

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang

13. Juni 1924

Heft 24

Kritische Stadien der Sternentwicklung.

VON HANS KIENLE, Göttingen.

Die Kosmogonie wurde bis in die jüngste Zeit herein von 2 Hauptgesichtspunkten geleitet:

1. Das Sonnensystem ist der normale Typus. Hat man seine Entstehung erklärt, dann ergibt sich alles andere durch vernünftige Analogieschlüsse.

2. Die verschiedenartigen uns am Himmel sichtbaren Objekte stellen verschiedene Entwicklungsstufen ein- und desselben Typus dar. Aufgabe der Kosmogonie ist, dieses räumliche Nebeneinander aufzulösen in ein zeitliches Nacheinander.

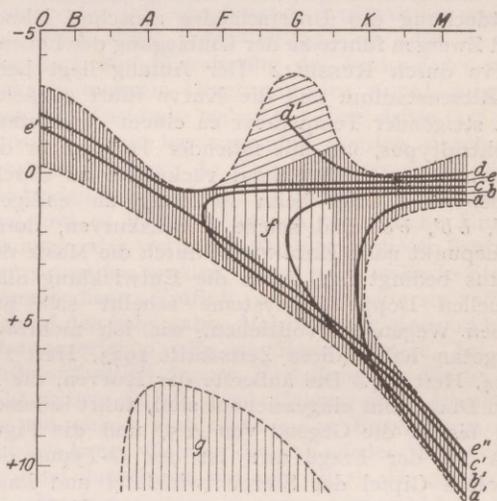
Die Kritik, die an den verschiedenen historischen Kosmogonien, von KANT angefangen, geübt worden ist, hat immer mehr die Unhaltbarkeit der ersten Annahme dargetan, und wir sind heute so weit, zu erklären, daß unser Sonnensystem ein ganz besonderer und seltener Ausnahmefall ist, daß die normale Sternentwicklung im allgemeinen andere Wege geht. Und auch die zweite Hypothese beginnt zu wanken, indem wir erkennen, daß es offenbar nicht nur eine zwangläufige Entwicklungsreihe gibt, daß das Bild mannigfaltiger und wechselvoller ist.

Es erhebt sich nun die Frage, ob es möglich ist, die Kosmogonie, losgelöst von diesen historischen Gesichtspunkten, über das Gebiet reiner Spekulation hinauszuheben und auf eine tragfähige wissenschaftliche Basis zu stellen. Dies ist, wie ich verschiedentlich zu zeigen versucht habe, möglich, indem man die Aufgabe der Kosmogonie folgendermaßen formuliert:

Umgrenzung der Entwicklungsmöglichkeiten stellarer Materie durch Behandlung idealisierter Spezialfälle mit den uns zu Gebote stehenden Hilfsmitteln der theoretischen Physik. Solche Spezialisierungen sind z. B. die ruhende Gaskugel im Strahlungsgleichgewicht, die rotierende homogene Flüssigkeit, die rotierende polytrope Gaskugel, die kosmische Staubwolke als System unendlich vieler frei beweglichen Massenpunkte usw. Es soll hier nicht unsere Aufgabe sein, zu zeigen, wie man auf diese Weise gewisse Züge der allgemeinen Sternentwicklung klarlegen können. Es sollen vielmehr die Punkte aufgedeckt werden, an denen die Verbindung einzelner Äste noch unklar ist, wo „normale“ Entwicklungen im obigen Sinne abbrechen oder einsetzen.

Man hat sich immer mehr daran gewöhnt, das Russell-Diagramm der absoluten Helligkeiten der Sterne im Sinne eines Entwicklungsdiagrammes zu deuten. In der Tat läßt sich all unser kosmo-

gonisches Wissen sehr anschaulich in dieser Form darstellen, und wir wollen daher den folgenden Betrachtungen auch das Russell-Diagramm in stark schematisierter Gestalt zugrunde legen. In der nebenstehenden Figur, wo in bekannter Weise die Spektraltypen als Abszissen, die absoluten Helligkeiten ($\pi = 0'',1$ als Einheit) als Ordinaten gewählt sind, wurden durch punktierte Linien umrissen und durch Schraffur gekennzeichnet die Gebiete, innerhalb deren nach unseren bisherigen Erfahrungen Bildpunkte von Sternen liegen.



Schematisches Russell-Diagramm.

Das Charakteristische der Figur läßt sich kurz folgendermaßen beschreiben: Zunächst führt ein Streifen in abnehmender Breite von links oben nach rechts unten durch das ganze Diagramm hindurch, beginnend bei den O-Sternen mit einer absoluten Größe von etwa -2 und endigend bei den M-Sternen mit etwa $+10$. Das ist der „Zwergast“ der Sternentwicklung in der gebräuchlichen Auffassung. Der bei den M-Sternen mit etwa 0 absoluter Größe beginnende „Riesenast“ läuft ungestört nur bis in die Gegend von K bis G 5. Hier verbindet ihn eine Brücke nach unten mit dem Zwergast, nach oben mit dem (schräg schraffierten) Gebiet der δ -Cepheisterne bzw. der δ -Cephei-ähnlichen „Übergiganten“. In der Mitte des Diagramms, von den bisher genannten Ästen rings eingeschlossen, liegt ein ziemlich sternarmes Gebiet f, das durch weitere Schraffur hervorgehoben ist. Schließlich finden

wir, vollständig abgetrennt von dem übrigen Teil der Figur, ein Gebiet g , das eine Reihe besonders lichtschwacher Sterne von teilweise „früher“ Spektraltypus (Siriusbegleiter, α_2 -Eridani B usw.) enthält. Mit Rücksicht auf das Folgende verdient noch hervorgehoben zu werden, daß sich unser Diagramm nur auf die eigentlichen „Sterne“ bezieht und auch hier nur wieder auf solche mit Absorptionsspektren, daß aber alle Arten von Nebeln und Sternhaufen, sowie Sterne mit Emissionslinien darin vorerst nicht auftreten.

Die früheste Auffassung der Spektralreihe als Entwicklungsreihe war bekanntlich die, daß von irgendeinem vorstellaren Nebelzustande aus infolge zunehmender Kondensation und Konzentration der Stern als O -Stern höchster Temperatur ins Leben tritt und dann in beständiger Energieabstrahlung, Temperatur- und Helligkeitsabnahme die Spektralreihe im Sinne der Kurve $e'e''$ durchläuft, um als erlöschender M -Stern sein für uns sichtbares Dasein zu beschließen. Die Entdeckung des Unterschiedes zwischen Riesen und Zwergen führte zu der Umbiegung der Lebenskurve durch RUSSELL: Der Anfang liegt beim M -Riesenstadium und die Kurve führt zunächst mit steigender Temperatur zu einem „frühesten“ Spektraltypus, um mit fallender Temperatur die Spektralreihe noch einmal rückwärts zu durchlaufen und auch beim M -Zwerg zu endigen. aa' , bb' , cc' sind solche Lebenskurven, deren Höhepunkt nach EDDINGTON durch die Masse des Sterns bedingt ist. Auch die Entwicklung aller visuellen Doppelsternsysteme scheint sich auf diesen Wegen zu vollziehen, wie ich mehrfach dargelegt habe (diese Zeitschrift 1923, Heft 17; 1924, Heft 17). Die äußerste der Kurven, die in dem Diagramm eingezeichnet sind, führt indessen nur bis in die Gegend von $A 5$, und die Figur regt zu der Frage an: Ist der O -Typus der absolute Gipfel der Sternentwicklung und kann er im Sinne RUSSELL-EDDINGTONS vom M -Riesenstadium aus erreicht werden? Da unsere Zeichnung auch noch an anderen Stellen mit einem Fragezeichen zu versehen ist, wollen wir diese der Reihe nach vornehmen.

1. *Der vorstellare Zustand.* JEANS, der in den letzten Jahren am eingehendsten sich mit den Problemen der Kosmogonie befaßt hat¹⁾, läßt die Sterne als Kondensationen in den Armen der Spiralnebel entstehen. Diese Annahme hat zur unbedingten Voraussetzung, daß die Spiralnebel Systeme von wesentlich größerer Massenordnung sind als die Sterne (10^{40} bis 10^{45} g gegen 10^{32} bis 10^{34} g). Die Überlegungen, die JEANS zu dieser Abschätzung der Masse der Spiralnebel geführt haben, bewegen sich in der Richtung einer der eingangs erwähnten Idealisierungen: Eine adiabatische Gaskugel plattet sich unter dem Einfluß der Rotation in Linsenform ab und

wird instabil, wenn die Winkelgeschwindigkeit ω der Rotation den Wert $k\sqrt{2,2\bar{\rho}}$ übersteigt, wo $\bar{\rho}$ die mittlere Dichte, k^2 die Gaußsche Gravitationskonstante ist. Indem JEANS die von VAN MAANEN gefundenen Bewegungen in Spiralnebeln als Rotationen deutet, gewinnt er ω und damit $\bar{\rho}$ (von der Ordnung 10^{-17} g/cm³) und mit Hilfe der Parallaxe schließlich die Gesamtmasse. Nun hat aber VAN MAANEN selbst schon darauf hingewiesen, daß seine Messungen weniger für eine Rotation sprechen (die im übrigen dann auch umgekehrt erfolgen würde wie beim Feuerrad, das man gewöhnlich als Analogon zu den Spiralnebeln betrachtet), als vielmehr für eine Bewegung der Nebelknoten längs der Spiralarme. In einer seiner letzten Arbeiten¹⁾ greift JEANS diesen Gedanken auf und verbindet ihn mit einer früheren Feststellung von DER PAHLENS²⁾, derzufolge die Arme einiger besonders gut ausgebildeter Nebel durch logarithmische Spiralen sich am besten darstellen lassen. Er fragt nach dem Kraftgesetz, welches die Nebelteilchen sich längs logarithmischer Spiralen so bewegen läßt, daß die Lineargeschwindigkeit mit der $\sqrt[4]{r}$ (r = Abstand vom Zentrum) zunimmt, wie VAN MAANENS Messungen erfordern, und kommt zu dem Schluß, daß das gewöhnliche Gravitationsgesetz nicht ausreicht. Wir zitieren hier seine eigenen Worte:

„... the orbits we have been considering are described under the action of some sort of generalized gravitational force which falls off approximately as $r^{-1/2}$ and is not directed towards the nucleus. . . . A force falling off as $r^{-1/2}$ might, of course, easily be insignificant in comparison with ordinary gravitation over such distances as occur within the limits of the solar system and yet preponderate entirely over it at distances of the order which occur in the spiral nebulae.“

Es ist klar, daß diese beiden verschiedenen Deutungen, die JEANS den Beobachtungen von MAANENS gibt, sich gegenseitig ausschließen und daß es nicht gut angängig ist, zur Abschätzung von Masse und Dichte die eine, zur Untersuchung der die Bewegungen regelnden Kräfte die andere Deutung zu wählen. Die wahre Natur der Spiralnebel ist für uns daher immer noch ziemlich in Dunkel gehüllt, wenn auch die Tatsache, daß sich die Verbindung der Nebel mit fast kontinuierlicher Massenverteilung ($M 64$) mit denen mit deutlich sternförmigen Kondensationen ($M 101$) durch verschiedene Übergangstypen nach Maßgabe der eingangs erwähnten Hypothese 2 herstellen läßt, sehr zugunsten der Annahme spricht, daß die Spiralnebel wenigstens ein mögliches vorstellares Stadium sind.

2. *Der Übergangszustand.* Die Möglichkeit, die Spiralnebel in unserem Diagramm rechts oben in irgendeiner Weise an die M -Riesen anzuschließen,

¹⁾ Vor allem: Problems of Cosmogony and Stellar Dynamics. Cambridge 1919. Siehe auch den Aufsatz von VOGT, diese Zeitschrift **11**, 957, 1923.

¹⁾ M. N. **84**, 60–76.

²⁾ A. N. **188**, Nr. 4503.

besteht. Es ist die Frage, ob dieser Anschluß ein direkter sein kann oder ob er über die Sternhaufen als ein sich dazwischen lagerndes Verbindungsglied führt. In den Sternhaufen treffen wir bereits Sterne aller Typen an, jedoch so, daß sich eine deutliche Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses von dem Grade der Auflösung des Haufens zu erkennen gibt. Je offener der Haufen, desto mehr verschiebt sich das Maximum der Häufigkeit in der Richtung nach *B* und wieder zurück, ganz so, wie wenn sich die einzelnen Sterne im Sinne der Lebenskurven *aa'*, *bb'*, *cc'* . . . entwickelten. Und in jedem Haufen für sich finden wir das Russell-Diagramm wieder, nur mit dem Unterschied, daß der Riesenast nicht nahezu horizontal verläuft, sondern von *M* nach *B* fallend, wie es sein muß, wenn die Glieder des Haufens zu ungefähr dem gleichen Zeitpunkt als *M*-Riesen ins Leben getreten sind; aber ihre Lebensbahnen verschieden rasch durchlaufen haben, um so schneller, je kleiner die Masse des Sternes ist. Es besteht keine Schwierigkeit, unser Sternsystem als eine Ansammlung mehr oder weniger aufgelöster Sternhaufen zu betrachten, deren letzte Reste in den gemeinsamen Bewegungen der einzelnen Sterne sich zu erkennen geben. Und wie oben bei den Spiralnebeln läßt sich eine lückenlose Stufenfolge schaffen von den kugelförmigen Haufen mit stärkster zentraler Konzentration (*ω* Centauri, *M* 13) über die offenen Haufen (*M* 37, *M* II, *χ* und *h* Persei) zu den bloßen „Bewegungshaufen“ (Hyaden, Bärenfamilie). Die ungelöste Frage ist nun diese: Laufen diese beiden Reihen einander parallel, d. h. sind Kugelhaufen und Spiralnebel koordinierte kosmogonische Systeme, oder aber sind sie einander in dem Sinne zugeordnet, daß die Reihe der Sternhaufen die der Nebel in der Richtung zunehmender Auflösung fortsetzt? Einige Tatsachen sprechen zugunsten der letzteren Ansicht: die Sterne größter Masse in einigen Sternhaufen zeigen Reste einer spiraligen Anordnung¹⁾, und auch in unserem engeren Sternsystem lassen sich Spuren einer solchen Erscheinung erkennen²⁾. Doch ist das Material noch viel zu spärlich, als daß sich darauf bereits Schlüsse gründen ließen. Wir müssen daher auch hier uns vorerst noch mit einem Ignoramus zufrieden geben.

3. *Die Störungen der normalen Sternentwicklung.* Den *M*-Riesenstern, d. i. ein Gasball niedriger Temperatur und großer Oberfläche (geringe Dichte und hohe Gesamtleuchtkraft), vorgegeben, vermögen wir dank vor allem der Arbeiten EDDINGTONS einen großen Teil der Sternentwicklung zu übersehen. Sie führt unter zunehmender Kontraktion auf den Wegen *aa'*, *bb'*, *cc'* bei zunächst konstanter Ausstrahlung zu einer maximalen effektiven Temperatur und dann bei nahezu konstanter Dichte und rasch abnehmender Ge-

samtintensität auf dem Zwergast zu völligem Erlöschen. Diese normale Entwicklung kann durch verschiedene Faktoren gefährdet werden. Beim ruhenden Gasball schon spielt der Strahlungsdruck eine wichtige Rolle. Seine Größe hängt ab von der Gesamtmasse des Sternes, und da ein gleiches von der absoluten Leuchtkraft gilt, so bedeutet eine Bewegung des Bildpunktes in unserem Diagramm nach oben eine Annäherung an instabile Zustände. Der zweite störende Faktor ist die Rotation, welche eine Abplattung der Kugel entweder zur Ellipsoid- oder Linsenform bedingt. Die Größe der Abplattung wird gemessen durch das Verhältnis $\omega^2/\bar{\rho}$, wo ω die Winkelgeschwindigkeit, $\bar{\rho}$ die mittlere Dichte der rotierenden Masse ist. Überschreitet dieses Verhältnis einen gewissen kritischen Wert, dann wird die rotierende Masse instabil: das Ellipsoid wird birnenförmig und teilt sich in zwei Massen (normale Doppelsternsysteme), der linsenförmige Körper schleudert längs des Äquators Materie aus. Wachsende Temperatur und zunehmende Kontraktion wirken im Sinne einer Vergrößerung von $\omega^2/\bar{\rho}$, so daß also auch eine Wanderung des Bildpunktes nach links in unserem Diagramm eine Annäherung an instabile Zustände bedeutet. Eine dritte Art von Störung kann hervorgerufen werden durch die Gezeitenwirkung. In Doppelsternsystemen üben die beiden Komponenten sie gegenseitig aufeinander aus und es können dadurch wesentliche Umformungen oder weitere Aufteilungen dieser Systeme hervorgerufen werden. Aber auch isolierte Sterne können diesem Einfluß verfallen, wenn sie zufällig einmal den sehr nahen Vorübergang eines anderen Sternes erleben. Es ist dieser letztere, bei der außerordentlich dünnen Verteilung der Sterne nur sehr seltene Zufall, dem offenbar unser Planetensystem einzig und allein seine Entstehung verdanken kann, wie erst kürzlich wieder JEANS überzeugend darzulegen versucht hat¹⁾. Da die Größe der Gezeitenwirkung in erster Linie abhängt von dem Verhältnis $(M'/M)/r^3$, wo *M'* die „störende“, *M* die „gestörte“ Masse, *r* der gegenseitige Abstand der beiden Körper ist, so können durch diesen Faktor Instabilitäten an allen Stellen des Diagramms hervorgerufen werden.

4. *Der erste kritische Punkt.* In unserem Diagramm ist eine Lebenskurve *dd'* eingezeichnet, welche in das Gebiet der δ -Cephei-Sterne führt und dort abbricht, weil die Fortsetzung einigermaßen zweifelhaft ist. Wir haben es hier offenbar mit der ersten Instabilität zu tun, welche in der Gegend von *K* 0 wirksam wird und einen Anstieg der Leuchtkraft des Sternes bedingt. Dabei ist es ohne wesentlichen Belang, ob man sich zur Pulsationstheorie bekennt oder aber die δ -Cephei-Sterne als besondere Doppelsternsysteme ansieht. Mag sein sogar, daß beide Theorien gültig sind, indem sich der Übergang vom Rotationsellipsoid über das stabile drei-

¹⁾ FREUNDLICH und HEISKANEN, Zeitschr. f. Physik. 14, 234, TEN BRUGGENCATE, ebenda im Druck.

²⁾ FREUNDLICH und VON DER PAHLEN, Astr. Nachr. 218, 396 ff.

¹⁾ Supplement to Nature Nr. 2835, March 1, 1924.

achsige Ellipsoid zu der instabilen, einen Doppelstern liefernden Birnenform unter Pulsationen vollzieht. Wir haben damit auch die Erklärung für die verhältnismäßig geringe Anzahl von Sternen, deren Bildpunkte in das Gebiet f fallen: es tritt in der Gegend von K o eine erste Aufspaltung ein, indem die Sterne geringer Masse nach dem Zwergast abbiegen, die großen Massen teilweise instabil werden und nur die mittleren Massen sich durch das Gebiet f bewegen. Wie aber ist die Fortsetzung von dd' zu denken? Biegt die Kurve schließlich um nach dem Zwergast und stellt damit die Verbindung zu normalen Doppelsternsystemen her? Oder führt eine Brücke aus dem Gebiet der δ -Cephei-Sterne über die in geringer Anzahl bekannten Übergiganten vom F - und A -Typus bis an die Spitze des Russell-Diagramms? Wir wissen es nicht.

5. *Ein zweiter kritischer Punkt?* Die Mittellinien des Riesen- und Zwergastes schneiden sich in der Gegend von A o bei einer absoluten Größe von etwa $+1$. Darüber hinaus setzt sich aber der schräge Ast noch fort in den Typen B und O mit negativen absoluten Helligkeiten. Eine Reihe kontinuierlich variierender Eigenschaften der Spektren läßt einen lückenlosen Übergang schaffen von O 5 bis M im Sinne der Kurve $e'e''$. Das Problem, das vorliegt, ist jetzt folgendes: Mündet hier ein von den Gasnebeln (die vor O zu stellen sind) ausgehender selbständiger Zweig der Sternentwicklung bei A in den allgemeinen Zwergast oder führt ein Weg ee' von den M -Riesen bis an die Spitze bei O ? Indem ich einige Resultate einer demnächst erscheinenden Untersuchung über die „ruhenden“ Calciumlinien in den Spektren der O - und B -Sterne vorwegnehme, begnüge ich mich hier mit der Feststellung, daß danach kaum mehr ein Zweifel daran besteht, daß die planetarischen Nebel (P) in der Tat einen Höhepunkt der Sternentwicklung darstellen und daß die bisher durch die großen Radialgeschwindigkeiten dieser Objekte bestehenden Bedenken beseitigt werden durch die Tatsache, daß eine kontinuierlich ansteigende Reihe scheinbarer Radialgeschwindigkeiten von B über O nach P führt. Diese Objekte sind weder ein normales vorstellbares noch ein normales Durchgangsstadium. Vielmehr treffen wir an der Spitze des Russell-Diagramms jene kosmischen Gebilde, bei welchen die oben genannten störenden Einflüsse mehr oder minder zusammenwirken: einen hohen Prozentsatz enger spektroskopischer Doppelsterne, Veränderliche vom β -Lyrae- und Algoltypus, Sterne mit Emissionslinien. Die Untersuchungen des Farben-Helligkeitsdiagramms kugelförmiger Sternhaufen¹⁾ deuten in der Tat darauf hin, daß sich zwischen F und G ein richtiger „Übergigantenast“ von dem normalen Riesenast abzweigt, der dann zu den frühesten Typen führt. Die Erweiterung unserer Kenntnisse der absoluten Helligkeiten der

Typen O bis F wird also vermutlich dazu führen, daß sich die linke obere Ecke des Diagramms mit Punkten bedecken wird, welche den verschiedensten instabilen Zuständen angehören, so daß die Schraffur des Gebietes d' bis nach e' hin auszudehnen sein werden. Das bei e' noch offene Ende der Figur wird durch die planetarischen Nebel und die Wolf-Rayet-Sterne geschlossen werden, zu denen der Weg von M aus über verschiedene „Katastrophen“ führt.

6. *Der Abschluß der normalen Entwicklung.* Die Sterne beschließen ihr für uns sichtbares Dasein als M -Zwerge, wenn die effektive Temperatur unter etwa 2500° herabgesunken ist. Wie vollzieht sich ihr weiteres Schicksal? Können sie auf irgendwelche Weise erneut zum Leuchten gebracht werden, so daß sie an irgendeiner Stelle wieder in den als Kreislauf gedachten Entwicklungsprozeß eintreten? Wir sind bis heute nicht in der Lage, darüber etwas anderes als mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothesen aufzustellen. Manche Einblicke werden sich ergeben, wenn es uns erst gelingen wird, die Stellung der langperiodischen oder unregelmäßigen Veränderlichen vom M -Typus, der Neuen Sterne und der Typen N , R , S eindeutig festzulegen. Wir begnügen uns daher hier mit einem kurzen Hinweis auf Beziehungen, welche in dieser Hinsicht bereits aufgedeckt worden sind.

Die Neuen Sterne gehören zur Zeit ihrer höchsten Entfaltung unstreitig an die Spitze des Russell-Diagramms. Und die Ähnlichkeit, die ihr Spektrum nach dem Abklingen des Helligkeitsausbruches mit dem der Wolf-Rayet-Sterne besitzt, weist ihnen ihren Platz auch weiterhin in deren Nähe an. Die geringe Helligkeit vor dem Ausbruch, zu der diese Sterne im Laufe der Zeit auch wieder zurückzukehren scheinen, läßt sie indessen als Zwerge erscheinen. Leider kennen wir nicht ein einziges Novaspektrum vor dem Ausbruch, so daß wir nicht angeben können, ob die Novae von dem unteren Ende des Zwergastes (a' , b' , c') herkommen. Ähnlich liegt es mit den Veränderlichen vom M -Typus mit Emissionslinien im Spektrum. MERRILL¹⁾ hat kürzlich die Radialgeschwindigkeiten dieser Sterne untersucht und Ähnlichkeiten mit denjenigen der planetarischen Nebel festgestellt. Außerdem begegnen uns von zwei Seiten her die Emissionslinien: von P über O nach B und von M 8 bis M 1. Aber die Frage, ob die Md -Sterne (wie man früher die M -Sterne mit Emissionslinien bezeichnete) im Minimum Zwerge oder Riesen sind, ist bis heute noch nicht entschieden, so daß wir nicht sagen können, auf welche Weise die Brücke zu schlagen ist von dem noch offenen unteren Ende des Diagramms nach oben.

7. *Ein Paradoxon.* In dem Gebiet g liegen eine Reihe von Sternen, die seit längerer Zeit als Paradoxa bekannt sind. Aus ihrem Spektrum

¹⁾ TEN BRUGGENCATE, ungedruckte Münchener Dissertation.

¹⁾ Ap. J. LVIII, M. Wilson Contr. 264/65.

würde man auf große absolute Leuchtkraft schließen, während die bekannte Parallaxe und scheinbare Helligkeit sie als sehr lichtschwache Zwergsterne zu erkennen gibt. So weit man die Masse kennt, gelangt man auf Grund des Planckschen Strahlungsgesetzes auf zum Teil außerordentlich hohe Dichten¹⁾. BOTTINGER²⁾ und EDDINGTON³⁾ haben kürzlich in geistreicher Weise diese Schwierigkeiten überwinden zu können geglaubt durch die Vorstellung, daß bei dem hohen Ionisationszustande der diese Sterne zusammensetzenden Gase eine starke Zusammenpackung der fast elektronenlosen Kerne möglich sei. Eines bleibt aber auch dann noch schwierig: wie ist es denkbar, daß zwei an Masse und Temperatur so wenig verschiedene Sterne, wie es Sirius und α_2 -Eridani und deren Begleiter sind, zwei so vollkommen verschiedenen Stadien angehören? BOTTINGER will das Gebiet g an das Ende des Zwergastes anschließen und die Novae als Durchgangsstadium hier einschalten. Es fehlen uns indessen bis jetzt

¹⁾ BERNEWITZ, Astr. Nachr. 213.

²⁾ Veröffentlichung der Universitätssternwarte Berlin-Babelsberg 3, Heft 4, S. 30–33.

³⁾ Diese Zeitschr. Heft 15.

noch alle Bindeglieder. Und wenn man auch die Sterne in dem Gebiete g nicht mehr insofern als Paradoxa auffaßt, als man die hohen Dichten für durchaus möglich hält, so bleiben sie es doch noch dadurch, daß wir nicht angeben können, wie solche Dichten zustande kommen; ob sie im Laufe der normalen Entwicklung auftreten oder aber als Ausnahmeerscheinungen, als Produkte gewisser „Katastrophen“.

Wir haben damit die Möglichkeiten so ziemlich erschöpft, die die Ausdeutung des Russell-Diagramms in kosmogonischer Hinsicht uns darbieten. Manches ist nicht zur Sprache gekommen, weil es noch keinen Platz finden kann; an manchen Stellen auch mußten wir dicke Fragezeichen stehen lassen. Ein großer gemeinschaftlicher Zug hat sich aber immerhin erkennen lassen und nur am unteren Ende verläuft unsere Zeichnung noch vollkommen ins Unbekannte. Den Auf- und Untergang der Sonne und den zwischen beiden liegenden Tagbogen glauben wir ziemlich klar zu überblicken, der Nachtbogen ist uns noch verborgen. Aber wir haben die bestimmte Zuversicht, daß auch er unserer Erkenntnis sich noch erschließen wird.

Über Wachstum und Aufzehrung metallischer Krystallite im Konglomerat.

Von RUDOLF VOGEL, Berlin-Dahlem.

Ein Metall ist bekanntlich ein Konglomerat aus kleinen, fest aneinanderhaftenden Krystalliten. Die gegenseitigen Begrenzungsflächen dieser Krystallite sind im allgemeinen keine Krystallflächen, denn sie entstehen durch das Zusammentreffen der in der Schmelze wachsenden Krystallite an zufälligen Orten. Durchschneidet man ein Metall, so sieht man an der polierten und geätzten Schliifffläche die Schnitte der Krystallite und ihre Grenzen als feine, dunkle Linien, welche unter sich ein zusammenhängendes Netz bilden, das sog. Krystalliten- oder Polyedernetz. Dieses Netz kann auch an der Oberfläche von Metallen beobachtet werden, z. B. an der Oberfläche von Blechen, welche nach vorhergegangener Glühung rekristallisiert sind, vorausgesetzt, daß die Oberfläche sich dabei nicht oxydiert hat. Sehr schön ist das Krystallitennetz auch zu beobachten an der natürlichen Oberfläche kleiner Gußlamellen, welche man sich leicht durch Ausgießen von etwas Blei, Zinn oder andere leicht schmelzende Metalle herstellen kann. Die Netzlinien, welche Durchschnitte durch die Begrenzungsfläche der Krystallite darstellen, werden sichtbar durch Ausscheidung kleiner, nicht isomorpher Beimengungen, welche wir als Zwischen substanz bezeichnen. An der natürlichen Gußoberfläche sind die Netzlinien feine Rillen, welche jedenfalls dadurch zustande kommen, daß die gegen den Schluß der Krystallisation zwischen den Krystalliten restierende Schmelze bei ihrer Erstarrung eingesogen wird. Man hat es also mit einer Art oberflächlicher Lunkerbildung zu tun. An

rekristallisierten Oberflächen stehen mitunter auch ganze Krystallitenflächen gegeneinander in verschiedenem Niveau. Das Krystallitennetz zeigt nun häufig merkwürdige Komplikationen. Man bemerkt nämlich mitunter, daß einzelne Netzlinien in ein- oder mehrfacher Wiederholung auftreten, und wenn dies bei allen der Fall ist, so bilden die Wiederholungen untereinander ein neues selbständiges Netz, welches gegen das ursprüngliche bald weniger, bald mehr verschoben ist. Öfters findet man auch drei und noch mehr Netze, welche sich ohne erkennbare Beziehung regellos durchkreuzen. In Fig. 1 sieht man die Erscheinung mehrfacher Netze an der Unterseite einer Gußlamelle aus Cadmium.

Das Auftreten mehrfacher Krystallitennetze ist schon früher u. a. von OSMOND und anderen Forschern am Eisen beobachtet und mit dem Polymorphismus des Eisens in Zusammenhang gebracht worden. Man stellte sich vor, daß ein primäres Netz bei der Krystallisation des flüssigen Eisens und je ein weiteres Netz bei der Umwandlung der verschiedenen Eisenmodifikationen ineinander entstünde. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß mehrfache Netze an Metallen sehr allgemein und nicht nur in polymorphen Metallen auftreten können. Die Ursache der Erscheinung muß daher wohl noch eine andere sein, und der Verfasser hatte es sich zur Aufgabe gemacht, die Erscheinung aufzuklären.

Zu diesem Zweck fragt es sich vor allem: Unter welchen Bedingungen tritt die Erscheinung auf?

Es zeigt sich allgemein, daß mehrfache Netze immer an solchen Stücken auftreten, welche ein oder mehrere Male erhitzt gewesen sind. Der Einfluß des Erhitzens auf die Bildung neuer Netzlinien läßt sich im einzelnen leicht in folgender Weise feststellen:

Erwärmt man ein Stückchen Cadmiumblech, welches man leicht durch Auswalzen einer Gußlamelle aus Cadmium herstellen kann, vorsichtig wenige Augenblicke über einer Gasflamme, so tritt an dem kalt bearbeiteten Material Rekrystallisation ein. Es bilden sich mikroskopisch sichtbare Krystallite, deren Grenzen ein einfaches Netz bilden. Betrachtet man jetzt eine bestimmte Stelle dieses Bleches unter dem Mikroskop, während man es gleichzeitig von der Rückseite her mit einem sehr kleinen Gasflämmchen nochmals erwärmt, dann sieht man nach wenigen Sekunden plötzlich neue Netzlinien in einiger Entfernung

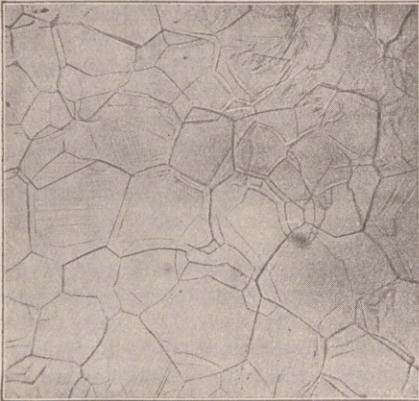


Fig. 1. Sich kreuzende Polyedernetze an der natürlichen Oberfläche einer Gußlamelle aus Cadmium.

von den ursprünglichen erscheinen. Bei nochmaligem Erwärmen treten weitere neue Grenzlinien auf und nach häufigerem Erwärmen immer weitere Grenzenwiederholungen bzw. ganz neue Netze. Erhitzt man aber das Präparat, welches nach den ersten Erwärmungen aus kleinen Krystalliten mit einfacher Netzbegrenzung besteht, schnell bis nahe an den Schmelzpunkt, so erscheint plötzlich ein sehr großmaschiges Netz, dessen Krystallite um das Vielfache größer sind als die ursprünglichen. Ein nochmaliges Erwärmen hat jetzt keine Veränderungen mehr zur Folge.

Um die Richtung der Grenzenverschiebung im einzelnen zu studieren, muß die frühere Grenze von der später entstandenen unterschieden werden können. Zu diesem Zweck wird das Präparat mit verdünnter Salpetersäure geätzt. Dabei werden die kristallographisch einheitlichen Felder in sich gleichartig, unter sich aber verschieden angegriffen, da die Krystallite verschieden zur Oberfläche orientiert sind und im Krystall die Ätzgeschwindigkeit von der Richtung abhängt. Die Grenzen der in sich gleichartig geätzten Felder sind dann die

wirklich vorhandenen Krystallitengrenzen. Erwärmt man darauf das Präparat von neuem, so sieht man die Linien des hierbei neu entstehenden Netzes jene vorher kristallographisch einheitlichen Felder durchkreuzen. Fig. 2 zeigt dies an einem Stück Cadmiumblech. Aus dem so entstandenen Bilde kann die Natur des Vorganges erkannt werden. In der rechten unteren Ecke der Abbildung sieht man drei hellere Krystallitenfelder, innerhalb deren neue Netzlinien sichtbar geworden sind. Man erkennt, daß die Nachbarkrystallite sich mit ihren Grenzen in diese Krystallite hineingeschoben haben und sich berühren, d. h. mit anderen Worten, der Krystall ist überhaupt nicht mehr vorhanden, sondern von seinem Nachbar aufgezehrt worden. Den umgekehrten Fall, das Wachstum eines Krystalliten auf Kosten seines Nachbarn sieht man auf der linken Seite der Abbildung. Hier haben sich die Grenzen eines

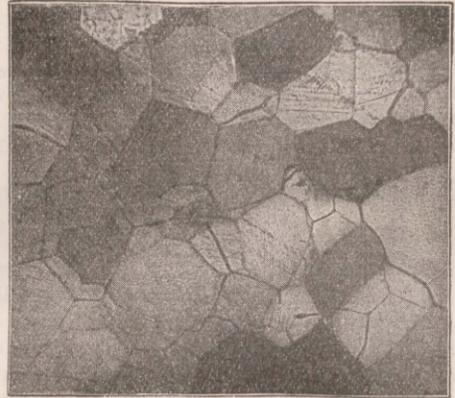


Fig. 2. Neues Polyedernetz an einem rekrystallisierten und dann geätzten Cadmiumblech, erzeugt durch Wiedererhitzen desselben.

kleineren, dunkel geätzten Krystalls in die helleren Felder seiner Nachbarn hineingeschoben. Er ist also auf Kosten seiner Nachbarn gewachsen. Außerdem kann man aber mitunter eine Kombination beider Fälle beobachten, nämlich die höchst merkwürdige Erscheinung, daß ein Krystall von einzelnen Begrenzungsflächen aus auf Kosten seiner Nachbarn gewachsen und an seinen übrigen Begrenzungsflächen von den betreffenden Nachbarn teilweise aufgezehrt worden ist. Der Vorgang als solcher ist hiermit aufgeklärt: das Auftreten mehrfacher Netzlinien hat seinen Grund in der Verschiebung der Krystallitengrenzen, also in dem Wachstum bzw. Aufzehrung der Krystallite an ihren Berührungsflächen.

Diese Tatsache ist auch von den englischen Forschern CARPENTER und ELAM¹⁾ unabhängig von den Untersuchungen des Verfassers festgestellt worden. Dieselben benutzten zu ihren Versuchen Zinn mit 1% Antimon. Während aber diese

¹⁾ Crystal growth and Recrystallisation in Metals, Engineering 60, 385. 1920.

Forscher zu dem Resultat kamen, daß Kornwachstum und Aufzehrung nur nach vorhergegangener Kaltbearbeitung des Metalls eintreten können, ergeben die Beobachtungen des Verfassers, daß die Erscheinung ganz allgemein, auch am regulinischen Metall, d. h. in dem bei der Erstarrung aus dem Schmelzfluß resultierenden Zustande auftreten kann.

Stellt man sich z. B. an einem kleinen Kupferregulus eine Schlißfläche her, so erkennt man nach dem Ätzen derselben mit Kupferammoniumchlorid noch die beim Wachstum der Kupferkrystallite entstandenen dendritischen Verzweigungen als dunkle, verwaschene Zeichnungen und die Grenzen zwischen den einzelnen Wachstumssystemen als feine, dunkle Linien. Diese Linie läuft aber nicht immer zwischen zwei Wachstumssystemen, sondern kreuzt die Zweige des einen. Dies ist nur durch eine Verschiebung der Grenze nach

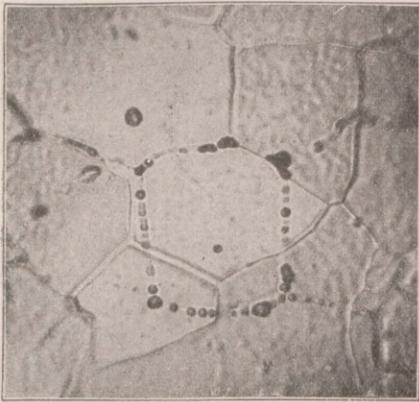


Fig. 3. Neues Polyedernetz auf der Schlißfläche eines Nickelregulus nach halbstündigem Tempern bei 1300°.

Beendigung der Krystallisation in das eine der beiden Wachstumssysteme hinein verständlich.

Entsprechendes läßt sich auch an Schliffen von Nickel sowie von kupferreichen Bronze- oder Messinglegierungen feststellen, in welchen Fällen die Legierungen aus Mischkrystallen bestehen, welche sich hinsichtlich der Grenzenverschiebung wie die Krystallite eines reinen Metalles verhalten. Erhitzt man solche Schliffe in einer reduzierenden Atmosphäre, welche die Oxydation der Oberfläche verhindert, einige Minuten auf Temperaturen von 800° oder höher, so findet man bei nochmaliger mikroskopischer Untersuchung ebenfalls Verschiebungen der Grenzen. Bevorzugte Stellen der Grenzenverschiebung sind die Bezirke, wo drei Krystallite in der Schnittebene sich treffen. Die Anfänge der Grenzenverschiebung machen sich hier als zwei- oder mehrfache Verästelungen der Linien bemerkbar. Stärkere Grade der Grenzenverschiebung führen zur Bildung eines neuen Netzes, wie z. B. in Fig. 3 an der Oberfläche eines Nickelschliffes nach halbstündigem Erhitzen auf 1300°

im Wasserstoffstrom zu erkennen ist. Die ursprüngliche Lage der Grenzen wird hier durch dunkle Kügelchen aus Zwischensubstanz bezeichnet. Interessant und für die atomistische Deutung der Grenzenverschiebung wichtig ist hier das Verhalten der Zwischensubstanz. Dieselbe bildet nach der Krystallisation des Metalles stellenweise dünne Schichten, welche eine direkte Berührung der Krystallite verhindern. Beim Erhitzen sind nun diese Schichten, welche bei höheren Temperaturen erweichen, unter dem Einfluß der Oberflächenspannung zu den in der Figur sichtbaren Kügelchen zusammengeschrumpft, wodurch die direkte Berührung der Krystallite — die Voraussetzung für die in Rede stehende Wechselwirkung der Krystallite — ermöglicht worden ist.

Erhitzt man solche Präparate längere Zeit, so treten die Krystallite zueinander in Zwillingsstellung. Dieser Effekt macht sich in dem Auftreten geradlinig und parallel begrenzter Streifen und Felder sichtbar. Bei wiederholtem Erhitzen entstehen neue Zwillingsbildungen, die Veränderungen gegenüber den vorher vorhandenen Zwillingen sind aber so kompliziert, daß man sich von dem Mechanismus der Veränderung keine genauere Vorstellung machen kann.

Mehrfache Polyedernetze lassen sich aber auch an der natürlichen oxydfreien Oberfläche der Reguli von Edelmetallen¹⁾ und besonders schön an Oberflächen von Gußlamellen der verschiedensten Metalle beobachten, vgl. Fig. 1. Man findet die Erscheinung fast bei allen Metallen, von denen man beim Ausgießen auf eine Platte aus Glas oder Quarz blanke, oxydfreie Oberflächen erhalten kann. Die Erscheinung wurde festgestellt an Gußlamellen aus Blei, Zinn, Zink, Cadmium, Natrium, Magnesium, Thallium, Antimon, Kupfer, Silber, Gold und Nickel. Zugleich zeigen diese Präparate besonders deutlich eine allgemeine und merkwürdige Begleiterscheinung der Grenzenverschiebung. Ist nämlich die Grenze zwischen zwei Krystalliten ursprünglich gekrümmt, so nimmt die Krümmung im Verlaufe der Verschiebung ab, und die ursprünglich gekrümmte Begrenzungsfläche geht allmählich in eine Ebene über. Fig. 4 möge diese Erscheinung verdeutlichen. Man sieht in

¹⁾ Die Erscheinung mehrfacher Grenzlinien auch an anderen Metallen als Eisen, und zwar regulinischem Metall, ist gelegentlich auch schon früheren Beobachtern aufgefallen. W. CAMPBELL bringt in seiner Arbeit „Über das Gefüge der Metalle“ (Metallurgie 1901, S. 801) das Gefügebild von der Oberfläche eines Silberregulus, wo Linien eines zweiten Netzes zu sehen sind (Fig. 911), und bemerkt dazu:

„Bei genauer Prüfung zeigte es sich, daß sie (die polygonalen Grenzen) die Krystallitengrenzen an verschiedenen Stellen überschritten. Diese Pseudogrenzen fallen in der Regel mit den wirklichen Grenzen zusammen, aber in vielen Fällen erkennt man sie als selbständig. Durch Biegen erkennt man den Unterschied sofort, die Spaltlinien folgen ihren Körnern. Die Pseudogrenzen haben sich als Ergebnis der Kontraktion ausgebildet.“

der Mitte des Bildes einen Krystalliten an der Unterseite einer Bleiweißlamelle umgeben von verschiedenen größeren. Es fallen hier nun vor allem gezackte Grenzlinien ins Auge. Außerdem bemerkt man aber, daß der Zackengrenze in der Regel eine mehr ausgeglättete, sanft geschweifte Linie folgt. Die Zackengrenze ist nun zweifellos die bei der Krystallisation primär entstandene, denn die Zacken entsprechen den dendritischen Verzweigungen der aus der Schmelze entstandenen Krystallite, deren Spitzen beim Zusammentreffen verschiedener solcher Wachstumssysteme ineinandergreifen und so die Zackenlinie erzeugen. Die sanft geschweiften Grenzlinien müßten demnach durch die Verschiebung der ursprünglichen Grenzen entstanden sein. Daß dem wirklich so ist, läßt sich beweisen, wenn man durch leichtes Verbiegen einer solchen Lamelle an ihrer Oberfläche Gleitlinien erzeugt. Vgl. Fig. 5. Die Bildung bestimmt ge-

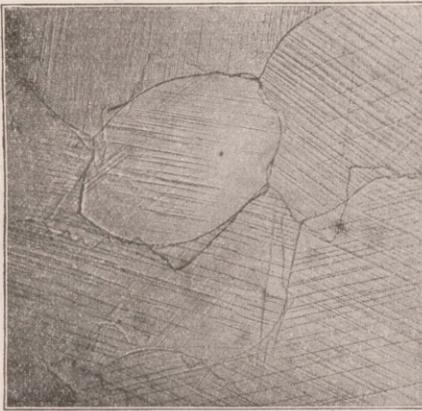


Fig. 4. Gezackte, bei der Krystallisation und ausgeglättete, durch nachträgliche Verschiebung entstandene Krystallitengrenzen an der natürlichen Oberfläche einer Bleiweißlamelle.

richteter Gleitelemente kann sich natürlich nur auf Bezirke von gleichartiger kristallographischer Orientierung erstrecken. Die Grenzen, an denen die Gleitliniensysteme der einzelnen Felder endigen, sind daher die wirklich vorhandenen Grenzen der Krystallite. Eine genaue Betrachtung der Fig. 5 lehrt nun, daß die Gleitliniensysteme durchweg an den sanft geschweiften Linien endigen. Überall sind also Stellen starker Krümmungen in schwächer gekrümmte übergegangen, d. h. es haben sich konkave Oberflächenteile eines Krystalliten auf Kosten eines entsprechenden konvexen Oberflächenteiles des Nachbarkrystalliten ausgeebnet. Besonders bemerkenswert ist eine Stelle am rechten Rande der Abbildung, wo eine solche Ausebnung einmal von der Seite des einen und daneben von der Seite des anderen Krystalliten aus stattgefunden hat. Diese Erscheinung der Ausebnung abwechselnd gekrümmter Grenzflächen von zwei Seiten her zeigt sich besonders charakteristisch an solchen Stellen, wo die dendritischen Äste als

deutliches Relief hervortreten und als die Erzeuger sägeartig gezackter Grenzlinien zu erkennen sind. Einer solchen „Sägelinie“ folgt — besonders deutlich an Bleiweißlamellen — fast regelmäßig eine durch abwechselnde Ausebnung der Einbuchtungen entstandene ausgeglättete Grenzlinie mit sanften Schweifungen, welche den ehemaligen Einbuchtungen entsprechen.

Das Vorkommen von Grenzenverschiebungen in regulinischem Metall kann auch durch folgenden Versuch erwiesen werden. Eisen und Silber lösen sich im flüssigen Zustande nicht. Führt man daher in geschmolzenes Silber ein dünnes poliertes Eisenblech ein, welches genau dem Gefäßquerschnitt angepaßt ist, so läßt sich nach dem Erkalten das Blech leicht aus dem Silberregulus entfernen, und an den freigelegten Flächen des Silbers kann man dann ebenfalls mehrfache Netze feststellen. Die Grenzenverschiebung folgt hier auf

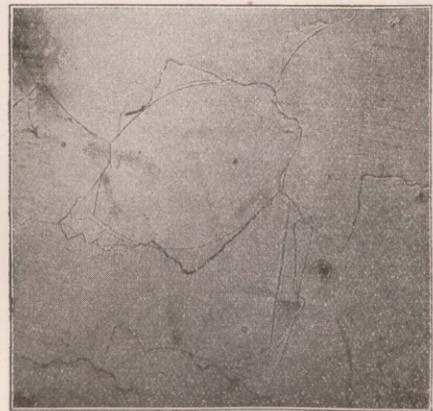


Fig. 5. Gleiche Stelle wie in Fig. 4. Die durch Verschiebung entstandenen Krystallitengrenzen sind durch Gleitlinien kenntlich gemacht.

eine normale Krystallisation der Schmelze und frei von den besonderen Verhältnissen, welche beim Gießen dünner Lamellen eine Rolle spielen können, wie z. B. die Abschreckung der Schmelze oder das nachträgliche Überfließen schon erstarrter Schichten durch weitere Mengen von Schmelze.

Nachdem der Vorgang der Grenzenverschiebung als solcher klargestellt ist und die äußeren Bedingungen, unter denen er verläuft, bekannt sind, fragt es sich, wie man sich die Grenzenverschiebung atomistisch deuten kann. Das Krystallitenkonglomerat eines Metalls, in welchem die Krystallite sich gegenseitig berühren, ist nach beendigter Erstarrung aus dem Schmelzfluß oder nach vorhergegangener Kaltbearbeitung in sich nicht stabil, denn sobald die Temperatur hoch genug ist, fangen die Grenzen der Krystallite an, sich zu verschieben mit dem Effekt, daß der eine Krystallit an der Berührungsgrenze wächst und der andere aufgezehrt wird. Für die Theorie des Vorganges ist hierbei der eigentümliche Fall

besonders bemerkenswert, daß derselbe Krystallit, welcher sich einerseits auf Kosten des Nachbar-krystalliten ergänzt, andererseits von einem anderen Nachbarn an einer anderen Stelle zu gleicher Zeit aufgezehrt werden kann. Dies beweist nämlich, daß nicht eine Eigenschaft des ganzen Krystalles, also etwa seine Größe, sein Wachstum oder seine Aufzehrung bedingt, sondern daß die Ursache hierfür in lokalen Unterschieden zu suchen ist. Nach TAMMANN'S Hypothese von der Rekrystallisation sind dies die verschiedenen Orientierungen der Krystallite. Berühren sich zwei Krystallite — so besagt die Tamman'sche Hypothese — nicht in gleichwertigen und gleichgerichteten Netzebenen, so besteht zwischen ihnen kein Gleichgewicht. Sobald daher die Gitterbeweglichkeit der Atome bei steigender Temperatur groß genug wird, werden die Grenzatome neue Gleichgewichtslagen aufsuchen müssen. Dies könnte nach TAMMANN'S Annahme entweder dazu führen, daß an der Grenze ein neuer andersgerichteter Krystallit sich bildet oder daß zwischen den beiden Krystalliten eine Zwillingberührung entsteht. Nun ist aber noch ein dritter Fall denkbar, nämlich der, daß der Atomgitterverband des einen Krystalliten die Grenzatome des anderen in die Gleichgewichtslage des eigenen Verbandes hinein-zwingt, der eine Krystallit also den anderen sich anorientiert. Gerade dies beobachten wir aber in der Erscheinung der Grenzenverschiebung. Außerdem fanden wir, daß die Umorientierung der Grenz-atome auch zur Zwillingstellung der Krystalle führt, dagegen konnte bei unseren Versuchen die Bildung neuer, andersorientierter Krystallite niemals mit Sicherheit festgestellt werden.

Atomistisch läßt sich also die Grenzenverschiebung zurückführen auf eine Konkurrenz der Kräfte, welche die Atome in ihren Gleichgewichtslagen im Raumgitter festhalten. Beide Atomverbände üben an der Grenze eine richtende Wirkung aufeinander aus, wobei die Richtkraft des einen die des anderen überwiegt, was bei höherer Temperatur ein Überspringen der Atome in die Gleichgewichtslage des Verbandes, welcher an seiner Grenze die stärkere Richtkraft ausübt, zur Folge hat. Dies muß offenbar darauf beruhen, daß auf seiten des einen Krystalles die Grenzatome fester und gleichmäßiger in ihrem Gitterverbande verankert sind als auf seiten des anderen. Maßgebend ist hierfür die Gitterbegrenzung. Wir wollen zunächst den einfacheren Fall einer ebenen Begrenzungsfläche betrachten, in welchem das Verhältnis der Atom-besetzung der Grenzflächen ein bestimmtes ist.

Überlegt man sich, welche Grenzebenen an einem Krystalliten die stabilste Atombesetzung zeigen, so stellt sich heraus, daß dies die häufig auftretenden Krystallflächen sind, d. h. die Flächen mit dichtester Atombesetzung. Andererseits nimmt die Dichte und Gleichmäßigkeit der Atombesetzung ab, je mehr die betreffende Ebene ihre einfache kristallographische Bedeutung verliert.

Wir wollen uns dies veranschaulichen für den Fall, daß die Atome ein 14-Punkt-Gitter besitzen, wie es beispielsweise für Kupfer, Silber und Gold auf röntgenographischem Wege festgestellt worden ist. Das Gitterelement ist in diesem Fall ein Würfel, dessen Ecken und Flächenseiten mit Atomen besetzt sind. Aus Fig. 6 ist die durch das Gitter bestimmte Lage einiger einfacher Krystallflächen sowie die Art ihrer Atombesetzung angedeutet.

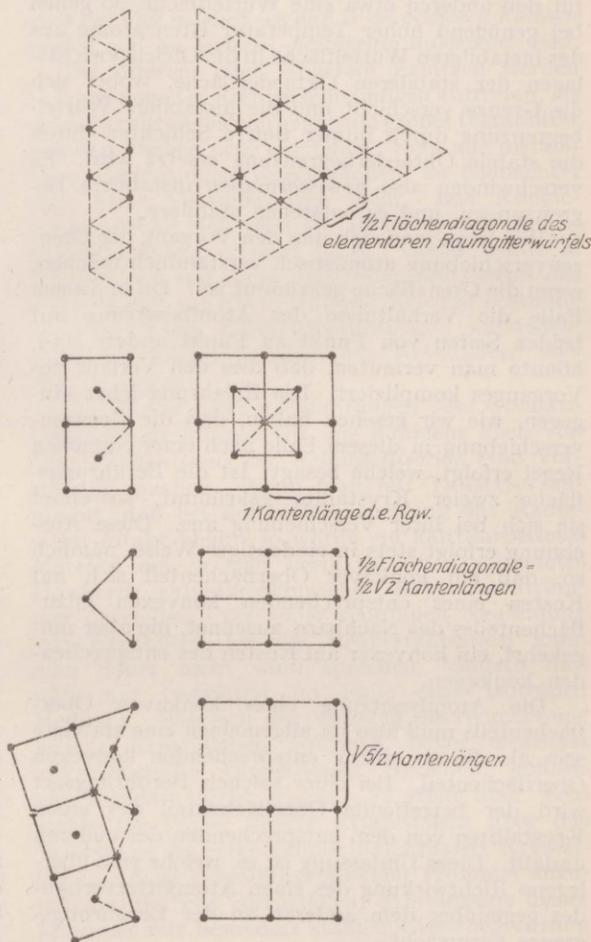


Fig. 6.

Die dichteste Atombesetzung zeigt die Oktaederfläche, wo immer ein Atom von 6 Atomen in den kürzesten Abständen von einer halben Flächendiagonale, welcher an einem solchen Gitter möglich ist, umgeben wird. In der Würfelfläche ist jedes Atom zunächst nur von 4 Atomen ebenfalls in Abständen von einer halben Flächendiagonale umgeben, und an der Rhombendodekaederfläche ebenfalls von vier Atomen, wovon jedoch zwei den größeren Abstand einer Kantenlänge des elementaren Raumgitterwürfels haben. In der Tetrakis-hexaederfläche haben von den vier umgebenden Atomen zwei den Abstand einer Kantenlänge, die beiden anderen einen noch größeren. Ein Schnitt

senkrecht zu dieser Netzebene zeigt, daß bei solchen komplizierteren Flächen Atome in mehr zurückliegenden und mehr vorgerückteren Positionen vorkommen und daß die letzteren, da sie offenbar weniger fest im Verbands sitzen, besonders leicht aus diesem Verband in einen stabileren Nachbarverband hineingezogen werden können.

Ist die Berührungsgrenze daher für den einen Krystalliten beispielsweise eine Oktaederfläche und für den anderen etwa eine Würffläche, so gehen bei genügend hoher Temperatur Grenzatome aus der instabileren Würffläche in die Gleichgewichtslagen der stabileren Oktaederfläche, wobei sich die Grenze verschiebt und die instabilere Würfelbegrenzung durch immer tiefere Schichten durch die stabile Oktaederbegrenzung ersetzt wird. Es verschwinden also gewissermaßen instabilere Begrenzungen, und es entstehen stabilere.

Wie kann man sich nun den Vorgang der Grenzverschiebung atomistisch verständlich machen, wenn die Grenzfläche gekrümmt ist? Da in diesem Falle die Verhältnisse der Atombesetzung auf beiden Seiten von Punkt zu Punkt andere sind, könnte man vermuten, daß dies den Verlauf des Vorganges kompliziert. Die Erfahrung lehrt hingegen, wie wir gesehen haben, daß die Grenzverschiebung in diesem Falle nach einer einfachen Regel erfolgt, welche besagt: Ist die Berührungsfläche zweier Krystallite gekrümmt, so ebnet sie sich bei ihrer Verschiebung aus. Diese Ausbuchtung erfolgt stets in eindeutiger Weise, nämlich so, daß ein konkaver Oberflächenteil sich auf Kosten eines entsprechenden konvexen Oberflächenteiles des Nachbarn ausbuchtet, nie aber umgekehrt, ein konvexer auf Kosten des entsprechenden konkaven.

Die Atombesetzung eines konkaven Oberflächenteils muß also im allgemeinen eine stabilere sein als die an einem entsprechenden konvexen Oberflächenteil. Bei einer solchen Berührungsart wird der betreffende Oberflächenteil des einen Krystalliten von dem entsprechenden des anderen umfaßt. Diese Umfassung ist es, welche eine überlegene Richtwirkung des einen Atomgitterverbandes gegenüber dem anderen an der Berührungsgrenze verursacht.

Um uns dies klarzumachen, betrachten wir am zweckmäßigsten eine Schnittebene durch die gekrümmte Grenzfläche. In dieser stellt sich alsdann die Grenze als eine in sich geschlossene Kurve dar. Zur weiteren Vereinfachung der Betrachtung wollen wir annehmen, daß die Schnittebene für beide Krystallite eine gleichwertige und gleichgerichtete Netzebene ist. Am deutlichsten gestalten sich nun die Verhältnisse, wenn sich die Schnittebene durch Parallelverschiebung der Tangentialebene an die gekrümmte Grenzfläche nähert. In der Fig. 7 sehen wir einen inneren Atomkranz als Grenze des umfaßten und einen äußeren als Grenze des umfassenden und bemerken, daß dem inneren stets eine größere Anzahl Atome auf Seiten des äußeren gegenübersteht, wobei das Verhältnis

in den vier Beispielen mit der Annäherung an die Tangentialebene 5 : 6, 3 : 4, 2 : 3 und schließlich 1 : 2 wird. Die Überlegenheit der Richtkraft nimmt also mit Annäherung an die Tangentialebene zu. Denken wir uns nun im letzten Fall die nur noch aus vier Atomen bestehende Kuppe des umfassenden Krystalliten gegen das Gitter des umfassenden gedreht, so ist ganz verständlich, daß jene vier Atome von den sie umgebenden acht Atomen bei genügend hoher Temperatur gezwungen werden, in die Gleichgewichtslage ihres eigenen Verbandes einzutreten. Wir haben es also hier zu tun mit einer Ergänzung unterbrochener Netzebenen, und man sieht, daß kleinere Unterbrechungen oder Verletzungen einer Netzebene leichter ausheilen als größere.

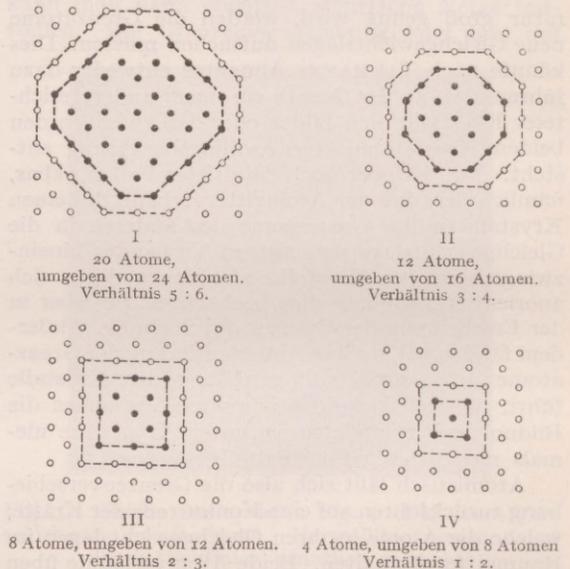


Fig. 7.

Die Tendenz der Krystalle, unterbrochene Netzebenen zu ergänzen, d. h. sich mit ebenen Flächen zu umgeben, tritt auch in Erscheinung in den Ätzfiguren, in den facettierten Hohlräumen, welche durch Gasblasen entstehen, in den facettierten Lamellen und Auswüchsen, welche man an getemperten Metalloberflächen beobachten kann, sowie in der Ausheilung verletzter Krystalle. In letzterem Falle sieht man ganz ähnlich, wie im Konglomerat durch Bruch entstandene zufällige und gekrümmte Flächen in Ebenen, und zwar Krystallflächen, übergehen. Ein Unterschied ist nur insofern vorhanden, als bei der Ausheilung in der Lösung die erforderliche Substanz aus einem isotropen Medium und im Konglomerat aus einem gleichartigen, anisotropen Medium entnommen werden muß.

Wie steht es nun mit der Kinetik der Grenzverschiebung? Hat man sich vorzustellen, daß die Grenzfläche während der ganzen Dauer des Erhitzens sich kontinuierlich verschiebt, oder er-

folgt die Verschiebung mit Zwischenpausen und sprungweise? Unsere Erfahrungen weisen darauf hin, daß letzteres zutrifft. An den Gußlamellen sehen wir, daß die wenigen Augenblicke, in denen die Temperatur genügend hoch ist, ausreichen, um mehrere Grenzenverschiebungen, von denen jede die Entstehung einer neuen Grenzlinie zur Folge hat, hervorzurufen. Die Lokalisierung von Zwischensubstanz, welche als Grenzlinie sichtbar wird, könnte man sich aber kaum vorstellen, ohne daß in der Verschiebung der Grenze ein vorübergehender Stillstand eintritt. Bei der kurzen Zeit, innerhalb deren die Verschiebungen stattfinden müssen, muß daher der Verschiebungsvorgang selbst sehr schnell erfolgen. Das ist auch aus dem sehr schnellen Auftreten eines neuen Netzes beim Erhitzen eines Cadmiumbleches zu schließen. Wie schnell man auch die Erhitzung ausführen mag, stets erscheint vor dem Beginn des Schmelzens ein neues Netz, und wir kommen zu dem Ergebnis, daß der Verschiebungsvorgang wahrscheinlich ruckweise verläuft, was mit der selbst bei höherer Temperatur noch vorhandenen Starrheit eines Atomgitterverbandes durchaus in Einklang stünde. Ein Analogon hätten wir in der ruckweise verlaufenden Umorientierung großer Raumgitterbezirke bei der Zwillingsbildung beim Verbiegen von Zinn oder Zink, welche das bekannte Zinn- bzw. Zinkgeschrei verursacht.

Bei der Auslösung einer Grenzenverschiebung werden sicherlich auch Spannungen eine Rolle spielen, welche am regulinischen Metall auftreten können 1. bei der Krystallisation infolge der Kontraktion der Schmelze, 2. durch die Oberflächenkräfte, wenn bei hoher Temperatur die Krystallite erweichen, und 3. beim Abkühlen und Erhitzen des Metalles durch die Volumenänderungen der Krystallite. Außerdem werden ja Spannungen in viel größerem Maße durch die Kaltbearbeitung erzeugt. Es ist daher ganz verständlich, daß Grenzenverschiebungen in kaltbearbeitetem Metall schon bei viel niedrigeren Temperaturen und lebhafter verlaufen als im regulinischen Zustande. Die bisher fast allgemein herrschende Meinung, daß Kornwachstum im regulinischen Metall überhaupt nicht stattfinden könnte, wird jedenfalls durch die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen widerlegt¹⁾.

Die vorübergehende Hemmung der Verschiebung zwischen zwei bestimmten Krystalliten mag durch Inhomogenitäten, welche, wie die Röntgenographie lehrt, in Krystallen fast immer vorhanden sind, entstehen.

Mit Hilfe unserer atomistischen Vorstellung können wir nun die Bedingungen angeben, unter

¹⁾ M. Cook hat neuerdings an regulinischem Cadmium, welches nach 19–56tägigem Erhitzen angeschliffen wurde, ein beträchtliches Anwachsen der Körner feststellen können. (Crystal growth in Cadmium, Transactions of the Faraday Society Bd. 19, 1. Teil. 1923.)

denen ein Krystallit wachsen oder aufgezehrt werden kann:

Ein Krystallit im Konglomerat kann wachsen, wenn die Stabilität seiner Gitterbegrenzung nach allen Seiten im ganzen größer ist als die Gitterbegrenzung seiner Nachbarn an den Flächen, mit welchen sie ihn berühren. Ist das Stabilitätsverhältnis umgekehrt, so kann der Krystall von seinem Nachbar aufgezehrt werden, ist die Stabilität dieselbe, so kann seine Größe unverändert bleiben, wobei aber auch der Fall möglich ist, daß er an gewissen Flächen wächst und an anderen gleichzeitig aufgezehrt wird.

Bei öfterem oder längerem Erhitzen werden so lange neue Grenzenverschiebungen auftreten, als dabei Berührungen von genügend großer Instabilität erhalten bleiben oder entstehen. Sind alle instabileren Berührungen verschwunden, so beobachtet man keine Veränderungen mehr. Das Konglomerat verhält sich jetzt so, als ob es den Gleichgewichtszustand erreicht hätte. Dieser würde in Wirklichkeit erst dann vorhanden sein, wenn das ganze Metall aus einem einzigen Krystall bestünde und, im Falle Zwillingsberührungen entstehen, wenn nur solche zwischen den Krystalliten vorhanden wären.

Auf Grund unserer Erfahrungen über Grenzenverschiebung können wir uns nunmehr auch von dem *Mechanismus der Rekrystallisation* eine Vorstellung machen. Wenn man mit TAMMANN annimmt, daß bei der Kaltbearbeitung das Raumgitter intakt bleibt, so würde ein kaltbearbeitetes Material ein in sich verfilztes und verknüttetes Haufwerk submikroskopischer Krystallitentrümmer darstellen. Von einer spontanen Neubildung von Krystallen bei der Rekrystallisation kann man daher nicht wohl sprechen, sondern dies wäre nur berechtigt im Falle eines isotropen Mediums. Wie sich der Vorgang des Wachstums kleiner Kryställchen vollzieht, bevor dieselben mikroskopische Dimensionen erreichen, können wir natürlich nicht wissen. Es steht aber wohl nichts im Wege, unsere Erfahrungen über das Wachstum der mikroskopisch sichtbaren Krystallite auf diese submikroskopischen Trümmer anzuwenden und uns vorzustellen, daß einzelne dieser Trümmer mit besonders stabiler Gitterbegrenzung auf Kosten ihrer weniger stabil begrenzten Nachbarn in ganz analoger Weise durch Verschiebung ihrer Grenze wachsen, wie wir dies an sichtbaren Krystalliten beobachten, die ja mit ihren zufälligen, meist gekrümmten Begrenzungsflächen ebenfalls als Krystallfragmente angesehen werden können. Ein prinzipieller Unterschied zwischen Kornwachstum und Rekrystallisation besteht also nach unserer Vorstellung nicht. Beiden Erscheinungen liegt vielmehr der Vorgang der Grenzenverschiebung zugrunde, und es besteht nur ein Unterschied gradueller Natur, insofern die Grenzenverschiebung im ersten Stadium der Rekrystallisation sich in submikroskopischen Dimensionen vollzieht.

Optisches Quarzglas und amerikanische Reklame.

Von E. BERGER, Jena.

Unter den sensationellsten Überschriften, wie z. B. „Bahnbrechende Erfindung in der Optik“, brachten in den letzten Wochen viele Zeitungen und Zeitschriften, meist kritiklos, eine amerikanische Nachricht, daß es gelungen sei, in beliebigen Quantitäten einen neuen lichtdurchlässigen Stoff, eine Art klar geschmolzenen Quarzes, herzustellen, der eine Lichtdurchlässigkeit von 90% gegenüber einer solchen von 65% der besten optischen Gläser besitzt. Der Stoff werde in elektrischen Öfen unter hohem Druck durch Schmelzen von brasilianischen Kristallen in etwa 80 Minuten gewonnen.

Ob diese amerikanische „Erfindung“ dazu angetan ist, der „ganz optischen Industrie neue Wege und Entwicklungsmöglichkeiten zu eröffnen“, wie es in einem der Zeitungsartikel heißt, soll im folgenden näher besprochen werden.

Kieselsäure (SiO_2) findet sich in der Natur nur selten in Form von gut ausgebildeten, größeren hexagonalen Kristallen, dem sog. Quarz oder Bergkristall. So kommen reine Kristalle z. B. in den Alpen vor, reicher sind die Funde in dem mit Mineralien aller Art besonders gesegneten Brasilien. Weit verbreitet dagegen ist die Kieselsäure in Form von Quarzsand, der aus kleinen Quarzkörnern und -splintern besteht. Der reinste derartige Quarzsand dient zur Herstellung optischer Gläser. Obwohl viele Gläser zu 70% und mehr aus Kieselsäure bestehen, wollte es lange Zeit nicht gelingen, diese selbst zu schmelzen und in einen Glasfluß überzuführen.

Das hat seinen Grund darin, daß sich der Quarz beim Erhitzen sehr merkwürdig verhält. Er ist, wie man sagen könnte, ein Körper von außerordentlicher „Wärmeträgheit“, d. h. er ändert seinen Aggregatzustand bei Wärmezufuhr so langsam, daß überhaupt nicht sicher festzustellen ist, bei welcher Temperatur er „schmilzt“. Bei 1400° bleiben Quarzkristalle nach 6stündiger Erhitzung noch unverändert. DAY und seine Mitarbeiter fanden mit ihrem Iridiumofen einen „Schmelzpunkt“ von 1720° ; sie stellten aber weiter fest, daß bei ganz langsamer Erhitzung reiner Quarz schon bei 1625° zu „schmelzen“ beginnt. Bei rascher Erhitzung bleibt der kristallisierte Quarz aber weit über diesen „Schmelzpunkt“ hinaus unverändert bestehen.

In Zusammenhang damit steht eine außerordentliche Zähigkeit bei der hohen Temperatur in eine „Flüssigkeit“ verwandelten Quarzes. Bei 1700° ist dieses Quarzglas deshalb nicht verarbeitungsfähig. Die Temperaturen, mit denen die Quarzglas- und Quarzglasindustrie arbeitet, liegen denn auch bedeutend höher. So gibt VOELKER als praktische Arbeitstemperatur über 2000° an. Noch ehe aber das Quarzglas so „dünn“ wird, wie man es in der Glasindustrie verlangt, beginnt es sehr stark zu verdampfen. Nach ALEXANDER-KATZ¹⁾ entwickeln sich Wolken von Quarzdampf schon unterhalb 2000° , wenn man z. B. den Quarz in die Nähe eines elektrischen Lichtbogens bringt.

Alle diese Schwierigkeiten galt es technisch zu überwinden. Der erste, der es versuchte den billigen Sand oder Quarzmehl in größerem Maße in einem elektrischen Lichtbogen zu schmelzen, war P. ASKENASY DRP. 153 503 (1902)²⁾. Infolge der Zähflüssigkeit der ge-

schmolzenen Kieselsäure gelingt es aber nicht, die vielen im Quarzsand eingeschlossenen Luftblasen zu entfernen. Man erhält daher eine Art von festem Schaum, das porzellanartig weiße sog. „Quarzgut“. Die Quarzglasindustrie hat einen verhältnismäßig bedeutenden Umfang angenommen. Entscheidend für ihre industrielle Entwicklung waren die Erfindungen von BOTTOMLEY und PAGET (1912), deren Verwendung die Deutsch-Englische Quarzschmelze in Pankow-Berlin betreibt.

Aber mit diesem undurchsichtig-weißen Quarzglas ist optisch nichts anzufangen. Für diese Zwecke versuchte man den klar durchsichtigen, aber kristallisierten und daher anisotropen Bergkristall in die glasige, optisch isotrope Form überzuführen. Dies gelang schon 1839 GAUDIN durch Schmelzen von Quarz im Knallgasgebläse und Ausziehen des entstandenen klaren Quarzglases zu dünnen Fäden. Aber erst seit dem Jahre 1900 datiert die eigentliche Geschichte der praktischen Verwendung und fabrikmäßigen Herstellung von durchsichtigem Quarzglas. Auf der Weltausstellung in Paris 1900 zeigte das Glaswerk Schott & Gen. 3 kleine Platten aus Quarzglas für optische Zwecke, die von M. HERSCHKOWITSCH im Laboratorium der optischen Werkstatt von C. Zeiss in Jena¹⁾ hergestellt worden waren. Gleichzeitig machten Versuche in derselben Richtung LE CHATELIER (Frankreich), SHENSTONE (England) und HERÄUS in Hanau, insbesondere zur Herstellung von Röhren und Kölbchen für den Laboratoriumsbedarf. Außer den erwähnten Schwierigkeiten des Schmelzens bei höchster Temperatur, der Zähflüssigkeit und des Verdampfens galt es hierbei noch folgendes zu überwinden.

Bei 575° ändert sich infolge einer Umwandlung im Aufbau des Bergkristalls plötzlich der Ausdehnungskoeffizient sehr stark. Die Folge davon ist, daß größere Quarzkristalle durch zu rasches Erhitzen in der Nähe von 575° zerspringen und durch und durch rissig werden. Erhitzt man nun weiter bis zum Schmelzen, so verkleben zwar die einzelnen Bruchstücke wieder miteinander, aber infolge der in die Risse eingedrungenen Luft erscheint das Quarzglas dann mit vielen feinen Luftbläschen durchsetzt. Diese Schwierigkeit überwindet man nach HERSCHKOWITSCH dadurch, daß man die zum Umschmelzen geeigneten, d. h. von Rissen und Einschlüssen freien Kristalle langsam bis auf etwa 500° erwärmt und dann möglichst rasch in einen auf Weißglut erhitzten elektrischen Ofen bringt. Dadurch wird nicht nur der Zustand der Spannung infolge der Änderung der Ausdehnung auf die kleinstmögliche Zeitdauer beschränkt, sondern durch das schnelle Erweichen der äußersten Schichten und gewissermaßen durch eine Überumpelung des zur Umwandlung neigenden Quarzes werden auch die zerstörenden Kräfte im Innern verkleinert, die Gefahr des Springens ist vermindert.

Da große Stücke Bergkristall ohne Risse und Einschlüsse immerhin selten sind, muß das Streben der Quarzschmelzerei darauf gerichtet sein, aus dem in großen Mengen vorkommenden Quarzsand nicht nur undurchsichtiges Quarzglas, sondern auch klares, blasenfreies Quarzglas herzustellen. Versuche in dieser Richtung machten 1906 DAY und SHEPHERD. Sie

¹⁾ B. ALEXANDER-KATZ: „Quarzglas und Quarzglas“. Vieweg: Braunschweig 1919.

²⁾ Siehe darüber das soeben erschienene Buch von E. ZSCHIMMER: „Theorie der Glasschmelzkunst“. 2. Buch, 1. Teil. Jena 1924, welches sich in einem

längeren Abschnitt auch mit dem Quarz und Quarzglas und ihren Eigenschaften beschäftigt.

¹⁾ Vgl. dazu Zeitschr. f. physikal. Chemie 46, 408, 1903.

erhitzten Quarzkörner im Graphittiegel bis zu etwa 2000°, wobei die Luft in den Zwischenräumen der Körner durch die starke Kieselsäure-Dampfentwicklung verdrängt wurde. Darauf setzten sie die Schmelze unter Luftdruck von etwa 200 Atm., den sie beim Herabgehen auf etwa 1800° allmählich verminderten. Eine derart gewonnene Platte von 7,5 × 12,5 × 1,3 cm zeigte nur einige sehr feine Bläschen. Ähnlich verfährt H. HELLBERGER in seinem DRP. 310 134 (1922). Er schmilzt den Quarz im Vakuum, füllt nach dem Schmelzen den Ofen mit Gasdruck und läßt die zusammengepreßte Masse unter Druck erstarren.

Da die amerikanische Nachricht ausdrücklich von brasilianischen Krystallen als Ausgangsprodukt spricht, so muß man daraus schließen, daß es sich nicht um eines der beiden letzten Verfahren handelt, sondern um eine Abänderung der längst bekannten Methoden, durch Umschmelzen von Bergkrystallstücken zu größeren Quarzglasmassen zu gelangen. Vielleicht besteht das Neue lediglich darin, die durch das Zersplittern beim Erwärmen verursachten Blasen zunächst durch Anwendung von Vakuum, dann durch hohen Druck zu verkleinern. Mag auch damit vielleicht eine Verbesserung erzielt worden sein, eine Umwälzung in der optischen Industrie bedeutet das aber schon deswegen nicht, weil man, besonders für größere Quarzinsen, nach wie vor abhängig von der relativen Seltenheit guter großer Stücke bleibt. Ob die so echt amerikanisch angepriesenen neuen Quarzglaserzeugnisse den hohen Anforderungen, die man an optisches Glas in bezug auf Homogenität stellt, genügen werden, bleibt auch deshalb abzuwarten, weil es sich gezeigt hat, daß die einzelnen Bergkrystalle untereinander durchaus nicht gleichförmig in ihren optischen Eigenschaften sind. Besonders wenn man Stücke von verschiedenen Krystallen zusammenschmilzt, zeigen sich deshalb deutlich Schlieren und Schichtungen, also merkliche Unterschiede im Brechungsvermögen, die eine Verwendung für Präzisionsoptik verbieten.

Die für die Optik besonders wichtigen guten Eigenschaften des Quarzglases sind: sein verschwindend kleines Ausdehnungsvermögen und damit zusammenhängend die große Wärmefestigkeit, die optische Lage, d. h. das niedrige Brechungsvermögen und die geringe Farbenzerstreuung und insbesondere die hohe Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht.

Bekanntlich kann man Gegenstände aus geschmolzenem Quarzglas in glühendem Zustande in kaltes Wasser tauchen, ohne daß sie zerbrechen, während Glas bei einer derartigen Behandlung in viele Stücke zerspringt. Es gelang aber schon im Jahre 1893 dem Jenaer Glaswerk, Sondergläser zu erzeugen, die in dieser Beziehung dem Quarzglas recht nahekommen. Besonders bekannt geworden ist das Jenaer Zylinderglas als Zugzylinder für die Gasglühlichtbeleuchtung. Diese halten das Anspritzen mit kaltem Wasser ohne Schaden aus, während innen der Auerstrumpf glüht. Für die hoch beanspruchten Linsen in den Kinoprojektionsapparaten liefert das Jenaer Werk das sog. Tempaxglas, das in bezug auf Wärmefestigkeit so hohen Anforderungen genügt, daß selbst billiges Quarzglas in den meisten Fällen keinen erheblichen Fortschritt bedeuten würde.

Die extremen optischen Eigenschaften sind schon seit längerer Zeit mit den Jenaer Fluorkronen fast völlig erreicht. Da infolge der bei allen Gläsern auftretenden Farbenzerstreuung die verschiedenfarbigen

Lichtstrahlen ungleich stark gebrochen werden, so kann eine einzige Linse aus irgendeinem Glase allein kein fehlerfreies Bild erzeugen. Um diese Abbildungsfehler zu beseitigen, vereinigt man in den wichtigsten modernen Instrumenten mehrere Glassorten in verschiedener Linsenform miteinander zu einem Satz und erhält erst dadurch die leistungsfähigen photographischen Objektive, Mikroskope usw. Selbst die billige Herstellung von Quarzglas bedeutet deshalb keineswegs eine Umwälzung in der optischen Industrie, denn zu den bis jetzt verwendeten etwa 120 verschiedenen optischen Glasarten tritt einfach eine neue mit etwas extremeren optischen Eigenschaften hinzu.

Der wichtigste Vorzug des Quarzglases in optischer Hinsicht ist seine große Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht. Die Angaben in der amerikanischen Nachricht sind aber darüber gänzlich unklar. Für sichtbares Licht (Wellenlänge 700–400 $\mu\mu$) ist die Durchlässigkeit für 1 cm starkes, gutes optisches Kronglas etwa 98–100% und kann vom Quarzglas nicht wesentlich übertroffen werden.

Im Ultravioletten hört jedoch die Durchlässigkeit bei den besten optischen Gläsern für 1 cm Dicke schon etwa bei 310 $\mu\mu$ auf. Nur das Jenaer Uviolkron läßt in 1 cm Dicke bei 313 $\mu\mu$ noch 70% durch. Quarzglas zeigt dagegen bei dieser Wellenlänge noch fast keine Absorption, erst unterhalb 200 $\mu\mu$ wird es ebenfalls undurchlässig. So läßt nach Messungen von H. PFLÜGER eine Platte von etwa 3 mm aus Quarzglas bei 210 $\mu\mu$ noch 56%, unterhalb 200 $\mu\mu$ nichts mehr durch.

Diese hohe Durchlässigkeit hat seit langem bereits zur Verwendung des Quarzglases überall da geführt, wo die besonderen Eigenschaften der ultravioletten Strahlen weitgehend ausgenutzt werden sollen, wie z. B. bei den Quarzquecksilberdampflampen von HERÄUS, dem Köhlerschen Ultraviolet-Mikroskop von Zeiss oder den verschiedenen Spektralapparaten mit Quarzoptik. Für die meisten optischen Zwecke bietet aber die Verwendung von Quarzglas deshalb keine besonderen Vorteile, weil, wie bereits erwähnt, die hohe Präzision z. B. von photographischen Objektiven u. dgl. nur erreicht werden kann durch Verwendung mehrerer Linsen aus verschiedenen Glasarten. Da zur Beseitigung der Abbildungsfehler bis jetzt nur die im Ultravioletten schlechter durchlässigen optischen Gläser Verwendung finden können, so wird dadurch die hohe Durchlässigkeit des Linsensatzes herabgedrückt und der Vorteil der Verwendung von Quarzglas ist günstigenfalls nur gering.

Es handelt sich also bei der amerikanischen Nachricht nicht um eine umwälzende neue Erfindung, sondern günstigenfalls um eine Neuheit, durch die die Herstellung des Quarzglases auf billigerem Wege und in größeren Quantitäten als bisher ermöglicht wird. Aber auch dann, wenn dies gelungen sein sollte, bleibt die Quarzglasindustrie vorläufig, indem sie sich damit begnügt, die von der Natur gegebene Blasenfreiheit des kristallisierten Rohstoffs im daraus gewonnenen Glase zu erhalten, auf einen kleinen Maßstab beschränkt. An die Deckung von Massenbedarf an Quarzglas ist bei diesem Verfahren kaum zu denken. Erst, wenn es gelingt, den natürlichen Sand oder Quarzmehl in genügend blasenreines Glas überzuführen, und zwar in Form und Größe der bekannten Glaswaren, wird die Entwicklung der Quarzglasschmelzung zur Großindustrie einsetzen.

Besprechungen.

SCHULZE, P., **Biologie der Tiere Deutschlands**. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachleute. Berlin: Gebr. Borntraeger 1923. 13 × 21 cm.

Von der Biologie der Tiere Deutschlands sind nach der ersten Lieferung, die an dieser Stelle bereits besprochen wurde (Naturwissenschaften 1923, H. 37, S. 783), 8 neue Lieferungen erschienen. Die Lieferung 2 enthält die Acarina von Graf H. VITZTHUM und P. SCHULZE, sowie die Thysanoptera von H. PRIESNER und die durch Insektenlarven erzeugten Blattminen von M. HERING. Die 3. Lieferung bringt die Fortsetzung der Acarina, bearbeitet von K. VIETS, P. SCHULZE und Graf H. VITZTHUM. In der 4. Lieferung sind enthalten die Araneina (U. GEBHARDT) und die Pisces (A. REMANE), in der 5. die Gastrotricha (P. SCHULZE) und die Diptera (E. LINDNER). Die Lieferungen 7 und 8 umfassen die Hymenoptera I und II von H. BISCHOFF und außerdem die Amphibia von A. REMANE, während in der 9. Lieferung die Ephemeroptera von G. ULMER und die Reptilia von A. REMANE besprochen werden.

Die Hoffnungen und Erwartungen, die ich bei der Besprechung der ersten Lieferung aussprechen konnte, haben sich in vollem Maße erfüllt: Wir erhalten in diesem Werke eine praktische und übersichtlich angeordnete Zusammenfassung der biologischen Verhältnisse unserer einheimischen Tierwelt; eine Zusammenfassung, die nicht nur weiteren naturwissenschaftlich interessierten Kreisen Belehrung und Anregungen bietet, sondern auch dem Fachzoologen gute Dienste leistet. Ist doch jede Tiergruppe von einem Fachspezialisten bearbeitet, der das Gebiet beherrscht und dadurch aus dem Vollen schöpfen kann. Wie in der ersten Lieferung sind überall die für die betreffenden Formen wichtigen Vorgänge des Lebenszyklus einer Besprechung unterworfen, und es ist das Bestreben der Verfasser erkennbar, bei deren Behandlung immer eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten. Ganz systematisch ist diese Reihenfolge allerdings nicht durchgeführt; eine starre paragrafenhafte Einteilung läßt sich aber auch bei der Verschiedenartigkeit der einzelnen Gruppen nicht erzielen. Bei der einen Klasse interessiert besonders die Regenerationskraft wie bei den Planarien, bei anderen wieder mehr die Reizphysiologie. Bei den Hymenopteren mußten die Bauten einer genaueren Besprechung unterzogen werden, bei den Spinnen die Herstellung der Fangapparate, bei anderen Gruppen wieder andere Eigentümlichkeiten, die als besonders beachtenswert ausführlichere Bearbeitung erfuhren. Den Acarinen wurde eine systematische Übersicht der in Deutschland vorkommenden Arten vorangestellt; eine solche Übersicht war deshalb nötig, da aus den gebräuchlichsten Lehr- und Handbüchern kein Überblick über die Systematik der Milben gewonnen werden konnte.

Im einzelnen auf den Inhalt der verschiedenen Hefte einzugehen, ist nicht möglich, da ja die betreffenden Abschnitte selbst schon eine gedrängte Übersicht über das hierher fallende Wissensgebiet geben.

Es ist zu wünschen und zu hoffen, daß die flotte Erscheinungsfolge auch weiterhin eingehalten werden kann, damit das Werk bald vollständig vorliegt und das erreicht ist, was dem Herausgeber am Herzen liegt: eine Ergänzung zu den mehr anatomisch und physiologisch eingestellten Lehrbüchern zu bieten, in welcher die Biologie der einheimischen Tierwelt zu ihrem Rechte kommt. WILH. GOETSCH, München.

HOLMES, SAMUEL J., **Bibliography of Eugenics**. University of California Publications in Zoology.

Vol. 25. Berkeley, University of California Press, California 1924.

Über 500 Seiten Literatur, in 30 verschiedene Abschnitte geteilt, bringt HOLMES in diesem grundlegenden Werke. HOLMES hat den wichtigsten Kapiteln kurze Einleitungen vorausgeschickt, in denen er die Gründe seiner Auswahl darlegt, denn eine gesamte eugenische Literatur zu verfassen ist, wie jeder weiß, völlig unmöglich. Außer dieser Darlegung enthalten die Einleitungen zu den Hauptkapiteln aber vielfach wichtige und grundlegende Besprechungen über die Bedeutung dieser Abschnitte, so z. B. natürliche Auslese beim Menschen, städtische Auslese und Einfluß der Industrieentwicklung, Einfluß der Religion, der Rassenmischung, der Geschlechtskrankheiten auf die Rasse. Die Belesenheit des Verfassers ist ungeheuer. Die Hauptwerke, welche zusammengebracht sind, stammen aus der englischen, amerikanischen, deutschen und französischen Literatur, doch fehlen auch solche italienischer, tschechischer und russischer Herkunft nicht. Die meisten Angaben stammen aus den Jahren 1900–1920, doch sind hunderte von älteren und manche noch neuere in dem Werk enthalten. Hier und da ist in einer Zeile der Hauptinhalt eines größeren Werkes angedeutet. Die vorliegende Bibliographie ist aus der Literatursammlung zu einem Werke „Die Richtung der Rasse (the trend of the race)“ hervorgegangen. HOLMES sagt, er befände sich bezüglich der Anerkennung seines Werkes in der Lage eines Lexikographen, dem es nach JOHNSON (in der Einleitung seines berühmten Lexikons) so geht, daß er nie auf Lob rechnen darf, sondern sich mit der Hoffnung begnügen muß, er werde nicht (wegen Auslassungen) getadelt werden. HOLMES Werk ist zu bewundern und zu loben! F. PINKUS, Berlin.

EIDMANN, HERMANN, **Die Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. Mit Berücksichtigung des Wirbeltiergebisses**. Berlin: Hermann Meusser 1923. Preis 12 Goldmark.

Bekanntlich sind die Arbeiten über die Ontogenie und Phylogenie der Zähne in zoologischen, anatomischen und zahnärztlichen Lehrbüchern und Zeitschriften zerstreut und ihre Ergebnisse für denjenigen, der nicht selbst auf diesem Gebiet tätig ist, schwer zu übersehen. Verf. hat es daher übernommen, eine zusammenfassende Darstellung von der normalen Entwicklungsgeschichte der Zähne zu geben. Er geht zwar von dem Gebiß des Menschen aus, da das Buch hauptsächlich für Zahnmediziner bestimmt ist, auch die Zähne des Menschen nach jeder Richtung hin am genauesten durchforscht sind, berücksichtigt aber auch das Wirbeltiergebiß, da viele Erscheinungen des Entwicklungsgeschehens nur durch den Vergleich verschiedener Tierformen ihre Erklärung finden.

Vorausgeschickt ist ein Überblick über die allgemeine Entwicklungsgeschichte bis zur Bildung der Keimblätter, um auch den in der Praxis stehenden Leser mit den Grundlagen aller Entwicklungsvorgänge wieder vertraut zu machen.

Die Entwicklungsgeschichte der Zähne beginnt mit der Entwicklung der Mundhöhle und des Gesichts, wobei auf die Entstehung der verschiedenen Spaltbildungen näher eingegangen wird.

Die Darstellung von der Entwicklung der Zahnleiste und des Schmelzorgans ebenso wie die Histologie der Zahnanlage und die Histogenese der Hartsubstanzen der Zähne fußt überall auf den neuesten Untersuchungen, insbesondere sind die Arbeiten von

LAMS zu erwähnen, die unsere Auffassung von der feineren Struktur der Schmelzzellen und der Bildung des Schmelzes gegenüber den älteren Ansichten doch wesentlich zu modifizieren geeignet sind.

In den folgenden Kapiteln wird die Entwicklung der Alveolen, der Durchbruch der Milchzähne, der Zahnwechsel und die Dentitionenfrage erörtert. Damit schließt dieser Teil des Buches und es folgt noch eine kurze Darstellung der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der Zähne, der Phylogenie des Gebisses und schließlich ein Überblick über die Geschichte der Erforschung der Zahnentwicklung. Ein sehr ausführliches Literaturverzeichnis ist beigegeben.

Das Buch wird den Zweck, für den es bestimmt ist, dem Zahnmediziner einen Überblick über dieses Forschungsgebiet zu geben, ihn auf schwebende Fragen aufmerksam zu machen und zu weiteren Arbeiten anzuregen, gewiß in vollem Umfang erfüllen. Es ist überall auf die neuesten Untersuchungen Bezug genommen. Die Ausstattung ist, wie wir es bei dem Verlag Meusser gewohnt sind, ausgezeichnet, die Anschaffung des Werkes jedem, der sich für das so überaus wichtige Gebiet der Entwicklungsgeschichte interessiert, sehr zu empfehlen.

PAUL ADLOFF, Königsberg i. Pr.

HOERNES, MORITZ †, *Urgeschichte der Menschheit*. 5. Aufl., besorgt von FRIEDRICH BEHN. Sammlung Göschel Bd. 42. 136 S. und 100 Abbild.

HOERNES, MORITZ †, *Kultur der Urzeit*. I. Steinzeit. 2. Aufl., besorgt von FRIEDRICH BEHN. Sammlung Göschel Nr. 564. 137 S. und 50 Abbild. Berlin: Vereinigung wissenschaftlicher Verleger 1920 und 1912. Preis je 1,25 Goldmark.

Eng zusammengefaßt und mit vielen grundlegenden Bildern ausgestattet, geben diese beiden kleinen Bändchen eine ausgezeichnete Übersicht über die frühe Vorzeit der Menschenentwicklung. Erst vor kurzem wurde hier von HAUSER die Bedeutung des verstorbenen HOERNES als umfassenden Kenners und Darstellers der urgeschichtlichen Kulturprobleme gedacht (S. 290, 1923). In diesen durch BEHN kongenial fortgeführten Bändchen zeigt er in allgemeinverständlichem Ton eine Fülle von Wissenswertem und zum Nachdenken Anregendem aus der Urzeit. Höhlenbilder, die Geräte und Waffen, die vergleichende Sprachforschung geben schöne, trotz der Kürze der Darstellung kritisch gewertete Anschauungen über die Entwicklung der Rassen und Völker, deren Körperbau uns in den Ausgrabungen erhalten ist. Es ist interessant, wie weit zurück der Mensch schon mit einem Körper und einem Denkvermögen ausgerüstet gewesen sein muß, das vollkommen auf der Höhe der Rassen von heutzutage gestanden hat. Hier vergleicht BEHN die Gedankengänge bei neuzeitlichen, auf der niedersten Kulturstufe stehenden Völkern mit den wahrscheinlichen der Urzeitvölker: der bedürfnislose Jäger, trotz voller Intelligenz, vermag über den kleinen Raum seiner Interessensphäre nicht hinaus zu denken, aber nicht nur das, er will es auch nicht, er verachtet jede Kultur und jede andere Geistestätigkeit, von der er nicht begreift, warum er sie, die mit so viel Beschwerden verbunden ist, auf sich nehmen soll. Erst der Besitz und namentlich die Selbsttätigkeit bringen Ausdehnung des Gesichtskreises. Hier wirkt die Frau, deren Kunst ganz verschieden ist von der des Mannes. Die männliche Kunst erzeugt die naturalistischen großen Bilder der Höhlenjäger, Tier- und Menschendarstellungen und andere Einzelkunstwerke; Ornament und Verzierung der Gebrauchsgegenstände ist Erfindung des Weibes, das mit diesen Gegenständen arbeitet, das flicht, webt und seine geometrischen Web-

muster im Ton der Kochtöpfe nachahmt, Menschen-darstellungen sind erst in kubistischer Form diesen Mustern angepaßt. Wie diese Gedankengänge sind viele weitere im Schlußabschnitt „Steinzeitkulturen in anderen Erdteilen“ mit derselben Anregungsfülle dargestellt, von denen die Beschreibungen über Behausung und Tracht, die gesellschaftliche Ordnung und geistigen Begriffe, namentlich Religion und Totenkult (z. B. Ähnlichkeit von Haus und Sarg durch alle Zeiten und alle Bestattungsformen hindurch) hervorzuheben sind. Die ganzen Bücher bestehen aus Andeutungen großer Begriffsabteilungen, zu deren Ausführung der Raum fehlte, aus Tatsachen, welche Klarheit über große Gebiete geben, aus Bildern, die einerseits ganze Zeitperioden sich vor uns entwickeln lassen, andererseits vielbesprochene und deshalb bekannte Kunstgegenstände vor Augen führen. Aus Büchern, wie den beiden besprochenen, sieht man, wie bedeutend und erfolgreich die allgemeine Belehrung sein kann, wenn ein großer Gelehrter sein Wissen und Denken in verständlicher Form zusammenfaßt und dem Volke darbietet.

F. PINKUS, Berlin.

V. ZITTEL, KARL A., *Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie)*. Neubearb. von F. BRÖILI und M. SCHLOSSER. II. Abt.: Vertebrata. Vierte verm. u. verb. Aufl. München und Berlin: R. Oldenbourg 1923. 706 S. und 800 Abbild. Preis 16,50 Goldmark.

Daß die Paläontologie der Vertebraten nicht mehr nur eine Beschreibung mehr oder weniger gut oder schlecht erhaltenen zufällig gefundener Skelettreste ist, und daß infolgedessen ihre Bedeutung für das Verständnis der lebenden Formen nicht mehr unterschätzt werden darf, das wird durch nichts so deutlich, wie durch die Fülle von Tatsachen, welche die neueste Auflage der bekannten Zittelschen Grundzüge enthält. 1918 erschien die 3. Auflage; seitdem wurde die gerade auf diesem Gebiet so wichtige amerikanische Literatur wieder zugänglich. Das Neue in dieser 4. Auflage beruht deshalb vor allem auf der Berücksichtigung der neuesten Literatur. So ist dies Buch für den Lernenden wie Forschenden unentbehrlich, da es die fossilen Formen in klarer systematischer Übersicht gibt. Ausführliche Literaturangaben als Fußnoten ergänzen, wo die Bedürfnisse weiter gehen. Nicht nur der Paläontologe, sondern der Zoologe und auch der vergleichend anatomisch arbeitende Mediziner wird das Buch mit Nutzen gebrauchen. Ja, es sollte dem letzteren gerade recht empfohlen werden, und darin besonders das Studium der einzelnen Schlußkapitel, die nach der systematischen Schilderung der Klassen jedesmal die zeitliche und räumliche Verbreitung und die Stammesgeschichte der Fische, Amphibien, Reptilien usw. zusammenfassend darstellen. Die Mediziner machen sich vielfach den Unterschied zwischen „vergleichend anatomischer“ und „phylogenetischer“ Forschung nicht klar, denn man findet wohl, daß eine Untersuchung, welche einzelne Tierformen in der Reihenfolge des zoologischen Systems behandelt, als eine phylogenetische Untersuchung bezeichnet wird. Die Stammesgeschichte der Tiere ist für solche Autoren ein verwässerter Begriff geworden, unter dem man sich nichts Exaktes vorstellt. Vielleicht wäre es jetzt an der Zeit, in paläontologischen Lehrbüchern der vorliegenden Art die lange so schlecht beleumundeten Haeckelschen Stammbäume wieder anzuwenden. Das tatsächliche Wissen über die phylogenetischen Zusammenhänge hat sich gerade durch die Fortschritte der Paläontologie so vermehrt, daß es von didaktischer Bedeutung wäre, es in Gestalt von Stammbäumen graphisch darzustellen.

H. BÖKER, Freiburg i. Br.

FRIESE, H., *Die europäischen Bienen* (Apidae). Das Leben und Wirken unserer Blumenwespen. Eine Darstellung der Lebensweise unserer wilden wie gesellig lebenden Bienen nach eigenen Untersuchungen für Naturfreunde, Lehrer und Zoologen. Berlin und Leipzig: Vereinigung wissenschaftlicher Verleger 1923. VI, 456 S., 100 Figuren im Text und 33 farbige Tafeln. Preis geh. 25, geb. 27 Goldmark.

Das Werk liegt nunmehr in 5 Lieferungen fertig vor und hält im großen und ganzen den Eindruck, der sich bereits aus der ersten Lieferung gewinnen ließ. Den eigentlichen Hauptteil des Buches (über 300 S.) stellt die ausführliche biologische Behandlung der einzelnen Gattungen dar, worin eine Fülle von Beobachtungen teils von dem erfahrenen Verf. selbst, teils von anderen geboten wird. Mit Recht nimmt auch in diesen Kapiteln der Nestbau den größten Raum ein, denn um ihn dreht sich doch gewissermaßen die Biologie der Apiden. Das Allzuvolkstümliche der Darstellung und ihr Stil sind nicht immer erfreulich, insbesondere erregen die beiden „Populären Vorträge für Unterhaltungsabende“ am Schluß des Buches erhebliches Unbehagen. Auch unter den meist ganz vorzüglichen Bildertafeln finden sich in den späteren Lieferungen einige, offenbar älterer Herkunft (z. B. Tafel 23 und 26), die mit ihrem süßlichen landschaftlichen Beiwerk besser weggelassen wären; denn der Wunsch, sie durch wissenschaftlich Wichtigeres ersetzt zu sehen, mag bei der heutigen Wirtschaftslage als unbillig erscheinen. Daß eine präzise deutsche Namengebung in dem Buch durchgeführt wird, ist höchst erfreulich. Doch scheint mir auch hier das Popularisierungsbestreben zu weit getrieben und darüber die wissenschaftliche Nomenklatur vernachlässigt. Im Sachverzeichnis z. B. sind nur die deutschen, aber nicht die lateinischen Benennungen alphabetisch eingereiht, was für den Laien keine Erschwerung, für den Fachmann aber eine wesentliche Erleichterung im Gebrauch des Buches bedeuten würde.

An geschlossenen monographischen Darstellungen wichtiger Insektengruppen und ihrer Lebensweise, wofür etwa ESCHERICH'S „Ameise“ das mustergültige Vorbild ist, fehlt es uns noch sehr. Darum ist auch das Friesesche Werk besonders zu begrüßen, denn es füllt wieder eine große Lücke aus. Darum drängt sich aber auch der Wunsch vor, es möchte auch in der Form der Darstellung und in strenger Wissenschaftlichkeit den Bedürfnissen des anspruchsvollsten Lesers genügen.

MAX DINGLER, München.

KRONACHER, C., *Allgemeine Tierzucht*. 2. Abteilung: Fortpflanzung — Variation und Selektion — Vererbung. 2. Auflage. Berlin: Paul Parey 1920. IX, 203 S., 48 Abb. und 1 Tafel. 16 × 24 cm. Preis 8,50 Goldmark.

Der vorliegende Teil des großen Werkes von KRONACHER darf das besondere Interesse weiterer Kreise in Anspruch nehmen, weil hier ein in wissenschaftlicher Forschung wie praktischer Erfahrung gleich gut bewandelter Autor in selten klarer Fassung die wichtigsten Tatsachen aus den Gebieten der Fortpflanzung, Variation, Selektion und Vererbung darstellt. Für den eigentlichen Biologen ist das Buch vor allem deshalb sehr anregend, weil es aus dem Gebiet der Haustierzucht viele, sonst nicht leicht zugängliche Forschungsergebnisse anführt. Das erste Kapitel bringt in kurzer Form die wichtigsten Daten der Geschlechtszellenbildung, Befruchtung und Embryonalentwicklung. Das zweite Kapitel behandelt Variation und Selektion und deren bedingende Faktoren; für die Aufgaben der Tierzucht muß gesagt werden, daß trotzdem durch

die Selektion dieser Art von Varianten der genotypische Mittelwert der der Zuchtwahl unterworfenen Eigenschaft nicht verschoben werden kann, die Auswahl der besten Varianten, der besten Vertreter besonders geschätzter Eigenschaften in bezüglich dieser Eigenschaften homozygot veranlagten Beständen, nicht nutzlos und überflüssig ist. Dies abgesehen von der immer vorhandenen Möglichkeit der Isolierung vorhandener Erbtypen und damit der Verbesserung der Rasse, weil immer die Möglichkeit der Auswahl einer Mutation vorhanden ist, weil diese Modifikationen wirtschaftliche Vorzüge besitzen und vor allem, weil sehr häufig die Nachkommen in Form der sogenannten „Nachwirkungen“ sehr günstig beeinflusst werden. Zu den Ausführungen über Mutation, Modifikation, Genotypus usw. wird in künftigen Auflagen vor allem die Kritik von F. WEIDENREICH an diesen Begriffen beachtet werden müssen.

Die restlichen drei Viertel des Buches werden von dem 3. Kapitel eingenommen, das der Vererbungs-forschung gewidmet ist. Wir wollen hier nur ein paar Tatsachen aus dem vorbildlich klaren Zusammenhang herausheben. K. betont besonders, daß die somatische Induktion (d. h. also die „Vererbung erworbener Eigenschaften“ im engeren Sinne) keineswegs eine *conditio sine qua non* für die Ziele der Haustierzüchtung sei; systematische Zuchtwahl, geeignete Kombination (Bastardierung) und Auslese günstiger Mutationen bieten viele Wege. Der Verf. nimmt wohl mit Recht an, daß bei der angeblichen Beobachtung von Vererbung erworbener Eigenschaften die „Nachwirkungen“ (bes. gerade bei unseren Haustieren in Gestalt der Beeinflussung des sich entwickelnden Embryos und vor allem der Keimzellen auf dem Wege des Stoffwechsels) eine sehr große, oft nicht beachtete, Rolle spielen. Dabei weist K. besonders nachdrücklich darauf hin, „daß Zuchtwahl und Vererbung nur einen gemessenen Teil der Mittel zum Erfolge in der Züchtung darstellen, daß die Grenzen der Möglichkeit in der Ausgestaltung der einzelnen Formen und Eigenschaften der Tiere auf Grund der Erbanlagen vielfach aber sehr weit gezogen sind und es nur in seiner Hand liegt, durch entsprechende Gestaltung der Lebenslage der Tiere vom Tage der Geburt an die in den überkommenen Anlagen begründeten Möglichkeiten zu wecken“ (geeignete Aufzucht, Haltung, Fütterung usw.). In dem Abschnitt über Geschlechtsvererbung und Geschlechtsbestimmung sind leider die neueren Arbeiten R. GOLDSCHMIDTS noch nicht berücksichtigt. Aus diesem Kapitel will ich zum Schluß noch eine wohl wenig bekannte Angabe zitieren, die wegen ihres Gegensatzes zu allen unseren Kenntnissen dringend der Nachprüfung bedarf: „URBAN (Jahrb. f. wiss. u. prakt. Tierzucht **II**, S. 17) hat in einer schlesischen roten Ostfriesenherde Beobachtungen angestellt und bei Benutzung verschiedener Bullen in 60 Fällen, in denen die Kühe vor dem Melken, also mit vollem Euter gedeckt wurden, 51 Kuhkälber und 9 Bullenkälber, in 75 Fällen, in denen die Kühe nach dem Melken gedeckt wurden, 8 Kuhkälber und 67 Bullenkälber erzielt.“ So überzeugend diese Zahlen klingen, wird man zunächst eine Bestätigung abwarten müssen.

W. LANDAUER, Heidelberg.

LUNDBLAD, O., *Süßwasseracarinae aus Dänemark*. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. Naturvidenskabelig og matematisk Afdeling. 8. Raekke, Bd. 6, 2. Kopenhagen: Andr. Fred Hjöst & Son 1920. 126 S., 34 Abbild. und 12 Tafeln. Preis 18 Kr. 50 Öre.

Die Untersuchungen von LUNDBLAD, welche in

dieser Monographie vorliegen, sind an einer der schwierigsten zoologischen Gruppen, den Süßwassermilben, durchgeführt worden. Zunächst ist das Werk für den Spezialisten, besonders für den Hydrobiologen bestimmt. Klare Diagnosen ermöglichen die Bestimmung der einzelnen Arten. Unterstützt werden die Darstellungen durch ein sehr reiches und vorzügliches Bildmaterial, das durchweg neu ist. Das erste Kapitel enthält eine kurze historische Übersicht und das zweite Kapitel (es ist das umfangreichste) ist der Morphologie, d. h. der Beschreibung der einzelnen Arten gewidmet, wobei Fundort und geographische Verbreitung bei jeder Form angegeben werden. Der Verf. hat aber die systematischen Untersuchungen nicht um ihrer selbst willen gemacht, sondern um biologische Fragen mehr allgemeinerer Natur zu lösen. Besonders sind es ökologische und tiergeographische Probleme, die er anschließend an seine systematischen Studien erörtert. Alle tiergeographischen Diskussionen haben natürlich nur dann Zweck, wenn es möglich ist, auf Grund morphologischer Arbeiten gewisse Formen mit vollkommener Sicherheit zu identifizieren, d. h. ohne genaue systematische Vorarbeit ist jedes Erörtern tiergeographischer Probleme hinfällig.

Im dritten Kapitel (allgemeiner Teil) seiner Monographie verwertet Verf. kritisch die Ergebnisse seiner systematischen Forschungen, unter gleichzeitiger Auswertung des bisher von anderer Seite Bekanntgewordenen. Letztere Ausführungen haben allgemeines Interesse, und es soll deshalb etwas näher darauf eingegangen werden. In erster Linie beziehen sich die allgemeinen Ausführungen auf die Familien der Limncharidae und der Hygrobatidae, während von der relativ wenig bekannten Vertretern aus der Familie der Halacaridae noch nicht viel zu sagen ist. Die Vertreter der ersteren beiden Familien teilt LUNDBLAD in folgende Gruppen: Gruppe 1: Kosmopolitische oder weit verbreitete Arten (hierher gehören Vertreter der Gattung *Diplodontus*, *Limnesia*, *Hygrobates*, *Unicola*, *Piona* und andere mehr). Besonders bemerkenswert ist, daß die Gattung *Arrhenurus*, welche gegenwärtig die reichste Entfaltung und größte Artenzahl aufweist, keine einzige kosmopolitische Art aufzuweisen hat. Die Gattung ist, wie sich Verf. ausdrückt, „äußerst plastisch“ und konnte sich allen Verhältnissen unter entsprechender Änderung einfügen. Gruppe 2: Arten mit beschränkter, hauptsächlich nordischer oder alpiner Verbreitung (hierher gehören Vertreter der Gattung *Thyas*, *Neumania*, *Huitfeldtia*). Die Form *Thyas tridentina* ist ausgesprochen stenotherm und auch als alpine Art bekannt. Sie wird vom Verf. als Eiszeitrelikt angesprochen. *Huitfeldtia rectipes* spricht Verf. als subarktisches Relikt an.

Sehr interessant sind ferner die Ausführungen LUNDBLADS über das Auftreten der Arten im Untersuchungsgebiet und über ihre Biologie, soweit sie überhaupt bekannt sind. Unterschieden werden folgende 7 Gruppen:

- Gruppe 1: Ubiquistische Arten,
- Gruppe 2: Arten, die in nicht austrocknenden Teichen vorkommen,
- Gruppe 3: Arten, die in temporären Teichen vorkommen,
- Gruppe 4: Seeformen,
- Gruppe 5: Flußformen,
- Gruppe 6: Formen der Quellen und rasch fließenden Bäche,
- Gruppe 7: Formen der sehr kleinen, langsam strömenden Bäche des Flachlandes.

Ergänzend sei zu dieser Gruppierung hinzugefügt, daß unter Ubiquisten Verf. nicht Formen versteht, die befähigt wären, in allen möglichen Gewässern ihr Leben zu fristen, sondern er versteht darunter mehr oder weniger eurytherme Arten von kosmopolitischer oder doch sehr weiter Verbreitung, die an die Beschaffenheit des umgebenden Mediums wenig Ansprüche stellen. Er rechnet dazu Vertreter der Gattung *Eylais*, *Unionicola*, *Piona* u. a. m.

Zu Gruppe 2 sei bemerkt, daß hierüber eine ganze Reihe von *Arrhenurus*-Arten zu zählen sind, und die meisten *Hydrarachna*-Arten. Die Form *Piona carnea*, welche LUNDBLAD hierherstellt, ist insofern von Interesse, da ihr planktonisches Auftreten zweifellos ist, eine Tatsache, welche auch WESENBERG-LUND feststellte.

Zu Gruppe 3: Hierher gehören recht charakteristische Arten, vor allen Dingen Formen aus der Gattung *Thyas*. Besonders bemerkenswert ist, daß die Formen fast niemals in anderen Lokalitäten auftreten. In einem eigentümlichen Starrezustand übersommern, im ausgetrockneten Bodenschlamm, die *Hydracarina*, wie LUNDBLAD feststellte; er betont aber mit vollem Recht, daß es noch vieler Untersuchungen bedarf, bevor man mit Sicherheit anzugeben vermag, ob nicht auch ein besonderes Dauerstadium dieser Wassermilbe in den gewöhnlichen Zyklus eingeschaltet wird.

Zu Gruppe 4: Sie enthält mit die interessantesten Formen. *Neumania callosa* und *Arrhenurus adnatus* sind ausgesprochene Seeformen. Das gleiche gilt von *Unicola crassipes*, welche oft in großer Menge im Plankton erbeutet wird. Von genannter Art sagt LUNDBLAD: „Diese Art ist die einzige Wassermilbe, die sich den an ein Planktontier gestellten Anforderungen anzupassen und die pelagische Zone auch sehr großer Seen zu bevölkern vermochte. Doch nur vorübergehend. Denn bei der Fortpflanzung ist sie noch immer genötigt, die Ufer oder den Boden aufzusuchen. Sie ist also kein so ausgesprochenes Planktontier wie die Krustaceen der pelagischen Region, deren ganzer Lebenslauf sich in den freien Wassermassen abspielt.“

Zu Gruppe 5: Verf. spricht als Flußformen, die in ständig fließenden Gewässern auftreten, nur 2 an: *Hygrobates longipalpis* und *Unicola crassipes*. Sie bilden charakteristische Bestandteile der Flußfauna.

Zu Gruppe 6: Hierher rechnet LUNDBLAD 2 Untergruppen, und zwar die eurythermen und stenothermen Arten. Als stenotherme Form spricht er nur *Thyas tridentina* an, alle anderen Formen, die hierher gehören, *Protzia*, *Sperchon*, *Lebertia* u. a. m., sind eurytherm und eng an fließende Gewässer und Quellen gebunden. Als wirkliche glaciäre Relikte betrachtet sie aber LUNDBLAD nicht, im Gegensatz zu SIG THOR.

Zu Gruppe 7: Für die kleinen, langsam fließenden und sich daher stark erwärmenden Bäche der Ebene nennt Verf. die Arten *Wettina macroplaca* und *Megapus spinipes* als charakteristisch; allerdings nennt er die Formen zunächst unter Vorbehalt, da über ihre Verbreitung noch zu wenig bekannt ist, und die Untersuchungen noch nicht weit genug ausgedehnt sind, um bindende Schlüsse zu ziehen.

An diese allgemeinen ökologischen und biologischen Ausführungen und Gruppierungen schließt sich ein kurzer Abschnitt über die *Hydracarina*, welche als *Muschelparasiten* auftreten. Es sind dies die beiden Formen *Unionicola intermedia* und *Unionicola ypsilophora*. Besonders interessant ist, daß *U. intermedia* bis jetzt in 4 Wirten beobachtet wurde, während *U. ypsilophora* nur in einer einzigen Muschelart (*Anodonta cygnea*) vorkommt. Zu den *Hydracarina* gehört

auch die Form *Unionicola crassipes*, welches man bisher als Muschelparasit angesprochen hat. Sie ist ohne Zweifel kein Muschelparasit, sondern ein Parasit (im Jugendstadium) von Süßwasserschwämmen.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß der Arbeit ein ausführliches Schriftenverzeichnis angefügt ist, und auf 12 Tafeln sind meisterhafte Mikrophotographien, nach Originalpräparaten des Verf., wiedergegeben. Die Tafeln ergänzen die Textfiguren aufs trefflichste. Die Ausstattung des ganzen Werkes ist so, wie wir es in der Vorkriegszeit auch von deutschen grundlegenden Monographien gewohnt waren.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

HENNIG, EDWIN, Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern. (Handbuch der Geologie und Bodenschätze Deutschlands, herausgegeben von ERICH KRENKEL.) Berlin: Gebrüder Bornträger 1923. 383 S., 61 Textabbildungen und 9 Tafeln. Preis 6 Goldmark.

Schwaben ist für die Geologie und Paläontologie klassisches Land. Hier ist durch die Tätigkeit des „Vaters der schwäbischen Geologie“, FRIEDRICH AUGUST QUENSTEDT (1837—1889 Professor in Tübingen), die noch heute unverrückte Grundlage für die Stratigraphie der Juraformation in Deutschland geschaffen worden; der ungeheure Fossilienreichtum des Landes hat für den Ausbau der Paläozoologie wichtige Beiträge geliefert und liefert sie noch unausgesetzt weiter. Schwaben ist das Land der berühmten „Vulkanembryonen“, hier liegt das vulkanische Nördlinger Ries mit seinen eigenartigen Erscheinungen, und hier konnten durch die Untersuchungen über die Aufeinanderfolge der verschiedenen Formen der Schneckenart *Gyraulus multiformis* im Miocän des Steinheimer Beckens sehr wichtige Aufschlüsse für die Stammesgeschichte im allgemeinen gewonnen werden. Vielleicht liegen auch anderswo die geologischen Verhältnisse eines Landes ebenso günstig oder noch günstiger für den Ausbau und die Förderung der Geologie und der Paläontologie; nirgends aber in Mitteleuropa und vielleicht nirgendwo in der Welt ist das Interesse an der Förderung dieser Forschungsgebiete so tief in die Volkseele eingedrungen wie gerade in Schwaben. Nicht nur die Forscher an den Hochschulen des Landes, sondern auch Beamte aller Stellungen, Geistliche, Lehrer, Fabrikanten, Handwerker, Arbeiter, Bauern, kurz alle Schichten und Stände des Volkes sind in gleicher Weise bemüht, entweder zu sammeln oder zu beobachten oder durch Mitteilungen an Berufene an der Förderung der Kenntnisse vom geologischen Aufbaue der Heimat mitzuarbeiten.

In dem „Geognostischen Wegweiser durch Württemberg“ von Pfarrer TH. ENGEL besitzen wir zwar eine vortreffliche Schilderung der Fundorte und der Grundzüge des geologischen Aufbaues Württembergs; HENNIG hat es jedoch unternommen, eine geologische Schilderung des Landes auf breiterer Grundlage zu entwerfen und vor allem jene Fragen in den Vordergrund zu rücken, die wir als „paläogeographische“ zu bezeichnen pflegen.

Es ist für den Fachmann ein wahres Vergnügen, den Wegen zu folgen, auf die uns E. HENNIG mit seinem vorzüglichen Buche führt. Einer kurzen geographischen Einleitung folgt die Besprechung der aufeinanderfolgenden Formationen im Bereiche Württembergs, dem sich ein allgemein geologischer Abschnitt (Vulkanismus, Tektonik, Erdbeben, Morphogenie) und als Schlußabschnitt eine Darstellung der Fossilien des Landes anschließt, der, dem Zwecke des Buches entsprechend, zwar nur kurz gehalten ist, aber er-

freulicherweise einige für den Fachmann besonders wertvolle Tatsachen und Abbildungen zum ersten Male bringt, wie z. B. die vorzügliche Abbildung des erst vor wenigen Jahren entdeckten und noch nicht beschriebenen *Chondrosteus Hindenburgi* Pompeckj, eines fossilen Störs aus den Ölschieferbrüchen des Lias von Holzmaden, der im Atelier von Dr. BERNHARD HAUFF meisterhaft präpariert wurde und einen der schönsten Fischreste aus dem Schwäbischen Lias darstellt, die bis heute bekannt geworden sind.

Im stratigraphischen Teile des Werkes ist vom Verf. ein sehr begrüßenswerter nomenklatorischer Vorschlag gemacht worden. Bisher waren wir gewohnt, die Bezeichnung der geologischen Stufen derart zu wählen, daß wir entweder „*Vindobonien*“ oder „*Vindobonian*“ schrieben und sprachen. HENNIG schlägt (S. 226) vor, die Endung zu latinisieren und von nun ab statt *-ian* oder *-ien* die Endung mit *-ium* zu bilden, also z. B. „*Vindobonium*“ zu sagen, was zweifellos vom wissenschaftlichen Standpunkte aus richtiger ist (vgl. *Kambrium*, *Algonkium* usw.).

Bietet also für den Fachmann das neue Werk HENNIGS eine Fülle des Wissenswerten und vermehrt es in höchst erfreulicher Weise den Schatz der deutschen geologischen Literatur, so wird es auch ohne Zweifel in den weiten Kreisen der Freunde der Geologie und Paläontologie Württembergs mit Freude begrüßt werden. Wir wünschen dem ausgezeichneten Buche Glück auf seinen Weg. Möge es dazu beitragen, auch weiter draußen in der Welt zu zeigen, daß die Geologie in Württemberg noch immer in so guten Händen liegt wie zu QUENSTEDTS Zeiten.

O. ABEL, Wien.

HUCKE, KURT, Geologie von Brandenburg. Stuttgart: Ferdinand Enke 1922. VII, 352 S., 56 Abbild. und 1 Karte der Umgegend von Berlin. 16×25 cm. Preis geh. 9,60, geb. 12 Goldmark.

Es ist wichtig und hat gute Früchte getragen, daß gerade ein so guter Kenner der Sedimentärgeschiebe wie HUCKE es unternommen hat, zum ersten Male eine Zusammenfassung der Geologie der Mark aus der weitverstreuten Literatur zu geben, die einem fühlbaren Bedürfnis entgegenkommt. Der orographisch hydrographische Überblick über die Landesnatur ist allerdings sehr knapp gehalten. Im übrigen ist der Stoff nach der Reihenfolge der geologischen Formationen behandelt, wobei wirtschaftlich wichtige Gesteinsserien in Sonderkapiteln zur Würdigung kommen, die ihrer Erschließung und Ausnutzung vor allem auch historisch gerecht werden. So findet sich beim Perm behandelt die Geschichte der Sperenberger Gipsbrüche, die Sperenberger Tiefbohrung, Salzstellen und Solquellen und die Salzsiederei; bei der Trias die Gewinnung und Verwertung des Rüdersdorfer Kalks und die Geschichte und Betriebsentwicklung der Rüdersdorfer Kalkbrüche, beim Miocän der märkische Braunkohlenbergbau und die ehemalige Alaungewinnung, getrennt von der Darstellung nach Formationen Ziegelindustrie und Kalksandsteinfabrikation, Tonwaren- und Glasindustrie, Raseneisenerzverhüttung in der Vergangenheit und Grundwasser und Quellen. Ein Schlußkapitel beschäftigt sich mit dem Bau des vorquartären Untergrundes, der bisher durch geophysikalische Messungen nur unvollkommen untersucht worden ist.

Von den Silurschichten zwischen Lugau und Fischwasser und den Culmgrauwacken im südlichen Randgebiet der Provinz am Koschenberg und dem Zechstein bei Rüdersdorf und Sperenberg bis zu den jüngeren Bildungen werden alle in Frage kommenden Stufen

mit erfreulicher Ausführlichkeit geschildert. Besonders wichtig sind die Kapitel über die Tertiärstufen mit ihren ausführlichen Faunenlisten. Jura ist nur aus den Bohrungen von Hermsdorf und Berlin bekannt, die untere Kreide kennt man nur aus Geschieben, von der oberen Kreide ist am wichtigsten das Auftreten

von Oberturon bei Ludwigshöhe auf Wallmov. Da der Stoff in viele schwebende und ungelöste Probleme der Diluvialgeologie eingreift, kann man mit der weisen Zurückhaltung des Verfassers dieses wichtigen regionalen Werkes durchaus einverstanden sein.

J. WEIGELT, Halle a. S.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

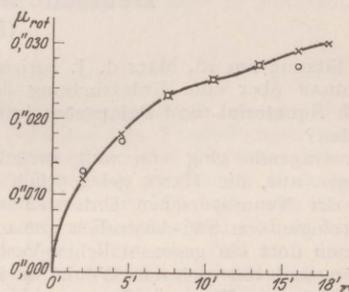
Die innere Bewegung in den Spiralnebeln.

Aus den Arbeiten von VAN MAANEN wissen wir, daß die Massen in den Spiralnebeln sich in der Hauptsache längs der Spiralarme von innen nach außen bewegen, wobei die Flächengeschwindigkeit mit dem Radiusvektor zunimmt. Mit der Annahme einer Zentralmasse und der Newtonschen Gravitation ist diese Bewegung unvereinbar, dagegen läßt sie sich in folgender Weise mindestens formal darstellen. Eine flache Scheibe bestehe aus diskreten dunklen Massenteilchen, die entsprechend ihrer gegenseitigen Gravitation in Kreisbahnen um den Scheibenzentrum rotieren. Aus diesem werden in der Richtung eines Durchmessers (der wie eine Knotenlinie seine Lage im Raume behält) nach entgegengesetzten Richtungen leuchtende Teilchen ausgestoßen und etwa durch Lichtdruck nach außen getrieben. Durch Zusammenstöße und Fernwirkungen überträgt sich die Rotationsbewegung der dunklen Teilchen auf die leuchtenden, so daß sich diese auf 2 Spiralarmen nach außen bewegen. Durch die Wahl der Dichtefunktion der dunklen Teilchen läßt sich jede Form der Spiralnebel und der beobachteten Geschwindigkeiten darstellen. Für Mess. 33 (Astrophysical Journal 57, S. 264) ergibt ein Versuch, bei der Annahme, die dunkle Scheibe habe einen äußeren Radius von 20' und einer Parallaxe von 0'',0005 die Dichtefunktion (Flächendichte)

$$D = 1,122 \times 10^{-9} \times e^{-0,122 r + 0,0016 r^2}$$

in astronomischen Einheiten, r in Bogenminuten. Wenn man die Dicke der dunklen Scheibe am Rande (nach

den dunklen Streifen der Spindelnebel) zu 5% des Durchmessers und die Raumdichte überall gleich annimmt, so erhält man eine Scheibe mit einem radialen Schnitte entsprechend der Form der Spindelnebel und einer Dichte von 10^{-16} gr/cm³. Diese Dichte ist unabhängig von der angenommenen Parallaxe. Die Gesamtmasse des Systems ist bei der Parallaxe 0'',05 resp. 0'',0005 gleich $1,5 \times 10^3$ resp. $1,5 \times 10^9$ Sonnenmassen. Die Darstellung der van Maanenschen Beobachtungen ist eine vollständige, wie die graphische Darstellung zeigt.



Geschwindigkeiten in Rotation in Mess. 33.

Die Kreise bezeichnen die beobachteten, die Kreuze die berechneten Geschwindigkeiten für die Radien r.

(Die van Maanenschen Mittelwerte sind etwas vergrößert entsprechend einer Neigung des Nebels von etwa 30–40°).

Göttingen, 4. Mai 1924.

B. MEYERMANN.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 3. Mai 1924 hielt Professor L. WEICKMANN (Leipzig) einen Vortrag: **Vom Bosphorus zum Toten Meer. Reisebeobachtungen während des Krieges.** Der Vortragende hat im Türkischen Reiche während der Jahre 1915–1918 40 meteorologische Stationen eingerichtet, deren Beobachtungsmaterial nach dem Zusammenbruch gerettet werden konnte und z. T. bereits veröffentlicht ist. Mehr als bei uns ist in der Asiatischen Türkei die natürliche Beschaffenheit des Landes, der Mensch und seine Kultur von dem Klima abhängig, das alle Übergänge von dem europäischen bis zum tropischen aufweist. Im Sommer beherrscht das, über Persien lagernde Luftdruckminimum, das tiefste der nördlichen Halbkugel, insofern den Witterungscharakter des ganzen Gebietes, als es aspirierende Wirkung auf die Luftströmungen ausübt. Es dehnt seinen Einfluß nordwärts bis zu der Klimascheide aus, die längs der Donau und der Nordküste von Kleinasien verläuft. Da die kleinasiatischen und syrischen Randgebirge die vom Meere mitgebrachte Feuchtigkeit gewissermaßen abfiltrieren, so überwiegt im Inneren der trockene Steppen- und Wüstencharakter. Im Winter dagegen erstreckt sich ein Ausläufer des innerasiatischen Luftdruckmaximums weit nach Westen und die kalte Luft dieses Hochdruckgebietes, die aus Asien herausfließt,

verursacht strenge Winter. Da die nach Osten vorgeschobenen Teile des Mittelländischen Meeres warm sind, so bewirkt der starke Temperaturgegensatz eine lebhaft Luftzirkulation, die sich in Gewitterscheinungen äußert. Besonders der 18. März 1918 war ein Tag heftiger Gewitterscheinungen und Hagelschläge. Sieben neue Brücken der Bagdadbahn wurden damals von den Regenfluten fortgerissen und 200 Arbeiter fortgeschwemmt.

Eines der interessantesten Gebiete ist jener große Grabenbruch, der in nordsüdlicher Richtung ganz Palästina durchzieht und in dem Golf von Akaba seine Fortsetzung findet. Hier ist erst in junger geologischer Vergangenheit eine langgestreckte Scholle der Erdkruste in die Tiefe gesunken und hat einen, von hohen Steilwänden umschlossenen, abfließen Trog (arabisch Ghor genannt) geschaffen, den früher ein See erfüllte, dessen Spiegelhöhe sich an den in die Felswände eingeschnittenen Uferlinien noch heute erkennen läßt. Gegenwärtig liegt der Wasserspiegel 200 m tiefer; der nördliche Teil der Depression ist trocken gelegt und wird vom Jordan durchflossen, in dessen Oberlauf der Hule-See in 2 m Seehöhe eingeschaltet ist, während der Tiberias-See bereits 293 und das Tote Meer, in dem das Stromsystem endet, sogar

395 m unter dem Meeresniveau liegt. Bekanntlich bildet der Spiegel des Toten Meeres die tiefstegelegene Stelle der Erdoberfläche. Der Salzgehalt von etwa 25% verleiht dem Wasser des Toten Meeres ein so hohes spezifisches Gewicht, daß ein badender Mensch in ihm zwar nicht untergehen, wohl aber ertrinken kann, weil ein normales Schwimmen nicht möglich ist, da die Beine nicht untertauchen können und man die Lage seines Körpers nicht in der Gewalt hat.

Ausgezeichnete, vom Flugzeug aus aufgenommene Photographien veranschaulichen die morphologischen Einzelheiten jener Gegend: die horizontal gelagerten Kalkschichten, deren Umrisse wie Höhenschichtlinien eines künstlichen Reliefs deutlich hervortreten, die in Staffelbrüche aufgelösten beiderseitigen Steilwände des Grabenbruches, die Einstellung der Bodengestaltung auf diesen jungen Einbruch durch Neu-

belegung der Erosionstätigkeit, den Boden des ehemaligen Ghor-Sees, in welchen der Jordan inzwischen sein Bett eingeschnitten hat, die ausgesprochene Mäanderbildung dieses Flusses, sein Drängen nach rechts infolge der ablenkenden Kraft der Erdrotation, die Deltabildungen der in das Tote Meer einmündenden Flüsse, die fächerförmige Ausbreitung des Jordanwassers über dem schweren Salzwasser des Toten Meeres, die Regelmäßigkeit in der Anordnung der Wüstendünen, welche eine zuverlässige Registrierung der vorherrschenden Windrichtung darstellt, und dergleichen mehr.

Ganz kurz kam der Vortragende auch auf die Typen der Völker zu sprechen, die bei aller Verschiedenheit im einzelnen von dem gemeinsamen Band der Bedürfnislosigkeit und Vaterlandsliebe umschlungen werden.

O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 28. März d. J. berichtete Herr Dr. MARKGRAF über eine Untersuchung der Frage: **Lassen sich Äquatorial- und Polarstrom luftelektrisch unterscheiden?**

Der Vortragende ging von weit zurückliegenden Ausführungen aus, die HANN gelegentlich einer Besprechung der Neumayerschen Untersuchungen über die Meteorologie von Süd-Australien gemacht hatte, und in denen dort ein gegensätzliches Verhalten der äquatorialen und der polaren Winde in bezug auf ihre luftelektrischen Eigenschaften zu erkennen war. Mit Hilfe des Potsdamer luftelektrischen Registriermaterials wurde die Frage eindeutig zu klären versucht. Leider erwiesen sich die durch andere meteorologische Faktoren bewirkten Störungen als so stark, daß man trotz der zahlreichen Umgruppierungen, die der Vortragende mit seinem Beobachtungsmaterial vorgenommen hatte, nicht von einem genügend sicheren Ergebnis der Untersuchung sprechen kann.

In der Sitzung vom 6. Mai sprach Herr Dr. BARTELS über: **Neuere Arbeiten über sonnen- und mondtägliche Luftdruckschwankungen.**

Der Vortrag brachte eine Darstellung jener Ergebnisse, die auf Grund von Beobachtungstatsachen in Untersuchungen von HANN, SIMPSON, KLEINSCHMIDT, CHAPMANN und dem Vortragenden gefunden worden waren. Nach einer allgemein gehaltenen Einleitung, die die Begriffe des Isoplethendiagramms und der harmonischen Analyse behandelte, wurde der Vorteil erörtert, den die Anwendung des Vektordiagramms zur Darstellung jahresperiodischer Veränderungen von harmonischen Wellen bietet. Dann wurden die einzelnen Wellen nacheinander besprochen.

Die ganztägige, d. h. 24stündige Druckwelle ist nach den Untersuchungen von HANN in höheren Breiten fast vollkommen von der Örtlichkeit bedingt, aber daneben ist doch eine allerdings nur ganz schwache Druckschwankung universelleren Charakters vorhanden. Sie ließ sich aus Schiffs- und Inselbeobachtungen auf den Ozeanen, wo die lokalen Störungen fehlen, nachweisen und läßt sich unter dem Äquator durch den Ausdruck $0,3 \sin(0^\circ + x)$ darstellen. Etwa über 40° Breite hinaus wird sie immer mehr durch die lokal bedingte Druckschwankung überdeckt. Der lokale Einfluß äußert sich besonders im Gegensatz zwischen Land und Küste und an den Gebirgsstationen. Am Vektordiagramm von Potsdam wurde die starke

lokale Bedingtheit gezeigt, was den Gedanken nahelegt, den Gang an heiteren und trüben Tagen zu untersuchen. Es ergibt sich eine Phasenumkehr von heiteren (Mittag) zu trüben (Mitternacht) Tagen. Die Amplitude bleibt in beiden Fällen verhältnismäßig groß. Um sich von den das Ergebnis sehr fälschenden unperiodischen Schwankungen freizumachen, hat BARTELS vorgeschlagen, die einzelnen Tage je nach der Stärke ihres unperiodischen Ganges mit verschiedenem Gewicht zu belegen, und hier ergibt sich das sichere Resultat, daß sich die stärkere thermische Wirkung an heiteren Tagen in einer Verstärkung der 24stündigen Welle bei im allgemeinen konstanter Phasenzeit äußert. Die Anwendung dieser Methode auf die tägliche Druckschwankung an einigen Stationen der Antarktis ergab wesentlich geringere Zahlen gegen früher. Nach der üblichen Methode ohne Berücksichtigung der aperiodischen Schwankung ist z. B. a_1 an der Gaußstation 0,105, unter Anwendung der Gewichtsmethode nur 0,048.

Bei der halbtägigen Welle ließ sich nach den Untersuchungen von HANN der jährliche Gang der Amplituden in einen ganzjährigen und einen halbjährigen zerlegen. Ersterer dürfte wohl als eine rein terrestrische Erscheinung anzusprechen sein. Ein Einfluß des Perihelstandes der Sonne ließ sich nicht nachweisen. Auf der Südhälfte hat die ganzjährige Schwankung nur kleine Amplituden (Max. im Oktober), auf der nördlichen Halbkugel dagegen sehr große Amplituden. Im Gegensatz hierzu tritt die halbjährige Periode der Amplituden auf der ganzen Erde nach Phasenzeiten und Amplituden gleichmäßig und sehr regelmäßig auf. Ihre Maxima fallen auf die Äquinoktien, die Maxima auf die Solstitien. Sie hat deshalb einen universelleren Charakter. Bemerkenswert sind die regionalen Unterschiede der Mittelwerte der Phasenzeiten. Diese treten an der Ostküste der Kontinente früher ein als an den Westküsten. Da sich dies besonders in Nordamerika gezeigt hat, hält KLEINSCHMIDT eine Verzögerung an den meridional verlaufenden Gebirgsketten für möglich.

Nach MARGULES erblickt man in der doppelten Druckschwankung eine erzwungene Schwingung, die durch die am Tage zweimal ablaufende Wärmewelle erzwungen wird. Sie läuft also in äquatorialen und mittleren Breiten nach Ortszeit ab. In den Polargebieten tritt daneben eine von der Ortszeit unabhängige, meridionalgerichtete Schwingung, die sog. Polschwingung auf, die bereits 1890 von AD. SCHMIDT

vermutet und später von ALT nachgewiesen wurde. In Framheim sehen wir den jährlichen Gang der Pol-schwingung noch recht regelmäßig, an der Gaußstation macht sich dagegen der Einfluß der Margules-schwingung bemerkbar; dieser scheint am Rande der Polarzone aufzuhören.

Die dritttägige Schwankung zeichnet sich ebenso wie die halbtägige durch große Regelmäßigkeit aus und ist unbedingt physikalisch reell. Ihre Phasenzeiten kehren vom Winter zum Sommer in jeder Halbkugel und beim Übertritt von einer Hemisphäre in die andere um. Die größten Amplituden finden sich auf beiden Halbkugeln unter 30° Breite, von wo eine regelmäßige Abnahme zu den Polen und zum Äquator hin stattfindet. Die Maxima der Phasenzeiten fallen in jeder Hemisphäre in den Winter und in den Sommer, die Minima auf die Äquinoktien. An dem Beispiel von Potsdam und von einigen Polarstationen wird auch diese Schwankung veranschaulicht.

Für eine sechsstündige Schwankung bestehen ge-

wisse Anzeichen, doch ist über sie noch sehr wenig bekannt.

Der zweite Teil des Vortrages behandelte die mondtägige Druckschwankung. Der erste Versuch sie nachzuweisen stammt bereits von LAPLACE. Die Schwankung selbst läßt sich besonders gut an der Reihe von Batavia nachweisen, wo sie schon an einem einzigen Jahre gut hervortritt. CHAPMANN hat sie aus den ruhigen Tagen von Greenwich bestimmt mit einer Amplitude von 0,0091 und einer Phasenzeit von 114° . Für Batavia betragen die entsprechenden Werte 0,063 und 65° . Ein Einfluß der Jahreszeit ließ sich nachweisen. Die Werte sind im Sommer am größten, im Winter am kleinsten. Dagegen haben Mondphase und Mondentfernung keinen Einfluß.

Den Schluß des Vortrages bildeten Erörterungen der KLEINSCHMIDT'schen Untersuchungen über die Ursache der sonnen- und mondtägigen Druckschwankungen und Mitteilungen über eine geplante Neubearbeitung des täglichen Luftdruckganges in Potsdam. KN.

Botanische Mitteilungen.

Das Absorptionssystem der Wacholdermistel (*Acreuthobium oxycedri*). In einer gründlichen Untersuchung (Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. Abt. I, Bd. 132. 1923) behandelt E. HEINRICHER das Absorptionssystem der Wacholdermistel, eines Parasiten, der viel auf der mediterranen Wacholderart *Juniperus oxycedrus* anzutreffen ist. Das „Absorptionssystem“, d. h. der zur Aufnahme des Nährsalzstroms in den Wirt eindringende, vielfach verästelte Gewebekomplex, entspricht entwicklungs-geschichtlich nicht etwa der Wurzel, sondern stellt eine der besonderen Lebensweise entsprechende Neubildung dar, die sich vom Hypokotyl des Keimlings (d. h. der unterhalb der Keimblätter befindlichen Sproßachse) herleitet. Dieses Absorptionssystem zeigt eine so feine, das Gewebe der Wirtspflanze durchwuchernde Verteilung, daß beinahe das Bild eines parasitierenden Pilzmycels zustande kommt. Das ist ein Verhalten, wie man es in derselben Weise bei den extrem parasitischen Rafflesiaceen antrifft. Diese Rafflesiaceen sind nun „Holoparasiten“, d. h. sie nehmen aus dem Wirt nicht nur Wasser + Nährsalze, sondern auch organische Stoffe auf, während die Loranthaceen, denen die Wacholdermistel angehört, nach der üblichen Auffassung zu den Hemiparasiten zählen, die es nur auf Wasser und Nährsalze absehen, Ihre Befähigung zu aktiver Synthese organischer Substanz ist aus dem Besitz von Chlorophyll klar zu ersehen. HEINRICHER vertritt nun die Auffassung, daß *Acreuthobium oxycedri* in dieser Richtung eine vermittelnde Stellung einnimmt. Das Absorptionssystem enthält hier — trotz der für die an das Licht geknüpfte Assimilation so ungünstigen Tiefenlage — reichlich Chloroplasten, die nach seiner Ansicht nur ergrünte Leukoplasten darstellen und, wie das für Leukoplasten bezeichnend ist, den Umsatz von Stärke in Zucker regeln. Diesen Zucker sollen sie nun aus dem Gewebe des Wirtes gewinnen. Tatsächlich ist dieses Gewebe in der Nachbarschaft des Wirtes stärkefrei, was auf Kohlenhydratabfuhr hindeutet, während andererseits das Absorptionssystem durch großen Reichtum an Stärke gekennzeichnet ist. Wenn dies, was weitere Untersuchungen noch erweisen müssen, wirklich der Fall ist, dann wäre hier — wie so oft in der phylogenetischen Fortentwicklung von Schmarotzerpflanzen — der Rahmen des Nährsalzparasitismus schon, gesprengt.

Zur Ernährungsphysiologie einiger Schmarotzerpflanzen. Zahlenmäßige Feststellungen verschiedener Autoren haben ergeben, daß die Mistel (*Viscum album*) sich hinsichtlich ihrer stofflichen Zusammensetzung ganz wesentlich von ihren Wirtspflanzen unterscheidet. Vor allem werden Phosphor und Kali in bedeutendem Maße gespeichert — so sehr, daß man die Mistel als Futterpflanze in Vorschlag brachte; dagegen bleibt der Kalkgehalt hinter dem des Wirtes zurück. Diesen Untersuchungen haften z. T. noch methodische Unsicherheiten an. Aus diesem Grunde greift NICOLOFF (Rev. gén. bot. 35. 1923) die Frage erneut auf, wobei er gleichzeitig die Beobachtungen auf einige weitere Objekte ausdehnt. Die Befunde an der Mistel selbst führten im wesentlichen zu einer Bestätigung der bisherigen Angaben. Auffällig ist schon die Steigerung des Anteiles der Rohasche an der Trockensubstanz: 61,42% gegenüber 19,3% (Äste des Wirtes unterhalb der Infektionsstelle); der Anteil des Stickstoffs an der Trockensubstanz steigt von 3,5% auf 26,43%, P_2O_5 von 1,43 auf 8,92, K_2O von 2,12 auf 22,09, während CaO einen leichten Abfall aufweist von 8,39 auf 6,68. Bezeichnend ist, daß die Äste des Wirtes diese Stoffe in den Partien unterhalb der Infektionsstelle alle in geringerer Menge enthalten als darüber, ein Hinweis auf die abzapfende Tätigkeit des Parasiten. Weiterhin wurde die Eichenmispel (*Loranthus*) herangezogen, im Gegensatz zu der gewöhnlichen Mispel eine laubwerfende Form, die deshalb bessere Vergleichsmöglichkeiten bietet. Hier zeigte sich nun im Gegensatz zu den obigen Befunden, daß die Rohasche gesunken ist, und zwar von 62,7 auf 28,20%; sonst ist das Bild dasselbe; der Stickstoff ist gestiegen von 8,89 auf 13,88%, P_2O_5 von 2,88 auf 3,30, K_2O von 2,76 auf 8,57, dagegen ist ein sehr beträchtlicher Abfall des CaO von 27,69 auf 5,47% zu verzeichnen, ein deutlicher Hinweis auf das selektive Aufnahmevermögen. Schließlich wurden noch zwei chlorophyllfreie Holoparasiten untersucht, *Orobancha ramosa* (auf Tabak) und *Cuscuta*, die Flachs-seide (auf Holunder); diese beiden Pflanzen schließen sich an die vorhergehende an, nur daß hier der Stickstoffspeicherung ein leichtes Zurückgehen gegenübersteht. Die geschilderten Befunde lassen es verständlich erscheinen, wie in all diesen Fällen die Wirtspflanzen durch den weitgehenden Entzug lebenswichtiger Stoffe von seiten des Schmarotzers geschädigt werden.

Die Permeabilität des Plasmas für Salze und die Anatonose. Legt man Schnitte von pflanzlichem Gewebe in hypertonsche Salzlösungen, so beobachtet man die charakteristische Erscheinung, daß sich unter gleichzeitiger Kontraktion der Vakuolen der Protoplasmaschlauch von der Zellwand loslöst („Plasmolyse“): zur Herstellung des osmotischen Gleichgewichts tritt Wasser aus dem Zellinnern in die umgebende Flüssigkeit. Beobachtet man diese Vorgänge längere Zeit, dann kann man vielfach wahrnehmen, wie der Prozeß bis zur Herstellung der ursprünglichen Verhältnisse wieder in umgekehrter Richtung verläuft („Deplasmolyse“). Diese Reaktionsumkehr wird zumeist so gedeutet, daß bei längerer Einwirkung Salzionen in das Zellinnere eindringen, wodurch aus Gründen des osmotischen Gleichgewichts natürlich auch der Wasserstrom in die entgegengesetzte Richtung geleitet wird. Diese Deutung ist durchaus naheliegend und auch in zahlreichen Fällen zutreffend; daneben ist aber, wie schon verschiedentlich betont, eine andere Möglichkeit vorhanden, nämlich die, daß die Pflanze aktiv im Zellinnern osmotisch wirksame Substanz produziert („Anatonose“). Für diesen Fall, den neuerdings HÖBER noch als fiktiv bezeichnet, bringt nun ILJIN (Stud. plant. physiol. labor. Prag I. 1923) eine Fülle von Belegen. Von verschiedenen Objekten (*Rumex acetosa* usw.) wurden Epidermispräparate hergestellt und in Salzlösungen gelegt. Es zeigte sich nun in üblicher Weise zunächst Plasmolyse, dann Deplasmolyse und gleichzeitig damit Klaffen der Spaltöffnungen, was als sicherer Indicator für die Wiederherstellung des Turgordrucks angesehen werden kann. Die Beobachtungen ergeben nun, daß mit der Deplasmolyse Hand in Hand gehend die Stärke in die Spaltöffnungszellen abgebaut wird, was zu der Auffassung drängt, daß die zur Deplasmolyse führende Erhöhung des osmotischen Wertes durch Zuckerproduktion bedingt ist. Quantitative Messungen ergaben nun, daß sich tatsächlich der osmotische Wert z. T. auf das 2- bis 3fache des ursprünglichen Betrags erhebt, und schon diese Tatsache deutet darauf hin, daß die Deplasmolyse nicht einfach durch das Eindringen des Salzes, das höchstens bis zur Erreichung des Gleichgewichts gehen könnte, bedingt ist. Offenbar regt die Salzlösung die Tätigkeit stärkelösender Fermente an. Das gilt aber nicht von allen Salzen; so wirken zwar K- und Na-Salze nach dieser Richtung, Ca und Sr versagen: hier tritt keine Deplasmolyse ein, gleichzeitig bleiben die Spaltöffnungen geschlossen, und der osmotische Wert zeigt keinen Anstieg. Diese Versuche wurden an anderen Geweben sowie an Pflanzen ganz anderer systematischer Zugehörigkeit (Moosblätter) bestätigt. Auch stärkefreie Zellen ergaben dasselbe Verhalten, so daß offenbar auch die Produktion anderer osmotisch wirksamer Stoffe in Frage kommt.

Über die ökologische Bedeutung der ätherischen Öle. Die bekannte Erfahrungstatsache, daß sehr viele Pflanzen trockener, heißer Standorte, insbesondere Wüstenpflanzen, ätherische Öle aufweisen, hat zu mannigfacher Hypothesenbildung über die Bedeutung dieser Erscheinung im Lebenshaushalt der Pflanze Anlaß gegeben. Die verschiedenen Deutungen stimmen im wesentlichen darin überein, daß durch die ätherischen Öle ein Transpirationsschutz gewährleistet werden soll, nur über das Wie gehen die Meinungen auseinander. Teils wird die Wärmeundurchlässigkeit der mit ätherischen Dämpfen gesättigten Luft zur Erklärung herangezogen insofern, als dadurch eine zu starke Erwärmung der Pflanze verhütet wird (VOLKENS u. a.), teils soll die Sättigung der umgebenden Luft mit solchen Substanzen die Abgabe von Wasserdampf

einschränken (GRISEBACH u. a.), eine eingehende experimentelle Behandlung des Problems fehlte bislang. In diese Lücke greift eine Arbeit von TEODORESCO (Rev. gén. d. bot. 35. 1923), der vergleichende Transpirationmessungen anstellte an Pflanzen, die unter Glocken teils den Dämpfen von ätherischen Ölen ausgesetzt waren, teils in normaler Luft sich aufhielten, teils schließlich sich ebenfalls unter einer Glocke mit gewöhnlicher Atmosphäre befanden, während eine zweite darübergestülpte Glocke mit ätherischen Dämpfen gesättigt war, eine Einrichtung, die bewirkte, daß nur die Wärmeundurchlässigkeit der aromatischen Gase wirken konnte. Diese Versuche führten zu dem Ergebnis, daß nur im ersten Fall eine — hier aber sehr beträchtliche — Depression der Transpiration zu verzeichnen war. Damit ist die Deutung von VOLKENS, der auch anderweitige Bedenken entgegenstehen, ausgeschaltet. Im einzelnen zeigten die Experimente, daß die aromatischen Stoffe nicht etwa spezifisch wirken, d. h. nur auf die betreffenden Pflanzen, die sie produzieren, sondern daß sich die verschiedenen ätherischen Öle gegenseitig vertreten können und ihren Einfluß auch auf Objekte ausüben, die normalerweise keine solchen bergen. Diese Wirkung erlischt aber in dem Augenblick, wo man nicht in geschlossenem Raum arbeitet, der eine Sättigung der Luft mit den maßgebenden Substanzen bewirkt. Somit kommt den ätherischen Ölen am natürlichen Standort, wo die Luftbewegung einer solchen Sättigung ständig entgegenarbeitet, keine praktische Bedeutung zu, wenigstens was die umgebende Luft anbelangt. Das Interzellularensystem wird freilich mit Dampf geschwängert sein, und dies kann eine Herabsetzung der Verdunstung bewirken. Um die Wirkung der ätherischen Öle in den Versuchen erster Art (gesättigte Glocken) zu erklären, zieht TEODORESCO nicht physikalische Momente im Sinne von GRISEBACH heran, sondern er vertritt die Anschauung, daß durch die Einwirkung der ätherischen Öle die Wasserdurchlässigkeit des Protoplasmaschlauchs herabgesetzt wird.

Klimamessungen auf kleinstem Raum an Wiesen-, Wald- und Heidepflanzen. Um die Tatsachen der Pflanzenverbreitung zu verstehen, genügt es nicht, sich mit den allgemeinen meteorologischen Verhältnissen des Gebietes auseinanderzusetzen, sondern man muß die ganz speziellen, oft von Schritt zu Schritt wechselnden Standortbedingungen analysieren. GREGOR KRAUS hat dafür den Namen „Klima auf kleinstem Raum“ geprägt. Mit diesem Klima auf kleinstem Raum, und zwar speziell mit der Luftfeuchtigkeit und der Windstärke, beschäftigt sich eine kurze Arbeit von STÖCKER (Ber. d. deutsch. bot. Ges. 41. 1923). Messungen in Wiesengelände lieferten ein Maximum der Dampfsättigung unmittelbar über der Erde und dann einen raschen Abfall. So ergab eine Wiese bei Karlsruhe folgende Werte: in 2 cm (zwischen Gras) 96% rel. F., in 13 cm (zwischen Kleeblättern) 78%, in 100 cm (freie Atmosphäre) 57%. Ähnlich abfallende Kurven wurden in Laub- und Nadelwald in recht verschiedenen Gegenden erhalten. Dagegen zeigte die Callunaheide bei Bremerhaven in den verschiedenen Etagen fast gleiche Werte; das steht mit der für dieses Gebiet charakteristischen starken Luftbewegung im Zusammenhang, die alle Sättigungsunterschiede sofort ausgleicht. Analog verhalten sich die Heiden auf den Gebirgskämmen Mittel- und Süddeutschlands, wo ebenfalls starke Winde herrschen; in den tieferen Lagen dagegen, wo die Callunaheide ganz offensichtlich den Windschutz der Waldränder und Lichtungen aufsucht, finden wir hier wieder das Feuchtigkeitsgefälle der Wiesen und Wälder. Dieses

verschiedene Verhalten der Heide dem Wind gegenüber: Gedeihen im Wind auf der einen Seite (Nordwestdeutschland, Gebirgskämme), Fliehen des Windes auf der anderen Seite (niedere Lagen Süd- und Mitteldeutschlands) findet nun darin wohl seine Erklärung, daß an den Standorten erster Art hohe, an jenen zweiter Art niederen Luftfeuchtigkeit herrscht. Bei hoher Luftfeuchtigkeit aber bedeutet die Luftbewegung keine Gefahr für die Pflanze, bei niederer dagegen könnte sie zu einer zu starken Depression des Sättigungsgrades und damit zum Welken führen: die Heide flieht in den Windschatten und sichert sich dadurch eine möglichst dampfgesättigte Atmosphäre.

Zur Entwicklungsgeschichte der badischen Boden-seemoore. In einer kurzen Mitteilung, die eine Zusammenfassung seiner bisherigen Untersuchungsergebnisse ist, berichtet STARK (Ber. deutsch. bot. Ges. 41. 1923) über die Entwicklungsgeschichte der Boden-seemoore. Den stratigraphischen Verhältnissen nach zu urteilen, sind diese unmittelbar nach dem Rückzug der Gletscher im Postglazial entstanden. Zunächst waren kleine Seebecken vorhanden, die erst Ton, dann Seekreide und schließlich Lebertorf niedergeschlagen haben. Mit fortschreitender Verlandung setzte dann das Wiesenmoor ein, das zur Bildung von Moostorf, Schilftorf, Seggentorf und evtl. Bruchwaldtorf — gewöhnlich in der genannten Reihenfolge führte. Ein Teil der Moore ist zur Hochmoorbildung fortgeschritten und zeigt dann in der Regel eine Folge von Scheuchzeriatorf, Wollgrastorf und Sphagnumtorf. Diese Schichtfolge ist in der Hauptsache durch ökologische Faktoren bedingt und entspricht dem Übergang von offenem, nährsalzreichem, kalkhaltigem Wasser zu einem schließlich nur mehr durch Regenwasser gespeisten und infolgedessen kalk- und nährstoffarmen Untergrund, wodurch der Charakter der Tier- und Pflanzenwelt grundsätzlich gewandelt wird. Indessen sind deutliche Hinweise dafür vorhanden, daß neben den „edaphischen“ auch klimatische Faktoren am Werke waren, die eine Faciesverschiebung der Organismenwelt zur Folge hatten. So treffen wir in der Seekreide eine Konchyliengesellschaft an, die sich der Artenzahl nach aus 38% nordisch-alpinen Schnecken und Muscheln zusammensetzt, während der Individuenzahl nach andersartige Komponenten kaum 1% ausmachen. Charakterform ist die alpine *Valvata alpestris*. Gleichzeitig damit lebte eine Algengesellschaft, die in erster Linie aus Desmidiaceen besteht, und zwar vornehmlich solcher, die gegenwärtig für Hochgebirgsmoore bezeichnend sind und ebenfalls vielfach nordisch-alpines Gepräge besitzen (*Cosmarium arctoum*, *C. crenatum*, *C. obliquum* u. a.). Schließlich spielt in der Seekreide und darüber in dem Moostorf das nordische Schlafmoos *Hypnum trifarium* eine wichtige Rolle und setzt öfters allein, häufig auch zusammen mit der ebenfalls nordischen *Meesea triquetra* ganze Torfschichten zusammen. Fast alle diese Formen haben gegenwärtig das Feld geräumt und man kann in den Profilen in schönster Weise das schrittweise Erlöschen nach oben hin verfolgen. Die Konchylien haben sich z. T. noch im benachbarten Bodensee halten können, *Hypnum trifarium* behauptet noch einen einzigen Standort in kümmerlicher Entwicklung, dagegen ist die rezente Desmidiaceengesellschaft des Bodensees von der fossilen gänzlich verschieden. Mit dem ganzen Gepräge der Wasserflora und Fauna der tiefen Horizonte steht im besten Einklang, daß wir hier ausschließlich oder fast ausschließlich Pollen von Birke, Kiefer und Weide antreffen, während sich solcher von wärmeliebenden Bäumen erst allmählich weiter oben einstellt. Auf-

fällig ist dann weiterhin die Phase der Scheuchzeria. Diese Pflanze, die feuchtes, kühles Klima liebt, hat sich derzeit im badischen Gebiet auf höhere Gebirgslagen zurückgezogen, ehemals aber im Bodenseegebiet ganze Torflager gebildet. Ähnlich verhält sich die Rasenbinse. Durch die ganze postglaziale Entwicklung zieht sich also als gemeinsamer Zug der allgemeine Rückgang der glazialen Elemente (im weiten Sinne!), die im Kampf mit wärmeliebenden Konkurrenten Posten um Posten verloren haben und in der Gegenwart nur noch an besonders geeigneten Lagen als „Relikte“ ihr Dasein fristen. Indessen können die Verhältnisse keineswegs im Sinne eines gleichmäßigen Klimaanstiegs von der Eiszeit bis zur Gegenwart gedeutet werden. Zwischen der Valvataperiode und der Scheuchzeriaperiode hebt sich deutlich eine Phase ab, in der die Linde mit anderen wärmeliebenden Gehölzen (Eiche, Ulme, Hasel und Erle) die Vorherrschaft führte, nicht nur in der Ebene, sondern, wie Paralleluntersuchungen zeigten, auch im höheren Schwarzwald über der derzeitigen Höhengrenze dieser Bäume. Damals muß also das Klima wärmer gewesen sein als in der Gegenwart. Die Kurve bewegte sich offenbar in Oszillationen. Die Untersuchungen von GAMS und NORDHAGEN im östlichen Bodenseegebiet (s. Ref. in Nr. 3 dieses Jahrganges) deuten darauf hin, daß hierbei auch Feuchtigkeitsschwankungen eine maßgebende Rolle spielten. Eine vollständige Parallelisierung mit dem dort aufgestellten auf BLYTT und SERNANDER zurückgehenden Schema (wiederholter Wechsel kontinentaler und atlantischer Phasen) ließ sich noch nicht erzielen. Um hier klar zu sehen, bedarf es noch weiterer Detailarbeit.

Über die Genesis der Alpenflora. In einem zusammenfassenden Überblick berichtet J. BRAUN-BLANQUET (Verh. nat. Ges. Basel, 35. 1923) über die Genesis der Alpenflora, jenes anziehende Problem, das je und je die Aufmerksamkeit der Pflanzengeographen auf sich gezogen hat. Es lassen sich deutlich vier ihrer Herkunft nach verschiedene Florenelemente herauschälen: der tertiäre Grundstock der Alpenflora, das nordische, das sarmatische (pontische) und das atlantische (westeuropäische) Florenelement. Der tertiäre Grundstock gibt sich durch eine Reihe archaischer Züge zu erkennen, wie isolierte Stellung im System, disjunktes Areal usw. Die hierhergehörigen Arten erweisen sich größtenteils als mediterraner oder mittelasiatischer Herkunft; die mannigfachen Beziehungen zu Afrika lassen sich durch eine tertiäre Landverbindung zwischen Nordafrika und Südeuropa erklären. Ein Teil ist mutmaßlich aus den Tiefenländern, ein anderer aus älteren Gebirgen eingewandert und hat sich weiterhin in den rasch emporsteigenden Alpen zu zahlreichen Endemismen phylogenetisch weiter differenziert. Dieser tertiäre Grundstock hat sich vor allem an den durch die Eiszeit am wenigsten berührten Südost- und Südwestflügeln gehalten. Das nordische Florenelement, das zur Eiszeit von Nordosten zuströmte, klingt entsprechend dieser Einwanderungsrichtung nach Südwesten mehr und mehr aus. Die reiche Vertretung dieser Formen in den zentralalpinen Trockengebieten läßt sich so erklären, daß hier für die in früheren Eiszeiten eingewanderten Arten die Überdauerungsmöglichkeiten während der warmen Interglazialzeiten am günstigsten waren. Für das aus dem kontinentalen Osten stammende sarmatische Florenelement nimmt BRAUN-BLANQUET eine erst der frühen Postglazialzeit angehörige Einwanderungszeit an, da für die Auffassung, daß diese Gruppe die letzte Eiszeit in den Alpen selbst hätte überdauern können, Schwierigkeiten bestehen. Wenn wir jetzt die hierhergehörigen Formen hauptsächlich in den trocke-

nen Zentralalpen antreffen, so ist das wohl darauf zurückzuführen, daß auf die trockene Phase, in der sie einwanderten, eine solche mit feuchtem Klima folgte, die eine entsprechende Einengung ihres Areals zur Folge hatte. In diesen jüngeren Zeitabschnitt nun fällt der Zustrom des atlantischen Florenelements, das an der durch sein mildes Klima gekennzeichneten Westküste Europas beheimatet ist. Daß dieses Element in den Alpen selbst nur sehr schwach vertreten ist, während es im Norden und Süden sich dem Gebirge entlang weiter nach Osten vorgeschoben hat, erweckt durchaus den Eindruck, daß der natürliche Entwicklungsprozeß hier noch nicht abgeschlossen ist.

Selektions- und Kreuzungsexperimente mit albamakulaten (weißbunten) Mimulus-Rassen. CORRENS hat uns mit weißbunten Sippen der Wunderblume (*Mirabilis*) bekannt gemacht, welche die Eigentümlichkeit besitzen, bei der Rückkreuzung mit grünen Normalformen nicht in üblicher Weise aufzumendeln; vielmehr schlägt hier bei den reziproken Bastardierungen die Nachkommenschaft jeweils der Mutterpflanze nach; wir haben hier also den typischen Fall rein mütterlicher Vererbung, ein Verhalten, das dahin gedeutet worden ist, daß hier die Weißbuntheit nicht durch ein mendelndes Gen bedingt ist, vielmehr lediglich der Ausdruck einer Chromatophorenkrankheit darstellt, die sich einfach deshalb von der Mutter- auf die Tochterpflanze überträgt, weil in der Eizelle kranke mütterliche Chromatophoren vorhanden sind, während väterliche Chromatophoren bei der Befruchtung — wenigstens in diesen Fällen — nicht überzutreten scheinen. Über ganz entsprechende Ergebnisse bei Rassen der Gauklerblume (*Mimulus*) berichtet neuerdings BROCELA (Stud. plant. physiol. Lab. Prag. I. 1923). In verschiedenen Artstämmen wurden hier weißscheckige Formen beobachtet, welche in ihrer individuellen Entwicklung das charakteristische mosaikartige bzw. sektorale Aufspalten in grüne und weiße Bezirke zeigten. Führt man nun bei solchen Formen reine Selbstbefruchtung durch, dann ergibt sich, daß das Aussehen der Nachkommenschaft in genauester Weise den Grad der Scheckung widerspiegelt, den die *Fruchtblätter* der Mutterpflanze, die ja die Samenanlagen produzieren, aufwiesen. Wählt man also im Extrem rein weiße oder rein grüne Bezirke zur Autogamie aus, dann kann man auch von bunten Pflanzen rein grüne oder rein weiße Nachkommen ernten. Kreuzt man aber bunte Pflanzen mit grünen, dann schlägt die F_2 -Generation wie bei den betreffenden *Mirabilis*-Formen der Mutter nach. Das Auftreten weißbunter Individuen ist wohl auf Mutationen in den Chromatophoren normaler Pflanzen zurückzuführen und konnte wiederholt unter den Deszendenten rein grüner Linien beobachtet werden. Auch hierin schließt sich die Gauklerblume an die von CORRENS beobachteten Fälle an.

Apogame Fortpflanzung bei einigen elementaren Arten von *Erophila verna* (Hungerblümchen). Kreuzungsversuche, die LORSY zwischen *Erophila cochleoides* und *E. violaceo-petiolata* ausführte, und die zu dem Ergebnis führten, daß die Tochtergeneration stets rein der Mutter nachschlug, legten die Vermutung nahe, es könne hier überhaupt keine Befruchtung vorliegen, sondern sich um einen Fall von somatischer Parthenogenese (Apogamie) handeln. Um diese Frage aufzuklären, unterzog BANNIER (Rec. trav. botan. néerland. 20. 1923) eine Reihe von *Erophila*-Arten einer genauen cytologischen Untersuchung, die tatsächlich eine Be-

stätigung dieser Deutung lieferte. Es zeigte sich, daß die Reduktionsteilung bei der Bildung der Embryosackmutterzellen zwar eingeleitet, aber wieder rückgängig gemacht wird, so daß diploide Embryosäcke entstehen, die ihre Weiterentwicklung selbständig unter Ausschluß der Befruchtung vollziehen. Die Bildung der Pollentetraden erfolgt zwar in normaler Weise (also mit Reduktion!), aber die Pollenkörner keimen entweder gar nicht oder bringen es nur zur Produktion unvollkommener Pollenschläuche. Wir haben es also anscheinend mit, phylogenetisch betrachtet, noch jungen Stadien der Apogamie zu tun. Es liegt nahe, von hier aus die Fülle der Kleinarten bei der Gattung *Erophila* zu erklären. JORDAN hat gezeigt, daß sich die früher einheitlich aufgefaßte Art *E. verna* in ca. 200 „elementare“ Arten zerlegen läßt, die oft nur durch minimale Unterschiede voneinander abweichen, aber erblich durchaus konstant sind. Nimmt man nun im Einklang mit der bekannten Hypothese von ERNST an, daß bei dieser Gattung Bastardierung sekundär zu Apogamie geführt hat, dann wird aus allen derartigen Kreuzungen eine Nachkommenschaft hervorgehen, die nicht in üblicher Weise aufmendet, sondern konstant bleibt, weil die Befruchtung ausgeschaltet ist und die geschlechtliche Vermehrung gewissermaßen in vegetative umgeschlagen ist. Verf. sucht von hier aus die *Erophila*-Kreuzungen von ROSEN zu erklären, doch bestehen noch einzelne Widersprüche, die einer weiteren Aufhellung bedürfen.

Experimentelle Untersuchungen über die Birken- und Espenmycorrhizen. Nachdem es MELIN zum ersten Male in einwandfreier Weise geglückt ist, den symbiotischen Zusammenhang zwischen *Boletus*- (*Röhrenpilz*-) Arten und Nadelhölzern darzutun, wendet er neuerdings seine Aufmerksamkeit derselben Frage bei 2 Laubbölzern zu, der Erle und der Zitterpappel (Sv. bot. tidskr. 17. 1923). Auch hier ging er von der Beobachtungstatsache aus, daß mit diesen Gehölzen zusammen häufig 2 bestimmte *Boletus*-Arten auftreten, *B. scaber* (*Birkenpilz*), der daher seinen Namen bekommen hat und *B. rufus* (*Rothhäubchen*). MELIN stellte sich nun Reinkulturen der beiden Pilze her und impfte damit den Nährboden von steril gezüchteten Birken- und Espensämlingen mit dem Erfolg, daß hier nun tatsächlich die charakteristischen Erscheinungen der Mycorrhiza (*Pilzwurzeln*) auftraten und das Mycel in Verbindung mit dem Wirt ein besseres Gedeihen zeigte als ohne diesen. Zweifellos sind also die beiden Arten an der Wurzelverpilzung beteiligt, was aber nicht so gedeutet werden darf, als ob ihnen diese Rolle ausschließlich zufiele. Vielmehr ergaben *Tricholoma flavobrunnea* (*Ritterschwamm*) und *Amanita muscaria* (*Fliegenpilz*) ähnliche Ergebnisse und auch andere Pilzgattungen (*Russula*, *Lactarius* und *Cortinarius*) sind mutmaßlich beteiligt. Es verdient Beachtung, daß selbst aus der Pilzwurzel der Kiefer entnommenes Mycel an der Birke typische Mycorrhiza hervorzurufen vermag. Das alles zeigt, daß hier vielfach noch keine absolute Spezialisierung vorliegt, daß auf der einen Seite ein und dieselbe Pilzart verschiedene Baumgattungen besiedeln kann und umgekehrt verschiedene Pilzgattungen nebeneinander auf dieselbe Baumart Mycorrhizasymbiose erzeugen, wobei freilich zu betonen ist, daß die Virulenz der Pilze den einzelnen Bäumen gegenüber deutlich gestaffelt erscheint. So kristallisieren letzten Endes doch immer ganz bestimmte Kombinationen im gegenseitigen Konkurrenzkampf heraus.

P. STARK.