernen oder Protonen wurde schon von RUTHERFORD³⁾ und NERNST⁴⁾ angenommen. NERNST nannte sie „Neutronen“. Sie wären die Atome eines chemischen Elementes mit der Ordnungszahl Null, das man als „Neutronium“ bezeichnen könnte. Chemisch müßte es das ausgeprägteste Edelgas sein und tatsächlich ist auch im periodischen System des Verf.⁵⁾ gerade noch ein Platz für das Edelgas mit der Ordnungszahl Null über dem Helium frei.

Wir wollen nun das weitere Schicksal der Neutronen nach ihrer Bildung verfolgen. NERNST⁶⁾ nimmt an, daß sie ein Gas bilden, das den ganzen Weltraum erfüllt und mit dem Weltäther identisch ist. Tatsächlich müßte es in vieler Beziehung die Eigenschaften haben,

die wir dem Weltäther zuschreiben müssen. Hierzu gehört vor allem das Durchdringungsvermögen der Neutronen durch jede Materie infolge ihrer subatomaren Größe und des Fehlens eines umgebenden elektrischen Kraftfeldes in etwas größerer Entfernung. Da das Neutronium weder durch physikalische noch durch chemische Mittel gebunden werden kann, so wird es überhaupt keine Möglichkeit geben, seine Existenz direkt nachzuweisen.

Eine Eigenschaft müßte jedoch das „Neutronium“ von anderen Gasen und vom Weltäther unterscheiden: Das Fehlen der Elastizität der Atome oder Molekeln, verbunden mit einer Schwere, die genau gleich derjenigen der Wasserstoffatome ist. Infolgedessen müssen dem Neutronium die Elastizität oder das Expansionsvermögen fehlen. Die Schwerkraft wird aber bewirken, daß die Neutronen mit dem Moment ihrer Bildung mit der Geschwindigkeit des freien Falles zu fallen beginnen und infolge ihres fast hemmungslosen Durchgangsvermögens durch jede Materie und sogar quer durch die Atome ihren Fall bis ins Zentrum der Erde oder anderer Sterne fortsetzen werden. Als Weltäther kommt daher das Neutronium nicht in Betracht. Durch die geringe Hemmung durch die wahre Raumerfüllung der Atome, also die Elektronen und Atomkerne, und durch die Anhäufung der Neutronen in den Sternzentren, wird aber die Bewegung der Neutronen im Zentrum aperiodisch zur Ruhe kommen. Die Neutronen werden sich z. B. im Erdmittelpunkt in dichtester Packung ansammeln und dabei auch die interatomaren Räume der schon früher vorhandenen Atome im Innern der Erde ausfüllen. Diese Masse, die man als feste Lösung verschiedener Elemente in dem festen Neutronium betrachten kann, hat natürlich eine außerordentlich hohe Dichte, die sich annähernd leicht berechnen läßt, da sie stets aus Elektronen und Protonen in dichtester Packung und in gleicher Anzahl bestehen muß.

Die Dichte der Elektronen in dichtester Packung ergibt sich aus dem annähernd bekannten Radius $R = 3 \cdot 10^{-13} \text{ cm}^1$ und ihrer Masse $0,9 \cdot 10^{-27} \text{ g}$ zu $D = 0,4 \cdot 10^{10} \text{ g/cm}^3$ oder 4 Milliarden. *Gewicht von 1 cm = 4 Tonnen!*

Die Protonen sind sicher sehr viel kleiner als die Elektronen. Die Annahme, daß ihre gesamte Masse elektromagnetischer Natur ist, führt zum Radius $R = 10^{-16} \text{ cm}$. Ihre Masse ist gleich der Masse des Wasserstoffatoms $M = 1,6 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ oder 1800 mal größer als die Masse eines Elektrons. Hieraus ergibt sich die minimale Dichte der Protonen, wenn wir annehmen, daß sie von gleicher Größe sind wie die Elektronen, zu $D = 7 \cdot 10^{12} \text{ g/ccm}$ oder 7 Billionen. *Gewicht von 1 cm = 7000 Tonnen!*

Rechnen wir aber mit dem kleineren Wert $R = 10^{-16} \text{ cm}$, so bekommen wir eine Dichte von $D = 0,2 \cdot 10^{24} \text{ g/ccm}$. *Gewicht von 1 cm Protonenmasse gleich 200 Billionen Tonnen!*

Für die weitere Rechnung wollen wir aber nicht mit dieser ungeheuren Dichte rechnen, sondern mit der Annahme, daß die Protonen und Elektronen gleiche Größe haben. Wir erhalten dann als Minimalwert für die Dichte einer Masse, die zu gleichen Teilen aus Protonen und Elektronen besteht, $D = 4 \cdot 10^{12} \text{ g/ccm}$ oder 4 Billionen. *1 cm = 4000 Tonnen!* Das wäre also der Minimalwert für das feste Neutronium oder die feste Lösung beliebiger Elemente in ihm.

Könnten wir die Gesamtmasse der Erde auf diese Dichte bringen, so würde sie eine Kugel von nur

¹⁾ Die interessanten Untersuchungen von C. RAMSAUER über die Bewegung langsamer Elektronen durch Atome (Ann. d. Phys. 66, 546. 1921, und Fortsetzungen) brauchen keinen Widerspruch zu den Ansichten des Verf. zu bilden. Vgl. auch F. HUND, Zeitschr. f. Physik 13, 241. 1923.

²⁾ Die gleiche Ansicht scheint neuerdings MILLIKAN in einem Vortrag der Amerikanischen Nationalen Akademie der Wissenschaften geäußert zu haben.

³⁾ BAKER-Vorlesung: Über die Kernstruktur der Atome. 1921, S. 28. Übersetzung von ELSE NORST.

⁴⁾ Theor. Chemie. Aufl. II—15. 1926 S. 464.

⁵⁾ Vortrag Naturforscherversammlung in Innsbruck 1924. Wandkarte des per. Systems für Hörsäle. Leipzig: Köhler u. Volckmar 1925.

⁶⁾ l. c.

¹⁾ Z. B. M. BORN, Aufbau der Materie. 1922, S. 10.

700 m Radius ergeben. Ein Neutroniumkern von 15 km Radius im Innern der Erde würde genügen, um der Erde eine mittlere Dichte von 53 000 g/ccm zu erteilen, also annähernd die höchste Dichte, die an Sternen festgestellt worden ist. Nach den hier entwickelten Ansichten ist diese Dichte noch verschwindend klein gegen die Dichten der Elektronen und Protonen und die Dichten, die vielleicht in den innersten Kernen aller Sterne vorkommen. *Ich halte es daher für wahrscheinlich, daß die Sterne mit abnorm hoher Dichte zum größten Teil eine gewöhnliche Dichte haben und nur in einem verhältnismäßig kleinen Kern Dichten von etwa 4 Billionen.*

Das Vorkommen so dichter Kerne in Sternen könnte auch durch so hohe Drucke im Innern erklärt werden, daß die Elektronenbahnen in den Atomen so weit gestört werden, daß die Zentrifugalkraft die elektrostatische Anziehungskraft nicht mehr aufheben kann, und ein vollständiges Zusammenbrechen des Atomgebäudes erfolgt. Das wäre jedoch nur bei Sternen von abnorm hoher Masse zu erwarten, was bei den Sternen mit abnorm hoher Dichte durchaus nicht der Fall ist.

Gleichgültig wie sich die dichten Kerne gebildet haben, erscheint es einleuchtend, daß diese Massen von Elektronen und Protonen in dichtester Packung die Geburtsstelle für alle chemischen Elemente bis zu den höchsten Atomgewichten sind.

So phantastisch die hier entwickelte Hypothese auf den ersten Blick auch erscheinen mag, beruht sie doch nur auf einer konsequenten Anwendung bekannter Naturgesetze, und dabei ist sie imstande, drei fundamentale Probleme des Kosmos einheitlich zu lösen.

Zum Schluß möchte ich aber noch darauf hinweisen, daß der Wasserstoff der Atmosphäre nicht die einzige Quelle für die Protonen und Elektronen zu sein braucht, aus denen sich die Neutronen bilden. Es erscheint mir eine bisher zu wenig beachtete Tatsache zu sein, daß sowohl die Größe der Ladung der Protonen und der Elektronen, als auch wahrscheinlich ihre Anzahl im Kosmos genau gleich groß zu sein scheinen. Das ist besonders auffallend und interessant, weil Protonen und Elektronen in allen anderen Eigenschaften außerordentlich verschieden sind. Diese Tatsache zwingt einfach zur Annahme, daß zwischen Elektronen und Protonen ein enger genetischer Zusammenhang bestehen muß, in der Weise, daß stets gleichzeitig ein Elektron und ein Proton entstanden ist oder entsteht. Zur Beantwortung, wo und wie sie entstehen, möchte ich die Hypothese von W. NERNST¹⁾ übernehmen, nach der ein Umsatz zwischen Weltraumenergie und Materie erfolgen soll. Es erscheint mir nur als ausgeschlossen, daß, wie W. NERNST es annimmt, aus der Weltraumenergie direkt die radioaktiven Atome vom höchsten Atomgewicht entstehen. Ich nehme an, daß sich zuerst die elementarsten Bausteine der Atome, und zwar stets gleichzeitig je ein Elektron und ein Proton, bilden. Ihre Vereinigung zu Neutronen könnte dann eine wirkliche „Weltraumstrahlung“ hervorrufen. Die Bildung von Atomen von höchstem Atomgewicht aus ihnen erfolgt aber erst, nachdem sie sich im Innern der Sterne zu kompakten Massen angesammelt haben.

Bonn, März 1926.

A. VON ANTROPOFF.

¹⁾ Das Weltgebäude im Lichte der neueren Forschung. 1921, S. 4, 33, 36, 58–60.

Astronomische Mitteilungen.

Die Bahn des Planeten 1036 Ganymed (Astr. Nachr. 5410). Dieses am 23. Oktober 1924 auf der Hamburger Sternwarte in Bergedorf von W. BAADE entdeckte Objekt, damals etwa 10. Größe, erregte durch seine außerordentliche geozentrische tägliche Bewegung (+ 5^m in Rektaszension und 39' in Deklination gegenüber ungefähr - 0^m,8 in Rektaszension und 0-5' in Deklination bei normalen Bahnen) sofort die Aufmerksamkeit der Beobachter und Rechner in hohem Maße. Da man trotz des fixsternartigen Aussehens bei der abnormen Bewegung zunächst nicht wissen konnte, ob man es tatsächlich mit einem kleinen Planeten zu tun habe, so wurden zu Zweckes gesicherter Verfolgung aus den allerersten Beobachtungen parabolische Bahnelemente gerechnet, an deren Stelle aber bald elliptische mehrerer Rechner traten, deren Bahnen je nach den durchlaufenen und der Rechnung zugrunde gelegten heliozentrischen Bögen eine mehr oder minder große Sicherheit aufwiesen. Aus 3 Beobachtungen mit 32tägigem Intervall rechnete G. STRACKE damals eine Bahn, die die Grundlage seiner jetzigen Arbeit bildet. Sie enthält den Vergleich dieser vorläufigen Bahn mit den dem Autor bis zum Abschluß der Arbeit bekanntgewordenen 398 Beobachtungen des Planeten, die sich, in der ersten Zeit der größten Helligkeit natürlich stark häufend, von der Entdeckung bis zum 22. März 1925, wieder einer photographischen Beobachtung BAADES, erstrecken. Mittlerweile sind noch eine Reihe weiterer Messungen bekannt geworden, keine jedoch von späterer Epoche, auch nicht solche der Südhalbkugel, für die die Beobachtungsbedingungen bessere blieben als für die Nordhemisphäre. Die Verbesserung der vorläufigen Bahn ergab die folgenden Elemente:

Epoche 1924 Dez. 31. 5 m. Z. Gr.

$$\left. \begin{aligned} M &= 21^{\circ} 16' 58''.1 \\ \omega &= 130^{\circ} 38' 0''.3 \\ Q &= 216^{\circ} 27' 22''.3 \\ i &= 26^{\circ} 8' 50''.0 \\ \varphi &= 32^{\circ} 38' 21''.2 \\ \mu &= 814''.4452 \\ \log a &= 0.426 096 \end{aligned} \right\} \text{Äqu. 1925.0}$$

Die Elemente zeigen große Ähnlichkeit mit denen der beiden Planeten 719 Albert und 887 Alinda, so daß in den ersten Tagen nach der Entdeckung die Vermutung aufgetaucht war, man habe es in dem neuen Planeten mit dem verlorenen und noch nicht wiederaufgefundenen 719 Albert zu tun. Doch kann Albert nicht die Helligkeit von Ganymed erreichen; die mittlere Helligkeit des ersteren ist 14.5, die des zweiten 10.6, kann aber in der günstigsten Opposition der geringsten Erdentfernung von 0.25 astronomischen Einheiten bis 7.6 Größe ansteigen. Am Schlusse seiner Arbeit gibt STRACKE noch die Positionen dreier früherer Oppositionen an, um eine etwaige Auffindung auf damaligen Aufnahmen zu ermöglichen.

Die diesjährige Opposition des Planeten ist am 3. Februar, seine Helligkeit wegen der Entfernung von 2.82 astronomischen Einheiten nur von der 15.7 Größe. Sein Durchmesser errechnet sich unter Zugrundelegung einer Albedo von 0.24 zu 86 km.

Zum Schlusse möge noch erwähnt werden, daß, wie schon früher bei kleinen Planeten, am deutlichsten 1901 bei Eros, auch bei Ganymed von verschiedenen Beobachtern in Babelsberg, Bergedorf und Heidelberg eine Veränderlichkeit der Helligkeit festgestellt wurde,

die aber einen völlig unregelmäßigen Charakter trug. Diese Helligkeitsänderungen schrieb man früher Flecken auf der Oberfläche der Planeten zu, wahrscheinlicher jedoch ist es, wie M. HAARWOOD im Harvard Circular 269 bei einer Kritik aller hierfür bisher gegebenen Erklärungen angibt, daß die Änderung einer Art von Spiegelreflexion an kristallinen Gesteinsflächen zuzuschreiben ist. Trotz der Periodizität der Rotation der Planeten könnte dies zufolge der wechselnden Stellung von Erde und Planet zueinander einen unperiodischen Verlauf der Helligkeitsschwankungen hervorrufen.

JULIUS DICK.

Die Verteilung und die Zahl der nicht-galaktischen Nebel untersucht F. H. SEARES im *Astrophys. Journ.* 62, 168. Er verwendet dabei die Zählungen dieser Objekte, die FATH 1913 auf den Aufnahmen von 139 der KAPTEYNschen Selected Areas ausgeführt hat. Die Platten wurden mit einer Stunde Belichtung mit dem 60-zölligen Spiegel auf dem Mt. WILSON aufgenommen und enthalten in der Nähe der optischen Achse Sterne bis zur 18^m.6 Größe. Die untersuchten 139 Felder verteilen sich nicht über den ganzen Himmel, etwa $\frac{3}{8}$ von ihm konnten nicht beobachtet werden. Häufig sind die Felder auch schon etwas zu weit voneinander entfernt, um in genügender Weise den Effekt lokaler Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der Nebel erkennen zu lassen. Aber trotz dieser Nachteile sind die Prüffelder für die vorliegende Aufgabe gut geeignet, weil ihre Auswahl von dem Vorkommen der Nebel völlig unabhängig getroffen worden ist.

In der FATHschen Liste kommen verhältnismäßig wenig diffuse und planetarische Nebel vor. Sie enthält in der Hauptsache nicht-galaktische Nebel, unter denen die kleinen, elliptischen Gebilde gegenüber den Spiralen weitaus die Mehrzahl bilden. Die Zusammenstellung ihrer Zahl in Abhängigkeit von der galaktischen Breite zeigt deutlich, daß in beiden galaktischen Hemisphären solche Nebel in der Nähe der Milchstraße fehlen. Erst bei etwa 20° galaktischer Breite treten sie auf und nehmen an Häufigkeit schnell zu bis zu einer Breite von 30°. Zwischen 30° und 70° wächst ihre Zahl nur langsam, wobei aber auf der nördlichen galaktischen Halbkugel ein deutliches Überwiegen über die südliche festzustellen ist. Für die Nordhalbkugel steigt ihre Zahl zwischen 70° und dem Pol der Milchstraße zu einem stark ausgeprägten Maximum an. Die Verteilung in galaktischer Länge scheint — wenigstens für die Nordhalbkugel, für die allein ausreichendes Beobachtungsmaterial vorhanden ist — ebenfalls nicht gleichförmig zu sein. Um 90° galaktische Länge herum ist ein bis in hohe Breiten erkennbares Minimum vorhanden, während eine starke Konzentration in den galaktischen Längen 50° und 220° festzustellen ist, so daß es den Anschein hat, als ob ein breites Nebelband, das dicht am galaktischen Nordpol vorbeigeht, über den Himmel hinzieht.

Über die Gesamtzahl der Nebel am ganzen Himmel sind von PERRINE und CURTIS Angaben gemacht worden, die sich auf Aufnahmen mit dem Crossley-Reflektor der Licksternwarte stützen. CURTIS schätzt die Gesamtzahl auf 722 000, während PERRINE 400 000 angibt. SEARES versucht ebenfalls die Gesamtzahl dieser Objekte abzuschätzen, wobei er die von FATH erhaltenen Zahlen verwendet, die er jedoch wegen des Einflusses der sphärischen Aberration des Spiegels in den weiter von der optischen Achse entfernten Teilen der Platte korrigiert. Für den Teil des Himmels zwischen den galaktischen Breiten + 70° und - 70° findet er

die Gesamtzahl 210 000, die auf etwa 5% bis 10% genau sein wird, und unter Einbeziehung der weit unsicheren Polkalotten rund 300 000. Die mehr als doppelt so große von CURTIS angegebene Zahl findet ihre Erklärung sehr wahrscheinlich darin, daß die Lickaufnahmen zu einem großen Prozentsatz überaus nebelreiche Gegenden bevorzugen und deshalb nicht als typisch für den ganzen Himmel angesehen werden können.

OTTO KOHL.

Ether and Reality. (Oliver Lodge, Hodder und Stoughton. London 1925, 179 Seiten.) Der Annahme eines mit Elastizität und Dichte begabten Äthers stand schon immer als einer der Haupteinwände das Problem der Bewegung der Planeten in diesem Äther entgegen. Besonders englische Physiker haben sich immer wieder mit dieser Frage beschäftigt und so mag in diesem Rahmen auch das neueste Werk von OLIVER LODGE nicht ganz ohne Interesse sein.

In seinen ersten Kapiteln weicht das Buch nicht wesentlich ab von populärer Darstellung akuter Probleme der Physik. Dabei populär im besten Sinn. Nicht flach, nicht über Lücken und Schwierigkeiten hinwegtäuschend, zeigt es auch dem Laien Probleme und nicht nur Lösungen. In einer Anschaulichkeit, wie sie gerade englische Physiker immer anstreben, führt es in physikalische Fragen ein. Vom Standpunkt des Physikers sicher zu dogmatisch, zu sehr LODGE selbst, deduziert es schon gleich zu Beginn den Äther als wirklichsie Wirklichkeit, der die Welt zusammenhält, sei es Sternsysteme, sei es Elektronen und Protonen. Es ist „der vereinigende und verbindende Mechanismus, der die unverbundenen Atome der Materie zusammenschweißt und aus dem Chaos einen Kosmos macht.“ Absätze über Schwingungen und Wellen führen zur Frage der Dichte und Elastizität des Äthers: „Die Tatsache, daß er Wellen mit einer bestimmten Geschwindigkeit übermittelt, sagt schon eine Menge über ihn und sagt, daß er eine wirkliche Substanz ist, deren Eigenschaften wir hauptsächlich unter den Namen Elektrizität und Magnetismus studieren. Durch Wechselwirkung der beiden entstehen die Wellen.“ Aber nicht nur seine Fähigkeit Wellen fortzupflanzen, auch die andere, Kräfte zu übermitteln, wird betrachtet an Kometenbahnen, α -Teilchen und an einer Reihe anderer, oft alltäglicher, Beispiele. Von Elektronen und Protonen, Kraftlinien, Atommodellen und strahlender Energie hören wir immer mehr. Immer klar, immer anschaulich. Und immer steht über allem der Äther.

Ziel und Richtung des Buches lassen aber erst die beiden letzten Kapitel erkennen. Sah es schon in seinen ersten Kapiteln oft mehr wie ein Glaubensbekenntnis an den Äther aus, in dem es heißen konnte: „Wir wissen nicht, aber wir werden wissen. Bis dahin müssen wir glauben“, so wird es jetzt zur begeisterten Symphonie, die die letzten Fragen des Lebens, Fragen nach Seele und Unsterblichkeit, erfaßt. Wurde früher immer wieder betont, daß der Äther das einzig Wirkliche und Vollkommene und die Materie nur eine seiner Formen sei, so heißt es jetzt: „Die Materie ist kein Teil unseres wirklichen Wesens, noch unserer wesentlichsten Natur; der Körper ist nur ein Instrument das wir eine Zeitlang benutzen und dann ablegen.“ Der allgegenwärtige Äther aber „ist der Wohnsitz des Geistes, der Träger der Seele und das lebendige Gewand Gottes vielleicht.“ Auf jeden Fall ein interessantes Buch, einseitig aber gerade deshalb Ausdruck einer Persönlichkeit.

L. WOLF.

Das Bildnis im HARNACK-Heft gibt eine Ansicht der Skulptur von Professor GEORG KOLBE im Zimmer des Generaldirektors der Preußischen Staatsbibliothek.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Kristalle und Röntgenstrahlen

Von

Dr. P. P. Ewald

Professor der Theoretischen Physik an der Technischen Hochschule
zu Stuttgart

337 Seiten mit 189 Abbildungen — 1923 — RM 25.—

6. Band der „Naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher“
Herausgegeben von der Schriftleitung der Naturwissenschaften

Au's dem Inhalt:

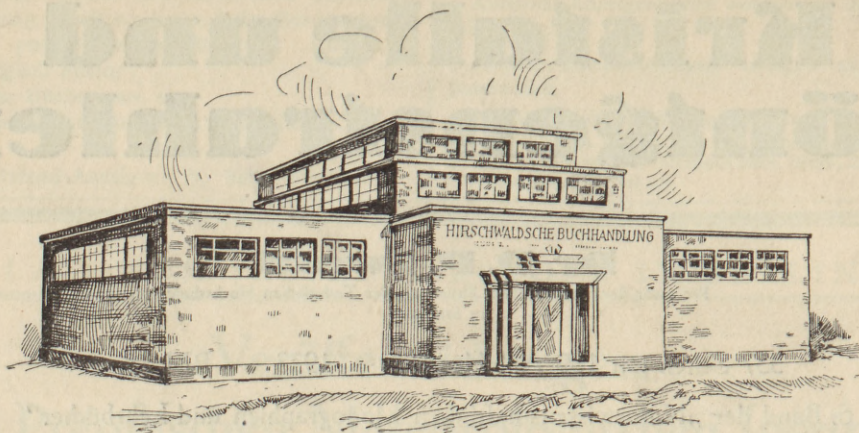
Von der Atomtheorie. — Kristallographische Grundbegriffe. — Kristallographische Strukturtheorie. — Interferenz. — Über Röntgenstrahlen. — Übersicht über die experimentellen Verfahren. — Bragg'sches Verfahren, Spektroskopie. — Interferenz in Gittern mit Basis, Strukturermittlung aus Bragg'schen Aufnahmen. — Die Lauemethode und die Bezifferung der Lauebilder. — Die Entstehung der Lauebilder und die Strukturkontrolle mit ihnen. — Das Debye-Scherrer-Verfahren. — Vollständige Diagramme, Faserstruktur, Metallbau. — Darstellung der erforschten Strukturen. — Gittergeometrie. — Ionengitter, Isomorphie, Mischkristalle. — Chemische Gesichtspunkte zur Deutung der Kristallstrukturen. — Gitterkräfte und stoffliche Eigenschaften. — Ergänzendes Schlusswort. — Zur Gittergeometrie, das reziproke Gitter. — Die Interferenzbedingungen im Translationsgitter. — Die Bezifferung der Laue-Aufnahmen mittels gnomonischer Projektion. — Debye-Scherrer-Verfahren und quadratische Form. — Die Bezifferung der Drehkristallaufnahmen. — Die Geometrie der Gitter mit Basis. — Der Strukturfaktor. — Die photographische Wirkung der Röntgenstrahlen. — Zusammenstellung über Strukturen.

Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie. Von Peter Pringsheim. Zweite, verbesserte Auflage. 236 Seiten mit 33 Abbildungen. 1923. RM 8.50

Valenzkräfte und Röntgenspektren. Zwei Aufsätze über das Elektronengebäude des Atoms. Von Dr. W. Kossel, o. Professor an der Universität Kiel. Zweite, vermehrte Auflage. 93 Seiten mit 12 Abbildungen. 1924. RM 3.60

Seriengesetze der Linienspektren. Gesammelt von Prof. Dr. F. Paschen, o. ö. Professor an der Universität Tübingen, und Dr. R. Götze. 158 Seiten. 1922. Gebunden RM 11.—

Elektronen- und Ionen-Ströme. Von Dr. J. Zenneck, o. Professor der Experimentalphysik an der Technischen Hochschule München. Experimentalvortrag bei der Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker am 30. Mai 1922. 48 Seiten mit 41 Abbildungen. 1923. RM 1.50



HIRSCHWALD-BÜCHERHAUS AUF DER GESOLEI

DÜSSELDORF MAI—OKTOBER 1926

Auf der „Großen Ausstellung für Gesundheitspflege, soziale Fürsorge und Leibesübungen“ („Gesolei“) stellt die Hirschwaldsche Buchhandlung in Berlin NW 7 in Gemeinschaft mit der Buchhandlung Ludwig Kinet G. m. b. H. in Düsseldorf die gesamte wissenschaftliche Literatur aus den Gebieten der Medizin und Naturwissenschaften in einem Pavillon von 500 qm Grundfläche aus. Das Hirschwald-Bücherhaus enthält folgende Abteilungen: eine Ausstellung der deutschen und ausländischen Literatur, geordnet nach Fachgebieten, eine Ausstellung großer wissenschaftlicher Verleger, getrennt nach Firmen, ferner einen Lesesaal, in dem alle wichtigen Zeitschriften ausliegen.