Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1916

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0004|log514

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik
(Zugleich Fortsetzung der von W. Sklarek begründeten Naturwissenschaftlichen Rundschau.)

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 44. **3. November 1916.** **Vierter Jahrgang.**

INHALT:

Die geographische Verbreitung mariner Bodentiere. Von *Geh.-Rat Prof. Dr. W. Kükenthal, Breslau.* S. 657.

Forschungen im Gebiete der physikalisch-chemischen Eruptivgesteinskunde. Von *Prof. Dr. Paul Niggli, Leipzig* (Fortsetzung). S. 633.

Besprechungen:

Kammerer, P., Allgemeine Biologie. Von *J. Schaxel.* S. 667.

Röhmann, F., Ueber künstliche Ernährung und Vitamine. Von *L. Lichtwitz.* S. 668.

Botanische Mitteilungen:

Botanische Analogien zur Psychophysik. Ueber die Schutzmittel einiger Pflanzen gegen schmarotzende Cuscuta. Ueber amphikline Bastarde. Die Verwandlungsfähigkeit der Bakterien. S. 668—671.

Astronomische Mitteilungen:

A spektroskopic method of determing stellar parallaxes. Ueber die Dynamik der Sternhaufen. S. 671—672.

Verlag von Julius Springer in Berlin W9

Soeben erschien:

Die Geschlechtskrankheiten und ihre Bekämpfung

Vorschläge und Forderungen für Ärzte, Juristen und Soziologen

Von

Prof. Dr. Albert Neisser,

Geh. Medizinalrat, Direktor der Königl. Universitäts-Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten, Breslau

Mit einem Bildnis in Heliogravüre

Preis Mk. 8.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

ZEISS

Mikroskope

u. mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor
für Dunkelfeldbeleuchtung

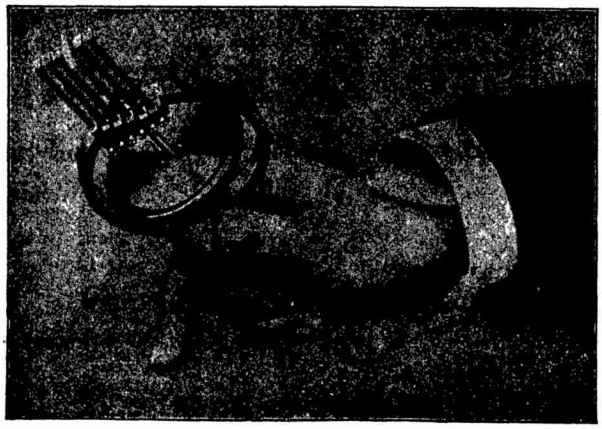
Lupen, Epidiaskope, Projektions-Apparate

Kleiner Projektions-Apparat
für Diapositive.

Druckschriften kostenfrei.

Siemens & Halske A.-G.

Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Demonstrationsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Vierter Jahrgang. **3. November 1916.** **Heft 44.**

Die geographische Verbreitung mariner Bodentiere.

Von Geh.-Rat Prof. Dr. W. Kükenthal, Breslau.

Rektoratsrede, gehalten am 15. Oktober 1916.

Es wird erzählt, daß unsere Feldgrauen, als sie sich nach der Eroberung Belgiens der Küste näherten, keinen größeren Wunsch hegten als den, das Meer zu sehen.

Diese Sehnsucht ist uns verständlich, erscheint sie uns doch als eine Äußerung jener tiefinnerlichen Liebe zur Natur, die uns Deutschen ganz besonders im Gemüte liegt, und redet doch das Meer zu uns eine so eindringliche Sprache, wie wohl keine der anderen großen Erscheinungen, in denen die Natur sich offenbart. Mit seiner unendlichen Weite, seinem reizvollen Wechselspiel von Licht, Luft und Wasser, in langen Zügen leise atmend oder in wildem Wogenprall an die Ufer donnernd, läßt es verwandte Stimmungen in unserer Brust anklingen und das große Geheimnis der Alleinheit der gesamten Natur ahnen.

Von ganz besonderem Reiz ist das Meer für den Naturforscher, vor allem den Zoologen, der in ihm ein Hauptfeld seiner Forschertätigkeit sieht, denn das Meer ist die Wiege alles tierischen Lebens. Alle Stämme des Tierreiches sind in ihm vertreten, ein paar sogar ausschließlich, von anderen haben sich einige Vertreter aus dem Meere auch im Süßwasser angesiedelt, und erst von den höher organisierten ist ein Teil zum Landleben übergegangen. Es gibt aber keinen Tierstamm, der ausschließlich dem Lebensbezirk des Landes angehörte, alle haben meerbewohnende Mitglieder aufzuweisen.

So zeigt der Lebensbezirk des Meeres die größere Mannigfaltigkeit tierischer Organisation, wenn wir auch innerhalb der das Festland bewohnenden Stämme die größere Organisationshöhe den Landbewohnern zuerkennen müssen. Stammesgeschichtlich stellt sich uns das Werden der Tierwelt so dar, daß die ältesten Formen im Meere entstanden, daß sich aus ihnen allmählich die verschiedenen Stämme entwickelten und daß erst von den höher organisierten Stämmen aus das Land besiedelt wurde, während der Lebensbezirk des Süßwassers durch eine auch noch jetzt stattfindende Einwanderung vom Meere, zum kleineren Teil auch vom Lande aus seine spärliche Tierwelt erhielt.

Worauf die größere Organisationshöhe der Landtiere beruht, wird uns klar, wenn wir daran denken, daß der Bau eines Tieres stets den Lebensbedingungen entspricht, denen es unterworfen und angepaßt ist. Je vielgestaltiger diese Lebensbedingungen sind, desto differenzierter ist auch die Organisation der Tierwelt. Nun ist aber kein Zweifel möglich, daß die Fülle der verschiedenen Lebensbedingungen auf dem Lande viel größer ist als in dem Meere. Das Land ist das Reich der Gegensätze, das Wasser das Reich des Gleichmaßes; das zeigt sich schon an den beiden so grundverschiedenen Medien der Luft und des Wassers, in dem die Tiere zu atmen und sich zu bewegen haben. Auf dem Lande ist es die verschiedene Oberflächenbeschaffenheit, der geologische Aufbau, die wechselnde Vegetationsdecke, das Klima mit seinen Unterschieden von Tag und Nacht, Sommer und Winter, Sonnenschein und Regen; diese und noch viele andere in ihren Verknüpfungen zahllosen äußeren Einwirkungen sind als die Ursache der weitgehenden Differenzierung und Organisationshöhe der landbewohnenden Tiere anzusehen.

Einfacher sind demgegenüber die Lebensbedingungen des Meeres; in dem dichteren Medium des Wassers stumpfen sich alle Bewegungen ab, und selbst die rasendsten Stürme der Atmosphäre vermögen ihre Wirkung nur auf die oberflächlichen Wasserschichten auszudehnen. Die Strömungen bewirken nur ein langsames Gleiten der einzelnen Teilchen, nicht zu vergleichen mit der Beweglichkeit der Luft. Naturgemäß sind auch die Temperaturunterschiede im Wasser viel geringer als in der Luft, und auch die Jahreszeiten treten weniger scharf in Erscheinung. Nur bis zu einer gewissen Tiefe vermag das Licht des Tages in gleichmäßig diffuser Verteilung einzudringen, darunter herrscht völlige Dunkelheit. Von großer Wichtigkeit ist ferner die viel gleichmäßigere Verteilung der Nahrung. Die Fähigkeit des Wassers, mineralische Stoffe aufzulösen und zu verteilen, gehört im Verein mit Licht und Wärme zu den Grundbedingungen der Entstehung organischer, zunächst pflanzlicher Substanz, die in Form von mikroskopisch kleinen Diatomeen und anderen Algen die Wassermassen in weiter Verbreitung erfüllt und als gleichartige Urnahrung dient, während die Landtiere ihre Nahrung nur auf dem Boden und in ungleichmäßiger Verteilung und Beschaffenheit finden, so daß zu deren Aufsuchen, Aufnahme und Verdauung zahlreiche Sonderanpassungen von Sinnesorganen, Freßwerkzeugen und Verdauungssystem nötig sind.

Sind so die Lebensbedingungen des Meeres gleichartiger als die des Landes, so fehlt es in ihm doch nicht an Unterschieden. Der wesentlichste ist darin gegeben, daß ein Teil der Meerestiere die verschiedenen Wasserschichten bis zum Boden herab schwimmend oder treibend belebt, das

Plankton, während ein anderer Teil sich auf dem Meeresboden angesiedelt hat und als *Benthos* bezeichnet wird.

Die Erforschung der marinen Bodenfauna ist in den letzten Dezennien so erfolgreich vorangeschritten, daß wir nunmehr daran denken können, das uns vorliegende Tatsachenmaterial zu Untersuchungen allgemeinerer Art zu verwerten. Da ist es vor allem die Frage nach der *geographischen Verbreitung* und ihren Ursachen, welche uns ganz besonders interessiert, und welche das Thema der folgenden Ausführungen bilden soll.

Mit staunender Bewunderung haben wir es erlebt, wie der Mensch, seiner ganzen Organisation nach ein benthonisches Lebewesen am Boden des Luftozeans, es erreicht hat, sich dieses Luftmeer zu erobern, dagegen sind seinem Eindringen in den Lebensbezirk des Meeres stärkere Schranken gesetzt, die er bis jetzt nicht hat überwinden können. Nur bis zu etwa 60 m Tiefe vermag er in Taucherrüstung auf dem Boden des Meeres vorzudringen, die darunter liegenden nahezu 10 000 Meter erreichenden Tiefen sind seiner direkten Beobachtung verschlossen, und auch der schon vor dem Kriege in Ausführung begriffene, äußerst dankenswerte Versuch, das Tauchboot in den Dienst unserer Wissenschaft zu stellen, wird die uns gesetzten Grenzen nicht wesentlich erweitern können, wenn er uns auch sonst viele neue und interessante Ergebnisse verspricht.

Aber die hilfreiche Schwester der Naturwissenschaft, die Technik, hat uns schon seit langem Apparate ersonnen, welche uns mittelbar Kunde von den Lebensbedingungen gegeben haben, die am Grunde des Meeres herrschen und welche die Tierwelt selbst der größten Meerestiefen ans Tageslicht gebracht und wissenschaftlicher Untersuchung zugänglich gemacht haben.

Nach zwei Richtungen hin ist die Verbreitung der marinen Bodentiere erfolgt: in horizontaler und in vertikaler. Die horizontale Verbreitung ist keine unbegrenzte, sondern jede Art wie auch nahezu jede höhere systematische Kategorie hat ihren begrenzten *Verbreitungsbezirk*, der in den meisten Fällen in ununterbrochenem Zusammenhang steht; finden sich Unterbrechungen, so sind diese auf das Erlöschen der Form im Zwischenbezirk oder auf geologische Änderungen, wie die Erhebung von Landmassen in früher zusammenhängenden Meeresteilen, zurückzuführen. Ursprünglich muß jeder Verbreitungsbezirk einheitlich gewesen sein, da sich jede Art wie jede größere Gruppe an einer bestimmten Stelle, dem *Entstehungszentrum*, gebildet und von da aus ihr Verbreitungsgebiet besiedelt hat, bis andere Lebensbedingungen ihrem weiteren Vordringen Halt geboten haben. Diese verschiedenartige Verteilung der Lebensbedingungen kommt also in der verschiedenen horizontalen Verbreitung der Bodentiere zum Ausdruck.

Aber auch in vertikaler Richtung findet ein Wechsel der Lebensbedingungen statt, der der Ausbreitung Schranken zu setzen vermag. Zwei große Lebensbezirke des Meeresbodens hat man zu unterscheiden, einen oberen, das *Litoral*, der vor allem durch das Eindringen des Lichtes gekennzeichnet ist, und einen unteren, das *Abyssal*, jenseits dieser Grenze. Da man auf sehr empfindlichen photographischen Platten die letzten Spuren des Tageslichtes im Meere bis zu einer Tiefe von 400 m festgestellt hat, so hat man hier die Grenze beider Lebensbezirke gezogen. Es ist aber nicht anzunehmen, daß diese letzten Lichtspuren irgendwelchen Einfluß auf die Tierwelt auszuüben vermögen, vielmehr ist es der Einfluß des Lichtes auf den Pflanzenwuchs, der für die Tierwelt Bedeutung hat. Diese Grenze des Pflanzenwuchses am Meeresboden kann man mit etwa 200 m Tiefe ansetzen, und diese also auch als ungefähre Grenze zwischen Litoral und Abyssal ansehen, die sich allerdings in den verschiedenen Meeresgebieten stark nach oben oder nach unten verschieben kann. Innerhalb des Litorals kommt es zu einer weiteren Zonendifferenzierung, indem bis zu etwa 100 m Tiefe eine reichliche Bodenflora erscheinen kann, während sie zwischen 100 und 200 m sehr spärlich wird. Vielfach läßt sich auch eine oberste, der Brandung und den Gezeitenströmungen ausgesetzte Flachwasserzone unterscheiden, die von der Küstenlinie bis zu etwa 15 oder 20 m Tiefe reicht.

Es ist aber nicht nur Licht und Pflanzenwuchs allein, die dem Litoral das Gepräge aufdrücken, denn auch andere Lebensbedingungen, wie Salzgehalt, Temperatur des Wassers, Verschiedenheit des Untergrundes, Stärke der Strömungen u. a., treten in zahlreichen Verknüpfungen zusammen und lassen das Litoral in bezug auf Mannigfaltigkeit der Lebensbedingungen als den bei weitem reichsten marinen Lebensbezirk erscheinen. Von besonderer Wichtigkeit für die horizontale Verbreitung der Litoraltiere ist die Temperatur des Wassers. Es lassen sich 5 Zonen unterscheiden: eine *äquatoriale*, zwei *polare* und zwei dazwischenliegende Übergangszonen, die man als *subarktische* und *subantarktische* bezeichnet hat. Die äquatoriale und die polaren Zonen sind durch Gleichmäßigkeit der Temperatur ausgezeichnet, wenn auch bei ersterer das Wasser sehr warm, bei letzteren sehr kalt ist. Dagegen weisen die gemäßigten Zonen sehr ungleichmäßige, im Sommer hohe, im Winter tiefe Temperaturen auf. Gerade diese Temperaturschwankungen bilden aber für die litorale Tierwelt wesentliche Verbreitungsschranken, so daß also äquatoriale und polare Zonen durch die beiden gemäßigten recht scharf voneinander abgegrenzt werden, wenn auch Meeresströmungen die Grenzen erheblich zu verschieben vermögen. Eine weitere Scheidung des Litorals in Einzelregionen wird durch die Anordnung der beiden großen von Norden nach Süden ziehenden Landmassen bewirkt.

Ist in dem Litoral der Einfluß der Landnähe

noch unverkennbar, so tritt dieser im Abyssal bis zum völligen Schwinden zurück. Im Gegensatz zum Litoral weist das Abyssal eine große Einförmigkeit der Lebensbedingungen auf, doch lassen sich auch hier zwei Zonen unterscheiden, von denen die obere noch unter gewisser Einwirkung der Landnähe steht und als *Küstenabyssal* bezeichnet werden mag, die andere dagegen der großen Meerestiefen sich weithin über die Ozeanbecken hinzieht und *Hochseeabyssal* heißen soll. Auch die Grenzen dieser beiden Zonen sind schwer zu bestimmen, da die Niveauverhältnisse des Tiefseebodens sehr wechselnde sind, und außerdem scheint noch eine weitere Scheidung des Küstenabyssals in eine obere bis etwa 1000 m tief reichende Zone und eine tiefere, die allmählich in das Hochseeabyssal übergeht, durchführbar zu sein. Jedenfalls aber ist das Küstenabyssal vom Hochseeabyssal schon dadurch unterscheidbar, daß seine Tierwelt sich nur an den Sockeln der Festlandsmassen weiter verbreiten und die weiten Flächen des Hochseeabyssals nicht überschreiten kann.

Nachdem wir die wesentlichen physikalischen Bedingungen der beiden Lebensbezirke des Meeresbodens kennen gelernt haben, soll an einem Beispiele gezeigt werden, in welcher Weise die tierischen Organismen sich diesen Bedingungen fügen, und wir wählen dazu als besonders geeignete Tiergruppe die Hornkorallen oder *Gorgonarien*. Mit ihren 1041 Arten, die sich in 115 Gattungen und 12 Familien verteilen, ist die Ordnung der Gorgonarien nicht allzu groß, so daß sie sich in der Gesamtheit ihrer einzelnen Arten noch überschauen läßt. Auch ist sie systematisch für unseren Zweck genügend erforscht, was deshalb von größter Wichtigkeit ist, weil eine eindringende Systematik auf stammesgeschichtlicher Grundlage die unentbehrliche Voraussetzung jeder tiergeographischen Arbeit ist. Da die meisten Meeresabschnitte auf ihre Gorgonarienfauna hin untersucht worden sind, so wird das Bild durch neue Funde nicht mehr wesentlich geändert werden. Ein günstiger Umstand ist es, daß nunmehr auch die Bearbeitung des reichen Gorgonarienmaterials der deutschen Tiefsee-Expedition vollendet ist und für diese Untersuchung benutzt werden kann, wenn auch der Ausbruch des Krieges die Drucklegung einstweilen verhindert hat. Von Vorteil ist es schließlich, daß wir unter den Gorgonarien Bewohner aller Tiefen finden, und daß sie in erwachsenem Zustande keine Ortsbewegung haben, da sie als meist baumförmige Tierkolonien am Boden des Meeres festsitzen. Ihre Verbreitung ist nur dadurch möglich, daß die aus befruchteten Eiern sich entwickelnden Larven eine Zeitlang frei leben und von Strömungen weitergetragen werden, bis sie sich am Boden festsetzen. Von ihrem inneren Bau wollen wir uns nur merken, daß es achtstrahlige Korallentiere sind, deren kleine Polypen einen gemeinsamen, meist verzweigten Stock bilden, in dessen Innern es zur Abscheidung einer stützenden Achse vorwiegend horniger Natur kommt.

Zunächst ist die Frage zu beantworten, ob und in welcher Weise die verschiedenen Lebensbedingungen, welche im Litoral und Abyssal herrschen, im *Bau* der Gorgonarien zum Ausdruck kommen. Wenn wir von den primitivsten Formen absehen, welche von ihren Vorfahren her noch einfache, flächenhaft ausgebreitete oder nur mit einigen freien Ausläufern versehene Kolonien darstellen (*Erythropodium* und *Solenopodium*), so sind die sich vom Boden erhebenden Gorgonarien des Litorals fast durchweg in einer Ebene verzweigt, die des Abyssals dagegen weisen eine mehr allseitige und regelmäßigere Verzweigung auf. Die oft fächerförmig, auch netzförmig werdende Verzweigung der litoralen Gorgonarien in einer Ebene ist in erster Linie als eine Anpassung an den Nahrungserwerb aufzufassen. Die Strömungen, welche bis zum Boden des Litorals ihre Wirkung äußern, führen die aus kleinen planktonischen Organismen bestehende Nahrung in horizontaler Richtung zu, und für ihre Aufnahme ist die Ausbreitung der Kolonien in einer senkrecht zu dieser Stromrichtung stehenden Ebene am zweckmäßigsten. Dem entspricht auch die Anordnung der Polypen an Stämmen und Ästen, die bei konstanten Strömungen der Hinterseite fehlen, bei Strömungen, die aus zwei entgegengesetzt wechselnden Richtungen kommen, vorwiegend oder ausschließlich seitlich, also in der Verzweigungsebene angeordnet sind, und da, wo starker Wellenschlag durch Brandung eine nach allen Seiten hin erfolgende Bewegung der Wassermassen bewirkt, allseitig stehen. Natürlich gibt es auch Ausnahmen von dieser Regel, die auf Sonderanpassungen beruhen. So kennen wir einzelne Formen des flachen Litorals, welche nach allen Seiten hin ganz unregelmäßig verzweigt sind, alsdann finden wir aber, daß diese Formen stille Gewässer, z. B. die Lagunen von Atollen, bewohnen.

Nun sehen wir, wie die in größerer Tiefe wohnenden Arten eine mehr und mehr allseitige Anordnung der Äste aufzuweisen haben, die bei den abyssalen Formen oft sehr regelmäßig wird und mitunter in Wirtelform erfolgen kann (wie bei *Acanella*). Diese allseitige Regelmäßigkeit prägt sich auch in der gleichmäßigen Größe der Zweige („Kurzzweige") aus, und auch die Anordnung der Polypen wird eine recht regelmäßige, die sich an den Zweigenden dichter zusammendrängen, im Inneren der Verzweigungen aber spärlicher werden oder gänzlich fehlen, also an die Außenseite gelangen. So wird der Aufbau einer solchen Kolonie schließlich von einem flächenhaften zu einem radiären, wie er auch für viele andere marine Organismen charakteristisch ist. In unserem Falle stellt er eine Anpassung an die Aufnahme der Nahrung dar, die nicht mehr horizontal, wie bei den litoralen Formen, von Strömungen zugeführt wird, sondern vertikal als feiner

Regen zu Boden sinkt und aus abgestorbenen planktonischen Organismen der darüber befindlichen Wasserschichten besteht.

Eine andere damit im Zusammenhang stehende Erscheinung ist das Spärlicherwerden der Verzweigung mit zunehmender Tiefe, was schließlich zu einem völligen Schwinden der Verzweigung führen kann. Dafür nimmt aber bei diesen Tiefseeformen die Größe der Polypen erheblich zu, die oft in allseitiger und wirtelförmiger Anordnung den langen, unverzweigten Stämmen aufsitzen. Auch die Befestigungsweise ist bei litoralen und abyssalen Arten verschieden. Da der Boden der Tiefsee so gut wie ausschließlich aus weichen Massen, Schlamm und Ton besteht, sehen wir die Kolonien durch wurzelartige, oft stark verkalkte Ausläufer im Untergrunde verankert. Das Litoral dagegen weist vielfach felsigen oder steinigen Boden auf, und die Befestigung der Kolonien ist eine viel stärkere, indem sich die Basis plattenartig verbreitert und fest mit dem Untergrunde verwächst, so daß sie auch starken mechanischen Gewalten gegenüber, wie sie die Strömungen erzeugen, standzuhalten vermag. Da, wo in ruhigem Wasser das Litoral feinsandigen oder schlammigen Boden aufweist, treten auch hier wurzelförmige Ausläufer auf.

Dem durch starke Strömungen erzeugten, wechselnden Druck begegnen die litoralen Formen durch größere Elastizität ihrer Achsen, die besonders in den Zweigen wenig oder gar nicht verkalkt sind, während bei abyssalen Formen durch stärkere Verkalkung eine größere Starrheit erreicht wird. Die große Elastizität litoraler Gorgonarien kann man besonders an den Küsten der Antillen bewundern, wo ganze Wälder dieser oft schön gefärbten Formen bis dicht unter die Wasseroberfläche reichen und von den Wellen in fortwährender anmutiger Bewegung erhalten werden. Bei der die Tiefsee bewohnenden Edelkoralle dagegen, deren Achse bekanntlich zu Schmucksachen verarbeitet wird, ist die Hornsubstanz völlig geschwunden und die Achse rein kalkig und damit völlig starr.

Eine interessante Sonderanpassung sind die bei mehreren Gruppen (*Melitodidae, Ceratoisidinae, Mopseinae, Muricellisidinae* und *Isidinae*) unabhängig voneinander entstandenen *gegliederten Achsen*, die aus abwechselnden, starren Kalk- und biegsamen Hornngliedern bestehen. Bei den litoralen Formen sind die Kalkglieder im Vergleich zu den Hornngliedern nur kurz und die Biegsamkeit ist noch recht erheblich, bei den abyssalen Formen mit gegliederter Achse sind die Kalkglieder dagegen sehr lang, die Hornglieder nur flache Scheiben, und die Starrheit der Kolonie ist eine sehr viel größere.

Damit ist die Reihe der Anpassungserscheinungen an Litoral und Abyssal noch lange nicht erschöpft. So schützen sich die Polypen der litoralen Formen vor Angriffen, indem sie sich in besondere festere Polypenkelche oder auch direkt in die die Achse umgebende Rindenschicht zurückzuziehen vermögen, bei den abyssalen Formen dagegen hört diese Retraktionsfähigkeit auf, dafür aber werden die Polypen vor dem Gefressenwerden durch lange Kalknadeln oder einen dicht schließenden Panzer breiter Platten geschützt, ein Zeichen übrigens, daß es in der Tiefsee durchaus nicht so still und friedlich zugeht, wie man wohl früher geglaubt hat.

So sehen wir, daß diese und noch manche anderen Anpassungserscheinungen unabhängig voneinander bei den verschiedensten Arten und Gattungen der Litoral- und Abyssalfauna auftreten, so daß eine Unterscheidung dieser beiden Lebensbezirke auch für die Gorgonarien zu Recht besteht. Die durch diese gleichartigen Anpassungen erzeugten Ähnlichkeiten beruhen nicht auf näheren verwandtschaftlichen Beziehungen, sondern sind *Konvergenzerscheinungen*.

So wertvolle Resultate diese *ökologische* Betrachtungsweise der Verbreitungstatsachen zu zeitigen vermag, so kann sie uns doch keinen Aufschluß geben über die Ursachen, welche die jetzige Verbreitung der Tierwelt geregelt haben, wohl aber kann das eine zweite Betrachtungsweise, die *historische*. Wenn wir die Stammesgeschichte einer Tiergruppe kennen, so muß ihre Verknüpfung mit den Tatsachen der Tiergeographie notwendigerweise kausale Zusammenhänge zwischen beiden ergeben, die uns die Ursachen der heutigen Tierverbreitung erkennen lassen. Diese Aufgabe ist für die marine Tiergeographie noch kaum in Angriff genommen, und es soll hier der Versuch gemacht werden, ihr an der Hand des bereits herangezogenen Beispieles der Gorgonarien etwas näher zu treten.

Zwar sind wir noch weit entfernt, alle Phasen der Stammesgeschichte dieser Ordnung aufgehellt zu haben, in großen Zügen läßt sie sich aber wenigstens für die Familien und Gattungen entwerfen, und wir wollen nun versuchen, an der Hand dieser Stammesgeschichte die allmähliche Ausbreitung der Gorgonarien festzustellen.

Da ist zunächst die Frage zu beantworten, wo wir das *Entstehungszentrum der Ordnung* zu suchen haben. Es muß zusammenfallen mit dem Entstehungszentrum der primitivsten Formen, aus denen sich die übrigen entwickelt haben. Diese Urformen sind natürlich ausgestorben, es haben sich aber ein paar nur wenig veränderte Nachkommen auf die Jetztzeit herübergerettet (der Gattung *Erythropodium* angehörig), die eine ganz merkwürdige Verbreitung haben, indem die eine Art im Atlantischen Ozean bei den Antillen, die andere im Ostpazifischen Ozean bei den Marquesasinseln vorkommt. Die Verbreitungsbezirke der beiden Arten der ältesten Gattung sind also durch das Festland von Süd- und Zentralamerika völlig getrennt. Da beide Arten dem flachen tropischen Litoral angehören, ist eine etwaige Wanderung um die Südspitze Amerikas herum, also

von der tropischen durch die südlich gemäßigte bis an die antarktische Zone und wieder zurück völlig ausgeschlossen, und es bleibt uns nur noch die Annahme einer ehemaligen direkten Verbindung des Ostpazifischen mit dem Westatlantischen Ozean übrig. Auch andere Verbreitungstatsachen fordern einen derartigen früheren Zusammenhang der beiden jetzt getrennten Meeresgebiete, und diese Annahme erfährt eine willkommene Bestätigung durch die Geologie, die eine solche bis zur Miozänzeit dauernde Verbindung festgestellt hat. Das zeigt uns, ein wie wertvoller Bundesgenosse für unsere tiergeographische Forschung die Erdgeschichte zu werden vermag.

Die älteren Gattungen der Gorgonarien sind Bewohner des tropischen Litorals, und zwar häufen sie sich besonders in der Inselwelt des Malaiischen Archipels sowie der Antillen an, deren oft schmale Wasserstraßen starke, bis zum Boden herabreichende Strömungen durchziehen, die den Bodentieren reichlich planktonische Nahrung zuführen. Von hier aus geht die weitere Ausbreitung zum kleineren Teile in die nördlich gemäßigte Litoralzone hinein, Japan sowie das Mittelmeer und die europäischen und nordamerikanischen Küsten des Nordatlantischen Ozeans erreichend. Aber nur eine verschwindende Anzahl von Arten vermag in die Arktis einzudringen. Viel reicher ist die Entwicklung der Formen in der südlich gemäßigten Litoralzone, die für mehrere höher differenzierte Gattungen zum Entstehungszentrum wird. Auch haben von hier aus eine ganze Anzahl von Arten das eigentliche antarktische Gebiet erreicht. Gleichzeitig mit diesen horizontalen Wanderungen ist auch eine Abwanderung vieler Formen in die Tiefe erfolgt, die zur reichen Besiedelung des Küstenabyssals und mit einigen Formen auch des Hochseeabyssals geführt hat.

So läßt sich an der Hand der Stammesgeschichte ein fast lückenloses Bild der allmählichen Besiedelung der Meere mit Gorgonarien geben. Nur in die salzarmen Meere, wie z. B. die Ostsee und das Schwarze Meer, sind sie nicht eingedrungen. Indem sich das Verbreitungsgebiet jeder neu entstandenen Gattung an das ihrer Vorfahren anschließt, sich teilweise mit ihm überdeckend und eine zusammenhängende Kette bildend, vermag die geographische Verbreitung auch zum Prüfstein für unsere stammesgeschichtlichen Vorstellungen zu werden.

Nur zwei sehr primitive Gattungen fügen sich in bezug auf ihre Verbreitung nicht in dieses Bild ein. Beide kommen ganz isoliert in größeren Tiefen des Nordatlantischen und teilweise auch Nordpazifischen Ozeans vor. Die Lösung dieses tiergeographischen Rätsels gibt uns die Stammesgeschichte, die uns zeigt, daß diese beiden Gattungen auch stammesgeschichtlich isoliert stehen und ihre Entwicklung wahrscheinlich aus anderen Vorfahren genommen haben, wie alle anderen Gorgonarien. (Die Gattung *Anthothela* ist aus der Alcyonariengattung *Gersemia*, die Gattung *Paragorgia* aus der Alcyonariengattung *Anthomastus* entstanden zu denken, während alle anderen Gorgonarien aus der Gattung *Alcyonium* nahestehenden Formen entstanden sind.) Die Ordnung ist danach keine monophyletisch, sondern eine triphyletisch entstandene, von der die beiden Seitenzweige sich nicht weiter entwickelt haben.

Aus diesen Untersuchungen lassen sich nun Schlüsse allgemeinerer Art ziehen. So haben wir gesehen, daß die ursprünglicheren Familien fast durchweg Bewohner des Litorals sind, während die höher entwickelten vorwiegend der Tiefsee angehören. Aber auch innerhalb der litoralen Familien kommen einzelne in das Abyssal vordringende Gattungen vor, und auch von manchen litoralen Gattungen ist zu berichten, daß einzelne Arten in die Tiefsee hinabwandern. Im allgemeinen sind alle diese Tiefseebewohner höher differenziert und als jedesmalige Endglieder einer Entwicklungsreihe aufzufassen. Das spricht sich auch darin aus, daß die Kraft der Artbildung bei den Formen des Litorals stärker ist als bei denen des Abyssals.

Diese Tatsachen werfen ein neues Licht auf die *Herkunft der Tiefseefauna*. Früher hielt man die Tiefseetiere für Relikte aus älteren geologischen Epochen, die sich in der einförmigere Lebensbedingungen aufweisenden, stillen Tiefsee erhalten hätten, während sie im Litoral ausgestorben wären. Von dieser Auffassung ist man schon seit längerer Zeit abgekommen und hat das relativ junge Alter der Tiefseefauna erkannt. Das Beispiel der Gorgonarien zeigt uns nun, daß die Besiedelung der Tiefsee von den verschiedensten Familien und Gattungen des Litorals und zu verschiedenen Zeiten erfolgt ist und wohl noch jetzt erfolgt, da erst eine kleine Zahl von Arten das Hochseeabyssal erreicht hat. Bemerkenswert ist auch, daß diese Abwanderungen in die Tiefe vorwiegend vom tropischen Litoral aus erfolgt sind.

Ein weiteres allgemeines Resultat, das auch bei anderen marinen Bodentieren festgestellt worden ist, ist die verschiedene Ausdehnung des Verbreitungsbezirkes litoraler und abyssaler Arten. Es ist eine nahezu gesetzmäßige Erscheinung, daß der Verbreitungsbezirk mit zunehmender Tiefe um so größer wird. Danach haben also die Flachwasserformen im allgemeinen die beschränkteste, die Tiefseeformen die ausgedehnteste Verbreitung aufzuweisen. Der Grund liegt in der großen Mannigfaltigkeit der Lebensbedingungen im Litoral und den zahlreichen physikalischen und biologischen Hemmnissen sowie in der Einförmigkeit dieser Lebensbedingungen und dem Wegfallen der Hemmnisse in der Tiefsee. Freilich ist man neuerdings zu weit gegangen, indem man ziemlich allgemein eine *weltweite* Verbreitung der Tiefseearten annimmt. Für unsere Gorgonarien gilt das zweifellos nicht; nicht nur die Arten, welche das Küstenabyssal bewohnen, sind in ihrer Verbreitung beschränkt, da sie ja schon in den

großen Meerestiefen des Hochseeabyssals ein unüberschreitbares Hindernis finden, sondern auch die Bewohner des Hochseeabyssals sind nicht weltweit verbreitet, denn auch hier sind die Lebensbedingungen, wenn auch sehr einförmig, doch nicht überall völlig gleich. Man denke nur an die Verschiedenheit der Nahrung der Tiefseetiere, da ja die planktonischen Organismen, deren herabsinkende tote Leiber diese Nahrung bilden, in den verschiedenen Meeresgebieten verschieden verteilt sind.

Was die horizontale Verbreitung der litoralen Arten anbetrifft, so erfolgt sie vorwiegend durch den Transport ihrer freilebenden Larven durch Strömungen. Diese passiven Wanderungen müssen also in der Stromrichtung erfolgen. Als Beispiel mag uns die Gorgonarienfauna der *Bermudainseln* dienen, die fast ausschließlich von Westindien stammt, von wo der Antillenstrom einen Teil der dortigen Arten nach Norden transportiert hat.

Auch die Frage nach der Herkunft der Gorgonarienfauna des *Mittelmeeres* kann nunmehr als gelöst betrachtet werden. Noch vor kurzem wurde die Behauptung aufgestellt, daß das Mittelmeer einen Teil seiner Gorgonarienfauna wie auch andere Meerestiere vom Indischen Ozean her erhalten habe, und es wird eine ehemalige direkte Verbindung beider Meeresbecken über Vorderasien angenommen, die erst relativ spät geschwunden sei. Für die Gorgonarien ist eine derartige Verbindung jedenfalls bedeutungslos gewesen, vielmehr sind alle Arten ausnahmslos vom Atlantischen Ozean her eingewandert, was übrigens auch für andere benthonische Tiergruppen, wie z. B. die Pennatularien, gilt.

Schließlich ist die Verbreitung der Gorgonarien auch für das interessante Problem der *Bipolarität* von Bedeutung. Unter Bipolarität verstehen wir eine auf innerer Verwandtschaft beruhende Ähnlichkeit der arktischen und antarktischen marinen Tierwelt, die größer ist als die Ähnlichkeit mit dazwischen gelegenen Faunen der wärmeren Gebiete. Diese Bipolarität ist am stärksten ausgesprochen in dem Bereich des pelagischen Lebensbezirkes, sie fehlt aber auch nicht den beiden benthonischen, und man hat zu ihrer Erklärung die Hypothese einer ehemaligen Universalfauna aufgestellt, die in vortertiärer Zeit über alle damals gleichmäßig erwärmten Meeresgebiete, also auch über die Pole, verbreitet war. Mit der im Tertiär einsetzenden Klimadifferenzierung kam es dann zur Ausbildung verschieden temperierter Zonen, und nur jene Tierformen, welche eine Abnahme der Wärme vertragen konnten, blieben an den Polen zurück, während die Mehrzahl äquatorwärts wanderte. Während die relative Einförmigkeit der Lebensbedingungen in den kalten Gewässern der Pole eine Umbildung der Arten gehemmt hat, ist sie in den wärmeren eine sehr rege gewesen; das soll die Ähnlichkeit der beiden polaren Faunen erklären, die danach als Relikte der alten Universalfauna aufzufassen wären.

Wenn wir nun die Verbreitung der Gorgonarien auf Bipolarität hin untersuchen, so kommen wir zu einem völlig negativen Ergebnis. Die wenigen arktischen Gorgonarien zeigen nicht die geringste Verwandtschaft mit den viel zahlreicheren antarktischen Arten, sondern sind vorgeschobene Eindringlinge aus der nördlichen gemäßigten Zone. Da nun Gorgonarien schon zu vortertiären Zeiten existiert haben, so ist kein Grund einzusehen, weshalb bei ihnen Bipolarität fehlt, wenn diese auf einem so generellen Prinzip beruht, wie es die Reliktenhypothese annimmt. Es gibt übrigens noch andere Gruppen von Bodentieren, die keine Spur von Bipolarität zeigen, während sie bei anderen ebenso zweifellos, wenn auch in beschränktem Maße vorkommt. Für die Erklärung dieser Erscheinung liefert uns die Verbreitung der Gorgonarien einen wertvollen Fingerzeig. Es hat sich nämlich feststellen lassen, daß eine Gattung (*Eunicella*), die wahrscheinlich aus dem Indopazifischen Ozean stammt, von der Südspitze Afrikas, der afrikanischen Westküste entlang, bis ins Mittelmeer und darüber hinaus an die atlantischen Küsten Europas vordringt; ihre Wanderung erstreckt sich also von der subantarktischen über die tropische in die subarktische Zone hinein. Derartige Wanderungen werden ermöglicht durch die Erscheinung *kalten Auftriebwassers*, das an der westafrikanischen Küste bis hoch ins tropische Litoral vordringt, übrigens auch an den Westküsten Amerikas und Australiens zu beobachten ist und eine Brücke von den kalten Gewässern der südlichen Hemisphäre zu denen der nördlichen Hemisphäre schlägt. Auch an den Sockeln der Kontinente sind Wanderungen küstenabyssaler Formen anzunehmen, die in den kalten Gewässern der polaren Regionen wieder ins Litoral aufsteigen können, und schließlich sind einige andere zugunsten der Bipolarität vorgebrachte Erscheinungen nichts anderes als *konvergente Züchtungen*, entstanden durch die Gleichartigkeit der Lebensbedingungen in Arktis und Antarktis.

Die an unserem Beispiel gewonnenen Resultate sind durch weitere parallel laufende Untersuchungen an anderen Gruppen mariner Bodentiere zu bestätigen und zu erweitern. Dadurch wird sich die junge Wissenschaft der marinen Tiergeographie aus dem Stadium der bloßen Anhäufung von Verbreitungstatsachen und ihrer Verwertung durch die statistische Methode immer mehr zu einer kausal forschenden Disziplin der Biologie entwickeln, die uns Ursachen und Gesetzmäßigkeiten der heutigen Tierverbreitung erkennen läßt. Doch sind die Schwierigkeiten, welche sich uns auf diesem Wege entgegenstellen, nicht zu unterschätzen. So ist eine unbedingte Voraussetzung die gewissenhafteste systematische, vergleichend morphologische und wenn möglich paläontologische Erforschung jeder einzelnen

Tiergruppe, auf Grund deren sich erst ein Bild ihrer Stammesgeschichte entwerfen läßt. Davon sind wir aber für die meisten marinen Tiergruppen noch weit entfernt, und es bedarf weiterer mühevoller Voruntersuchungen, bevor wir uns dem gesteckten Ziel nähern werden. Die Zeit ist noch nicht gekommen, in welcher der Einzelne hoffen darf, selbst dieses Ziel zu erreichen, das wird dem Glücklichen einer späteren Generation vorbehalten bleiben. Aber trotzdem werden wir frohen Mutes an die Arbeit herangehen, und es ist zu erwarten, daß gerade die deutsche Wissenschaft einen erheblichen Anteil an diesen Arbeiten nehmen wird. Denn der nationale Einschlag, den jede Wissenschaft hat, ist für uns Deutsche Gewissenhaftigkeit auch in kleinen Dingen und Unterordnung der Person unter die Sache. Das steckt auch in dem öfter gehörten Vorwurf der Schwerfälligkeit und pedantischen Kleinigkeitskrämerei, den man der deutschen Forschung gemacht hat. Für uns enthält dieser Vorwurf ein ungewolltes Lob. Auch in der deutschen Wissenschaft findet sich ein Teil jenes Geistes, den unsere Gegner als „Militarismus" bekämpfen und als „Kartoffelbrotgeist" verspotten; das ist aber der gleiche Geist, der Preußen und damit Deutschland groß gemacht hat, und der Umstand, daß unsere Feinde mit ihrer individualistischen Denkweise ihn nicht begreifen können, soll uns nicht abhalten, von Herzen zu wünschen, daß er unserem Volke und unserer Wissenschaft auch in Zukunft erhalten bleibe.

Forschungen im Gebiete der physikalisch-chemischen Eruptivgesteinskunde.

Von Prof. Dr. Paul Niggli, Leipzig.

(Fortsetzung.)

2. *Mineralogische Gesetzmäßigkeiten.*

Nehmen die Eruptivgesteine bereits einen kleinen Raum im Gesamtkonzentrationsgebiet ein, so ließen sich doch von den ca. 1000 bekannten Mineralien eine große Menge finden, die rein rechnerisch in irgendwelchen Kombinationen den Chemismus eines Gesteins ergeben könnten. In Wirklichkeit treten aber außerordentlich wenige in größerem Maßstabe eruptivgesteinsbildend auf., Die Alkalien finden sich nie in der Form reiner Alkalisilikate, sondern in der Hauptsache gebunden an Alumosilikate, seltener an Ferrisilikate. Dabei ist das Verhältnis von Alkalien zu Tonerde oder Eisenoxyd stets 1 zu 1, so daß neben SiO_2 die Molekularkomplexe $K_2Al_2O_4$, $Na_2Al_2O_4$, $Na_2Fe_2O_4$ Grundlage einer Klassifikation bilden können. Man erhält die folgende kleine Tabelle.

Dazu kommen *Analcim* = $Na_2Al_2O_4 . 4\,SiO_2\,2\,H_2O$, die *Glimmer*, welche neben Magnesia-Eisensilikaten wohl im wesentlichen die Molekularkomplexe $K_2Al_2O_4 . 2\,SiO_2$ und $H_2Al_2O_4 . 2\,SiO_2$ besitzen, sowie die Mineralien der *Sodalith-Cancrinit-Nosean-Hauyngruppe*, die neben einem Nephelinanteil hauptsächlich Chloride, Sulfate oder Carbonate gebunden enthalten. CaO findet sich gleichmäßig in der Form von Silikaten und Alumosilikaten, doch fehlen reine Calciumsilikate ohne Beimengungen von Magnesium-Eisensilikaten als magmatische Bildungen, wie auch das vorwiegende Calciumaluminiumsilikat, der *Anorthit* ($CaAl_2O_4 . 2\,SiO_2$), selten rein, sondern in Mischungen mit Albit als *Plagioklas* auftritt. Deutlich erkennt man die nahe Verwandtschaft von Na_2O mit CaO in den Alumosilikaten (im Gegensatz zu K_2O) sowie die engen Beziehungen zwischen MgO und CaO in aluminiumärmeren oder -freien Silikaten. Die Mittelstellung nimmt der *Melilith* ein, der sich in Berücksichtigung experimenteller Untersuchungen im System $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$ vielleicht aus Mischungen von $(2\,CaO) . (Al, Fe)_2O_3 . SiO_2$ mit $(Mg, Ca)O . SiO_2$ zusammensetzt. MgO und FeO kommen in Mineralien fast stets zusammen vor. Sie sind hauptsächlich an SiO_2 gebunden, finden sich aber in der Form des *Spinelles* $(MgFe)Al_2O_4$ und *Magnetites* $FeFe_2O_4$ auch frei davon. Die *Olivine* entsprechen den Verbindungen $2(Mg, Fe)O . SiO_2$, die *Enstatit-Hypersthene* $(Mg, Fe)O . SiO_2$. In der letzteren, der sogenannten Metasilikatform, entstehen mit $CaSiO_3$ die *Augite* und *Hornblenden*. Ihre Zusammensetzung ist aber infolge des Eintritts tonerdehaltiger Moleküle noch komplizierter und bis jetzt nicht ganz aufgeklärt. Wenn sie Alkalien enthalten, ist es vorwiegend Na_2O. Besonders charakterisiert sind die sogenannten *Alkaliaugite* und *Alkalihornblenden*, deren Analysen auf Anwesenheit des Ägirinmoleküles schließen lassen. Allen Hornblenden scheint ein kleiner Wassergehalt eigen zu sein. Findet sich so in den komplizierter gebauten Mineralien Na_2O gern neben Fe_2O_3, so zeigen die Biotite K_2O neben MgO und etwas FeO. Dieses verschiedene Verhalten von Na_2O und K_2O kommt nach *Washington*[1]) bereits in den Analysenwerten der Gesteine zum Ausdruck.

	2 SiO_2	4 SiO_2	6 SiO_2
$K_2Al_2O_4$ . . .	(Phacellit)	Leucit	Orthoklas
$Na_2Al_2O_4$ . .	Nephelin		Albit
$Na_2Fe_2O_4$ . .		Ägirin	

Von den reinen Oxyden ist nur SiO_2 als *Quarz* gesteinsbildend. Al_2O_3 als Korund tritt zur Seltenheit auf, doch nur in Gesteinen, die aus anderen Gründen nicht mehr als normale Eruptivgesteine angesehen werden dürfen[2]).

Die stets, wenn auch in geringen Mengen, vorhandenen Stoffe: TiO_2, P_2O_5, ZrO_2 sind hauptsächlich in den akzessorischen Mineralien *Titanit, Ilmenit, Perowskit, Apatit* und *Zirkon* zu finden.

---

[1]) *H. S. Washington*, Proc. Nat. Acad. Sc. I, 574, 1915 (Washington).

[2]) *A. Osann* loc. cit.

Eudialyt, Eukolit und *Orthit* enthalten seltene Erden, *Turmalin* Bor.

Das wären die wesentlichsten ursprünglichen Mineralien magmatischer Gesteine mit Ausschluß der pegmatitischen Bildungen. Ihre Zahl ist bei der immerhin noch bedeutenden Variationsfähigkeit im Gesteinschemismus verblüffend klein. Der Menge nach sind *Feldspäte, Augite, Hornblenden, Quarz* und *Glimmer* die hauptsächlichsten. Auch in den Kombinationen der aufgezählten Mineralien zeigen sich gewisse statistische Gesetzmäßigkeiten. Olivin neben Quarz ist selten; ebenso verhalten sich Leucit und Nephelin. Gerne treten Biotit und Hornblende nebeneinander auf. Je größer die Mengen von Augiten, Hornblenden und Olivinen sind, um so kalkreicher ist wenigstens in der pazifischen Reihe der damit koexistierende Plagioklas. Zeigen die Plagioklase Zonenbildung, so ist der Kern anorthitreicher. Neben Olivin als Erstabscheidung ist Augit sehr häufig in zweiter Stufe vorhanden, der Olivin zeigt dann nicht selten Resorptionserscheinungen usw.

3. Strukturelle und texturelle Gesetzmäßigkeiten[1]).

In Abhängigkeit von der geologischen Lagerung, aber auch vom Chemismus sind gewisse Zusammenhänge, insbesondere struktureller Natur, von universeller Bedeutung vorhanden. Sie zeigen sich in den genetischen Beziehungen, die man oft unter dem Namen Ausscheidungsfolge zusammenfaßt, deren ursächlicher Bedingungskomplex aber sehr mannigfaltiger Natur ist.

4. Die allgemeine physikalisch-chemische Betrachtung magmatischer Vorgänge.

Alle diese feststehenden großen Gesetzmäßigkeiten und die vielen nicht minder wichtigen feineren Beziehungen, deren hier nicht Erwähnung getan werden konnte, sucht nun die physikalisch-chemische Petrologie, also die genetische Betrachtungsweise, dem Verständnis näher zu bringen, letzten Endes, um bessere Unterscheidungsmerkmale, schärfere Verwandtschaftsbegriffe für die Beschreibung zu erhalten. Sie muß dabei die Magmen als große physikalisch-chemische Systeme betrachten und den Einfluß der in geologischem Sinne wirksamen Kräfte unter den natürlich sich vorfindenden Bedingungen untersuchen. Der Chemie der wässerigen Lösungen und der Metallegierungen muß sich die Chemie des Magmas an die Seite stellen. Dabei ist es von Wichtigkeit einerseits, die allgemeinen prinzipiellen Vorstellungen in dieser Richtung zu entwickeln, anderseits die speziellen Zusammenhänge durch das Experiment aufzuklären. Das Magma selbst ist im allgemeinen in anderer Weise charakterisiert als die wässerige Lösung oder die Metallschmelze, wenn auch zu beiden hin noch Beziehungen vorhanden sind[1]). Selbst die Untersuchung der Gesteine, von der wir ausgegangen sind, kann noch nicht das vollständige Bild ergeben, denn diese sind in gewissem Sinne nur Kristallisationsrückstände des Magmas, also nur ein, wenn auch quantitativ überwiegender Teil des Ganzen. Am sinnenfälligsten treten jene Stoffe, die nur zu einem geringen Teil in den Mineralbestand eingehen, in den vulkanischen Erscheinungen zutage. Sie entweichen hierbei als Gase und Dämpfe. Daß unter diesen Bestandteilen, wie H_2O, H_2, N_2, CO_2, CO, H_2S, SO_2, HCl, Cl, HF, zum mindesten lokal, H_2O vorwiegt, scheint neuerdings durch Untersuchungen von *Day* und *Shepherd*[2]) am *Kilauea* direkt bestätigt worden zu sein, während petrographische Befunde von jeher dafür sprachen. Doch sind sicherlich Einwendungen von *Brun*[3]) insofern berechtigt, als es unrichtig ist, die Exhalationen ohne weiteres mit Wasserdampf zu identifizieren. Auch bei der tiefmagmatischen Erstarrung geben sich diese Bestandteile besonders durch die Kontakterscheinungen und die pneumatolytischen bis hydrothermalen Bildungen zu erkennen. Man hat die leichtflüchtigen Stoffe hier als „Mineralisatoren" bezeichnet.

Charakteristisch ist, daß diese Komponenten im Vergleich zu den quantitativ überwiegenden, meist silikatischen Stoffen außerordentlich leichtflüchtig sind. Ihre eigenen kritischen Temperaturen und die mancher ihrer Verbindungen sind um mehrere hundert Grad niedriger als die Schmelztemperaturen der schwerflüchtigen Kontrahenten. Das gibt, neben der übrigen stofflichen Eigenart, dem magmatischen System als Ganzes ein besonderes Gepräge. Die prinzipielle Ähnlichkeit eines derartigen Komplexes mit Systemen, die *A. Smits* in den letzten Jahren in theoretischer und experimenteller Weise erforscht hat, ist schließlich auch von mineralogischer Seite erkannt worden. Damit wurde für die Gesamtauffassung der magmatischen Phänomene, in physikalisch-chemischer Hinsicht, eine umfassende Grundlage gewonnen.

Das Zusammenwirken schwer- und leichtflüchtiger Stoffe bei hoher Temperatur hat zur Folge, daß unter gewissen Umständen Destillationsprozesse oder kritische Erscheinungen neben Kristallisationsvorgängen gleichzeitig zu berücksichtigen sind; es hat auch zur Folge, daß der Druck ein neben der Temperatur gleichberechtigter Faktor wird. Die *Kristallausscheidung,* das Erstarren des Magmas, ist ein in erster Linie durch die Löslichkeitsverhältnisse bedingter Vorgang. Die schwerlöslichsten Stoffe scheiden sich

[1]) Trennung von Struktur und Textur nach der von *v. Grubenmann,* Die kristallinen Schiefer, Berlin 1910, gegebenen Definition.

[1]) Auf derartige Beziehungen, die immer von großem praktischen und theoretischen Interesse sind, hat beispielsweise *F. Rinne* in einem Aufsatze (Fortschritte der Mineralogie I, 1911) aufmerksam gemacht.

[2]) *A. L. Day, E. S. Shepherd,* Bull. geol. Soc. Am. 24, 573, 1913.

[3]) *A. Brun,* Recherches sur l'Exhalation volcanique Genève, 1911. Siehe auch gegen *Day* und *Shepherd:* Actes soc. helv. sc. nat. Genève 1915 (II), 163.

zuerst aus und wenn, beispielsweise durch Temperaturerniedrigung, die Sättigungskonzentration weiterer Bestandteile erreicht wird, beginnen auch diese auszufallen. Bereits *Bunsen* hatte den Erstarrungsprozeß in diesem Sinne aufgefaßt, und die zahlreichen Untersuchungen von *Vogt, Dölter, Lagorio* und *Morozewicz* an trockenen Silikatschmelzflüssen, die sich ja in dieser Beziehung prinzipiell gleich verhalten wie irgend eine magmatische Lösung, machten die Petrographen mit dieser Betrachtungsweise vertraut. Allerdings treten hierbei sehr oft Unterkühlungen beziehungsweise Übersättigungen auf, die unter bestimmten Umständen auch dem Naturvorkommnis durchaus nicht fremd sind, unter anderen Bedingungen aber, infolge Viskositätsverminderung durch die leichtflüchtigen Bestandteile und außerordentlich lange Zeitdauer der Abkühlung, sistiert werden. Zur Beurteilung der bei der Erstarrung von Schmelzlösungen auftretenden Erscheinungen sind in den letzten Jahren in experimenteller und theoretischer Hinsicht sehr viele neue Gesichtspunkte gewonnen worden. Von *Liebisch*[1]) und seinen Schülern sind die Kristallisationsvorgänge in binären und ternären Systemen aus Chloriden einwertiger und zweiwertiger Metalle, von *Nacken*[2]) und anderen die der Sulfate, von *Jäger*[3]) die der Sulfide, von den Mitarbeitern des geophysikalischen Instituts in Washington[4]) die hier speziell interessierenden einiger Silikate und Aluminate näher untersucht worden. Auch im letzteren Fall ist es noch nicht möglich gewesen, sei es auch nur hinsichtlich der schwerflüchtigen Stoffe, Systeme annähernder Komplikation, wie das Magma sie darbietet, vollkommen zu erforschen. Doch handelt es sich weniger um die vollständige experimentelle Wiedergabe derartiger Systeme, als um die schon aus einfachen Versuchen sich ergebenden Hinweise auf in Betracht kommende besondere Erscheinungen und ihre physikalisch-chemische Bedeutung.

Im einfachsten Verlauf einer Schmelzerstarrung findet eine Reaktion

Schmelzlösung $\rightleftarrows$ festes A + festes B + festes C ...

statt. Es kann sich in einer durch die Ausgangskonzentration bestimmten Reihenfolge zuerst eine feste Phase, dann neben ihr eine zweite und später dritte usw. Kristallart abscheiden, bis schließlich bei einer bestimmten Temperatur der letzte Rest der Schmelzlösung verschwindet. Nebeneinander findet man dann, sofern Gleichgewicht sich stets einstellt, nicht mehr als n verschiedene Kristallarten, wenn n die Zahl der Komponenten ist.

Es kann aber auch im Verlauf der Abkühlung ein schon früher ausgeschiedener Kristall mit der in ihrer Konzentration geänderten Schmelze unter Bildung einer neuen festen Phase reagieren nach dem Schema

Schmelzlösung + festes A $\rightleftarrows$ festes B + ...

Die Ausgangskonzentration bestimmt dann, ob im Gleichgewicht die Reaktion schließlich vollständig verläuft oder ob nach der Enderstarrung noch festes A vorhanden ist. Die Feststellung derartiger Reaktionsfelder schon in einfachen Systemen ist von Bedeutung, denn auch Hinzufügen neuer Komponenten wird sie nie ganz zum Verschwinden bringen. Schließlich kann eine feste Phase im Verlauf von Änderungen der Temperatur oder des Druckes auch Umwandlungen erleiden. Die Bedingungen zu kennen, unter denen diese erfolgen, ist immer dann wertvoll für den Mineralogen, wenn eine stattgehabte Umwandlung auf irgendwelche Art im Umwandlungsprodukt erkenntlich ist.

Die Erscheinungen werden wesentlich kompliziert durch den Umstand, daß viel feste Phasen veränderliche Zusammensetzung besitzen. Dann ist es wichtig, die Grenzen der Mischbarkeit unter verschiedenen Bedingungen sowie die Beziehungen in den Konzentrationen zwischen Schmelzlösungen und koexistierenden Mischkristallen festzustellen. Besonders die letzteren in ihrer gleichzeitigen Abhängigkeit von der Temperatur klären über die Art der Zonenbildungen auf. Die bis jetzt vorhandenen experimentellen Untersuchungen scheinen zu bestätigen, daß, wie vom strukturellen Standpunkt aus zu erwarten ist, in erheblichem Maße jeweilen nur bestimmte Molekülarten als isomorphe Beimengungen in die festen Phasen eingehen, daß beispielsweise ein Tonerdegehalt in Form der Anorthites in der Schmelze noch nicht genügt, um erheblich tonerdehaltige Augite auskristallisieren zu lassen[1]). Die gegenseitige Abgrenzung der verschiedenen Phasenfelder in den Konzentrationsdiagrammen gibt über die sich bedingenden und die im Gleichgewicht sich ausschließenden Mineralkombinationen Aufschluß. Die allgemeine Erscheinung, daß in Eruptivgesteinen stets nur wenige Mineralien von wesentlicher Bedeutung sind, ist nichts anderes als der sinnenfällige Ausdruck der wenigstens annähernd auch bei diesen Vorgängen gültigen Phasenregel.

Neben diesen Beziehungen, bei deren Ableitung die kristalline Phase wie irgendeine andere in Rechnung kommt, sind von großer Bedeutung für die Erklärung der strukturellen Phänomene jene, bei denen auf die besondere Natur des Kristallzustandes Rücksicht genommen wird. Hier spielen die von *Tammann* eingeführten Begriffe *Kristallisationsgeschwindigkeit* und *Kristallisationsvermögen* eine gewisse Rolle. Die Wachstumsgeschwindigkeit eines Kristalls ist nach verschiedenen Rich-

[1]) *Th. Liebisch, E. Korreng*, Sitz.-Ber. Ak. Wiss. Berlin VIII, 192, 1914; X, 160, 1915.

[2]) *R. Nacken*, Sitz.-Ber. Ak. Wiss. Berlin 1910, 1016 und an anderen Orten.

[3]) *F. M. Jäger, H. S. van Klooster*, Z. f. anorg. Chem. 1912, 78, 248.

[4]) *A. L. Day, E. S. Shepherd, G. A. Rankin, N. L. Bowen, O. Andersen, F. E. Wright*, meistens in der Z. f. anorg. Chemie der letzten Jahre.

[1]) Vergl. dagegen die Diskussion zwischen *G. Tschermak* und *H. E. Boeke* im Centralbl. f. Mineralogie 1915/1916.

tungen in Abhängigkeit vom strukturellen Bau und der Konstitution der Schmelzlösung (Übersättigung, Dissoziation usw.) verschieden. Daraus resultieren die besonderen Formausbildungen. Die Kristallisation kann außerdem an wenigen Stellen einsetzen und sich darauf beschränken oder sie läßt viele Zentren entstehen, die dann naturgemäß bei gleicher Substanzmenge weniger in Breite und Tiefe auswachsen können. Noch ist es nicht gelungen, die Abhängigkeit all dieser Größen von einzelnen Faktoren durchweg klarzustellen; die neuere strukturelle Betrachtungsweise hofft aber auch in dieser Hinsicht fördernde Momente in die Diskussion zu bringen.

Während der Kristallisation kommt den leichtflüchtigen Stoffen, wie H_2O und anderen, eine zweifache Bedeutung zu. Sofern die Erstarrung des Magmas im Erdinnern unter hohem Druck stattfindet, werden sie sich bei der Ausscheidung von in der Hauptsache schwerflüchtigen Stoffen in der Restlösung anreichern. Ihre Anwesenheit erniedrigt schon von vornherein die Ausscheidungstemperaturen ganz erheblich, sie wird die Kristallisation auch auf ein großes Intervall verteilen. Infolge dieser Anreicherung steigt aber die Innenspannung während des Abkühlens enorm. Gleichzeitig verringert sich die Viskosität der Lösung. Es werden dann schließlich zwischen 900° und 400° fluide hochgespannte „mineralisatorenreiche" Lösungen zurückbleiben, die jede Gelegenheit des Entweichens wahrnehmen. Finden sie längs Klüften oder Spalten offene Bahn, so hat Druckerniedrigung und Temperaturerniedrigung Auskristallisation der gelösten Stoffe zur Folge. Die an wasser-, chlor-, fluor- und borhaltigen Mineralien reichen *pegmatitischen* Bildungen finden auf diese Weise ihre Erklärung. Es kann aber auch sein, daß beim Abkühlen von einem bestimmten Moment an der Dampfdruck des Magmas so groß geworden ist, daß gewissermaßen ein Absieden dieser leichtflüchtigen Bestandteile, beziehungsweise ihrer Lösungen, in die durchlässigen Nebengesteine erfolgt. Je nach der Intensität der Stoffzufuhr sind dann die gewöhnlichen *Kontakt*wirkungen oder die pneumatolytischen Erscheinungen der *Injektion* wahrnehmbar. Infolge der zwischen Karbonaten und derartigen Mineralisatoren sich abspielenden Reaktionen findet, unter Verdrängung von CO_2 (*Metasomatose*), eine Anreicherung pneumatolytischer Stoffe besonders gern in Kontaktmarmoren statt. Schöne Beispiele sind unter anderen aus dem Kristianiagebiet bekannt geworden. (*V. M. Goldschmidt*, Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet, 1911.) Letzte Reste wasserhaltiger Lösungen verursachen schließlich die sogenannten *hydrothermalen* Bildungen der Kluftmineralien, und in besonderer stofflicher Zusammensetzung manche (perimagmatischen und apomagmatischen) *Erzlagerstätten*. So sind flüssig-magmatische Gesteinsbildung, Pneumatolyse und hydrothermale Vorgänge notwendig auseinander folgende Prozesse eines einzigen Systems unter wechselnden Bedingungen. Die Spaltung der unter plötzlicher Drucklastung ausfließenden Magmen in viskose Laven, die meist glasig fest werden, und eine reine Gasphase entspricht vollkommen dem Verhalten derartiger Systeme unter diesen besonderen Umständen.

Geben uns derartige Überlegungen Auskunft über die physikalisch-chemische Bedeutung der während einer Abkühlungsperiode des Magmas im Kleinen auftretenden Erscheinungen, so sind sie doch noch nicht geeignet, die großen Gesetzmäßigkeiten zwischen den magmatischen Gesteinen in ihrem eigentlichen Wesen zu erfassen. Welches sind die Ursachen der innerhalb gewisser Möglichkeiten bleibenden Gesteinsassoziationen, der magmatischen Variationsbreiten und der Eruptionszyklen; welcher Art ist der Zusammenhang zwischen magmatischer Periode und geotektonischen Vorgängen? Um über diese wichtigsten Probleme Aufschluß zu erlangen, ist eine weitere Entwicklung der Chemie des Magmas und der Geophysik unbedingt notwendig. Hauptsächlich wird es sich in Rücksicht auf den ersten Punkt darum handeln zu untersuchen, welches die im Magma vorhandenen Molekelarten sind und welche von Temperatur und Druck abhängigen Gleichgewichte sich zwischen ihnen ausbilden. Die enge Zusammengehörigkeit jeweilen einer Reihe verschiedener Eruptivgesteinstypen innerhalb einer geologischen Einheit hat von jeher zu der Vorstellung der Entstehung aus einem ursprünglich homogenen Magmaherd[1]) geführt. Es müßten dann in einem solchen Herde Konzentrationsverschiedenheiten entstehen, die große Massen im einheitlichen Sinne betreffen. Welcher Art auch diese sind, die Bildung einheitlicher Gesteine verschiedener Zusammensetzung verlangt ausgleichende Wanderungen. Wandern werden aber natürlich die Molekelarten, welche unter den gegebenen Bedingungen vorhanden sind, und die Gleichgewichte, die sich zwischen ihnen einstellen, werden jedem Teilsystem den besonderen Charakter geben[2]). Seit *Darwin* ist der Gedanke, daß eine derartige Differentiation direkt mit Kristallisation im Großen verbunden ist, immer wieder in den Vordergrund getreten. Die zuerst gebildeten Kristalle sollen infolge der Schwerkraft in die Tiefe sinken, und die vom zurückbleibenden Magma durchlaufenen Stadien würden direkt den Flüssigkeitsrückstandskurven während der Kristallisation, unter ständiger Entfernung der bereits ausgeschiedenen Produkte, entsprechen. Im Verlaufe dieses in der Tiefe langsam vor sich gehenden Prozesses würden die Schmelzlösungen in verschiedenen Epochen abgequetscht, intrudieren und bei der rascheren Erstarrung die normalen magmatischen

---

[1]) Gestein des gleichen Stammes, nach *V. M. Goldschmidt*, Vidensk. Skr. 1916, Kristiania (Nr. 2).

[2]) *P. Niggli*, Chemie der Erde I (1915), 101.

Gesteine liefern. Erst neuerdings hat *Bowen*[1]) darauf hingewiesen, daß der überaus verbreitete Zyklus gabbroide Gesteine — dioritische Gesteine — Granite — Aplite und Pegmatite mit einer derartigen Vorstellung vereinbar wäre und zugleich die Anreicherung an Mineralisatoren im granitisch-pegmatitischen Magma, als der Restlösung, erklären würde. Doch so wahrscheinlich auch Mitwirkung derartiger Phänomene ist, so unmöglich ist es, sie für die komplizierten Vorgänge der Differentiation *allein* verantwortlich zu machen. Die Bildung basischer Teilmagmen in einem späteren Stadium, die oft entgegengesetzte lakkolithische Differentiation, das meist vollkommene Fehlen gravitativer Separation in großen Eruptivstöcken, gewisse Differentiationsfolgen in der atlantischen Gesteinssippe und viele andere Erscheinungen verlangen ihre besondere Erklärung. Ein zweites Moment ist unter anderen von *Michel-Levy, Loewinson-Lessing* und neuerdings besonders von *Daly*[2]) in Diskussion gezogen worden: die *Assimilation*[3]). Auch sie wird in der Hauptsache besonders im Großen wirksam sein, in der Tiefe, in welcher den Magmen noch eine erhebliche Lösungsfähigkeit innewohnt. Dann kann Einschmelzung mit Reaktion und Abscheidung fester Phasen verbunden sein, so daß die zurückbleibenden ausgeglicheneren oder teildifferenzierten Magmen nicht reine additive Produkte darstellen. Der Kohlensäure- und dem Wasser eingeschmolzener Sedimente kommen hierbei, wie *Daly* richtig betont, eine ganz besondere Rolle zu, denn sie werden besonders für Gleichgewichtsverschiebungen empfindliche Stoffe sein. Experimentelle Anfangsversuche sind in dieser Hinsicht bereits unternommen worden. Für alle diese Zwecke ist aber in erster Linie ein weiterer Ausbau des Beobachtungsmaterials und eine Vervollständigung der analytischen Untersuchungen notwendig. Und gerade hier, wo es sich um Vorgänge von gewaltigen Dimensionen und geologischem Ausmaß handelt, zeigt es sich, wie das Experiment nur ein Fühler und ein kritisches Hilfsmittel sein kann.

(Schluß folgt.)

Besprechungen.

Kammerer, P., Allgemeine Biologie. Stuttgart und Berlin, Deutsche Verlags-Anstalt, 1915. XII, 351 S., 86 Abbildungen im Text und 4 farbige Tafeln. Preis M. 7,—.

Eine gemeinverständliche Darstellung der allgemeinen Biologie zu geben, d. h. dem gebildeten Laien die Lehre vom Leben nahe zu bringen, ist in neuerer Zeit öfter versucht worden. Freilich wird meist irgendeine Philosophie des Lebens, besser gesagt des Autors über manche Lebensanschauungen geboten, die ihren Fundamenten und Tendenzen nach nicht auf die Anerkennung des kritischen Forschers rechnen darf. Die Wissenschaft von den Organismen ist heute weder in Hinsicht auf ihre Erkenntnismöglichkeiten noch auf Grund bereits gewonnener Erkenntnisse in der Lage, überhaupt zu sagen, was allgemeine Biologie ist. Nur eine in sich vollkommene Biotheorie könnte genannt werden: der Vitalismus *Drieschs* — dessen Voraussetzungen wir aber als Irrtümer ablehnen müssen. So fehlt *die* Biotheorie, die als allgemeine Biologie mit alleinigem Recht auf diesen Namen gelehrt werden dürfte.

Nur eine Sammlung von Tatsachen mit verallgemeinernden Ableitungen ist unsere Lebenswissenschaft vorläufig, wenn sie sich, was zu fordern ist, von freischwebender Spekulation fernhält. So gibt auch der durch seine Experimentaluntersuchungen über den engeren Fachkreis hinaus bekannte Wiener Biologe *P. Kammerer* einen Überblick über die mannigfachen Gebiete, auf denen die Lebensforschung sich heute betätigt. Gleichmäßige Behandlung des ganzen Stoffes zu verlangen, wäre ein törichtes Ansinnen. In *Kammerers* Darstellung tritt das Zoologisch-Morphologische in den Vordergrund und hier wieder die Richtungen und Gegenstände, die dem Arbeitsgebiet des Verfassers näher liegen. Das äußert sich weniger in der Art und der Anzahl der überhaupt vorgebrachten Dinge als darin, daß über manche Fragen der Gestaltungsanalysis und Vererbungswissenschaft *Kammerer* die durch eigene Forschung gebildete Ansicht vertritt. Auch sonst freilich wird keine farblose Kompilation der Meinungen vorgebracht, sondern in bestimmter Weise Stellung genommen. Immer werden viele Einzelheiten mitgeteilt, fast zu viele einige Male, wo sich die Darstellung referatartig drängt. Es ist erstaunlich, welche Fülle von Material *Kammerer* dem reichen Schatze seiner Erfahrungen und Literaturkenntnisse entnimmt. Als Theoretiker ist er in der Beurteilung der positiven Versuchsergebnisse zuweilen optimistischer, als es manchem Skeptiker lieb sein mag. Sein frischer Stil macht sich gerade bei einer gemeinverständlichen Darstellung angenehm bemerkbar. Das große Geschick, keinen Fachausdruck ohne zureichende Erklärung einzuführen, muß besonders hervorgehoben werden.

Von dem Inhalte kann hier nur eine Übersicht der Kapitel gegeben werden. Begriffsbestimmung und Grundlegung der Prinzipien bilden die Einleitung. Mit Urzeugung, Leben und Tod wird das Wesen des Organismus zu erfassen gesucht. Dann kommen die „elementaren Fähigkeiten des organischen Stoffes" zur Behandlung: Reizbarkeit, Bewegbarkeit, Stoffwechsel, Fortpflanzung, die letzte ausführlich als Wachstum und Entwicklung, Zeugung und Vermehrung dargestellt. Die beiden Schlußkapitel sind dem Bande der Generationen, der Vererbung und der stammesgeschichtlichen Entwicklung (Abstammung, Artenwandel, Auslese und Fortschritt) gewidmet. Dem Texte sind erklärende Abbildungen beigegeben, bei denen der Verlag sich anscheinend etwas sparsam gezeigt hat; denn mit Ausnahme der Kammererschen Originalfiguren begegnen einem meist alte, nicht immer gute Bekannte. Dagegen sind die farbigen Tafeln durchweg wohlgelungen. Den einzelnen Kapiteln folgen Literaturnachweise, und dem Schlusse des Buches ist eine Übersicht der allgemeinbiologischen Literatur beigegeben. So wird dem Leser eine Weiterbildung geboten, der er um so vertrauensvoller folgen kann, als die Angaben *Kammerers* durchaus unparteiisch gemacht sind. Oft dem Buchtitel hinzugefügte, ganz kurze kritische Bemerkungen erweisen sich für den Kenner als recht treffend.

[1]) *N. L. Bowen*, Journ. of Geology Suppl. Vol. *XXIII* (1915), 1.

[2]) *R. A. Daly*, Igneous rocks and their origin, New York 1914.

[3]) Eine Darstellung des geologischen Erscheinungskomplexes der Einschmelzungen gab *O. H. Erdmannsdörffer*, Fortschritte der Mineralogie *V* (1916), 173.

Kammerers allgemeine Biologie verdient als Einführung in den Betrieb der gegenwärtigen Lebensforschung empfohlen zu werden; denn sie bringt keine billige Naturphilosophie, sondern ein gemeinverständliches Wissenschaftsbild. Daß das eigene Urteil des Autors allenthalben merkbar ist, macht das Buch auch für die Fachgenossen interessant. Um in dieser Hinsicht einiges herauszugreifen, erwähne ich S. 124 ff. die Ausführungen über Restitution, S. 274 über die Superregeneration bei *Ciona* und ihre Erblichkeit, S. 322 ff. über fortschreitende Entwicklung. *J. Schaxel, Jena.*

Röhmann, F., Über künstliche Ernährung und Vitamine. Die Biochemie in Einzeldarstellungen II., herausgegeben von *Aristides Kanitz*. Berlin, Gebr. Borntträger, 1916. 150 S., 19 Figuren und 2 Tafeln. Preis M. 5,80.

Als zweiten Band der neuen Sammlung von Monographien gibt *F. Röhmann* eine erschöpfende und kritische Darstellung des wichtigen Gebietes der künstlichen Ernährung, das in den letzten Jahren unter dem Einfluß der Arbeiten von *G. Hopkins, Osborne* und *Mendel, C. Funk, Suzuki* u. a. eine ganz neue, überraschende Gestalt gewonnen hat. Im Gegensatz zu der alten Liebigschen Lehre, nach der als die Bestandteile der Nahrung Eiweiß, Fette, Kohlehydrate, gewisse Salze und Wasser zu gelten haben, zeigten die neueren Untersuchungen, daß reine Nahrungsstoffe nicht ausreichend sind, Erhaltung des Körpers und Wachstum zu gewährleisten. Man kam dazu, lebenswichtige Stoffe anzunehmen, die in den meisten Nahrungsmitteln enthalten sind, die *C. Funk* Vitamine nannte, während andere, in Ablehnung dieser an „Biomalz" erinnernden Wortbildung, von akzessorischen Nahrungsstoffen sprechen. Die nahe Beziehung dieser Versuche mit künstlicher Ernährung zu gewissen, in der Ätiologie dunklen, aber mit der Art der Nahrung sicher in Zusammenhang stehenden Krankheiten (Beri-Beri, Skorbut, Pellagra) verbreiterte die Basis des Interesses an diesen Studien und führte *Funk* dazu, für diese Krankheiten die Bezeichnung der Avitaminosen einzuführen.

Röhmann verneint die Existenz von solchen Stoffen. Aus seiner langen Erfahrung mit künstlicher Ernährung hat er die auch von ihm selbst in ihrer großen Bedeutung noch nicht genügend gewürdigte Erkenntnis gewonnen, daß die Ernährung mit reinen Nahrungsstoffen so schwierig sei, daß aus negativen Versuchen kein Schluß gezogen werden darf. Nach langen Versuchen ist es ihm gelungen, mit einem Gemisch von reinem Kasein, Hühnereiweiß, Kartoffel- und Weizenstärke, Traubenzucker, Margarine und Salzen junge Mäuse aufzuziehen, zum Werfen und auch die zweite Generation zum Wachsen zu bringen. Seine Versuche, das Hühnereiweiß durch Kasein zu ersetzen, haben bisher die hohe Beweiskraft der ersten Versuchsreihe noch nicht erreicht. Gerade mit Kasein ist trotz großer experimenteller Erfahrung *Osborne* und *Mendel* und *Hopkins* die Erhaltung ihrer Tiere nicht gelungen. Die außerordentliche, Wachstum befördernde Wirkung ganz kleiner Mengen Milch (*Hopkins*) und ähnliche Beobachtungen im Zusammenhang mit der nach seiner Rolle in der Ernährung des wachsenden Tieres kaum zu bezweifelnden Vollwertigkeit des Kaseins als Eiweißkörper, lassen den Kaseinversuch als einen kardinalen erscheinen. Erst sein Ausgang wird entscheiden, ob die „akzessorischen Stoffe" zum Leben notwendig sind. Auch bei negativer Beantwortung dieser wichtigen Frage wird aber nicht verneint sein, daß es Stoffe gibt, deren Enthaltensein in der Nahrung die reinen, das Wachstum und die Erhaltung nur unter besonderen günstigen Bedingungen gewährleistenden Nahrungsstoffe zu brauchbaren Nahrungsmitteln macht, mit denen ein Aufbau viel leichter fällt.

Der Grund der Unzulänglichkeit einer Nahrung, die kalorisch ausreichend ist, sieht *Röhmann* in der Unvollständigkeit der Eiweißkörper. Mit gewissen Eiweißstoffen der Zerealien und Leguminosen ist die Aufzucht junger Tiere nicht möglich (*Osborne* und *Mendel*). Diesen Eiweißstoffen fehlen Aminosäuren, die der tierische Körper nicht selbst bilden kann, deren Zufuhr aber die unvollständigen Eiweißkörper zu einer ausreichenden Nahrung ergänzt. In diesem Sinne erkennt *Röhmann* Existenz und Bedeutung von „Ergänzungsstoffen" an. „Sie sind nicht weitverbreitete Katalysatoren, sondern Stoffe, welche in ganz bestimmter chemischer Beziehung zu einem bestimmten Eiweißstoffe der Nahrung stehen."

Die Realität dieser „Ergänzungsstoffe" und ihre physiologische und pathologische Bedeutung wird allgemein anerkannt. Wenn sie aber die Existenz der „akzessorischen Nahrungsstoffe" (Vitamine), wie *R.* meint, ausschließen soll, so muß die bestimmte chemische Beziehung zu einem bestimmten Eiweißstoffe nicht nur eine qualitative, sondern eine quantitative sein. Das ist aber augenscheinlich nicht der Fall. Die heilende Wirkung von ½—1 mg Oryzanin bei Beri-Beri (*Suzuki*), die außerordentliche Wirkung von Zitronensaft bei Möller-Barlowscher Krankheit lassen die quantitative Beziehung vermissen, die nach der Definition von *Röhmann* zu fordern ist.

Es wird also zum mindesten noch einiger Arbeit und einer Anzahl von Nachprüfungen bedürfen, bis die Frage, ob „akzessorische Nahrungsstoffe" neben den Ergänzungsstoffen, die Aminosäuren sind, bestehen, endgültig entschieden werden kann. In der Entwicklung dieser Lehre wird die durch den Reichtum an Material wie durch Kritik gleich wertvolle Schrift von *Röhmann* eine wichtige Rolle spielen. Noch vor Weiterführung der experimentellen Arbeiten aber wird sie hoffentlich die sehr wünschenswerte Wirkung haben, der kritik- und uferlosen Ausdehnung des Begriffes der „Avitaminosen" ein mahnendes Halt entgegenzusetzen. *L. Lichtwitz, Göttingen.*

Botanische Mitteilungen.

Botanische Analogien zur Psychophysik. Mit dem Sieg des Entwicklungsgedankens war auch theoretisch die Grenze zwischen Tier- und Pflanzenreich gefallen, die sich schon in der Praxis in vielen Fällen kaum ziehen ließ. Damit tauchte naturgemäß die Frage auf, ob auch in der Pflanze Vorgänge anzunehmen sind, die den psychischen Prozessen der Tiere entsprechen. So sehr eine solche Annahme vom Standpunkt einheitlicher Betrachtung aus berechtigt schien, so wurde sie doch vielfach übersehen oder mit Absicht beiseite geschoben. Daran war, wenn man von gewissen dogmatischen Voreingenommenheiten absieht, zweierlei schuld. Zunächst lassen sich „psychische Prozesse" bei der Pflanze wie übrigens auch bei niederen Tieren nie direkt beweisen, sondern höchstens nach Analogie erschließen; dann aber war da und dort von zu extrem vitalistischer Seite aus etwas Mißbrauch mit dem Seelenbegriff getrieben und zuviel Zwecktätigkeit in das Naturgeschehen hineinkonstruiert worden. Trotz des berechtigten Widerstandes gegen solch extreme Auswüchse haben sich aber doch eine ganze Reihe von Bezeichnungen und Vorstellungen aus der Tierpsycho-

logie in die pflanzliche Reizphysiologie eingebürgert. Diese „Analogien" sind es, die *Kniep* in seinem Aufsatz (*Fortschr. d. Psychol.* Bd. IV, 1916) übersichtlich darstellt. Behandelt werden die Reizschwelle, das Reizmengengesetz, das Webersche Gesetz, die Sinnesqualitäten und die Reizstimmung. Wie bei den tierischen Sinneswahrnehmungen, so gibt es auch bei den pflanzlichen Reizprozessen eine bestimmte Grenze, unterhalb der ein Reiz wirkungslos ist, d. h. zu keinem sichtbaren Erfolg führt. Diese Grenze liegt allerdings in manchen Fällen sehr tief. Eine Droseratentakel reagiert noch, wenn eine Ammoniumphosphatlösung in einer Verdünnung von 1 : 20 000 000 angewandt wird, und manche Ranken rollen sich noch auf, wenn man ein Baumwollfädchen von 0,000 25 mg auflegt. Etwas komplizierter liegen die Verhältnisse für den Phototropismus. Hier läßt sich nicht einfach eine untere Lichtintensität angeben, die gerade noch eine Reaktion auslöst. Vielmehr muß dabei auch die Dauer der Einwirkung berücksichtigt werden. Je länger die Bestrahlung stattfindet, desto geringere Intensitäten sind erforderlich, um einen Reizerfolg herbeizuführen, und umgekehrt genügt bei sehr hohen Lichtwerten der Bruchteil einer Sekunde (bis $^1/_{2000}$) zur Erzielung einer phototropischen Reaktion. Es besteht hier eine einfache mathematische Beziehung, das sogen. Reizmengengesetz. Das Produkt aus Lichtstärke × Belichtungszeit muß einen gewissen konstanten Wert besitzen, um die Schwelle zu erreichen. Dieses Produktgesetz gilt nicht nur für den Phototropismus, sondern auch für den Geotropismus. Die geotropische Präsentationszeit, d. h. die Zeit, die ein Schwerkraftsreiz einwirken muß, um zu einer Krümmung zu führen, hat natürlich für die konstante Schwerkraft g bei dem einzelnen physiologischen Versuchsobjekt einen ganz bestimmten Wert. Ersetze ich dagegen die Schwerkraft durch beliebige Zentrifugalkräfte, dann ist jedem Zentrifugalwert ein bestimmter zeitlicher Expositionswert zugeordnet, der durch das Mengengesetz berechnet werden kann und der angewendeten Zentrifugalkraft umgekehrt proportional ist. Nur ein Ausfluß des Reizmengengesetzes ist das Fittingsche „Sinusgesetz". Werden die 2 entgegengesetzten Flanken eines Keimsprosses abwechselnd in 2 verschiedenen Winkellagen zur Schwerkraft gereizt, etwa + 90° und — 45°, und zwar gleichlang, dann erfolgt eine Krümmung im Sinne der Reizung von + 90°, weil hier die Schwerkraft in voller Stärke wirkt. Eine solche Reaktion unterbleibt aber, wenn sich die Expositionszeiten umgekehrt verhalten, wie die Sinus der zugehörigen Winkel, wenn also die Proportion besteht: $\sin \alpha_1 : \sin \alpha_2 = t_2 : t_1$ (t = Expositionszeit). Ebenso steht das „Talbotsche Gesetz" mit dem Reizmengengesetz in Zusammenhang. Es besagt, „daß der Effekt eines intermittierenden Reizes gleich ist dem Produkt aus der Intensität dieses Reizes und dem Bruchteil der Periode, während deren er wirksam ist. Dieses Gesetz, das zunächst für die Netzhaut des menschlichen Auges festgestellt wurde (*Helmholtz*), gilt auch für den pflanzlichen Phototropismus. Eine Summation der Einzelreize und eine Reaktion findet allerdings nur dann statt, wenn die Intervalle eine gewisse Grenze nicht übersteigen. Die Gültigkeit des „Weberschen Gesetzes" ist zuerst von *Pfeffer* in der Pflanzenphysiologie bestätigt worden, und zwar bei der Chemotaxis der Mikroorganismen. Er führte in die Flüssigkeit, in der die Bakterien sich befanden, eine Kapillare ein, die eine Lösung des Reizstoffes enthielt, und zwar in stärkerer Konzentration, als dieser in der Nährflüssigkeit vorhanden war. *Pfeffer* fand nun, daß ein ganz bestimmter Konzentrationsüberschuß vorhanden sein muß, damit Chemotaxis eintritt. Dabei kommt es nicht auf den absoluten, sondern, wie es eben dem Weberschen Gesetz entspricht, auf den relativen Reizzuwachs an. So muß bei Bacterium termo die Fleischextraktlösung in der Kapillaren 5-mal so konzentriert sein als in der Außenflüssigkeit, damit Anlockung stattfindet. Auch beim Geotropismus findet das Webersche Gesetz Anwendung, während beim Phototropismus die Verhältnisse noch nicht geklärt sind. Das Webersche Gesetz bietet eine Handhabe, verschiedene Sinnesqualitäten voneinander zu unterscheiden. Befinden sich in der Kapillaren und in der Außenflüssigkeit verschiedenartige Lösungen, dann wird die äußere eine Dämpfung nur dann herbeiführen dürfen, wenn der Perzeptionsakt derselbe ist, die Reize also als gleichartige empfunden werden. Mit dieser Methode wurde festgestellt, daß Chloride und Sulfate bei Bakterien offenbar als verschiedene Reizqualitäten empfunden, Sulfate untereinander aber nicht unterschieden werden. Ein anderer Weg, Sinnesqualitäten zu ermitteln, knüpft an den Schwellenwert an. So kann man aus der Tatsache, daß unterschwellige geo- und phototropische Reize nicht summiert werden, folgern, daß heterogene Reize vorliegen, die einen verschiedenen Perzeptionsakt auslösen. An der Hand des Weberschen Gesetzes läßt sich auch feststellen, daß die Reizstimmung sich unter bestimmten Umständen ändern kann. Übersteigt nämlich die Konzentration der Außenflüssigkeit eine gewisse Größe, dann tritt Abstumpfung ein, und es kommt bei dem entsprechenden Konzentrationsüberschuß nicht mehr zu einer Ansammlung in der Kapillaren. Beim Phototropismus kann sogar bei starken Lichtstärken die positive Reaktion in eine negative umschlagen. Solche Stimmungsänderungen sind auch beim Geotropismus bekannt geworden. So nehmen beispielsweise die jungen Blütenknospen des Mohnes infolge ihres negativen Geotropismus eine nickende Lage ein. Beim Aufblühen aber richtet sich die Sproßspitze infolge von Stimmungsänderung senkrecht empor. Narkotika in geringen Dosen erhöhen, in starken Dosen erniedrigen sie die Reizstimmung. Zweifellos wird die weitere Forschung all diese „Analogien" zur tierischen Physiologie noch vermehren.

Über die Schutzmittel einiger Pflanzen gegen schmarotzende Cuscuta. (*Gertz, Jahrb. f. wiss. Bot. 56*, 1915.) Um die Ursachen zu ermitteln, von denen das Gedeihen oder Nichtgedeihen der Cuscuta auf verschiedenen Wirtspflanzen abhängig ist, stellte *Gertz* Versuche mit sehr zahlreichen Pflanzenarten an. Wachsende Sproßspitzen von Cuscuta Gronovii wurden an den auf Infektionsfähigkeit zu prüfenden Gewächsen festgebunden und dann der weitere Entwicklungsverlauf verfolgt. Es ergab sich, daß eine ganze Menge von Arten den Angriffen des Schmarotzers widerstehen. Zu dieser Leistung sind sie durch mannigfache Schutzmittel befähigt. Bei Quercus ist es wohl die glatte Stengeloberfläche, die von vornherein ein Anhaften unmöglich macht. Bei vielen Formen bietet außerdem das mechanische Gewebe einen wirksamen Schutz gegen das Eindringen der Saugwurzeln. So vermochten bei Digitalis purpurea die Saugwurzeln den Sklerenchymring nicht zu durchbrechen. Eine ähnliche Erscheinung beobachtete *Hildebrand* bei C. lupuliformis; die Saugwarzen waren nicht imstande, sich in die verkieselte Epidermis von Phragmites (Schilfrohr) einzubohren. Zu diesen mechanischen Schutzmitteln gesellen sich dann eine Fülle von chemischen. Als besonders widerstandsfähig erwiesen sich vor allem Pflanzen, die über Oxal-

säure, ätherische Öle, Alkaloidstoffe und giftige Milchsäfte verfügen. Als Beispiele seien genannt Begonia metallica, Dictamnus Fraxinella, Hyoscyamus niger und Papaver dubium. Die Wirkungen der geschützten Wirtspflanzen auf den Schmarotzer äußerten sich darin, daß er entweder überhaupt abstarb oder aber bei ausgesprochener Wachstumshemmung deutliche Anzeichen der Verkümmerung zeigte. Sehr häufig ging mit der Kränklichkeit ein ± ausgesprochenes Ergrünen Hand in Hand: der Schmarotzer suchte dem Hungerzustand durch autotrophe Ernährung entgegenzuarbeiten. Auf diese Weise war ein schwaches Weiterwachstum möglich, das außerdem durch Selbstverdauung tiefergelegener Regionen gefördert wurde. Trotz weitgehender Schädigung trat in manchen Fällen an akzessorischen Sprossen Blütenbildung ein. Offenbar sucht auf diese Weise die Pflanze wenigstens die Nachkommenschaft zu retten. — Es hat nichts Verwunderliches, daß in manchen besonderen Fällen die Schutzmittel versagen, und daß in dieser Hinsicht andere Cuscutaarten von C. Gronovii abweichen. So gedeiht C. Epithymum mit Vorliebe auf Thymusarten, die durch den Besitz von ätherischem Öl ausgezeichnet sind. Es handelt sich hier eben um Spezialisten; bei denen die Schutzmittel durch Gegenanpassung wirkungslos geworden sind. Beispiele derart sind ja schon auf anderen Gebieten nachgewiesen worden. Es mag nur an den Wolfsmilchschwärmer erinnert werden, dessen Raupe sich durch den Milchsaft in keiner Weise abschrecken läßt, gerade Euphorbiablätter als Nahrungsmittel zu wählen. Ob die von *Gertz* als „Schutzmittel" bezeichneten Stoffe und Bauverhältnisse alle diesen Namen verdienen, läßt sich bezweifeln. Der Ausdruck „Schutzmittel" legt die Deutung nahe, als ob wir es hier stets mit aktiven Anpassungen zu tun hätten. In Wirklichkeit werden aber die betreffenden Arten nur deshalb verschont, weil sie zufällig im Besitz von schutzverheißenden Charakteren sind, Charakteren, die ihr Vorhandensein in der Regel wohl anderen Umständen (mechanischen Aufgaben usw.) verdanken.

Über amphikline Bastarde. (*de Vries, Ber. d. d. botan. Ges.* Bd. *XXXIII*, 1916.) Schon in seiner „Mutationstheorie" berichtet *de Vries* von eigenartigen Bastardierungserscheinungen, die ihm bei Oenotheraformen begegnet sind. Kreuzt man Oe. Lamarckiana mit Oe. mut. nanella, dann erhält man schon in der ersten Generation eine Spaltung derart, daß ein Teil der Nachkommen zu Oe. Lamarckiana *zurück*schlägt, während der Rest Oe. mut. nanella ergibt. Beide Typen vererben sich konstant weiter. Wichtig ist nun, daß solche „amphikline" Bastarde nicht in festem Verhältnis auftreten, sondern daß der Prozentsatz Oe. Lamarckiana : Oe. mut. nanella stark wechselt. In den älteren Versuchen, die in der Mutationstheorie niedergelegt sind, und die mit einjährigen Pflanzen angestellt wurden, schwankt die Zahl der Nanella-Formen von 1—50 %. Für diese Schwankungen kommt zweierlei in Betracht: „Erstens die individuelle Kraft der männlichen und weiblichen Keimzellen, welche zusammengebracht werden, und zweitens die Ernährungsverhältnisse während der Kreuzung. Der Einfluß der individuellen Kraft wurde schon in den früheren Versuchen klargestellt. Es zeigte sich, daß die Nanella-Formen um so häufiger erscheinen, je günstiger die Verhältnisse sind. So ist es keineswegs gleichgültig, welche Blüten einer Infloreszenz man zu den Befruchtungsversuchen verwendet. Jüngere Blüten sind wesentlich kräftiger; das gibt sich schon an der Größe, vor allem aber an der Samenzahl der daraus hervorgegangenen Früchte zu erkennen. Infolgedessen nehmen die Erbzahlen für die Zwergformen von der Basis nach der Spitze eines Blütenstandes ab; in einem Experiment sank der Prozentsatz von 31 % auf 16 %. Auch die schwächeren Seitenzweige haben niederere Erbzahlen. Ganz allgemein bildet der Samenreichtum einer einzelnen Frucht einen Maßstab dafür, wie viele Nanella-Keimlinge zu erwarten sind. Über den Einfluß der äußeren Faktoren handelt die neuere Mitteilung. Während früher die mittlere Erbzahl für Oe. mut. nanella etwa bei 22 % lag, konnte sie durch Verwendung zweijähriger Kulturen von Oe. Lamarckiana auf 65 % erhöht werden. In einzelnen Versuchen wurden sogar fast 100 % Zwerge erzielt. Dazu waren allerdings besonders günstige Ernährungsverhältnisse vonnöten. „Eine reiche Düngung, eine sonnige Lage und eine gute Behandlung der Samenträger erhöhen den Gehalt an Exemplaren des einen Typus, während unter ungünstigen Kulturbedingungen der andere zunimmt." Vor allem befördert frühzeitiges Verpflanzen und reichliches Begießen während der Zeit der Bewurzelung das Auftreten der Nanella-Formen. Auch das Klima ist von großem Einfluß. Das zeigten Experimente mit 3 kräftigen Exemplaren von Oe. Lamarckiana. Die Befruchtung mit Nanella-Pollen erfolgte vom 12. Juli bis 16. August; das Wetter wurde genau registriert und die Früchte einzeln geerntet. Es ergab sich, „daß für die Zeit, in welcher das Wetter während der Reduktionsteilung, der Synapsis und der Befruchtung sehr günstig war, der prozentische Gehalt an Zwergen sehr hoch ist, während er für die regnerische Periode des Sommers merklich geringer ist" (83 gegen 57 %). Nach der Ansicht von *de Vries* gelten dieselben Gesetzmäßigkeiten auch für andere amphikline Bastarde.

Die Verwandlungsfähigkeit der Bakterien. (*Schmitz, Centralbl. f. Bakt.* 1. Abtlg., Bd. 77, H. 5/6, 1916.) Es ist eine bekannte Tatsache, daß eine eng umschriebene Bakteriengruppe häufig nebeneinander stark pathogene und vollständig harmlose Arten enthält. Natürlich steigt da sofort die Frage auf, inwieweit solche Formen miteinander verwandt sind und ob es gelingt, möglicherweise die eine in die andere überzuführen. Das ist nicht bloß von theoretischer Bedeutung, sondern kann die weitestgehenden praktischen Folgen nach sich ziehen. Über die Typhuskoligruppe, die neben den Erregern des Typhus und Paratyphus auch die unschädlichen Kolibazillen enthält, ist schon viel gearbeitet worden, und es hat sich dabei gezeigt, daß es die mannigfachsten Bindeglieder zwischen den einzelnen Typen gibt. So treten, um nur ein Beispiel zu erwähnen, sehr häufig im Stuhl von Menschen Bazillen auf, die in jeder Hinsicht mit Paratyphuserregern übereinstimmen, denen aber die Virulenz fehlt, und so fort. *Schmitz* berichtet nun über eine weitere, schon seit langer Zeit umstrittene Gesellschaft, die Diphtherie-Pseudodiphtherie-Gruppe. Es handelt sich dabei um folgendes: Außer typischen Diphtheriebazillen treten im Menschen mitunter verwandte Formen auf, die sich nicht nur durch das Fehlen der Pathogenität, sondern auch hinsichtlich ihrer Gestalt, Färbbarkeit, Gärungsvermögen usf. von dem eigentlichen Erreger der Diphtherie unterscheiden. Schon vor 30 Jahren haben *Roux* und *Yersin* die Vermutung geäußert, daß es sich hier bloß um Modifikationen derselben Art handle, die ineinander übergehen könnten. Eine Stütze findet diese Annahme darin, daß die Pseudodiphtheriebazillen mit Vorliebe bei Diphtheriekonvaleszenten und Bazillenträgern anzutreffen sind. Es ist nun *Schmitz* tatsächlich gelungen, reine Linien

von Diphtheriebazillen durch Einspritzung in Meerschweinchen in solche Formen umzuwandeln, die sich von Pseudodiphtheriebazillen nicht unterscheiden lassen. Dieser Übergang erfolgte erst allmählich, oft waren mehrere Meerschweinchenpassagen notwendig, und es verdient hervorgehoben zu werden, daß sich neben solchen Variationen, die aller typischen Diphtheriemerkmale entkleidet waren, auch andere vorfanden, denen bloß das eine oder das andere fehlte, die Extreme waren also mit anderen Worten durch zahlreiche Zwischenstufen verknüpft. Die Veränderungen waren zum Teil reversibel, zum Teil aber dauernd. So konnte ein Stamm, der einmal seine Pathogenität verloren hatte, nie mehr in den virulenten Zustand zurückversetzt werden. Diese Befunde machen es wahrscheinlich, daß tatsächlich die bei Rekonvaleszenten auftretenden Pseudodiphtheriebazillen Abkömmlinge von echten Diphtherieerregern sind, und daß beide Formen systematisch zusammengehören.

P. Stark, Leipzig.

Astronomische Mitteilungen.

A spektroskopic method of determing stellar parallaxes und **Application of a spektroskopic method of determing stellar distances to stars of measured parallax,** von **Walther S. Adams.** Communications to the National Academy of Sciences Nr. 24, 25. Das in der Stellarastronomie so außerordentlich wichtige Parallaxenproblem und noch manche andere Frage astronomischer und physikalischer Natur können durch die Ergebnisse dieser Untersuchungen von *Adams* auf dem Mount Wilson Solar Observatory eine neue Belebung erhoffen. Ihr wesentlicher Inhalt ist folgender:

Es ist schon seit langem bekannt, daß Sterne gleichen Spektralcharakters von sehr verschiedener Absolutheiligkeit sein können. Ein typischer Fall sind α *Tauri* und *61 Cygni*. Die scheinbare Helligkeit des ersten ist $1{,}^{m}1$, die des zweiten $5{,}^{m}6$, die Parallaxe des ersten beträgt aber nur $0{,}''07$, des zweiten dagegen $0{,}''31$. Würde man also α *Tauri* und *61 Cygni* sich in die gleiche Entfernung versetzt denken, die einem Werte der Parallaxe von $0{,}''1$ entspräche (die scheinbare Größe eines Sternes in dieser Einheitsdistanz nennt man seine *absolute* Größe), so wäre α *Tauri* von der Größe $0{,}^{m}4$ und *61 Cygni* nur $8{,}^{m}0$. Das heißt soviel als: die Leuchtkraft von α *Tauri* ist ungefähr 1100-mal so groß als die von *61 Cygni*. Beide haben das Spektrum K_5. Man wird vermuten, daß α *Tauri* ein viel gewaltigerer Körper ist als *61 Cygni* und daß infolgedessen diejenigen Linien in beider Spektren, welche von den physikalischen Bedingungen der Lichtemission stark beeinflußt werden, in beiden Spektren systematische Unterschiede aufweisen werden. In der Tat zeigt sich bei zwei Linien in ihrem Spektrum ein solcher Unterschied besonders auffällig. Die *Calciumlinie 4455 A* ist bei *61 Cygni* stark, dagegen bei α *Tauri* schwach ausgeprägt. Diese Linie zeigt auch in den Sonnenflecken ein besonderes Verhalten und wächst an Intensität mit Abnahme der Temperatur. Andererseits ist die *Strontiumlinie 4216 A* eine bei den *hohen* Temperaturen im Funkenspektrum stark ausgeprägte Linie und ist auch im Spektrum von α *Tauri* kräftig, dagegen im Spektrum von *61 Cygni* schwach entwickelt. Außer solchen Linien treten wiederum andere auf, die offenbar unempfindlich gegenüber den äußeren Bedingungen bei der Lichtemission sind, da sie bei solchen Sternpaaren wie α *Tauri* und *61 Cygni* keine Intensitätsunterschiede zeigen.

Adams hat darum versucht, aus dem systematischen Verhalten der beiden Linien Ca 4455 und Sr 4216 Kriterien für die *absolute* Helligkeit der Sterne im Bereiche der späten Spektralklassen von F_0 bis M (es sind dies die Sterne mit scharf ausgeprägten Metalllinien bis zu denen mit Oxydbanden, d. h. die gelben und roten Sterne) abzuleiten. Und zwar vergleicht er die Intensitäten folgender drei Linienpaare:

a) 4216 Sr mit 4250 Fe,
b) 4455 Ca „ 4462 Fe, Mn,
c) 4455 Ca „ 4495 Fe.

Die gemessenen Unterschiede Δ trägt er sodann für eine größere Zahl von Sternen, bei denen gute Parallaxenbestimmungen vorliegen, so daß ihre absoluten Größen berechnet werden können, als Ordinaten zu den absoluten Größen M als Abszissen auf und findet innerhalb der Spektraltypen von F bis K eine *lineare* Beziehung. Für die Linienpaare b) und c) ist schon für K_5 bis M die Beziehung keine lineare mehr. Eine Ausgleichung aus etwa 60 Sternen liefert die Koeffizienten der linearen Beziehungen

$$M = \alpha \cdot \Delta + \beta;$$

und zwar wurde die Ausgleichung getrennt für fünf Spektralgruppen:

F_0—F_6, F_7—G_7, G_8—K_4, K_5—K_9, M

durchgeführt. Mit Hilfe dieser Relationen und der Gleichung:

$$M = m + 5 + 5 \log \pi,$$

welche die Parallaxe π aus der absoluten Helligkeit M (in Größenklassen) und der scheinbaren Größe m zu berechnen gestattet, wurden sodann für weitere etwa 60 Sterne aus den gemessenen Intensitätsunterschieden Δ der Linienpaare die Parallaxen berechnet und mit den durch andere Beobachtungsmethoden gemessenen verglichen. Die Übereinstimmung ist bis auf einige noch nicht aufgeklärte Fälle eine überraschend gute. Es seien nur einige Fälle hier wiedergegeben:

			Parallaxe	
	Größe	Sp.	berechnet	beobachtet
α Can. min. .	0,5	F_3	$+0{,}''36$	$+0{,}''32$
10 Urs. maj.	4,1	F_6	0,11	0,09
10 Tauri . .	4,4	F_8	0,07	0,07
χ Herculis .	4,6	F_8	0,09	0.10
ε Eridani . .	3,8	K_3	0,27	0.31
δ Eridani . .	3,7	G_9	0,95	0,19[1])
γ Cephei . .	3,4	K_2	0,08	0,07
Pi 14.h212 .	5,8	K_6	0.19	0,17
W.B.16. h906	9,1	M_b	0,21	0,27

Diese Methode liefert also einen einfachen Weg, um *unmittelbar aus dem Spektrum eines Sterns seine Parallaxe ableiten* zu können; es wäre ein ganz gewaltiger Fortschritt, wenn sich diese Methode quantitativ streng begründen und auf alle Spektralklassen ausdehnen ließe, denn sie befreit uns von dem Zwang, uns eine genügend breite Basis zur Entfernungsmessung bei den Sternen zu schaffen, was bei den riesenhaften Entfernungen, um die es sich hierbei handelt, außerordentliche Schwierigkeiten bereitet. Sie macht allerdings dafür den Umweg über die *absolute* Größe der Sterne und läßt vorerst noch die Frage offen, welche physikalische Bewandtnis es mit diesen Intensitätsunterschieden bei den verschiedenen Sternen hat. Diese Frage ist schon an und für sich sehr wichtig und die Möglichkeit, die *absolute* Größe der Sterne aus ihren Spektren zu bestimmen, auch für andere Probleme als das Parallaxenproblem von höchstem Interesse.

[1]) *einzige große* Abweichung.

Über die Dynamik der Sternhaufen. Eine ganze Reihe von Arbeiten verschiedener Astronomen, die allgemeines Interesse beanspruchen können, befassen sich mit der Massenverteilung in den kugelförmigen Sternhaufen und der Frage der Anwendbarkeit der Gesetze der kinetischen Gastheorie auf die Dynamik der Sternhaufen. Über dieses Problem wird zurzeit in England und den nordischen Ländern von den Astronomen *Eddington, Jeans, Plummer, Strömgren, v. Zeipel* eifrig gearbeitet.

Von jeher war der Anreiz vorhanden, auf die Erscheinungen im Sternuniversum die Gesetze der kinetischen Gastheorie anzuwenden, da man leicht versucht ist, die Vorgänge in einer Sternwolke nur als Vergrößerung entsprechender Vorgänge in einer Gasmasse anzusehen. Auf die Zustände in der Gesamtheit der Sterne der *Milchstraße* haben jedoch diese Gedanken kein Licht zu werfen vermocht, da die Art der festgestellten Sternströme und die ganz außerordentlich geringe Dichte dieses „Sterngases" neue Verhältnisse schaffen, die in der kinetischen Gastheorie nicht angetroffen werden, zumal außerdem noch das Sternuniversum einen stationären Zustand anscheinend noch nicht erreicht hat. Anders liegen die Dinge bei den *kugelförmigen Sternhaufen*. Ihre Gestalt deutet darauf hin, daß Sternströme in ihnen auf die Struktur keinen wesentlichen Einfluß ausüben, denn die kugelförmige Anordnung der Sterne ist die notwendige Bedingung für stabile Verhältnisse, wenn keine Sternströme vorhanden sind, andernfalls sind auch Gleichgewichtsfiguren wie z. B. der Saturnsring möglich (*Jeans*, Month. Not. 76). Ferner ist in solchen Sternhaufen wohl sicherlich das Verhältnis der Abstände der einzelnen Sterne voneinander zur Gesamtausdehnung des Haufens von anderer Größenordnung als die entsprechenden Werte in der Milchstraße, so daß, falls ausgesprochene Sternströme anfangs vorhanden waren, dieselben infolge der Zusammenstöße bald abgeklungen sein werden.

Die Untersuchungen von *Plummer* und *v. Zeipel* haben nun das überraschende Resultat gezeitigt, daß die Massenverteilung in den verschiedenen kugelförmigen Sternhaufen der gleichen Gesetzmäßigkeit folgt, und zwar derjenigen einer Gasmasse im adiabatischen Gleichgewichtszustande, wenn als Verhältnis der spezifischen Wärmen $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ der Wert 1,2 gesetzt wird. Dieser Wert von γ wird in der Tat von den verschiedenen Sternhaufen innerhalb enger Grenzen gewahrt. Nur im Zentrum und an der Peripherie der Haufen offenbaren sich merkliche Abweichungen von dieser, durch die Formel

$$\varrho = (c^2 + r^2)^{-5/2}$$

(ϱ = Massendichte, r = Entfernung vom Zentrum) wiedergegebenen Verteilung.

In der kinetischen Gastheorie spielt diese Formel eine wichtige Rolle; sie gibt die Dichteverteilung in einer Gaskugel von endlicher Gesamtmasse aber unendlicher Ausdehnung wieder. Die Theorie gibt außerdem die Mittel an die Hand, aus der zentralen Dichte die Gesamtmasse abzuleiten. Die Abzählungen in den kugelförmigen Sternhaufen liefern also, außer der Dichteverteilung als Funktion des Abstandes vom Mittelpunkt, in der Gesamtzahl der Sterne, die nachweislich zum Haufen gehören, ein Maß für die Gesamtmasse des betrachteten Gebildes. Dabei werden alle Sterne als gleich groß vorausgesetzt, was zulässig erscheint, insofern die Dichteverteilung für die verschieden hellen Mitglieder des Sternhaufens nicht verschieden ausfällt. Für die *Gesamtzahl* der Sterne im Haufen N. G. C. 362 liefern z. B. die Abzählungen $N_\infty = 1058$, die Theorie dagegen $N_\infty = 1015$ und für den Sternhaufen N. G. C. 5986 $N_\infty = 460$ gegen 481 der Theorie. Nicht minder gut ist die Darstellung des Dichteverlaufs innerhalb des Haufens durch die obige Formel.

Dieser Tatsache gegenüber kann man nun zwei verschiedene Standpunkte einnehmen. Entweder man faßt die gute Darstellung der Massenverteilung in den kugelförmigen Sternhaufen durch die Formel der Gastheorie als Beleg dafür auf, daß es in der Tat einen Sinn hat, diese Gesetze auch auf solche Gebilde auszudehnen. Dann muß man konsequenterweise der Größe $\gamma = 1 + \frac{1}{n}$ ($n = 5$), dem Verhältnis der spezifischen Wärmen, eine physikalische Bedeutung auch innerhalb dieser Gebilde zusprechen können. Oder aber, was mir auch das Richtigste scheint, man faßt den obigen Umstand als einen Fall auf, wie solche öfters in den theoretischen Naturwissenschaften sich finden, daß nämlich die gleiche mathematische Theorie verschiedene Anwendungen zuläßt, wobei die in den Formeln auftretenden Größen Träger verschiedener physikalischer Dinge sind. Diesen letzten Standpunkt vertritt in erster Linie *Eddington* (Month. Not. 76, 1916) und er hat die ersten Schritte getan, um Klarheit in die hier vorliegenden Zusammenhänge zu bringen. Den ersten Standpunkt vertreten *Plummer* und *v. Zeipel* (Month. Not. 7176).

In der Tat könnte man versucht sein, die Größe $\gamma = 1 + \frac{1}{n}$ ($n = 5$) als das Verhältnis der spezifischen Wärmen in der Gaskugel aufzufassen, aus welcher der Sternhaufen entstanden ist, falls überhaupt eine Gaskugel die Ausgangsstufe dieser Gebilde ist. Es ist aber unmöglich, sich vorzustellen, daß die Massenverteilung von der Gaskugel bis zum Sternhaufen unveränderlich durch die ganze Entwicklung hindurch geblieben sein sollte, da sich ja die Sterne nicht plötzlich auskristallisiert haben können. Näher liegt es schon, dem einzelnen Stern die Eigenschaften eines Gasmoleküls zu verleihen. Dann gerät man aber in große Schwierigkeiten, will man das Auftreten eines adiabatischen Gleichgewichtzustandes deuten und dem einzelnen „Sternmolekül" diejenigen Freiheitsgrade erteilen, daß ein Verhältnis der spezifischen Wärmen $\gamma = 1.2$ resultiert. Dem Werte $\gamma = 1 + \frac{1}{n}$ ($n = 5$) muß vielmehr eine allgemeinere Bedeutung zukommen, als ihm die kinetische Gastheorie erteilt. Dafür spricht in der Tat der Umstand, daß der Wert $n = 5$ der Grenzwert ist, für welchen bei *unendlicher* Ausdehnung der Gaskugel noch ein *endlicher* Betrag für die Gesamtmasse möglich ist. Es hat demnach den Anschein, als strebten auch die Sternhaufen nach einem Zustande möglichster Massenzerstreuung bei endlicher Gesamtmasse. Man wird also darauf ausgehen müssen, die Dynamik solcher kugelförmigen Sternhaufen unabhängig zu entwickeln, wozu die ersten Ansätze von *Eddington, Jeans* und *Strömgren* vorliegen. Erfreulich wäre es, wenn auch in Deutschland Interesse und Mitarbeit an diesen Problemen der Astronomie erwüchse.

E. Freundlich, Berlin-Neubabelsberg.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 24.— für den Jahrgang, M. 6.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 60 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung von Julius Springer
in Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle

Vortrag gehalten an der 94. Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn 2. Aug. 1911

Von **Emil Abderhalden**
o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Halle

Zweite Auflage — Preis M. 1.—

Die neue 10. umgearbeitete Auflage von

Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik und Meteorologie

4 Bände gebunden 97,50 Mark wird ohne Preisaufschlag gegen **5 Mark Monatsrate** oder 15 Mark Quartalsrate geliefert. — Ansichtssendung.

Hermann Meusser, Buchhandlung
BERLIN W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Angewandte Elektrizitätslehre

Ein Leitfaden für das elektrische und elektrotechnische Praktikum

Von

Professor Dr. Paul Eversheim,
Privatdozent für angewandte Physik an der Universität Bonn

Mit 215 Textfiguren

Preis M. 8.—, in Leinwand gebunden M. 9.—

Soeben erschien:

Darstellung und Begründung einiger neuerer Ergebnisse der Funktionentheorie

Von

Dr. Edmund Landau,
o. ö. Professor der Mathematik an der Universität Göttingen

Mit 11 Textfiguren

Preis M. 4.80

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Lehrbuch der Psychiatrie

Von

Dr. E. Bleuler

o. Professor der Psychiatrie an der Universität Zürich

Mit 49 Textabbildungen

Preis M. 12.—; in Leinwand gebunden M. 13.80

Vor kurzem erschien:

Physisch und Psychisch in der Pathologie

Nach einem Vortrag, gehalten in der Gesellschaft der Aerzte in Zürich in der Sitzung vom 30. Januar 1915

von Professor Dr. **E. Bleuler**

Direktor der Psychiatrischen Universitäts-Klinik Zürich Burghölzli

Preis M. 2.—

Monographien aus dem Gesamtgebiet der Neurologie und Psychiatrie

Herausgegeben von **M. Lewandowsky**-Berlin und **K. Wilmanns**-Heidelberg

Vor kurzem erschienen:

Heft 11:

Postoperative Psychosen

Von Professor Dr. **K. Kleist**

Oberarzt der Psychiatrischen Klinik in Erlangen

Preis M. 1.80

Heft 12:

Studien über Vererbung und Entstehung geistiger Störungen

I. Zur Vererbung und Neuentstehung der Dementia Praecox

Herausgegeben von Dr. **Ernst Rüdin**

Oberarzt der Klinik und Privatdozent für Psychiatrie an der Universität München

Mit 66 Figuren und Tabellen — Preis M. 9.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W9 — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW