Zeitschrift: Schweizer Schule
Herausgeber: Christlicher Lehrer- und Erzieherverein der Schweiz
Band: 4 (1918)

Anhang: Mittelschule : mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe : Beilage zur "Schweizer-Schule"
Autor: [s.n.]

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mittelschule

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe

Beilage zur „Schweizer-Schule"

1918
IV. Jahrgang

Einsiedeln
Eberle & Rickenbach
1918

Inhaltsverzeichnis.

1. Abhandlungen.

Seite

Die Seele des Tieres und der Geist des Menschen. Von Prof. Dr. Kathrein, Freiburg 1
Physikalische Schülerübungen. Von Dr. Bernasconi, Schwyz 6
Freunde der Finsternis. Von Jos. Diebolder 6, 27, 42, 58
Die Entropie. Von Prof. Dr. Brunner, Luzern 12
Die neue Ausgabe der Tierbücher Alberts d. Großen. Von Dr. H. P. Baum . . 13
Die Radioaktivität. Von Prof. Dr. Brunner, Luzern 17
Meine Reise auf alte Brombeerstengel. Von Dr. R. Stäger, Bern 22
Einige geophysikalische Fragen. Von Dr. Baum, Immensee 33, 74, 116
Ueber die Entstehung der Korallenriffe. Von Prof. Dr. M. Schips, Schwyz . . . 39
Victor Meyer. Von Prof. Dr. Gockel, Freiburg 46
Von der „Chemie" der Alten. Von Prof. Dr. P. A. Roshardt, Stans 49
Eine Frage des Lehrbuches oder der Methode? Von Prof. Dr. P. Baum . . . 54
Aufzeichnung der Erdbebenwellen. Von Prof. Dr. R. Brunner, Luzern 57
Das Blatt. Von Prof. Dr. A. Ursprung, Freiburg 65, 81, 98, 113
Ein Blick in den Haushalt des Mutterkornpilzes. Von Dr. R. Stäger, Bern . . . 91
Ueber Dämmerungsfarben. Von Prof. Dr. Gockel, Freiburg 104
Schlupfwespe kontra Kohlweißling. Von Prof. Dr. Baum 108
Das Mammutskelett im neuen zool. Museum der Universität Zürich. Von Prof. O. Hauser, Schwyz 108
Auffindung des Osterdatums für das XX. Jahrhundert. Von Dr. H. P. Baum, Immensee 112

2. Literatur.

Besprechungen 29, 96, 109, 119, 120

4. Jahrgang. Nr. 1. 10. Jan. 1918

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe

Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Die Seele des Tieres und der Geist des Menschen. — Physikalische Schülerübungen. Freunde der Finsternis. — Die Entropie. — Die neue Ausgabe der Tierbücher Alberts des Großen.

Die Seele des Tieres und der Geist des Menschen.

Von Universitätsprofessor Dr. phil. et med. L. Katharíner, Freiburg (Schweiz).

Schon oft wurde die Frage aufgeworfen, ob das Tier eine Seele habe. Die Frage allein läßt erkennen, daß der Fragesteller über den Inhalt seiner Frage nicht klar ist, d. h. den Unterschied zwischen Seele und Geist nicht kennt. Ein lebendes Tier hat wie jeder Organismus, also auch die Pflanze, eine „Seele“, wenn man das Prinzip, welches allen Lebensvorgängen zu Grunde liegt, als solche bezeichnen will. Denn worin wäre sonst der Unterschied zwischen einem lebenden und einem toten Organismus gelegen? Nur darf man nicht die Seele als ein neben dem Körper existierendes, zu selbständigem Leben fähiges Wesen auffassen. Ein solches Seinsprinzip kommt nach dem Dualismus lediglich dem Menschen zu. Gerade darin unterscheidet sich die dualistische Auffassung der Schöpfung von der monistisch-materialistischen, welche auch für den Menschen kein zweites Seinsprinzip zugeben will. Wenn aber der Mensch nicht mehr sein soll als ein Tier, dann müssen sich alle seine Leistungen aus dem auch diesen zukommenden Vermögen erklären lassen, also da dieses ein monistisches Wesen ist, sich als Seelentätigkeit nachweisen lassen. Alles was der Mensch kann, muß auch das Tier leisten können. Darauf beruht das Jahrtausende alte Bestreben, dem Tier menschliche Fähigkeiten zuzuschreiben. Diese Bestrebungen reichen bis in die neueste Zeit. Man erinnere sich nur an die rechnenden Elberfelder Pferde, an den Mannheimer klugen Hund „Rolf“, an den sprechenden Hund „Don“, an den Schimpansen „Basso“ usw. Charakteristisch für alle diese Bestrebungen ist, daß sie als Beweise weit über das Ziel hinausschießen. Statt eine einfache Intelligenzhandlung auszuführen, sollen die genannten Tiere geistige Operationen ausführen, welche mitunter selbst einem Menschen, ja einem Fachmann unmöglich wären.*) Hierhin gehören die Rechenleistungen der Krall'

*) Wenn irgendwo, so gilt hier die Phrase „embarras de richesse“ und trifft der Spruch zu: „Allzuviel ist ungesund“.

schen Pferde,*) welche komplizierte Wurzelrechnungen in kurzer Zeit ohne jeden Hülfsapparat „im Kopf" ausführen. Der Hund „Rolf" politisiert und philosophiert; seine Gedanken äußert er vielfach in Pfälzer Dialekt. Alle angeblichen Äußerungen des Geistes der Tiere erwiesen sich früher oder später als Antworten des Fragestellers auf seine eigenen Fragen. Der Nachweis dafür ist im einzelnen Fall mehr oder minder schwierig, ist bis jetzt aber immer erbracht worden. Das erste Kriterium für das Vorhandensein eines Geistes ist die Intelligenz, und für das Vorhandensein dieser ist eine zweckbewußte Handlung beweisend. Jede tierische Handlung ist die negative oder positive Äußerung auf einen abstoßenden oder anziehenden Sinnesreiz. Trifft ein hungriges Tier, z. B. ein Hund, auf eine ihm zusagende Speise, so wird es davon fressen; hat der Hund schon früher damit üble Erfahrungen gemacht, wurde er z. B. wegen Naschhaftigkeit mit Prügeln bestraft, so wird er entweder doch fressen oder sich das Futter versagen, in Erinnerung an die gehabte Strafe. Es kommt eben darauf an, ob der angenehme Sinnesreiz des Futters stärker wirkt als die schmerzhafte Empfindung der Prügelstrafe. Der Mensch dagegen kann vermöge seines freien Willens das Angenehme lassen und das Unangenehme freiwillig erdulden. Wir brauchen nur an die Märtyrer zu denken. Für das Tier und die entsprechend handelnden Menschen gibt es keine Moral. Ihre gesamte Tätigkeit liegt außerhalb von Gut und Böse (Nietzsche). Alle Versuche, selbst dem höchststehenden Tier Intelligenzhandlungen und Willensakte zu vindizieren, sind früher oder später fehlgeschlagen. Was Moralakte anbetrifft, wie ein solcher in der Fürsorge für die Jungen, vergleichbar der Kindesliebe, zum Ausdruck kommen soll, so ist zu bedenken, daß die Aufopferung des Individuums für die Erhaltung der Nachkommen eine Instinkthandlung ist, die im Interesse der Erhaltung der Art dem Tier ebenso eigen ist und sein muß wie jede andere zweckmäßige Instinkthandlung. Nur ist der Grund dafür nicht im Tier selbst, sondern im Schöpfer der betreffenden Tierart zu suchen. Es liegt auf der Hand, daß die tierische Seele mit dem Erlöschen des Lebens zu existieren aufhört, da sie ja nur eine Zusammenfassung der Eigenschaften des lebenden Körpers ist, keine Substanz für sich wie der Geist; die menschliche Seele, richtiger der Geist, kann auch ohne den Körper existieren, ist unsterblich. Während die tierische Seele mit dem individuellen Leben anfängt und aufhört, ist der menschliche Geist von Gott dem Körper zugewiesen und kehrt nach dem Tod zu seinem Schöpfer zurück. Den Augenblick zu wissen, wann

*) Als Regel gilt der Satz; daß der, welcher schimpft, Unrecht hat; im vorliegenden Fall haben die Anhänger der Pferdeintelligenz gegen sich selbst gezeugt; nachdem ich nämlich einen Artikel über die Intelligenz der Pferde „Kralls" in der wissenschaftlichen Beilage der „Germania" veröffentlicht hatte, bekam ich einen anonymen Brief mit der Unterschrift: „Ein Elberfelder"; darin war leider ganz richtig gesagt, daß ich Geld zu brauchen schiene; um so verkehrter war die dem Leser nahegelegte Schlußfolgerung, als hätte ich gegen meine Überzeugung die Intelligenz der Pferde bestritten. Nichts lag und liegt mir ferner, als um des schnöden Mammons wegen gegen meine Überzeugung etwas zu schreiben.

er in dem Körper Wohnung nimmt, ist zwar von moralisch höchstem Werte, aber trotz allem, was darüber, namentlich von theologischer Seite behauptet wird, praktisch gänzlich unbekannt. Er fällt offenbar zusammen mit der Vereinigung der Ei- und der Samenzelle zu einer lebenden Einheit. In dem vorher angeführten Sinne hat also auch das Tier, eben als Lebewesen, wie jedes andere, auch die Pflanze, eine Seele. Nur eben ist dieselbe kein neben dem Körper existenzfähiges Seinsprinzip. Der Satz „mens sana in corpore sano" entspricht unserer Auffassung durchaus; denn der genialste Musiker kann auf einem verstimmten Musikinstrument ebensowenig gut spielen wie die Seele in einem kranken Körper in jeder Beziehung tadellos mitschaffen kann.

Das Vorstehende dürfte zur Genüge zeigen, daß tierische Seele und menschlicher Geist grundverschieden voneinander sind. Erstere ist ja nur ein Attribut des Körpers, während letzterer ein neben dem Körper existierendes, selbständiges Wesen ist. Die tierische Seele wird nur theoretisch dadurch zu einem Subjekt gemacht, daß man als solche die wesentlichen Eigenschaften eines lebenden Körpers im Gegensatz zu einem toten Körper zusammenfaßt. Da Seele und Geist unsichtbar sind, so kann man beide nur nach ihren Äußerungen beurteilen; die Tätigkeit der Tierseele beschränkt sich auf Instinkthandlungen, beim Geist kommen dazu noch Äußerungen der Intelligenz. Wollen wir also eine Handlung als von einem dieser beiden Prinzipien herrührende Tätigkeit beurteilen, so müssen wir uns darüber klar geworden sein, was sie charakterisiert und ob eine scheinbar intelligente Instinkthandlung auch wirklich Vernunft voraussetzt. Die Gefahr, letzteres irrtümlicherweise anzunehmen, ist deswegen besonders groß, weil den tierischen Handlungen oft wirklich eine Intelligenz zugrunde liegt, die aber nicht im Geschöpf selbst, sondern im Schöpfer ihren Ursprung hat. Nur allzuleicht wird das bei einer Instinkthandlung tätige Subjekt überschätzt, namentlich wenn diese Überschätzung mit der Weltanschauung des Beobachters sich deckt; in diesem Fall nämlich fühlt er sich nicht gedrungen, etwaigen Fehlern nachzuspüren und ist nur zu leicht geneigt, eine Intelligenzhandlung in einer reinen Instinkthandlung zu sehen. Aber auch wenn er ohne jedes Vorurteil an die Frage herantritt, werden die Schwierigkeiten bis zur Unlöslichkeit gesteigert durch die Verschiedenheit der menschlichen und tierischen Sinneswahrnehmungen. Alle Instinkthandlungen beruhen auf Sinneswahrnehmungen, und solche können beim Tier oft da vorliegen, wo sie uns versagt sind, was zur Annahme führen kann, sie wären überhaupt nicht vorhanden gewesen. So dürften sich die wunderbaren Leistungen der rechnenden Pferde, des klugen Hundes usw. erklären. Der fragende Mensch gibt bewußt oder unbewußt die Antwort auf seine Frage durch nur dem gefragten Tier wahrnehmbare Zeichen. Entgehen letztere einem Zeugen, so ist er nur allzuleicht geneigt, sie als nicht vorhanden anzunehmen.*) Die Unterschiede

*) Typisch in dieser Beziehung ist die Antwort des Pferdewächters des klugen Hans des Herrn von Osten. Einem über die Leistungen des Pferdes erstaunten Besucher sagte er: „Ja, der kluge Hans bin eejentlik ik."

zwischen Instinkt und Intelligenz sind schon so oft von berufenerer Seite behandelt worden, daß es genügen möge, hier nur auf die Darlegungen von Prof. Dr. C. Gutberlet (Fulda), eines früheren Lehrers, in seiner „Naturphilosophie", sowie auf die kritischen Untersuchungen des Ameisenforschers P. E. Wasmann hinzuweisen. Oft wird der Umdeutung einer Instinkthandlung in einen Ausfluß tierischer Intelligenz der Umstand verhängnisvoll, daß dann eine Intelligenzhandlung vorliegen müßte, die auf rein unmöglichen Voraussetzungen beruht. So treten z. B. die Zugvögel zu einer Jahreszeit ihre Reise nach Süden an, wo ihnen die warme Jahreszeit in der Heimat noch Nahrung in Hülle und Fülle bietet, wie dies beim Pirol, Kuckuck usw. der Fall ist, während andere Zugvögel umgekehrt nach Norden zurückkehren, noch bevor die günstige Jahreszeit gekommen ist, so daß viele von ihnen schon unterwegs der Kälte und dem Hunger erliegen, wie ja z. B. im Frühjahr oft Tausende von Schwalben auf den Alpenpässen von Hunger erschöpft niederfallen und zu grunde gehen. Wäre eine Intelligenz in beiden Fällen, für Abwanderung und für Rückkehr, ausschlaggebend, so könnte man sagen: „Les extrêmes se touchent." Denn der Hinweg wird gefunden ohne jeden vorgängigen Unterricht, ohne jede geograhhische Kenntnis usw., während die Rückkehr keinerlei Rücksicht auf die klimatischen Verhältnisse nimmt. Unmöglich hohes Wissen finden wir also mit unglaublichem Stumpfsinn gepaart. Die Raupe des Weidenbohrers verpuppt sich in dem von ihr ausgefressenen Gang im Innern des Weidenstammes. Die Puppe arbeitet sich dann mit Hülfe ihrer stachelbesetzten Hinterleibsringe bis in die Nähe des Eingangs in den Gang, so daß der ausschlüpfende Schmetterling leicht das Freie erreichen kann. Also wiederum werden Vorkehrungen getroffen auf ein bis da nie dagewesenes oder gesehenes Ereignis. Es muß also jede Einsicht in den Zusammenhang zwischen Mittel und Zweck, das Charakteristikum einer Intelligenzhandlung, fehlen. Derartige Beispiele ließen sich noch außerordentlich viele anführen. Es seien nur noch gewisse Punkte aus dem Leben der Honigbiene herausgegriffen. Wie könnte es die Bienenkönigin wissen, daß die Blütenpracht des Frühsommers herannaht, wenn sie schon im Vorfrühling, von Februar ab, die Arbeiterinnenzellen mit Eiern bestiftet? Oder wie sollten die Arbeitsbienen die Erfahrung gemacht haben, daß die Honigtracht zu Ende ist, wenn sie im Hochsommer die unnützen Mitesser, die Drohnen, mit Gewalt aus dem Stock werfen und in der „Drohnenschlacht" abstechen? Erst mathematische Operationen aus dem Gebiet der höhern Mathematik beweisen, daß die Bienenzellen so geformt sind, daß sie auf gegebener kleinster Grundfläche den größten Rauminhalt besitzen. Die Bienen bauten also schon Jahrtausende lang ihre Zellen in einer Form, die sich dem Menschen erst vor kaum 200 Jahren als die beste erwies.

Doch auch das Gegenteil einer weitgehenden Voraussicht ist den Bienen nicht fremd. Hat z. B. ein Bienenstock die Königin verloren und ein „Drohnenmütterchen" sich an ihre Stelle gesetzt, so belegt dieses alle freien

Zellen mit unbesamten Eiern. Aus diesen aber können nur Drohnen, also unnütze Schmauser, hervorgehen, keine Arbeitsbienen, die Honig und Blumenstaub eintragen.

Der Stachel jeder Biene besitzt Widerhacken, welche ihn in der Wunde haften lassen, so daß die Eingeweide aus dem Körper der Biene gezogen werden, wenn sie sich loszumachen sucht. Ihr Tod ist die unausbleibliche Folge. Wir sehen also auch bei den Bienen weitgehende Voraussicht mit ebenso großer Kurzsichtigkeit vereint. Beiderlei können daher, wenn die Intelligenzhandlungen wären, nicht auf demselben Prinzip beruhen.*) Kurz gesagt, die Beispiele höchsten Könnens finden wir neben größter Beschränktheit in einem und demselben Tier. Das ist nur möglich, wenn beide auf verschiedenen Prinzipien beruhen. Der grundlegende Unterschied zwischen Instinkt- und Intelligenzhandlung liegt darin, daß bei letzterer Einsicht in den Zusammenhang zwischen Mittel und Zweck vorhanden ist. Beim Tier ist das in obigen Beispielen unmöglich der Fall. Mitunter wird auch vom Tier ein zweckdienliches Mittel ergriffen und ein gutes Resultat erreicht, aber offenbar ohne daß es vom Zusammenhang zwischen Mittel und Zweck eine Ahnung hätte. Der Leipziger Physiologe Wundt erzählt ein Beispiel von einer Kreuzspinne, welche sich in der Abteilung eines Kastens befand, welche durch eine Schiebetür von einer zweiten getrennt war, in welche die ihr zum Futter dienenden Fliegen kamen. Als einmal zufällig dieser Schieber offen gelassen worden war, hatte die Spinne ein Gespinst gemacht, welches das Schließen der Türe verhinderte. Man könnte nun glauben, das Tier hätte Einsicht in den Zusammenhang gehabt, also sein Gespinst zweckmäßig so angelegt. Aber schon die einfache Annahme, daß das Gespinst nur zufälligerweise gerade dort angelegt wurde, wo es das Schließen der Öffnung verhinderte, bietet eine völlig ausreichende Erklärung, denn die Kreuzspinne legte ihr Netz überall da an, wo ihr freier Raum in ihrem Käfig zur Verfügung stand. Treffliche Beispiele von Umdeutungen tierischer Handlungen zu gunsten einer vermeintlichen Tierintelligenz bringen die vorgenannten Autoren.

*) Ein Beispiel dafür, wie man es nicht machen soll bei der Behandlung tier-psychologischer Probleme finden wir in: „Ein Versuch der experimentellen Feststellung der Wirksamkeit der duftbereitenden Organe." Von Dr. G. Jegen, Zürich. (Schweizer. Bienen-Zeitung Nr. 12, Dezember 1917, S. 423); es heißt dort, die jungen Bienen würden im Stock beim Brutgeschäft zur Erzeugung der Wärme benutzt, die folgende Altersstufe wird zur Amme, hierauf zum Bauen und schließlich als Trachtbienen verwendet. „Es läßt sich somit über die Ursache des Lebens und Treibens im Bienenstaate zusammenfassend sagen, daß diese wohlgeordnete Tätigkeit gegründet ist auf angeborener und zum Teil erlernter psychischer Fähigkeit."

Es fehlen nicht nur alle Beweise dafür, daß junge Bienen von den alten belehrt werden müssen, statt ihre Aufgaben auf Grund angeborener Befähigung dazu auszuführen, sondern wir vermissen sogar alle Angaben, wie sich der Verfasser den Unterricht im Wabenbau denkt. Mit solchen Behauptungen kann man die ernste Wissenschaft bei dem praktischen Bienenzüchter mit offenen Augen nur diskreditieren. D. Verf.

Bedenken wir die Jahrtausende lang währenden Angriffe auf die aristotelische, von der christlichen Philosophie übernommene Unterscheidung zwischen Instinkt und Intelligenz sowie die ständigen, in der neuesten Zeit zum Trommelfeuer gesteigerten Anstürme gegen diese Bastion, so wird man zugeben, daß der Peripatetiker mit Recht auf sich die Ode von Horaz anwenden könnte:

Exegi monumentum
Aere perennius,
Quod non imber edax
Possit diruere
Aut innumerabilis
Annorum series
Aut fuga temporum.

Physikalische Schülerübungen.

Von Dr. C. Bernasconi, Schwyz.

Das Ideal wäre nach der Meinung der Meisten, man könnte im Physikunterricht alles direkt durch Schülerübungen erarbeiten.

Das wird wohl ein Ideal bleiben. Daß aber Schülerübungen zum bessern Verständnis des Schulunterrichtes und zum tiefern und freudigeren Verarbeiten des in der Schule Gebotenen durchaus notwendig sind, wird niemand bestreiten, der im Dozieren dieser Disziplin auch nur ein Bischen Erfahrung sein Eigenbesitz nennt.

Über die Art dieser Übungen gehen die Ansichten sehr auseinander, und man kann darüber vieles des Langen und Breiten in den einschlägigen Zeitschriften lesen.

Als das Wünschenswerteste erklärt man: Gleichzeitiges Verarbeiten des Stoffes der Schule in den Übungen. Dieses Wünschenswerteste wird aber nur zu oft eben ein Wunsch bleiben. Bei großen Klassen, 30 und mehr, brauchte es eine sehr ansehnliche Anzahl von Apparaten und die Aufsicht für einen Lehrer würde sehr schwer.

Daneben rühmt man das Verarbeiten verschiedener Disziplinen der Physik durch sogenannte parallele Übungen: Eine ganze Klasse oder Gruppe erarbeitet unter Leitung des Professors zu gleicher Zeit das gleiche Gesetz.

Auch hier spielt die Apparatfrage die erste Rolle und die zweite, ebenso gewichtige, die Zeitfrage.

So habe ich denn für unsere Verhältnisse zurückgegriffen zur ältesten Methode, nämlich: „Sich nach der Decke strecken".

An unserem Gymnasium ist die Physik auf drei Klassen verteilt: 5te und 6te Latein und Philosophie (Lyzeum), das Ende dieser letztern bringt in der zweiten Hälfte Juli die Matura. Die ersten zwei Jahre zählen 2, das letzte 3 Wochenstunden. Bei konsequentem Arbeiten gelang es mir noch

immer, den gesamten Stoff bis Mitte März des dritten Jahres unter Dach und Fach zu bringen.

Mit Anfang des dritten Jahres setzen nun die fakultativen Schülerübungen (2 Wochenstunden) ein. Ihr Ziel ist: „Erarbeiten der wichtigsten Gesetze der gesamten Physik." Sofort nach Abschluß des Stoffes in der Schule (Mitte März) beginnt das Verarbeiten des Übungsstoffes. Jeder Schüler wählt sich ein oder eine Reihe von Experimenten und in freiem Vortrage hält er uns, d. h. der Klasse und dem Professor eine Lehrstunde, Klasse und Professor kritisieren. . . So gelingt es mir bis Ostern, d. h. sicher bis anfangs Mai, durch die Schüler selbst den gesamten Stoff im Großen aus dem Selbsterarbeiteten heraus einmal zu repetieren. Mit Ostern schließen die Übungen und dann beginnt eine allgemeine und eingehende Wiederholung des gesamten Stoffes immer mit Rücksichtnahme auf die Übungen. Dann steigen Schüler und Professor ordentlich seelenruhig in die Matura.

Nun die Übungen selbst:

Als oberster Grundsatz gilt: Mit dem Vorhandenen auskommen, d. h. mit Zeit und Apparaten. Wir arbeiten in Gruppen zu je 2 oder 3, ich neige mich eher zum Triumvirat; zwei sind schneller einig flüchtig zu arbeiten, unter Dreien ist aber bei richtiger Zusammenstellung immer einer, der es genau haben will.

Jede Gruppe arbeitet an einem zusammenhängenden Stoff z. B. Optik, Kalorik ꝛc. und zwar für sich, unabhängig von den andern Gruppen. Für den Professor bedeutet dann natürlich die Überwachung und Anleitung eine ordentlich intensivere Arbeit. Man sammelt sich aber bald Erfahrung und Vorteile, so daß es einem möglich wird, in aller Ruhe 4—5 Gruppen zugleich zu beschäftigen. Bemerken muß ich, daß die Schüler einen Leitfaden (P. Hanck: Physik. Schülerübungen) in die Hand bekommen, nach diesen arbeiten sie nun im großen und ganzen.

Der behandelte Stoff jeder Stunde ist schriftlich kurz und prägnant auch mit Skizzen auf die nächste Übung über Haus zu verarbeiten. Zu Beginn der nächsten Stunde sind die Hefte dem Professor vorzuweisen, dieser überprüft sie, trägt die Resultate in ein eigenes „Journal" ein und gibt unter jedem so verarbeiteten Stoff in das Heft des Schülers seine Unterschrift. Nur durch dieses schriftliche Verarbeiten erreicht man wirklich Nachhaltiges und Erfreuliches. Es ist mir auch die Genugtuung geworden, daß meine Unterschrift bei jetzigen Medizinern auf schweiz. Universitäten anerkannt worden ist, d. h. daß meine ehemaligen Schüler nach Vorweisen ihrer Hefte sofort zu höhern Übungen fortschreiten konnten.

Ich gehe nicht sklavisch nach dem Leitfaden, ich habe auf kleinen Tabellen selbst eine Anzahl Übungen zusammengestellt; einiges aus dem Leitfaden lasse ich ganz weg, so eine schöne Anzahl aus der beinahe unendlichen Reihe der spezifischen Gewichtsbestimmungen.

Es fehlt eben vielen der Schüler die nötige Tiefe und natürlich auch das Alter, um einer ganzen Reihe rechnerischer Übungen ein stetiges Interesse entgegenzubringen.

Als ich in der Elektrik bei einer Gruppe einmal eine solche Ermüdung bemerkte, ließ ich sie die ganze Elektrostatik experimentell (also Papierbausch, Hollunderkügelchen 2c. 2c.) durcharbeiten — freilich mit heimlichem Erröten meinerseits, man denke auch: Herren Philosophen — und — Hollundermarkkügelchen. Ich bekehrte mich aber schnell, wie ich den Eifer und die kindliche Freude der Übenden sah. Und nun habe ich in alle Gebiete ähnliche Übungen, also reine Augen- und Beobachtungsexperimente eingeschoben.

Nun unsere Einrichtung! Sie ist einfach, hat sich aber vorzüglich bebewährt. Große, schwere Tische, 139 cm lang und 100 cm breit, in der Mitte eine polierte Steinplatte eingelassen. Der Tisch ist ringsum zugänglich, die Höhe so, daß die Schüler stehen müssen.

Zuleitungen zu den einzelnen Tischen habe ich absolut keine. An einer Wand des Saales befindet sich für starken Gleichstrom ein Kontakt, der von unseren Hausaccumulatoren oder vom Dynamo her Strom abgeben kann. Die jeweilige Zuleitung von diesem Kontakt zu den einzelnen Tischen besorgen die Schüler selbst, das erste Mal ein wenig ungeschickt, sofort aber gerne und mit Eifer; Widerstände 2c. haben sie auf den Übungstischen selbst einzuschalten. Für schwächern Strom stehen 3 tragbare Accumulatoren-Batterien zu je 5 Zellen zur Verfügung, ebenso eine Anzahl konstanter Elemente und kleinere Accumulatoren. Die Schüler haben immer selbst vor Beginn der Übung zu entscheiden, was für eine Stromquelle zu nehmen ist. So lernen sie ganz handlich und sauber mit den Begriffen: Volt, Ampère und Widerstand umgehen. Gas haben wir am großen Experimentiertisch des anstoßenden Lehrzimmers, so daß einschlägige Übungen dort ausgeführt werden, ebenso optische Versuche, bei denen Verdunklung erforderlich ist.

Zum Schlusse noch meine Erfahrungen. Sie sind, es freut mich dies zu sagen, nur gute. Haupterfordernis ist: stramme Disziplin, aber unter einem viel familiärern Verhältnis zu den Schülern als in den Lehrstunden. Ferner strenge Kontrolle.

An Erworbenem zeichne ich Folgendes: Gute Köpfe, die in der Schule nur selten versagen, werden hie und da hier in den Übungen stark, oft etwas kitzlig auf ihre praktische Veranlagung geprüft. Ich schaute Schülern zu, die sonst ausgezeichnet waren, in den Übungen aber am Anfange sehr schwer arbeiteten — es freute mich aber zu sehen, wie sie dann ihre ganze Kraft und Zähigkeit einsetzten, um auch das Manuelle zu beherrschen, und es gelang beinahe immer völlig.

Andern wieder wollte so über den eigentlichen Kern der Physik in der Schule auch gar kein rechtes Licht aufgehen, durch fleißiges und getreues Arbeiten in den Übungen brachten sie es zu Ergebnissen, die mich in Erstaunen setzten, und einigen, die nach der Schule eingeschätzt, es auf eine 3 oder 4 gebracht hätten, konnte ich an der Matura eine 5, ja 6 geben. Um

dieser Schüler willen, gute, einfache Naturen, die aber noch nie im Leben ein Element oder eine Kochflache in der Hand hatten, freuen mich unsere Übungen doppelt. Ein nicht zu übersehender Vorteil für Professor und Schüler ist der nähere Verkehr zwischen beiden. Wie vieles klärt sich und stellt sich da anders ein! Manche Unklarheit oder vieles, was der Schüler im Kopfe herumpröbelt, kommt da zum Vorschein, wird geprüft und richtig gestellt.

Mein Gesamteindrck ist: Eifrige Schüler kommen so weit, daß sie sich in der Physik froh und frei daheim fühlen. Drum möchte ich diese Übungen absolut nicht missen.

Freunde der Finsternis.

Von Jos. Diebolder.

Mit diesem Ehrentitel werden in besonders aufgeklärten Gegenden vielfach auch die Lehrer und Erzieher, in deren Schule oder Wohnung noch ein christliches Zeichen zu entdecken ist, von Leuten bedacht, die sich außerordentlich erleuchtet dünken und gerade deshalb für berufen erachten, allüberall getreulich mitzuhelfen, wo es gilt, den christlichen Glauben und die religiöse Sitte zu untergraben und somit im Bau der menschlichen Gesellschaft Maulwurfsarbeit zu verrichten.

Wir denken, gelegentlich in vorliegender Arbeit auf diese Wühlhuber zurückzukommen, die so gerne andere Leute als Finsterlinge und Dunkelmänner bezeichnen, obgleich sie selbst im Dunkeln umhertappen und konfuses Zeug schwatzen; vorerst aber wollen wir uns mit den zahlreichen Freunden der Finsternis in der Tierwelt beschäftigen, deren Naturgeschichte viel interessanter und lehrreicher ist, als die der oberwähnten Stürmer, die am liebsten mit dem bekannten französischen Staatsmann die Himmelslichter auslöschen würden.

Betrachten wir die Dunkelbewohner des Tierreichs näher, so begegnen wir darunter vorzugsweise unterirdisch lebenden Geschöpfen, die entweder den Erdboden durchwühlen, um von ihren selbstgegrabenen Wohnungen aus zur Nahrung zu gelangen, oder die in unterirdischen Höhlengewässern leben und von da aus zeitweise durch Untergrundströme an die Oberfläche getrieben werden. Ferner stoßen wir hiebei auf eine äußerst interessante Fauna der Tiefsee, zu welcher kein Sonnenstrahl mehr vorzudringen vermag oder endlich auch auf ganz unheimliche Gäste, die als Entoparasiten in andere Tiere eindringen und dieselben oft in empfindlichster Weise belästigen und schädigen.

Diese in geographischer Beziehung so weit verbreiteten lichtscheuen Wesen sind auf die verschiedensten Klassen des Tierreichs verteilt, so daß wir an kein Ende kämen, wollten wir das weit umfassende Thema in erschöpfender Weise behandeln. Wir werden gezwungen sein, um die Spalten der „Mittelschule" nicht in ungebührlicher Weise in Anspruch zu nehmen, uns der Hauptsache nach auf einige Repräsentanten aus dem Kreise der Wirbeltiere zu beschränken.

Als Vertreter der Dunkelbewohner in der Klasse der **Säugetiere** besprechen wir den gemeinen Maulwurf aus der Ordnung der Insektenfresser, der nicht nur bei uns heimisch ist, sondern auch in Nordafrika und Nordwestasien angetroffen wird.

Die ganze Organisation dieses Tieres deutet auf grabende Lebensweise im Erdboden hin. Der walzenförmige Körper ermöglicht ihm, sich rasch nach allen Seiten bei seiner Minierarbeit zu wenden. Der meist schwarze, seidenartige Pelz des Maulwurfs besteht aus kurzen, dicht stehenden Haaren, die weder Erdteilchen, noch Nässe bis auf die Haut gelangen lassen. Der Rumpf geht ohne äußerlich sichtbaren Hals in den kegelförmig verlängerten Kopf über, der, sofern das Erdreich nicht allzu steinig ist, leicht wie ein Keil in den Boden getrieben werden kann. Seine Nase ist zu einem Wühlrüssel verlängert, der ihm überdies als vorzügliches Geruchs- und Tastorgan bei der unterirdischen Lebensweise ausgezeichnete Dienste leistet. Ohrmuscheln suchen wir am Kopf vergebens, sie könnten nur das Tier am leichten Vordringen im Erdboden hindern; dennoch ist auch der Gehörsinn bei ihnen gut ausgebildet, da ja die Erde bekanntlich ein ausgezeichneter Schallleiter ist. Der Gesichtssinn dagegen ist stark verkümmert. Die außerordentlich kleinen Augen werden von den Kopfhaaren völlig bedeckt; immerhin sind sie nach vor- und rückwärts beweglich, also jedenfalls leistungsfähig. Wenn der Maulwurf im Sterben begriffen ist, oder ins Wasser geworfen und somit zum Schwimmen genötigt wird, legt er die das Auge umgebenden Haare kreisförmig zurück. Ziehen wir die Lebensweise dieses Tieres in Betracht, so werden wir die Lage sowohl, wie die Ausbildung dieses von den Kopfhaaren bedeckten, also gegen das Eindringen von Erdteilchen geschützten Sinnesorganes gewiß als höchst zweckmäßig bezeichnen müssen. Was könnte der Maulwurf unter diesen Umständen mit gut ausgebildeten Augen anfangen? Er wäre ja beständig von Augenentzündungen bedroht. — Noch ein anderer Umstand zeugt für die vollkommen zweckmäßige Anpassung des Maulwurfauges an die unterirdische Lebensweise. Neuere Untersuchungen haben die Schultze-Kries'sche Theorie bestätigt, nach welcher die Zapfen der Netzhaut, die bei uns die Farbenwahrnehmung vermitteln, beim Maulwurf, bei der Fledermaus und den Wühlmäusen usw. vollständig fehlen, während sich diese Tiere durch den Reichtum an Stäbchen in der Netzhautschichte auszeichnen, die nur von Licht geringerer Wellenlänge (grün bis blau) erregt werden und somit keine Farbenunterschiede, wohl aber Lichtempfindungen, also ein farbloses Graulicht, vermitteln. Da die untere Schwelle für das Eintreten der Graulichtempfindung viel tiefer liegt, als die für die Wahrnehmung der hellen Farben durch die Zapfen, kann der Maulwurf, wenn er sich der Erdoberfläche nähert oder im Winter gar, was er mit besonderer Vorliebe tut, unter der Schneedecke herumfährt, auch ganz spärliches Licht ausnützen *) — Übrigens müssen wir unterscheiden zwischen unserm einheimischen

*) Siehe Graulichtversuche von Prof. Dr. Thomas in der Zeitschrift „Aus der Natur", Leipzig, Verlag von C. Nägele, I. Jahrgang, Band I Seite 402—407.

Maulwurf und einer Varietät dieser Art, dem blinden Maulwurf im südlichen Europa. Bei diesem sind die äußerst kleinen Äuglein nicht etwa bloß im Pelze versteckt, sondern vollkommen unter der Haut verborgen, genau so, wie bei einem Nager, der in Südeuropa und Westasien lebenden Blindmaus, die in der Körpergestalt und Lebensweise der Hauptsache nach mit dem Maulwurf übereinstimmt, nur daß sie einen dicken, breiten Kopf mit stumpfer Schnauze und einen Zahnbau zeigt, der auf ausschließliche Pflanzennahrung hinweist. Es ist schwer, zu glauben, daß solchen Augen, wenigstens unter den gegenwärtigen Verhältnissen, in denen die Tiere leben, irgend eine biologische Bedeutung zukommt. Diese Erscheinung steht in der Tierwelt nicht vereinzelt da, wir werden noch von andern ähnlichen Fällen berichten müssen. Die Naturforscher, die so gerne sich als Deus corrigens in der Natur aufspielen, sprechen diesfalls sofort von einer verpfuschten Schöpfung, ob mit Recht, das wird sich weiter unten zeigen.

Verfolgen wir vorerst noch weiter den höchst zweckmäßigen Körperbau unseres Maulwurfs.

An den vordern Gliedmaßen ist die Hand zu einer wahren Grabschaufel umgewandelt, nach vorn gestellt und durch einen sichelförmigen Knochen, der Handwurzel, verbreitet, der sich über die Mittelhandknochen heranlegt, so daß selbst eine harte Kante zum Wühlen nicht fehlt. Der Arm ist sehr kurz, im Körper ganz verborgen, seine Knochen sind für den Muskelansatz mächtig verbreitert und dadurch die Hebelwirkung außerordentlich verstärkt. Die Schlüsselbeine und die ungemein langen Schulterblätter, auf die sich die Armknochen stützen, sind besonders stark, das Brustbein seitlich zusammengedrückt und, wie bei den Vögeln und Fledermäusen, mit einem vorspringenden Kamm versehen, an welchen die kräftigen Brustmuskeln sich anlegen. Die Hinterbeine, die am graben sich nicht beteiligen, sind weit schwächer, als die vordern Gliedmaßen. Mit der ganzen Fußsohle auftretend, schiebt der Maulwurf seinen Körper beim Wühlen vorwärts, bei welchem Vorgang noch die kräftigen Nackenmuskeln zur Geltung kommen. Der Schwanz ist, wie bei andern grabenden Säugetieren, ganz kurz. Ein langer Schwanz würde solche Tiere, wenn sie verfolgt werden, nur in Gefahr bringen. — Der Maulwurf baut eine sehr künstliche, unterirdische Wohnung, die durch eine lange Laufröhre mit den täglich sich vermehrenden Jagdröhren in Verbindung steht, in denen er seiner Nahrung nachgeht, bestehend aus Insekten, deren Larven (besonders Engerlingen) und Regenwürmern usw. Da diese Nahrung nicht sehr gehaltreich ist, seine Arbeit aber einen großen Kraftverbrauch erfordert, hat er ein überaus großes Nahrungsbedürfnis. Er frißt täglich wenigstens so viel, als sein Körpergewicht beträgt. Das gäbe, auf menschliche Verhältnisse übertragen, ganz gewaltige Portionen, die in der Kriegszeit schwer aufzutreiben wären. Winterschlaf hält er keinen, da er auch im Winter die Nahrung leicht erhält. Er folgt den Engerlingen, Erdschnecken und Regenwürmern, die sich in der strengen Jahreszeit weiter in den Erdboden zurückziehen, in die Tiefe nach. Übrigens sammelt er nicht selten

Nahrungsvorräte, indem er Wandschränke als Vorratskammern anlegt, in denen er Engerlinge, Regenwürmer usw. oft in großer Menge gefangen hält. Man hat in denselben schon einige Kilogramm von diesen Tieren eingemauert gefunden (Schmeil). Sie leben dortselbst, sind aber unfähig, sich zu bewegen. Die genaue Untersuchung zeigt, daß sie am vordern Körperende Bißwunden tragen, die ihnen durch den Maulwurf beigebracht wurden. Wenn man nun bedenkt, daß niedere Tiere, wie Regenwürmer usw. Verletzungen von tief eingreifender Natur ertragen und ausheilen, so kann man zur Erklärung dieser Lähmungserscheinungen nicht die winzige Bißwunde heranziehen, sondern muß eine Vergiftung annehmen, welche beim Biß des Maulwurfs durch den Speichel stattgefunden hat. Wir machen hier die gleiche Beobachtung, wie bei den Grabwespen. Bekanntlich bohren die Weibchen derselben meist in den Boden Röhren und Gänge, an deren Ende sie ihre Brutzellen bauen. Alsdann schleppen sie mit bewunderungswürdiger Kraftentfaltung und Ausdauer durch ein paar Stiche vermittels ihres Giftstachels gelähmte Insekten oder Insektenlarven hinein, zu denen sie je ein Ei legen, so daß die Larven bei ihrem Ausschlüpfen sogleich ihre Nahrung finden.

Durch das Auffressen zahlreicher für die Landwirtschaft schädlicher Tiere macht sich der Maulwurf in hohem Grade nützlich, wenn er auch durch das Aufwerfen von Erdhaufen einigen Schaden anrichten kann. An Pflanzenstoffen vergreift er sich niemals, das verbietet ihm schon die Form des Gebisses, das, wie bei unsern einheimischen Fledermäusen, neben den beiden andern Zahnarten namentlich viele mit spitzen Höckern versehene Backenzähne aufweist, die zusammen einem doppelt gesägten Sägeblatt nicht unähnlich sind. Dennoch schreibt ihm der Landwirt vielfach die Schuld am Absterben des Wiesenwuchses zu, obgleich er sich gerade von den Engerlingen ernährt, welche diesen Ruin der Felder verursachen. — Leider ist der Maulwurf in manchen Gegenden beinahe vertilgt, nicht nur infolge seiner Verkennung in landwirtschaftlichen Kreisen, sondern besonders auch, weil das zu Pelzwerk benützte Fell gegenwärtig massenhaft in den Handel kommt. Interessant ist die Tatsache, daß ein einziger Pariser Pelzhändler auf eine Aufforderung in 1 ½ Monaten 1'800'000 Maulwurfsfelle erhalten hat. Es ist zu bedauern, daß diese Modetorheit mancherorts zur gänzlichen Ausrottung des so nützlichen Gräbers führen muß.

(Fortsetzung folgt)

Die Entropie.

Unter der Entropie S eines Körpers verstehen wir eine von seinem Zustand abhängige physikalische Größe, ähnlich wie wir uns seinen Druck, sein Volumen, seine Temperatur als bestimmte, von seinem Zustand abhängige physikalische Eigenschaften denken. Wird der Körper von einem Zustand 1 in einen Zustand 2 übergeführt, so ändert sich seine Entropie. Diese Änderung S_2-S_1 ist gleich der dabei auftretenden Wärmemenge Q dividiert

durch die absolute Temperatur T (T ist gleich 273° C plus der von 0° an gerechneten Körpertemperatur). $S_2 - S_1 = \frac{Q}{T}$

Die Änderung der Entropie ist bei sämtlichen Naturprozessen, die „von selbst", also ohne unser Zutun vor sich gehen, positiv und nur im Grenzfalle Null, d. h. die Entropie wächst dauernd an, sie strebt einem Maximum zu.

Clausius, Thomson und Helmholtz haben gezeigt, daß bei allen Naturvorgängen der Energievorrat der Welt, der in Form von Wärme besteht, zunimmt, während die elektrische, mechanische und chemische Energie abnehmen, und daß zuletzt die Energie des Weltalls in Wärme übergehen und das Universum zu einem allgemeinen Temperaturausgleich kommen muß. Der physikalische Ausdruck dafür lautet: Die Entropie strebt einem Maximum zu. Dieses Maximum der Entropie ist gleichbedeutend mit der Erschöpfung aller Bewegungserscheinungen, dem Ausgleich aller Wärmegrade, dem Zustand vollkommenen Gleichgewichts. Dieser Zustand müßte zwar nach sehr langer, aber doch endlicher Zeit eintreten. Weiter als die Leistungsfähigkeit unserer Fernrohre reicht unsere Kenntnis vom Weltall nicht. Gelten aber in allen seinen Teilen die von uns beobachteten Naturgesetze, so kann die Bewegung in der Welt nicht von Ewigkeit her sein, sonst wäre die Zeit schon längst vorüber, sie würde mit der Wirkungsfähigkeit der Natur erloschen sein.

Dr. J. R. Brunner.

Die neue Ausgabe der Tierbücher Alberts des Großen.*)

Von Dr. H. P. Baum.

Das Urteil über Albert den Großen, speziell als selbständigen Naturforscher ist bekanntlich vielerseits noch ein recht geringschätziges. So schreibt noch Gerland in seiner „Geschichte der Physik": „Der Inhalt seiner (Alb.) Werke rechtfertigt nicht den hohen Ruhm, der sich an seinen Namen knüpft." Ferner meint Gerland, es komme Albertus „vielmehr auf das Urteil der von ihm anerkannten Autoritäten als auf die Erforschung der Wahrheit durch Experiment oder Beobachtung an", während Pahl in seiner „Geschichte des naturwissenschaftlichen und matematischen Unterrichtes" ihn viel gerechter und drum günstiger einschätzt, indem er an Albertus „jenen Zug der Selbständigkeit, die der eigenen Erfahrung größeres Gewicht beilegt als der Autorität" hervorhebt. Und doch verdient der „Doctor universalis" in der Geschichte der mittelalterlichen Naturerkenntnis und -Forschung nicht nur besondere Beachtung, sondern geradezu einen der ersten Plätze. Sein Wissen erstreckt sich nicht allein auf alle Wissensgebiete seiner Zeit, sondern er hat sich auch, freilich gemessen am Maßstabe eben dieser Zeit, durch eigene Be-

*) **Albertus Magnus, De animalibus libri XXVI.** Nach der Kölner Urschrift. Herausgegeben von Hermann Stadler. I. Bd. Buch I—XII enthaltend. Münster i. W. 1916. Aschendorff'sche Verlagsbuchhandlung. Gr. 8°. XXVI, 892 S. Preis geheftet Mk. 28.75.

obachtungen und Verſuche bemüht, ſich über das von den Quellen Mitgeteilte zu vergewiſſern und neue Erkenntniſſe zu ſammeln. Von ſeinem unermüdlichen Arbeitseifer legen ſeine nicht weniger als 38 ſtarke Quartbände füllende Schriften, für deren Abfaſſung er neben ſeinen vielen Arbeiten und Reiſen Zeit fand, und in denen er ſich über Theologie, Philoſophie, Aſtronomie, Mechanik und Phyſik, Meteorologie nebſt Klimatologie, Chemie und Alchymie, Botanik, Zoologie, Anthropologie und Geographie verbreitet, genügend Zeugnis ab. Aber, ſo ſagen manche, er hat doch im Weſentlichen nur Ariſtoteles, Avicenna u. a. kommentiert, ohne über ſie eigentlich hinausgegangen zu ſein. Demgegenüber will ich nur kurz daran erinnern, daß das Buch Alberts „De natura locorum", das u. a. die Zonenlehre behandelt, ſich mit den modern anmutenden Fragen der Wechſelwirkung zwiſchen Erdboden und Erzeugniſſen, zwiſchen Gegend und Menſch und Tier ꝛc. befaßt. Bekannt iſt, daß dieſes Buch die beſondere Anerkennung Alexanders von Humboldt fand. Ferner nur im Vorbeigehen darauf hinweiſen, daß er im „liber meteorum" z. B. über Ebbe und Flut, über die Kugelgeſtalt der Erde, Gegen- und Nebenfüßler Anſichten äußert, die ſelbſt längere Zeit nach Albertus noch nicht Gemeingut aller Gelehrten waren. Daß Albertus in der Botanik weit über Pſeudoariſtoteles de plantis, ja ſelbſt über Theophraſtus hinausging, haben die Arbeiten eines E. Meyer, Jeſſen und St. Fellner klargelegt, die z. B. zeigen, daß Albert wohl unterrichtet iſt über die verſchiedene Anordnung der Gefäßbündel bei den Dikotyledonen und Monokotyledonen, daß er das Parenchym von den Baſtfaſern, Dornen von den Stacheln unterſchied, wie auch im Samen Keimling und Mehl (Nährgewebe) u. a. Wer ſich aber ſelbſt direkt davon überzeugen will, wie Albert manchmal über ſeine Quelle hinausgeht, und längere Diskurſe über eigene Beobachtungen und dgl. anſtellt, der möge daraufhin nur einmal die Neuausgabe ſeiner Tierbücher anſehen, die alle bisherigen Ausgaben in verſchieden wichtigen Punkten übertrifft, vor allem, weil ſie die erſte Ausgabe der Urſchrift ſelbſt iſt. Der Vergleich mit der Quelle, hier der arabiſch-lateiniſchen Überſetzung des Ariſtoteles von Michael Scottus, iſt durch einfache, vom Herausgeber eingeführte Unterſcheidungszeichen leicht gemacht. Da nämlich Albertus ſich im Allgemeinen an den Wortlaut dieſer Überſetzung hält und ſeine eigenen Zuſätze in dieſen einſchiebt, ſo hat Stadler die Anordnung getroffen, daß die Worte der Quelle zwiſchen | und ||, die des Albertus zwiſchen || und | ſtehen. So z. B. | Inveniuntur enim in genere boum nigri magni, || qui bubali a quibusdam vocantur, et aput nos vocantur wisent: et illi sunt fortes valde, ita quod ventilant cornibus hominem et equum simul . . . Aus dieſem „Eigengewächs" Alberts möchte ich hier nur eine Stelle bringen, die uns zeigt, daß manche biologiſche Anſchauungen, die man für neueren Datums hält, ſchon im „finſtern" Mittelalter zu finden ſind. Das 2. Kapitel des 3. Traktats im 7. Buch trägt die Überſchrift „Et est digressio declarans, quare unumquodque animalium venatur cibum sibi convenientem et qualiter natura parat ei ad hoc instrumenta". Das ganze Kapitel iſt geiſtiges Eigentum Alberts, der alſo ſchreibt: „Was aber Art und Ort der

Nahrung betrifft, so gibt die Natur, die im Notwendigen nie versagt, den Tieren Organe zur Nahrungsaufnahme: so hat sie denen, die unter Wasser in der Nähe des Ufers die Nahrung erbeuten, die Beine lang gemacht wie lang die Hälse und Schnäbel, damit sie mittels der Beine waten und mittels der Schnäbel unter Schlamm und Morast ihr Futter suchen können. Jenen aber, die weiter vom Ufer auf dem Wasser jagen, hat sie breite Ruderfüße und breite Schnäbel gemacht, damit sie das, was sich auf der Oberfläche des Wassers findet, greifen können. Andere wieder hat sie zu Tauchern gemacht und wieder andere, deren Nahrung sehr zerstreut ist oder die nicht mit langen Beinen ausgestattet sind, hat sie schnellem Laufen angepaßt.

Ähnlich ist es bei andern insofern, als sie auch die Anordnung der Zähne anpaßte der Art der Nahrungsaufnahme. Denen nämlich, deren Nahrung zerrissen werden muß, weil sie zäh und ihre Teile fest zusammenhaften, gab sie einen großen und starken Rachen und sägeartig verbundene Zähne, wie den Hunden, Löwen, Katzen und ähnlichen. Deren Nahrung aber zwar hart, aber doch mehr zu zerkleinern denn zu zerreißen ist, diesen stellte sie die vorderen Zähne gleichsam in eine Reihe zum Schneiden und die hinteren zum Zermalmen, wie sie es beim Schwein, beim Pferd und ähnlichen getan hat. Die aber, deren Körper so sehr gleichartig sind, daß sie sogar keine Knochen haben, sondern anstelle der Knochen eine Art Knorpel, die nähren sich mehr vom Safte der Nahrung als von deren Substanz; und diesen gab sie keine Zähne, sondern befähigte bei einigen derselben den Mund zum Saugen, wie bei der Lamprete und dem Blutegel, und andern gab sie einen Rüssel in den Mund, womit sie die Haut deren durchstechen, die sie aussaugen. Bei andern wieder gestaltete sie den Mund vollständig zum Saugen; denn die Mücken, Stechfliegen, die Bienen und Fliegen u. a. saugen mit dem Rüssel, den sie im Munde tragen. Die Lamprete aber und der Stör und eine gewisse Wallfischart u. a. entziehen denen, deren Saft sie als Nahrung aussaugen, ihn mit dem ganzen Munde. Und ähnlich ist es leicht zu sehen bei allen See- und Landtieren, mögen sie fliegen oder laufen.

Gewissen Fischen nämlich hat sie das ganze Maul voll Zähne verliehen, womit sie schnell, damit sie nicht vom Wasser behindert sind, die Nahrung zerkleinern, und das sind alle, die den Magen sozusagen im Schlunde haben, wie der Hecht und einige andere Fische. Diese Tiere nämlich zerteilen mit den Zähnen nicht die Nahrung, sondern bringen den Beutetieren viele Wunden bei, damit sie, in den Magen verschluckt, nicht durch die Bewegung ihres Körpers Schaden bringen können. Diese Tiere haben eine starke Verdauung, so daß die Nahrung im Magen zugleich zerteilt und verdaut wird. Daher hat sie (die Natur) auch allen Vögeln, welche Tiere mit dem Schnabel fangen, wie die Meeresvögel, welche Fische jagen, die schlüpfrig sind und mit einer glatten Handhabe nicht festgehalten werden können, gezähnte Schnäbel verliehen, wie eine Schnittersichel, daß sie damit wie mit Zähnen die Nahrung festhalten und zerkleinern können. Allen denen aber, die unter der Erde wühlend Würmchen und Wurzeln suchen, gab sie entweder kurze starke Schnäbel, wie gewissen Vögeln, oder verlieh den Enden ihres Mundes und

ihrer Naſe knorpelige Anſätze, wie bei den Schweinen, oder machte ihnen Krallen zum Aufwerfen der Erde, wie den Hühnern und Maulwürfen u. a.“

Kehren wir nach dieſer Probe, die für ſich ſelber ſprechen möge, zu der neuen Ausgabe zurück, ſo ſeien kurz die vom Herausgeber angegebenen Gründe berührt, die er für die Behauptung, daß die Kölner Handſchrift die Urſchrift Alberts ſelbſt ſei, ins Feld führt. Vorab bietet dieſe allein einen vollſtändigen Text, während alle andern Handſchriften Lücken und offenbare Leſefehler aufweiſen. Namentlich zeigen ſich letztere auch bei den deutſchen Tiernamen. So bringen dieſe Handſchriften Namen wie: Gurat, Bonugas, Melba, Orthim, Diſtenboniche, Ceycos u. a., mit denen offenbar nichts anzufangen iſt; allein die Kölner Handſchrift hat hier Gywit, Boumgans, Mewe, Urhun, Diſtelvinche, Ziſich. Dieſe Handſchrift weiſt ferner Streichungen und Änderungen auf, die durch ihren ſachlichen Inhalt auf die während der Arbeit nachtragende und beſſernde Hand des Autors, nicht aber auf Abſchreiber und ähnliche hinweiſen. Dann trägt die Schrift durchaus individuelles, von der Schrift der Abſchreiber verſchiedenes Gepräge und paßt ganz zur Zeit in die die Abfaſſung des Buches durch Albertus anzuſetzen iſt (Mitte des 13. Jahrhunderts). Es kommt noch hinzu, daß eine ſeit 1483 ſchriftlich feſtgelegte Tradition vorhanden, die die Kölner Handſchrift als „de manu sua“ reſp. „de manu propria conscriptus“ (ꝛc. Alberti) bezeichnet. Dieſe und andere Gründe für die Echtheit der Kölner Urſchrift hat der Herausgeber mit ausführlichen Belegen in den Sitzungsberichten der Bayriſch. Akademie der Wiſſenſchaften (philoſoph.-phililog. und hiſtor. Klaſſe 1912, 1. Abhandlg.) behandelt. Man wird es begreiflich finden, daß der Herausgeber nach dieſer wichtigen Feſtſtellung ſich nur an die Kölner Handſchrift gehalten hat. Von dieſer iſt jedoch das erſte und ein Blatt zwiſchen den heutigen 184 und 185 verloren gegangen, ſo daß deren Text den andern Handſchrifteu [1]) entnommen werden mußte. Bei dieſen Seiten, ſowie bei den erſten beiden Kapiteln des 1. Buches, iſt drum auch der ganze Apparat geboten. Die Orthographie der Urſchrift, von der Stadler ſagt, daß ſie nur in der Inkonſequenz konſequent ſei, iſt im 1. Buche genau wiedergegeben, nur wurde e in Wörtern wie eque = aeque durch ae erſetzt und u in v in jetzt gebräuchlicher Weiſe benützt, alſo z. B. uvae ſtatt vue. In den übrigen Büchern iſt die Inkonſequenz der Schreibweiſe beſeitigt worden, eigenartige Formen wie hee, hiis ꝛc. beibehalten.

Wenn man die vielen zu überwindenden Schwierigkeiten bedenkt, ſo muß man dem Herausgeber für ſeine mühſelige und opferfreudige Arbeit doppelt Dank ſagen, die uns endlich die erſte zuverläſſige Ausgabe der Tierbücher gebracht hat und man kann nur wünſchen, daß Herausgeber und Verlag die verdiente Anerkennung finden.

[1]) Unter den 10 von ihm verglichenen Handſchriften bezeichnet Stadler drei als „beſſere“, nämlich die der Univerſitätsbibliothek zu Baſel (F I 19 u. F I 20), ferner die der Bibliothek zu Dijon, beide aus dem 14. Jahrhundert, ſowie die der Bibliothek zu Soiſſons von 1465. Weniger gut ſind die von Melk (1398) und von Brüſſel (14. Jahrhundert), während die von Paris, Bolonga u. a., zu denen der „ſchlechten Klaſſe“ zu zählen ſei. Die alten Drucke, z. B. Mantua 1789, entſprechen im allgemeinen den ſchlechten Handſchriften, ſind nach Stadler aber immerhin noch viel beſſer als die Geſamtausgabe der Werke des Albertus von Jammy (1651) und der Text der Geſamtausgabe von Borgnet (1891).

4. Jahrgang Nr. 2. 28. Febr. 1918

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe | Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Die Radioaktivität. — Meine Reise auf alte Brombeerstengel. — Freunde der Finsternisse. — Literatur.

Die Radioaktivität.

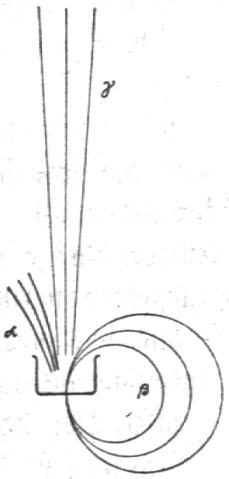
Von Dr. J. R. Brunner, Luzern.

Die epochemachende Entdeckung der Radioaktivität, die für die wissenschaftliche Forschung von fundamentaler Bedeutung bleiben wird, geht zurück in die Mitte der Neunzigerjahre des vorigen Jahrhunderts. In den ersten Entladungsröhren, die Röntgen benutzte, nahmen die nach ihm benannten Strahlen ihren Ausgang beim grünen Fluoreszenzlicht des Glases, das der Kathode gegenüber sichtbar wurde. Man konnte sich damals fragen, ob nicht die neuentdeckten Strahlen eine notwendige Begleiterscheinung der Fluoreszenz seien, ob nicht die Fluoreszenz, auch wenn sie nicht durch elektrische Energie angeregt würde, eine Quelle der Röntgenstrahlen darstelle. Um jene Zeit erhielt der französische Physiker Henri Becquerel, der sich mit dieser Frage befaßte, von Uransalzen, von denen einige fluoreszieren, durch lichtundurchlässige Hüllen hindurch deutliche photographische Wirkungen. Die von diesen Substanzen ausgehenden Strahlen zeigen sich in ihrem Verhalten den Röntgenschen in mancher Beziehung analog, durchdringen feste, flüssige und gasförmige Körper und machen die Luft leitend, lassen aber einen ursächlichen Zusammenhang mit der Fluoreszenz nicht erkennen; denn auch die nicht fluoreszierenden Uranverbindungen wirken in gleicher Weise, und jahrelanges Aufbewahren in völliger Dunkelheit hat auf ihre Strahlentätigkeit oder Radioaktivität keinen Einfluß.

Das Radium. Frau Sladowska Curie, die sich um die Erforschung der Radioaktivität hervorragend verdient gemacht hat, fand die Uranpechblende aus Joachimstal in Böhmen und Johanngeorgenstadt in Sachsen ungefähr viermal so stark radioaktiv wie das Uran. Sie vermutete den eigentlichen Träger der geheimnisvollen Strahlen in einem noch unbekannten Stoff, der dem Uranerz und in äußerst geringer Menge auch dem metallischen Uran beigemengt ist und unternahm es, ihn durch ein chemisch analytisches Verfahren zu extrahieren. Dieser langwierige Prozeß führte schließlich zur Entdeckung des „strahlenden Elements“, des Radiums, dessen Atomgewicht zu 226 bestimmt wurde. Aus mehreren Tonnen Rohmaterial wurden einige

Zentelgramm Radiumsalz gewonnen, dessen Aktivität mit derjenigen des Urans dem Wesen nach identisch, diese aber an Intensität um das Millionenfache übertrifft. — Das Radium ist ein silberweißes Metall, welches Wasser energisch zersetzt. Chemisch steht es dem Barium nahe, gehört also in die Gruppe der Metalle der Erdalkalien. Auch sein Spektrum ist demjenigen des Kalziums, Bariums und Strontiums ähnlich. Gleich den Erdalkalimetallen ist es an der Luft unbeständig. Um es vor Oxydation zu schützen, muß es im Vakuum aufbewahrt werden. Bei allen Strahlungsversuchen bedient man sich nicht des Metalles selbst, sondern solcher chemischer Verbindungen, die luftbeständig sind, gewöhnlich des Chlorides oder Bromides. Der Marktpreis für 1 Gramm Radium betrug im Jahre 1910 380'000 Mark.

Radioaktive Strahlung. Sie ist zusammengesetzter Natur. Man unterscheidet α-, β- und γ-Strahlen. Durch ein magnetisches Feld können sie von einander getrennt werden, da die γ-Strahlen durch die Anwesenheit des Magneten in ihrer geradlinigen Ausbreitung nicht beeinflußt, die α- und β-Strahlen aber nach entgegengesetzten Seiten abgelenkt werden. In nebenstehender Figur sind die magnetischen Kraftlinien senkrecht zur Zeichnungsebene von vorn nach hinten gerichtet zu denken.



Die α-Strahlen entströmen als kräftiges Bündel dem Radiumpräparat, werden aber schon durch die Luft stark absorbiert und durch Papier fast vollständig zurückgehalten, wirken aber innerhalb ihrer Reichweite*) stark jonisierend und machen die Luft leitend. Sie bestehen aus positiv geladenen Heliumatomen und bilden ein Analogon zu den Kanalstrahlen. — Die β-Strahlen führen negative Ladung mit sich und werden wie ein Schwarm negativer Elektronen vom Magneten abgelenkt, durchdringen dünne Metallfolien und entsprechen den Kathodenstrahlen. — Die γ-Strahlen besitzen eine außerordentliche Durchdringungskraft, werden sie doch erst um die Hälfte geschwächt, nachdem sie eine 1,4 Zentimeter dicke Bleiplatte durchsetzt haben, während dünne Bleibleche für Röntgenstrahlen vollständig undurchlässig sind. Sie gleichen in jeder Hinsicht den Röntgenstrahlen.

	α-Strahlen	β-Strahlen	γ-Strahlen
Durchdringungsfähigkeit	gering	groß	sehr groß
Magnet. u. elekt. Ablenkung	positiv	negativ	nicht vorhanden
Ladungstransport	positiv	negativ	nicht vorhanden
Geschwindigkeit pro Sek.	10000—20000 km	bis Lichtgeschwindigkeit	Lichtgeschwindigkeit = 300000 km

*) Nach Durchdringen einer bestimmten, von der Natur des absorbierenden Stoffes abhängigen Schichtdicke, der sog. Reichweite, erlischt die Strahlung fast plötzlich.

Strahlungsenergie. Durch die Absorption der Radiumstrahlen wird ihre kinetische Energie gebremst; sie verwandelt sich in Wärme. 1 Gramm Radium entwickelt pro Stunde 138 Grammkalorien, d. h. es würde in dieser Zeit die Temperatur von 138 Gramm Wasser um 1 ° erhöhen. Während seiner ganzen Lebensdauer würde 1 Gramm Radium ca. 3 Milliarden Grammkalorien erzeugen. Wäre Radium in hinreichender Menge vorhanden, so könnte man damit Dampfkessel speisen und Maschinen treiben und hätte erst noch den Vorteil, daß eine einzige Kesselbeschickung erst in 1750 Jahren auf die Hälfte ihrer Wirksamkeit herabsinken würde. Das Radium ist ein Element, das in seinen kleinsten Teilchen beständig zerfällt in andere Stoffe, die einen geringern Energieinhalt besitzen; deshalb kann bei dieser Umwandlung Energie frei werden.

Radioaktive Umwandlungen. Die ursprüngliche Substanz ist das Uran I. Es zerfällt in mehreren Milliarden von Jahren zur Hälfte (man rechnet immer mit solchen Halbzeiten), aber nicht in Radium, sondern einen Zwischenstoff, das Uran X, welches schon in 25 Tagen zur Hälfte verschwunden ist. Daraus bildet sich das Uran II, dessen Halbzeit ca. eine Million Jahre währt. Sein direkter Nachkomme ist das Jonium mit einer Halbzeit von 100'000 Jahren. Unmittelbares Zersetzungsprodukt des Joniums ist das Radium, dessen Hälfte in 1750 Jahren vergeht. Aus Radium entsteht Emanation, die in 4 Tagen zur Hälfte abklingt und aus dieser weitere Zerfallstufen, das Radium A, Radium B, Radium C, Radium D, Radium E, Radium F (Polonium), von denen jede eine bestimmte meistens sehr kurze Halbzeit besitzt. Als inaktives Endglied dieser Kette kommt wahrscheinlich Blei oder ein bleiähnlicher Körper in Betracht, da es immer und zwar in einem bestimmten Gewichtsverhältnis in Uranerzen vorkommt und in um so größerer Menge, je höher das geologische Alter der Ablagerung ist.

Radioaktive Grundstoffe. Das radioaktive Element ist ein Körper, der sich selbst zerstört und, meistens von einer Strahlenemission begleitet, in andere Elemente übergeht. Ist das Zerfallprodukt ebenfalls unstabil, so ist auch dieses als radioaktives Element zu betrachten, das sich in ein drittes umwandelt u. s. f. bis nach einer kleinern oder größern Zahl von Umwandlungsstufen ein stabiles Endglied erreicht, also ein Element im gewöhnlichen Sinne des Wortes gebildet wird. Wie aus dem Uran, so leitet sich auch aus dem Aktinium und Thorium eine Zerfallreihe ab. Als Endglied der Aktiniumreihe*) kommt das Thallium in Frage; als letztes Umwandlungsprodukt der Thoriumreihe ist vielleicht das Wismut anzusehen.

Emanation. In allen 3 radioaktiven Familien tritt ein gasförmiges Zwischenprodukt auf, die Emanation. Sie ist von sehr kurzer Lebensdauer, beträgt doch ihre Halbzeit bloß 4 Tage, bezw. 4 Sekunden, 1 Minute. Sie entsteht und verschwindet als das flüchtige Ergebnis eines Umwandlungsprozesses.

---

*) Die relativ geringe Halbzeit des Aktiniums läßt vermuten, daß es selber ein Zerfallprodukt, vielleicht auch ein Abkömmling des Urans ist.

Tabelle nach Stefan Meyer und Egon von Schweidler.

Uran-Radium-Familie	Halbzeit	Aktinium-Familie	Halbzeit	Thorium-Familie	Halbzeit
Uran I	$5 \cdot 10^9$ a	(Uran?)		Thorium	ca. 10^{10} a
Uran X	25 d	—		Mesothorium	ca 5 a
Uran II	ca. $1{,}4 \cdot 10^6$ a	—		Radiothorium	2 a
Jonium	ca. 10^5 a	Aktinium	ca. 30 a	Thorium X	ca. 4 d
Radium	1750 a	Radioaktinium	20 d	Thoriumemanation	53 s
Radiumemanation	ca. 4 d	Aktinium X	11 d	Thorium A	0,1 s
Radium A	3 m	Aktiniumemanation	4 s	Thorium B	11 h
Radium B	27 „	Aktinium A	0,002 s	Thorium C	1 h
Radium C	20 „	Aktinium B	36 m	Thorium D	3 m
Radium D	ca. 16 a	Aktinium C	2 m	—	
Radium E	ca. 5 d	Aktinium D	5 m	—	
Radium F (Polonium)	136 d	—		—	
—		—		(Wismut?)	
—		—			
—		(Thallium?)			
(Blei?)					

a ist das Symbol für Jahr, h für Stunde, m für Minute und s für Sekunde.

Ein scharf umrissenes Bild besitzen wir von der Radiumemanation. Sie gehorcht den Gasgesetzen, kondensiert bei niedriger Temperatur, kann durch einen Luftstrom fortgeführt werden und besitzt ein charakteristisches Spektrum. Sie macht alle Körper, die sich in ihrer Nachbarschaft befinden, radioaktiv. Diese induzierte Radioaktivität ist nicht eine vorübergehende Erregung eines Zustandes, wie man aus ihrer Bezeichnung folgern könnte, sondern eine Übertragung radioaktiven Stoffes. Elster und Geitel haben einen negativ geladenen isolierten Metalldraht während mehreren Stunden in der Luft ausgespannt. Brachten sie ihn nachher zusammengerollt in die Nähe eines geladenen Elektroskopes, so fielen die Goldblättchen zusammen. Der Draht machte also die Luft leitend. Durch Abreiben mit einem Stück Leder ließ sich ihm diese Eigenschaft nehmen und auf das Leder übertragen. In Kellerräumen, Tunnels und natürlichen Höhlen, namentlich in tonigen Geisteinsschichten, sammelt sich die Emanation in größerer Menge an. Spuren davon finden sich aber überall in der freien Atmosphäre. Ihr verdankt die Luft ihr Leitungsvermögen. Radioaktive Erscheinungen waren schon längst bekannt, wurden aber nicht richtig gedeutet. Namentlich die altbekannte Elektrizitätszerstreuung in der Luft wird im wesentlichen verursacht durch die allgegenwärtige Emanation.

Physiologische Wirkung. Die Einwirkung von Radiumstrahlen auf Lebewesen bleibt nicht ohne tiefgreifenden Einfluß. Kleinere Tiere sterben unter Lähmungserscheinungen. Das Radium wird therapeutisch verwertet, indem es Gewebe zerstörend und Bakterien tötend wirkt bei gewissen Hautkrankheiten wie Krebs, Lupus und ähnlichen Wucherungen. Der Heilwert der Thermalwässer wird hervorragend bedingt durch den Gehalt an Radium-

emanation. Künstlich aktiviertes Wasser verwendet man zu Trink- und Badekuren. Die aus der Joachimsthaler Pechblende dargestellte Radiummenge befindet sich zum größten Teil (ca. 6 Gramm) im Besitz des Institutes für Radiumforschung in Wien. Auch haben sich verschiedenenorts Ausleihanstalten für medizinische Radiumbehandlung eröffnet.

Theoretische Schlußfolgerungen. Die Radioaktivität war für die Wissenschaft eine neue Offenbarung, welche die Grenzen der physikalischen Forschung in ungeahnter Weise erweitert hat. Der Begriff des unveränderlichen chemischen Atoms verliert im Gebiet der radioaktiven Materie seine Gültigkeit. Nach unserer heutigen Auffassung ist das Atom keine unteilbare letzte Einheit des Stoffes mehr, sondern ein noch aus kleinern, subatomistischen Bausteinen zusammengesetztes Gebilde. Während nun bei den gewöhnlichen inaktiven Elementen ihre Anordnung einem stabilen Gleichgewicht entspricht, wird bei den radioaktiven Atomen ein labiler Zustand vorausgesetzt. Eine Störung im Gleichgewicht bedingt eine Strukturänderung des Atoms. Erfolgt die Umgruppierung unter Aussendung von α-Strahlen, so vermindert sich auch die Masse desselben. Die Änderung der Zahl und Anordnung der in einem Aggregat vereinigten Elementarbestandteile bestimmen aber andere physikalische und chemische Eigenschaften. Es ist ein Atom anderer Art, das eines neuen Elementes entstanden. — Die Umwandlung der Grundstoffe im allgemeinen erscheint nicht mehr als etwas Unmögliches, allerdings auch nicht als ein Vorgang, den wir willkürlich einleiten und lenken können etwa wie die Reaktionen der angewandten Chemie. Dem alten Traum der Alchimisten, aus andern Metallen Gold zu gewinnen, sind wir praktisch kaum näher gekommen. Ob neben dem Zerfall der Grundstoffe bei geänderten Bedingungen nicht auch eine aufsteigende Entwicklung stattfinden kann, entzieht sich vorläufig unserm Urteil. Die Lösung dieses Rätsels mag der Zukunft vorbehalten sein. Es wurzeln in ihm die tiefsten Fragen nach dem Werden und Vergehen, nach dem Ursprung und Ende der Materie.

Literatur.

Die Kultur der Gegenwart. I. Band: Physik. Besonders die Abschnitte von J. Elster und H. Geitel und Stefan Meyer und Egon von Schweidler. Verlag B. G. Teubner, Leipzig.

Dressel, Physik. Verlag Herder, Freiburg i. Br.

Gruner, Radioaktivität. Verlag Franke, Bern.

S. Curie, Untersuchung über radioaktive Substanzen. Verlag Friedrich Vieweg, Braunschweig.

Fürst und Moszkowski, das Buch der 1000 Wunder. Verlag Albert Langen, München.

Brunner, Lehrbuch der elementaren Physik. Verlag Leemann u. Cie., Zürich.

Meine Reiſe auf alte Brombeerſtengel.

Von Dr. Rob. Stäger, Bern.

Einmal reiſte ich nach dem Delta der Rhone, der ſogenannten Camargue, um die Pionier-Vegetation eines Schwemm- und Neulandes kennen zu lernen. Ein anderes Mal nahm ich den Kurs nach der Inſel Corſika, um die alte, einheimiſche Flora der Mittelmeergegenden, vor allem die Buſchwälder der Macchien und die Felſenhaiden zu ſtudieren.

Das waren immerhin noch anſehnliche Reiſeziele.

Wenn ich jetzt aber von einer Reiſe auf alte Brombeerſtengel ſpreche, ſo wird vielleicht mancher den Kopf ſchütteln. Das kann nur der, der nie in ſeinem Leben Entdeckerfreuden erlebte. Er kennt nicht die Süßigkeit, die die kleinſte Entdeckung dem Entdecker ſpendet. Das iſt ja der Reiz der Naturforſchung, daß wir immer und immer wieder vor einem Buch mit ſieben Riegeln ſtehen und wem es gelingt, durch alle Hinderniſſe hindurch einen Blick in das Geheimnis zu tun, der ſchreitet beglückt von dannen.

Dem Schreiber dieſer Zeilen hat die Reiſe auf alte, verwitterte Brombeerſtengel ſo ein kleines Entdeckerfreudchen bereitet. Er will ſeine Leſer, die ſich dafür intereſſieren, es miterleben laſſen.

Es kommt meiſtens gar nicht darauf an, daß wir recht weit reiſen, um eine Entdeckung zu machen. Ein Spaziergang in den Garten kann genügen, um vor mehr als einem Problem zu ſtehen.

Diesmal mußte ich meine Schritte über den St. Gotthard nach dem ſonnigen Locarno lenken, um mir meine Augen öffnen zu laſſen. In erſter Linie ſuchte ich dort unten an unſerer ſchweizeriſchen Riviera Bilder des Südens, April-Sonne, blühende Kamelien, fächelnde Palmwedel, dickblättrige Agaven auf felſigen Vorgebirgen, auch ein bischen Mondolinenklang, ein bischen helles, fröhliches Lachen und den Anblick der Sorgloſigkeit, wie ſie nun einmal der romaniſchen Raſſe eigen iſt und die uns ſchwerblütigeren Nordländern wenigſtens vorübergehend ſo wohlbekommt.

Ich ſuchte daneben aber auf anſtrengenden Wanderungen in die nähere und weitere Umgebung von Locarno in allem Ernſt nach alten, von Wind und Wetter mitgenommenen Brombeerſtengeln. Daran iſt nun dort unten nicht gerade Mangel, und ich kenne jetzt bei Loſone und Ronco und Briſſago geradezu Brombeer-Paradieſe. Ranken von 8 Meter Länge und mit Stacheln beſetzt, daß Gott erbarm! Wehe der Hand, die unerfahren hineingreift! Ohne Blutvergießen geht das Forſchen da nicht ab. Und hat man ſeine edle Leiblichkeit glücklich aus dem Chaos gerettet, ſo hängt der arme Schelm gewiß noch mit dem Zipfel ſeines Rockſchoßes an irgend einer Harpune feſt. — Nicht alle Brombeerſtengel ſonder Wahl begehrte ich, nur diejenigen, die vom Sturm oder Menſchenhand gekappt waren und von dieſen wiederum nur die, deren oberes Ende eine Eingangsöffnung im Mark aufwies. Der Bromberſtengel iſt im normalen Zuſtand nicht hohl, ſondern mit einer feſten, ununterbrochenen Markſchicht ausgefüllt. Wo aber in gebrochenen Stengeln

innerhalb der Markschicht ein Kanal verläuft, da weiß der Kenner sofort, daß dies das Werk von Bienen (Ceratina, Prosopis etc.) oder Wespen (Crabroniden) ist. Viele dieser Tiere minieren mit Hilfe ihrer Mandibeln in das Mark nicht nur von Brombeerstengeln, sondern auch von Hollunder-, Eschen-, Himber-, Nußbaum- und andern Zweigen bis zu 40 und 50 Centimeter tiefe Gänge und richten sie in kunstvoller Weise für ihre Brut her. Schneiden wir einen solchen Zweig der Länge nach auf, so sehen wir da Zelle an Zelle gereiht, eine über der andern, nicht unähnlich den Patronen im Magazin eines Vetterligewehres. Jede Zelle ist von der andern durch eine dünne Markschicht geschieden, die das Muttertier aus zerkauten Markpartikeln herstellt. Je nach der Zeit, in der wir den Stengel geöffnet haben, erblicken wir in jeder Zelle ein Ei oder eine Larve oder einen Cocon oder das zum ersten Ausflug bereite ausgewachsene Insekt. Hochinteressant ist die Tatsache, daß besonders bei den Crabroniden die größeren weiblichen Zellen zu unterst im Stengelkanal liegen, während die kleinern männlichen Zellen im obern Teil der Röhre näher deren Mündung sich befinden. Dies ist von der größten Wichtigkeit, da die Männchen erfahrungsgemäß eine kürzere Entwicklungszeit haben und das Nest *vor* den Weibchen verlassen, wie ich oft an Crabro cinxius Dahlbohm festgestellt habe. Wären die männlichen Zellen umgekehrt unterhalb den weiblichen angeordnet, so würde die Entwicklung der Weibchen durch die den Ausgang suchenden reifen Männchen gestört oder die Männchen könnten überhaupt den Ausgang nicht finden und müßten elend zu Grunde gehen. Man nennt diese höchst zweckmäßige Anordnung der weiblichen und männlichen Zellen Proterothesie, entsprechend der Proterandrie bei Zwitterblüten, falls die Staubbeutel vor der Narbe reif sind.

Wie das Muttertier bei der Ablage der Eier über deren Geschlecht zu entscheiden vermag, ist annoch ein Rätsel, das der Lösung harrt.

Da oft 10—20 und mehr Zellen in einer Reihe in dem ausgehöhlten Mark-Kanal übereinander liegen und allseitig abgeschlossen sind, ist es den Eltern nicht möglich, die aus den Eiern ausgeschlüpften Larven nachträglich zu füttern, so wie etwa ein Vogel seine Jungen füttert, indem er ihnen täglich und stündlich einen fetten Brocken zuträgt. Vom Insekt wird mehr Voraussicht verlangt. Es soll schon das in die Zelle abgelegte Ei mit einem Nahrungsvorrat umgeben, der erst später der ausschlüpfenden Brut zugute kommt. Oder vielmehr, die Wespe trägt zuerst in die Zelle eine Anzahl erbeuteter Insekten in totem oder halbtotem Zustand ein, legt in dieses Vorratsmagazin ihr Ei und schließt die „Türe" mit Mark zu. Darauf kommt wieder ein Haufen Nahrung, wieder ein Ei und wieder ein Verschluß und so geht es, bis die Markröhre mit Zellen angefüllt ist. Die Nahrung, die da eingetragen wird, ist sehr verschieden.

Sind es Bienen, die in einem Stengel hausen, so besteht das Larvenfutter aus einer teigartigen Masse, die aus Honig und Blütenstaub (Pollen) geknettet wird. Handelt es sich um Wespen, vorab Crabronen, so setzt sich der Futtervorrat besonders aus Dipteren (Fliegen) zusammen. Aber nebst

diesen erkennen wir auch in dem Chaos Schnabelkerfe, Käfer (Halticiden), kleine Nachtschmetterlinge und dergleichen.

Bewundernswert ist die Ausdauer, mit der das Muttertier die langen Markkanäle aushebt. Crabro stirpicola, ein ca. 6 Millimeter langes Wespchen der Vereinigten Staaten arbeitet nach G. und E. Peckham*) Tag und Nacht ununterbrochen 42 Stunden lang, um einen Mark-Tunel von 39 cm Tiefe zu bohren. Welche Riesenarbeit, wenn man bedenkt, daß das winzige Geschöpfchen Markkrümchen für Markkrümchen mit seinen Mandibeln herausnagen muß! Ich sah an Himbeerstengeln in meinem Garten oft Crabro cinxius bei der Bohrarbeit. Gewöhnlich wurde ich auf seine Tätigkeit dadurch aufmerksam, daß die benachbarten Blätter wie mit Sägespähnen bestreut erschienen. Das war das Auswurfsmaterial aus dem Markschacht, der soeben von einem dieser schwarzen Wespchen erstellt wurde. Bald hatte ich die Eingangsöffnung an einem der vorjährigen, abgestorbenen Stengel gefunden, und ich brauchte nicht sehr lange zu warten, bis der arbeitende Crabro mit einer Ladung Abraum rückwärts aus dem Stollen heraufkam und ihn an der Mündung auswarf, so daß er auf die Blätter der Umgebung fiel. Dann verschwand der Mineur wieder in der Tiefe des Schachtes, kam nach einer Weile wieder mit einer Ladung herauf und so ging es stundenlang, bis die Arbeit vollendet und zur Herrichtung der Zellen, Eintragen des Larvenfutters und zur Ei-Ablage bereit war.

Ich versprach mir nun von meiner Tessiner-Exkursion neue Funde, neue Anregungen für meine Crabronen-Studien. Was ich aber nie geglaubt, geschah: in Locarno wurde ich meiner niedlichen, kleinen Grabwespe ganz und gar untreu und wandte all meine Liebe den heißblütigen Geschöpfen des Ameisenstaates zu. — Meine Untreue hat eigentlich Prof. Forel, unser schweizerische Altmeister des Ameisenlebens auf dem Gewissen. Dieser gelehrte Herr reiste vor 15 oder 20 Jahren nach Columbien in Südamerika, um dort, kaum angekommen, Colonien verschiedener Ameisen-Arten in den hohlen Zweigen der Gebüsche und in den Halmen der hohen Savanen-Gräser zum ersten Mal zu entdecken. Wie bei uns in den bekannten Erdbauten, so leben dort viele Ameisen mit samt ihrer Brut dauernd in den genannten Röhren. Damit war der Begriff des „Stengelnestes“ gegeben, der sich seither in die Ameisenliteratur eingebürgert.

In die Heimat zurückgekehrt, gelang es dem Forscher, Colonien dreier Ameisenarten (Colobopsis truncata, Dolichoderus quadripunctatus und Leptothorax affinis) in den dürren Endästchen von Nußbäumen im Kanton Waadt nachzuweisen. Forel schreibt selber, er habe den weiten Umweg über Südamerika machen müssen, um das „Stengelnest“ auch in der Heimat zu entdecken. Mit diesen Nußbaum- und etlichen Eichenästchen hatte es seither sein Bewenden, und man las oder hörte nirgends von weiteren derartigen Beobachtungen weder bei uns, noch im übrigen Europa.

*) Instinkt und Gewohnheiten der solitären Wespen Aus dem Englischen übersetzt von P. W. Schoenichen. Berlin, Paul Parey, 1904.

Wie war ich daher freudig überraſcht, als ich eines Tages auf meiner Brombeertour in der Nähe von Locarno einen hohlen Rubus-Stengel mit Ameiſen und ihrer Brut ganz vollgepfropft fand. Zuerſt hielt ich das Vorkommnis für rein zufällig und vereinzelt. Als die Fälle ſich aber täglich mehrten und ich kaum mehr einen Ausgang unternahm, ohne Ameiſen in hohlen Brombeerſtengeln zu treffen, ſo wandte ich der Erſcheinung meine ganze Aufmerkſamkeit zu. Ich fing ſyſtematiſch an zu ſammeln und brachte eine ganze Anzahl Material zuſammen, welches beweiſt, daß ein ſozuſagen alltägliches Vorkommnis dennoch unentdeckt bleiben kann, wenn nicht der Zufall am Steuer ſteht. Der Zufall führte mich gut. Ich ſuchte Weſpenneſter und fand Ameiſenneſter in hohlen Brombeerſtengeln. Niemand hat vorher ſolche beſchrieben, auch Forel nicht, der ſonſt in Ameiſendingen neben Wasmann S. J. die größte Autorität iſt. —

Man wußte nicht, daß gewiſſe Ameiſenarten hohle Rubus-Stengel als Niſtſtätten benützen. Der Begriff „Stengelneſt“ paßt aber entſchieden erſt recht auf dieſe meine Funde und weit beſſer als auf die von Ameiſen bewohnten verzweigten und oft winklig gebogenen Endäſtchen der Eichen und Nußbäume.

Es lag nun nahe, hohle Brombeerſtengel auch an andern Orten auf Ameiſen zu unterſuchen. Gleich dachte ich an die klimatiſch bevorzugten Gegenden des mittleren Wallis. Ich machte denn auch im Juli und Auguſt 1916 zwei Exkurſionen in die Umgebungen von Leuk-Stadt und hatte das Vergnügen, auch dort zahlreiche Ameiſenkolonien ſamt ihrer Brut und geflügelten Geſchlechtstieren in den Brombeerſtengeln feſtzuſtellen.

In den warmen Lagen des Thuner-Sees waren alle meine diesbezüglichen Nachforſchungen vergeblich. Ich mußte ſchon an den Bieler-See, um dort letzten Herbſt das Geſuchte in wenigen Fällen zu finden. Das Ufer von Twann, das von den heißen rebbergbedeckten Jurafelſen gebildet wird, kommt klimatiſch dem warmen Wallis am nächſten. Ich bin überzeugt, daß auch die Uferſtrecken des Neuenburger-Sees nicht ohne jeglichen Erfolg abgeſucht werden könnten. In der ganzen kühlern Molaſſe-Landſchaft des ſchweizeriſchen Hügellandes wird man aber umſonſt Brombeer- oder Himbeerſtengel mit Ameiſenbeſiedelungen ſuchen. Im Ganzen konnte ich etwa 4 Ameiſenarten nebſt einigen Raſſen, Varietäten und Formen in den Stengeln nachweiſen. Wer ſich näher um den Gegenſtand intereſſiert, der leſe meine in der „Revue Suisse de Zoologie“ erſchienene Arbeit.*)

Hier kommen noch einige ökologiſche Fragen in Betracht. Vor allem wollen wir wiſſen, ob die Ameiſen die Stengel ſelbſt aushöhlen, von denen ſie Beſitz nehmen. Dies darf mit aller Sicherheit verneint werden. Die Vorarbeit des Minierens überläßt die Ameiſe der Grabweſpe, der Biene ꝛc. Dies erhellt ſchon aus der Form und Beſchaffenheit des Schachtes. Mitunter traf ich aber auch am Grund der Röhren noch Reſte von Weſpen-Cocons, ein ſicherer Beweis, daß die Ameiſen die Weſpen-Wohnung kurzerhand beſetzt hatten. Dabei wird es manchmal nicht ohne Kampf abgehen. Ich war

*) Volume 25. Nr. 4. Mai 1917.

einmal Zuſchauer eines ſolchen: Beim Aufſchneiden eines von einer Colonie Ameiſen (Leptothorax) bewohnten Stengels ſchnitt ich zugleich den Gang eines „Holzwurms“ in der Wand des Stengels an. Der „Wurm“ fiel in den Schacht der Ameiſen. Sofort ſtürzten ſich dieſe wütend über ihn her, und wie er ſich auch wehren mochte, bald erlag er ihren Angriffen. Ein anderes Mal legte ich abſichtlich die Larve einer Weſpe in einen geöffneten Ameiſen-Stengel. Eine ganze Rotte der kleinen biſſigen Teufel warf ſich im Nu auf ſie. Die meiſten ließen indes bald wieder los und nur zwei Exemplare verſuchten ernſthaft ihre Kiefer an dem dicken „Balg“ und brachten ihm eine tiefe Wunde bei, aus der ſie den Inhalt leckten. Immer mehr ſank der anfangs pralle Körper der Larve zuſammen und ſchließlich blieb nur noch die Haut übrig.

Die Ameiſen ſind alſo ſehr wohl imſtande, eine Weſpen-Colonie in einem Stengel zu überfallen und auszuräumen, um ſelbſt Herr des Hauſes zu werden.

Ferner drängt ſich uns die Frage auf, ob die Ameiſen die vorgefundenen Röhren unverändert laſſen oder ſie für ihre Zwecke herrichten.

Hier müſſen wir zwiſchen den einzelnen Ameiſenarten unterſcheiden. Crematogaster scutellaris wählt nach unſern bisherigen Erfahrungen nur die weitlumigen Röhren, die die Biene Ceratina in das Mark gehöhlt hat. Hier iſt eine nachträgliche Veränderung oder Skulpturierung überhaupt ganz ausgeſchloſſen, da das Mark bis auf einen ganz dünnen Wandbelag ſchon weggenagt iſt. Die Holzwand ſelbſt iſt ebenfalls nur dünn, ſo daß in ihr kein Raum zum Nagen iſt. Der Kanal verläuft ohne Niſchen ganz gerade und in ihm ſind nun die Ameiſen wie die Häringe in einer Tonne eingepfercht. Wenn man einen ſolchen Stengel anſchneidet, wimmelt es von Hunderten von ſchwarzen Inſaſſen durcheinander.

Anders die Leptothorax-Formen. Dieſe meiſt ſehr kleinen gelb- oder braunroten Ameiſchen nagen nachträglich flache Dellen oder Niſchen in die dicke Markwand der Röhren, welche von Crabronen erſtellt wurden, in welche ſie die Eier und Larven aufſchichten. Bisweilen durchnagen ſie das Mark derart, daß ein ſchwammartiges Gebilde mit Höhlungen und Verbindungsbalken entſteht.

Wieder etwas anders geht Colobopsis truncata vor. Das iſt jene intereſſante Ameiſenart, die eine eigentliche Soldatenkaſte mit rieſigen Köpfen ausbildet. Dieſe Spezies erweitert ſtellenweiſe den vorgefundenen Kanal zu einer geräumigen Kammer, läßt ihn anderswo als engen Durchlaß, höhlt wieder eine Kammer u. ſ. f. — Prof. Forel wies vor Jahren nach, daß jene Soldaten am Ausgang eines in Birnbaumholz minierten Neſtes eine Art Türhüter vorſtellen, indem ſie mit ihren pfropfenförmigen Köpfen den Einlaß öffnen oder ſchließen.

Mehrfach habe ich ſie als Portiers in den engen Paſſagen der Stengelneſter der Brombeeren funktionieren ſehen. Mehr als vor Feinden zu ſchützen, kommt ihnen hier vielleicht die Aufgabe zu, den Verkehr innerhalb des Neſtes zu regulieren. Doch müſſen hier noch weitere Beobachtungen einſetzen, um die Vermutung zu beſtätigen.

Man wird ferner noch zu fragen haben, wie sich die Stengel-Insassen im Winter verhalten. Forel fand Colonien mitten im Januar bei 8° Kälte in Nußbaum-Ästchen, halb erstarrt, ohne Bewegung. Ins Zimmer gebracht lebten sie auf und wurden munter. Diese Verhältnisse wird man ohne weiteres auf die Stengelnester in den Brombeersträuchern übertragen dürfen, denn sie sind hier nicht weniger gut aufgehoben wie dort. Meine ersten Funde anfangs April 1916 in Locarno sprechen aber direkt für diese Annahme. Die Ameisen hatten sicher in den Stengeln überwintert, denn sie waren um diese Zeit noch nicht sehr lebhaft. Eine Neubesiedlung findet sicher erst im Lauf des Sommers, zur Zeit der höchsten Aktivität statt.

Besonders Leptothorax ist ungeheuer widerstandsfähig. Von einer Stengel-Colonie, die ich im April 1916 mit nach Hause nahm und sie dort in eine weite, lange Glasröhre verbrachte, lebten gegen Ende Januar 1917 noch etliche Exemplare und zwar unter Bedingungen, die nicht günstig waren. Kam es doch vor, daß sie während einer Abwesenheit von 6 Wochen meinerseits nicht ein Tröpfchen Wasser erhielten. —

Damit wollen wir unsere Reise auf alte Brombeerstengel beschließen. Manchen haben vielleicht diese Erinnerungsblätter angesprochen, manchen nicht. Nicht jeder reist auf solche Dinge nach dem schönen Süden. Aber ich für meinen Teil möchte behaupten, daß, wer forschend auch die schönste Landschaft durchstreift, nicht einen ihrer Reize zu entbehren braucht. Im Gegenteil gehen ihm die Augen auf für neue intime Schönheiten, die der Alltagsbummler gar nicht sieht. Der Entdecker auf dem einen Gebiet, ist's auch auf dem andern. Wer Augen hat, zu sehen, der sehe! —

Freunde der Finsternis.

Von Jos. Diebolder.

(Fortsetzung.)

Werfen wir einen Blick auf die Organisation und Lebensweise der **Vögel,** so wird uns bald klar, daß in dieser Tierklasse kein Platz sich findet für ausschließlich grabende Geschöpfe. Die Vögel sind Lufttiere, die sich meist in lichten, sonnigen Höhen bewegen. Wohl finden sich solche, welche, wie die meisten Eulen, am Tage in sicherm Verstecke, in Scheunen und Türmen, in Fels- und Baumhöhlen sich aufhalten, da ihre Augen für das grelle Licht nicht eingerichtet sind, oder die, wie die Kiwi, am Tage, um den Nachstellungen zu entgehen, auf Neuseeland in Erdhöhlen leben, doch verlassen alle diese Vögel zur Nachtzeit ihre Schlupfwinkel und gehen auf Nahrungssuche aus. Sie sind für diese Lebensweise vortrefflich organisiert. Das düstere, abstehende, lockere und weiche Gefieder ermöglicht den Eulen, lautlos fliegend, ihre aus kleinen Säugetieren (namentlich Mäusen), Vögeln und auch Insekten bestehende Beute von oben zu überfallen. Einen interessanten Bau zeigen die Dämmerungsaugen dieser Nachtvögel. Dieselben sind auffallend groß. Die Gestalt des Augapfels weicht stark von der

Kugelform ab. Der hintere Abschnitt mit der Ausbreitung der Netzhaut entspricht dem Segment einer weit größern Kugel, als der sich nach vorn kegelförmig verschmälerte und stark über die Fläche des Kopfes vorspringende Vorderteil mit der stark gewölbten Hornhaut. Auch die Vorderfläche der Linse besitzt bedeutende Konvexität. So erinnert das Auge der Eulen lebhaft an die Teleskopaugen vieler Tiefseetiere, die uns noch beschäftigen werden. Das große Auge der Nachtvögel vermag auch in der Dämmerung eine genügende Anzahl von Lichtstrahlen aufzufangen, zumal die Pupille sehr erweiterungsfähig ist und die Netzhaut namentlich bei den Eulen sich durch den Reichtum an Stäbchen auszeichnet, so daß selbst spärliches Licht vortrefflich ausgenützt wird. In stockfinsterer Nacht vermögen auch nächtliche Vögel ebensowenig, wie jede andere Tiere, etwas zu sehen; dann müssen dieselben sich auf den Gehörsinn verlassen, der bei ihnen von bewunderungswerter Feinheit ist.

Die **Reptilien** haben bekanntlich wechselwarmes Blut. Ihre Körperwärme steigt mit der Wärme der Umgebung und somit auch ihre Lebenstätigkeit. Darum auch ihr häufiges Vorkommen in den heißen Gegenden, wo manche Arten, um vor dem gänzlichen Austrocknen ihres Körpers geschützt zu sein, einen Sommerschlaf halten, der mit dem Eintritt der Regenzeit zu Ende geht. Solchen im grellen Sonnenlicht lebenden Reptilien fehlen im Gegensatz zu den Dunkelbewohnern die Stäbchen in der Netzhaut vollständig. Mit dem Sinken der Lufttemperatur werden diese Tiere immer träger, bis sie in der kalten Jahreszeit der gemäßigten und kalten Zone endlich erstarren und in einen Winterschlaf versinken, aus dem sie erst die belebende Frühjahrswärme erweckt. Darum auch ihr spärliches Vorkommen in nördlichen Gegenden. So begreifen wir, daß auch die Reptilien-Klasse wenige Dunkeltiere aufweist. Allerdings kennen wir auch hier ausgesprochene Dämmerungs- oder Nachttiere, welche sich am Tag versteckt halten und erst mit dem Eintreten der Dunkelheit auf Beute ausgehen. Ich erwähne diesfalls eine schlangenähnliche Eidechse, die so nützliche Blindschleiche, welche vollständig fußlos ist und nur im embyonalen Zustand Fußstummel besitzt, die rasch wieder zurückgebildet werden. Dessen ungeachtet entdeckte man auch an den erwachsenen Blindschleichen einen ganz verkümmerten Schulter- und Beckengürtel, also eine Stütze für gänzlich fehlende Gliedmassen — wiederum ein Grund für dysteleologische [1]) Ergötzungen. Übrigens sind diese Tiere durchaus nicht blind, sondern sie besitzen wohlausgebildete Äuglein mit Augenlidern. Bei feuchter Witterung gehen sie mitunter auch am Tage den Regenwürmern und Nacktschnecken nach. —

Eine völlig unterirdische Lebensweise führen dagegen andere schlangenähnliche Eidechsen, die Amphisbänen [2]) oder Doppelschleichen, von denen eine einzige Art auch in Europa (Spanien) angetroffen wird.

---

[1]) Dysteleologie = Unzweckmäßigkeitslehre.

[2]) Der Name bedeutet: An beiden Enden, also nach vor- und rückwärts fortbewegend.

(A. cenerea). Die derbe Haut des wurmförmigen Körpers ist an Stelle der Schuppen durch quere Ringfurchen und durch Längsfurchen in rechteckige Felder geteilt. Sie besitzen keine Augenlider, sondern die äußere Haut geht, wie bei den Schlangen, in Form einer durchsichtigen, uhrglasförmigen Scheibe geschlossen über die Äuglein hinweg. Die Gliedmassen fehlen auch hier gänzlich, doch findet man auch an ihnen rudimentäre Extremitätengürtel. Die harmlosen Tiere leben nach Art der Regenwürmer unterirdisch, am liebsten in Ameisenhaufen.

Schließlich seien noch unter den Wurmschlangen die mit ganz verkümmerten Augen und kleinen Andeutungen hinterer Gliedmassen ausgestatteten Blödaugen (Typhlops) erwähnt, welche ebenfalls nach Art der Regenwürmer in der Erde leben und sich von kleinem Getier ernähren. Besonders zahlreich in der orientalischen und australischen Region, eine Art, T. vermicularis, auch in Griechenland.

Biologisch noch interessantere Geschöpfe sind die Dunkelbewohner in der Klasse der **Lurche**.

Erwähnenswert sind die Schleichenlurche, welche man früher zu den Schlangen zählte, die wir aber auf Grund ihrer Entwicklungsgeschichte als eine Ordnung der Lurche aufzufassen haben. Dieselben sind in der jetzigen Schöpfung durch die einzige Familie der Blindwühler vertreten. Ihr Körper ist wurmförmig ohne Schwanz und ohne Beine. Selbst innere Rudimente des Extremitätengürtels fehlen, während der Entwicklung aber weisen sie an Stelle der Gliedmassen kleine Verdickungen auf, die bald wieder verschwinden. (Brauer und Sarasin). Die Haut ist quer gefurcht und meist mit kleinen, versteckten Schuppen versehen, was auffallend ist, da bei den übrigen Lurchen nirgends Schuppen angetroffen werden. Die verkümmerten Augen sind ganz unter der Haut verborgen. Die Tiere atmen, wie die andern Lurche, in der Jugend durch Kiemen, später ausschließlich durch Lungen. Alle Blindwühler gehören der Tropenfauna an, leben nach Art der Regenwürmer in der Erde und ernähren sich besonders von Insekten und Würmern.

(Fortsetzung folgt.)

Literatur.

Großmann, Dr. M. Einführung in die darstellende Geometrie. 3. Auflage. Helbing u. Lichtenhahn, Basel 1917. 8°, IV u. 88 S. mit 85 Übungsaufgaben und 121 Figuren in besonderem Heft. Fr. 3.20.

Wenn dieser Leitfaden in kurzer Zeit es auf 3 Auflagen brachte, so dürften dazu wesentlich zwei Eigenschaften beigetragen haben, die weise Beschränkung des Stoffes und die klare Darstellung, zwei Punkte, die allerdings nicht nur vielen Lehrbüchern, sondern auch manchem Lehrer gerade dieser Disziplin abgehen. Zudem ist das Buch durchaus praktisch, die theoretischen Erörterungen beschränken sich fast durchgängig auf die notwendigsten Definitionen und Sacherklärungen, worauf jeweils das Weitere den Auflösungen einer Reihe von Aufgaben zugewiesen ist, deren Verständnis anhand der

neugezeichneten trefflichen Figurentafeln wohl kaum ernstlichen Schwierigkeiten begegnen dürfte, die in ihrer vorzüglichen Auswahl aber alles Wesentliche zur Behandlung stellen. Zu dieser Neuauflage sind die Kegelschnitte im engen Anschluß an ihre kollineare Erzeugung aus dem Kreise dargestellt.

Das Büchlein wird manchem vielleicht ebenso sehr als praktischer Leitfaden für den Unterricht wie als Einführung für das Selbststudium willkommen sein. Dr. B.

Schaab A., Arithmetik und Algebra. [Schwab — Lesser'sches Unterrichtswerk.] Lehr- und Übungsbuch für den Unterricht der Arithmetik und Algebra für bayerische Mittelschulen (Unterstufe). I. Teil. 2. Auflage. Leipzig, G. Freytag. 8°, 229 Seiten mit 18 Figuren im Text. Gebd. Mk. 2.80. II. Teil (für die obern Klassen der bayrischen Oberrealschulen). Ebda. 8°, 254 S. mit 58 teils farbigen Figuren. Gebd. Mk. 3.80.

Das Buch steht auf dem Boden der sog. Meraner Lehrpläne. Um aber den Lehrer in keiner Weise zu binden, hat der Verfasser das 1. Kapitel als Einführung geboten, die dem Reformer Gelegenheit gibt, den Funktionsbegriff sofort einzuführen und ihn in den Mittelpunkt des ganzen Unterrichts zu stellen, was durch Auswerten von Buchstabenausdrücken, namentlich auch durch graphische Darstellungen mit großer Zahl von Aufgaben gut eingeleitet wird, während der Terminus „Funktion" („Veränderliche" ꝛc.) erst am Schlusse dieser Einführung erscheinen. Dafür ist das 2. Kapitel so gehalten, daß es der Nicht-Reformer als Grundlage beim Unterricht nach der bisherigen Methode benutzen kann. Nach einem kurzen Abschnitte über lineare und nichtlineare Funktionen folgen dann im 3. Kapitel sogleich die Gleichungen 1. Grades, in die auch die Verhältnisgleichungen (Proportionen) einbezogen sind. Außerdem behandelt der I. Teil noch die Gleichungen 1. Grades mit mehreren Unbekannten, Potenzen, Wurzeln und Logarithmen, die Gleichungen 2. Grades mit einer und zwei Unbekannten und endlich die Reihen mit ihren Anwendungen bei Zinseszins- und Rentenrechnung, Laufenden Zahlungen und Renten, Tilgung von Anleihen ꝛc. Im II. Teil wurde soweit als möglich die Anschauung in den Vordergrund gestellt, woher auch die große Zahl der Figuren. Behandelt werden von denselben Gesichtspunkten aus wie im I. Teil: Komplexe Zahlen, Bildung von ganzen Funktionen aus linearen Faktoren, die ganze rationale Funktion, Bestimmung der Wurzeln einer kubischen Gleichung durch Rechnung, Kombinatorik, Auflösung von Gleichungen, Begriff der Grenze, Differenzialrechnung, Algebraische Funktionen verwickelter Art und ihre Derivierten, Anwendung der Differenzialrechnung, Reihen, Logarithmus- und Exponentialfunktion mit ihren Differenzialquotienten, Differenzialquotienten höherer Ordnung, Integration, Anwendung der Integralrechnung.

Hervorzuheben sind noch die vielen geschichtlichen Hinweise,. die vom Lehrer entsprechend benutzt, dem Schüler in großen Zügen im Bild des Fortschrittes der mathematischen Wissenschaft zeigen.

Referent kann das Werk, nach dem zu unterrichten er Gelegenheit hatte,

nur bestens empfehlen. Die Befürchtungen, die man hie und da gegen die frühe Heranziehung des Funktionsbegriffes geäußert hat, habe ich nicht bestätigt gefunden, wie mir auch die innige Durchdringung der Algebra mit der analytischen Geometrie äußerst vorteilhaft erscheint, auch vom Standpunkt der Konzentration. — Der Preis ist bei beiden Teilen ein geradezu außerordentlich billiger.

Dr. Baum.

Bachmann, Prof Dr. Hans, Lehrer der Naturgeschichte an der Kantonsschule Luzern, **Protophyten oder Niedere Pflanzen.** Schülerheft. 32 Seiten mit Schreibpapier durchschossen, geheftet Fr. 1.50. Verlag E. Haag, Luzern.

Der Unterricht in der Naturgeschichte bietet unstreitig besondere Schwierigkeiten. Je mehr der Lehrer durch Selbststudium und eigene Forschung in den Bau und die Lebensweise der Naturkörper eindringt, um so mehr wird er sich vom Gebrauch eines Schulbuches frei machen. Er schaut das Buch in der Hand des Schülers fast als eine Gefahr an, die das selbständige Denken und Arbeiten des Schülers lähmt und ihn zum Auswendiglernen verleitet. Darum betrachten viele unserer Naturgeschichtslehrer die neuen Lehrbücher trotz ihren prachtvollen Bildertafeln nur mit gemischten Gefühlen. Der Unterricht muß eben von der Anschauung ausgehen. Daß aber der Schüler etwas in der Hand haben sollte, was ihm die Wiederholung ermöglicht und erleichtert, ist auch klar. Man hat sich auf der Oberstufe bis jetzt vielfach so beholfen, daß man den Schüler den Gang des entwickelnden Unterrichtes notieren und dazu die nötigen Skizzen machen ließ. Das hatte seine Vorteile. Es beansprucht die angespannte Aufmerksamkeit des Schülers und erzieht ihn zu raschem Arbeiten und wäre nicht zuletzt eine gute Vorbereitung für den Universitätsunterricht. Aber in diesem Modus liegen ebenso große Nachteile. Nicht jeder Schüler ist befähigt, das Wesentliche vom Unwesentlichen des Dargebotenen zu unterscheiden und nur ersteres knapp zu notieren. Wieder andere haben Schwierigkeiten beim Zeichnen zu überwinden, und dann bleibt ihnen erst recht keine Zeit für den nötigen verbindenden Text. Diesem Übelstand hilft das Schülerheft ab, das vorläufig für die Protophyten ausgearbeitet worden ist.*) Der Verfasser hat in den langen Jahren seiner Praxis einen eigenen Lehrgang ausgearbeitet, der sich als ganz vortrefflich bewährt hat. Im ersten Abschnitt wird die „Spirogyra als Beispiel einer Zelle" behandelt. Mit einfachen mikroskopischen Präparaten und einigen Experimenten werden nicht nur der Bau der Zelle, sondern auch deren Lebenserscheinungen studiert. So ist in wenig Stunden die solide Grundlage für den ganzen biologischen Unterricht gelegt. Im 2. Abschnitt werden Vertreter der 15 Klassen der Protophyten behandelt. Immer werden von typischen Vertretern der einzelnen Klassen Fundort, mikroskopisches Bild und Biologie besprochen. Dabei geht der Verfasser immer von der Beobachtung aus, bespricht auch einfache Versuchsanordnungen, mit deren Hülfe

*) Ein ähnliches Schülerheft für systematische Botanik ist schon vor mehreren Jahren von Prof. Vogler in St. Gallen herausgegeben worden.

Untersuchungsmaterial gezüchtet werden kann. Der Text ist bei aller Knappheit sehr klar. Die 32 Seiten sind von ebenso viel gutem, cariertem Schreibpapier durchschossen, auf welchem die Schüler die Wandtafelskizzen des Lehrers, Ergebnisse eigener Beobachtungen, auch weitere Notizen beizufügen haben. „Das Schülerheft ist nicht ein Lehrbuch, sondern es soll durch die Arbeit des Schülers zu einem Lehrbuche werden, das den großen Vorzug besitzt, außer der Geistesarbeit des Lehrenden ganz besonders die Geistesarbeit des Lernenden zu enthalten". Das Schülerheft wird sicher Anklang finden, und wir möchten nur wünschen, der Verfasser möge gleicherweise auch für die übrigen Gebiete des naturgeschichtlichen Unterrichtes ähnliche Hefte vorbereiten. Mir scheint, Kollegen und Schüler würden ihm dafür zu Dank verpflichtet sein.

Dr. A. Th.

Ruckstuhl, E. W., Seminarlehrer, **Methodische Einführung in die Grundlagen des Rechnens.** I. Teil, Eug. Haag, Luzern 1917. 8°, 78 S. Fr. 1.35.

Eine gründliche Bearbeitung und Verankerung der ersten Grundlagen einer Wissenschaft und vielleicht der Mathematik im Besonderen ist wie die wichtigste, so ebenso gut für manche Lehrer die schwierigste, meist auch die mühsamste Arbeit. Ein folgenschwerer Fehler wird häufig dadurch begangen, daß einer über die Fundamental-Operationen, wie über eine „leichte und bekannte Sache" viel zu schnell hinweggeht, sich mit einer rein mechanischen „Fertigkeit" zufrieden gibt, ohne sich zu vergewissern, ob der Schüler auch über jeden Schritt dabei Rechenschaft geben kann. Oft wird auch in dem ersten Unterricht des Rechnens und der Algebra zu dogmatisch verfahren oder zu viel als „selbstverständlich" beim Schüler vorausgesetzt. Hier liegt nun eine verdienstvolle Arbeit vor, die jedem dessen Aufgabe es ist, Schüler in die Grundlagen der Mathematik einzuführen, oder der sich selbst darüber belehren will, nur bestens empfohlen werden kann. Die Hauptsache einer solchen Einführung ist das konsequente methodische Durchführen, so daß kein Schritt geschieht, dessen Zweck und Notwendigkeit nicht klar erkannt wird, und diese Aufgabe hat der Verfasser voll gelöst, so daß sein Buch ohne Zweifel wohl seinen Hauptzweck „dem Anfänger ein Helfer zu sein" als auch den weiteren „dem Lehrer in der Praxis ein zeitweise gerne nachgelesener methodischer und sachlicher Ratgeber, der ihm einen der Volksschule angepaßten Rechen-Unterricht modellieren hilft" zu bieten, vollauf erreichen wird. Wenn der Verfasser die Zwiegespräch-Form in der Darstellung gewählt hat, so kann er sich dabei mit Recht auf hervorragende Vorbilder berufen, immerhin ist es nicht jedermanns Sache dieser Darstellungsart immer mit der nötigen Geduld zu folgen und der nach Notwendigkeit oft überklug oder gelegentlich auch stockdumme „Schüler" ist für manche ein „enfant terrible", wenn auch zugegeben werden muß, daß hier der Verfasser fast durchgängig den rechten Ton getroffen hat. Über Einzelheiten kann man ja verschiedener Meinung sein, das bringt schon die Verschiedenheit der menschlichen Anlagen und Erfahrungen mit sich. Zu begrüßen ist schließlich noch das Einstreuen historischer Motiven.

Dr. B.

4. Jahrgang. Nr. 3. 11. April 1918

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe | Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Einige geophysikalische Fragen. — Über die Entstehung der Korallenriffe. — Viktor Meyer (1848—1897).

Einige geophysikalische Fragen.

Von Dr. H. P. Baum.

Bei den heute allgemeiner angenommenen Theorien der Gebirgsbildung, im besonderen der Falten- oder Kettengebirge, spielt die sogen. Kontraktions- oder Schrumpfungstheorie eine oder auch die Hauptrolle, ja das Fundament der ganzen Erklärung. Der Grundgedanke ist kurz folgender: Das heiße glutflüssige Erdinnere kühlt sich allmählich infolge der Ausstrahlung in den Weltenraum ab und zieht sich infolgedessen zusammen. Dadurch aber wird die Erdrinde für den Kern allmählich zu groß und sinkt, da sie sich als freies Gewölbe nicht halten kann, auf den Kern hinab und schrumpft so, ähnlich wie die Schale eines austrocknenden Apfels, zusammen, bis wenigstens ein Teil der hierbei entstehenden Rindenschollen auf dem flüssigen Kern aufruht und so die Rinde wieder eine Stütze hat. Da aber die Rinde beim Absinken eine Schale von kleinerem Radius bilden muß, so erzeugt die radial wirkende Schwere eine tangential wirkende Schubkraft, die die Rindenstücke gegeneinander preßt, wobei deren Schichten ev. auch gefaltet werden können. Letzteres ist wenigstens für tieferliegende Schichten möglich, da diese, obgleich aus sprödem Material bestehend, doch infolge des auf ihnen lastenden Druckes der oberen Schichten, sich im Zustande einer „latenten Plastizität“ befinden, ähnlich wie dies auch vom Eis der Gletscher gilt.

Schauen wir uns nun den Ausgangspunkt dieser ganzen Schlußfolgerung einmal näher an, so drängt sich uns mit Gewalt die Frage nach seiner Berechtigung auf. Vor allem müssen wir hier aber feststellen, daß in dem Vordersatz der Theorie zwei Behauptungen in einem Atem zusammengezogen werden, die unbedingt einzeln betrachtet werden müssen. Wenn man sagt, der Erdkern kühlt sich ab und zieht sich deshalb zusammen, so ist nicht nur hinter das „Kühlt sich ab“ und „Zieht sich zusammen“ je einzeln ein Fragezeichen zu setzen, sondern auch hinter das „Deshalb“!

Was das allmähliche Erkalten der Erde angeht, so ist der Beweis dafür, wie Günther meint, eine physikalisch feststehende Tatsache. Daß die Erde Eigenwärme besitzt, ist freilich sicher, wie wir in einem früheren Aufsatze

gesehen haben („Mittelschule" 1916, Nr. 2 u. 3). Daß der Weltenraum kälter als sie ist, kann ebenfalls nicht bezweifelt werden, also scheint die Folgerung unabweisbar. Wenn Günther drum vor ca. 20 Jahren in seiner „Geophysik" schrieb: „Die Schrumpfungstheorie . . . hat den Vorzug mit einer Tatsache zu stehen und zu fallen, welche . . . absolut gewiß ist", so kann man dies verstehen, aber heute liegen die Verhältnisse doch teilweise anders.

Dem obigen Beweisgang fehlt nämlich ein wichtiges Glied, indem der Schluß lauten muß: Also muß die Erde sich abkühlen, *wenn der Ausstrahlung von anderer Seite her kein Ausgleich entgegensteht*. Nachdem man aber die verhältnismäßig große Wärmeerzeugung der radioaktiven Stoffe kennen gelernt hat, ist jedenfalls eine solche Ausgleichsquelle gefunden, die Frage kann nur sein, ob diese Stoffe weniger oder gleichviel, oder auch sogar noch mehr Wärme erzeugen, als die Erde durch Ausstrahlung verliert. Einstweilen fehlen allerdings zur Entscheidung dieser Frage noch alle näheren Kenntnisse über die wirkliche Verbreitung dieser Stoffe in der Erde. Wenn aber Kreichgauer darauf hinweist, daß diese Stoffe doch zum größten Teil in festen Verbindungen in der Erde sind, und drum ihre Wärmeentwicklung sich mit der im Laboratorium an reinen Stoffen gemessenen nicht vergleichen lasse, so ist dies wohl ein Hinweis, nicht überstürzt zu urteilen, aber einerseits entwickeln doch auch diese Verbindungen Wärme und andererseits bleibt zu bedenken, daß noch Berechnungen von Strutt u. a. schon verhältnismäßig sehr geringe Mengen pro m^3 genügen würden, um die *ganze Eigenwärme* der Erde durch jene Wärmequelle zu erklären, wieviel eher also, um nur den *Wärmeverlust* durch Abkühlung. Den Grundgedanken der Nebularhypothese betr. der Herkunft der Eigenwärme der Erde können wir ja doch, trotz so mancher Schwierigkeiten, die dieser Hypothese sonst anhaften, als zu recht bestehend annehmen.

Wir werden also wohl die erste Frage, ob die Erde sich tatsächlich abkühlt, wenigstens für ihr jetziges Stadium unentschieden lassen müssen, wie weit dies auch für die Vergangenheit gilt, dürfte ebenfalls schwer zu entscheiden sein, also „Ignoramus". —

Aber auch einmal zugegeben, der Erdkern kühle sich ab, folgt deshalb, daß er sich zusammenziehe? Wie ebenfalls in dem oben zitierten früheren Beitrag gesagt, ist eine ziemlich allgemeine Ansicht die, daß der Kern der Erde aus Eisen bestehe. Aber haben nun nicht die Versuche von Whitney, Siemens und Tamann dargetan, daß flüssiges Eisen beim Abkühlen sich *ausdehnt*?! Wo bleibt da das Zusammenschrumpfen des Erdkernes, weil er sich abkühlt? —

Nun ist ja wohl dieser Eisenkern nicht nur glutflüssig, sondern im inneren Teile sogar gasförmig, was beim Eisen über 3800° trotz größten Druckes der Fall sein muß; ob aber dem *ganzen* Eisenkern eine so hohe Temperatur zuzuschreiben ist? Immerhin mag der Eisenkern auch in den äußersten Teilen noch glutflüssig sein, denn da der Druck bei Eisen den Schmelzpunkt erniedrigt, so mag er bei den ca. 400'000 Atmosphären

auf etwa 1000°—1100° herabgedrückt sein, eine Temperatur, die wir für eine Tiefe von ca. 1300 km doch annehmen müssen. Aus gleichen Gründen wird auch noch ein erheblicher Teil des Gesteinsmaterials jener Tiefen glutflüssig sein, aber auch für die sog. Urgesteine, Granit, Gneis, wie für Basalt und alle Silikate, an denen die Erdrinde doch so reich ist, wurde ebenfalls die Ausdehnung beim Abkühlen nachgewiesen. Es fehlt ja drum auch nicht an Forschern, die dem Granit bei der Faltenbildung eine aktive Rolle zuschreiben, wie z. B. Kjerulf für Skandinavien. Und gründet sich nicht die Vulkantheorie Stübels darauf, daß er die treibenden Kräfte dabei der Expansion des erkaltenden Magmas zuschreibt?!

Das obige „Deshalb" scheint demnach von höchst fraglicher Berechtigung, ja man ist versucht zu behaupten: Weil der Erdkern wärmer wird, deshalb schrumpft seine Rinde!

Doch wir haben auch noch das dritte Fragezeichen hinter „Zusammenschrumpfen" näher zu beleuchten. Schrumpft denn die Erdrinde überhaupt, wenigstens im Sinne der Theorie, zusammen? Es wäre natürlich kindisch, die Frage in dem Sinne zu verstehen, als ob bezweifelt werden sollte, daß in den Kettengebirgen die Schichten vielfach gegen-, in- und übereinander geschoben worden seien, ja es braucht und soll nicht einmal direkt auch ein Kleinerwerden des Erdvolumen bestritten werden, falls anderweitig diese Annahme sich als notwendig herausstellt. Aber gerade eine andere auffallende Erscheinung will nicht recht zu dem In- und Aufeinanderschieben der „latent plastischen" Schichten passen. Unter den Kettengebirgen ist nämlich merkwürdigerweise nicht, wie es auf den ersten Blick scheinen sollte, ein Massenüberschuß, sondern ein Defizit vorhanden. So zieht sich z. B. nach von Sterneck, dem wir viele diesbezügliche Messungen, wie ja auch ein dazu besonders geeignetes Pendel, verdanken, von München bis Trient ein solches Defizit von ca. 1000—1200 m Mächtigkeit (gerade in der Mitte, wo doch der Schub am kräftigsten sein sollte), der dem Massiv der Alpen entspricht und das Massiv bis ca. $^2/_3$ ausgleicht. Überhaupt wird nach von Sternecks Messungen „reichlich die Hälfte der sichtbaren Alpenmassen durch unterirdische Defekte kompensiert". Diese Erscheinung ist bei Hochländern so allgemein, daß die Verteidiger der Ansicht, die Schollen der zerstückelten Erdrinde schwimmen auf dem glutflüssigen Kern „wie die Eisschollen auf dem Wasser", darin gerade die Bekräftigung ihrer „Schwimmregel" finden: Hoch, weil leicht, tief, weil schwer". Es entsteht darum die Frage, läßt der Satz sich auch umkehren? d. h., gilt auch: Leicht, weil hoch? Sind die Faltengebirge etwa zum großen Teil mächtige Gewölbe über weitreichenden Hohlräumen, und drum hoch und leicht? Mit der „latenten Plastizität", die nach manchen Forschers Anschauung bereits in einer Tiefe von 3 km vorhanden ist, lassen sich solche gewaltige Hohlräume bei den dort herrschenden Schubkräften doch wohl nicht vereinigen. Es bliebe demnach nur übrig, das Massendefizit zum größten Teil wenigstens, wenn man etwa immerhin noch kleinere

Hohlräume annimmt, auf leichtere Stoffe in der Tiefe zurückzuführen, auf welche Frage wir später noch in anderem Zusammenhang zurückkommen.

Nun aber sind doch die weitverbreiteten, gewaltige Teile der Erdoberfläche bedeckenden oft „himmelhohen" Faltengebirge vorhanden, zu deren Bildung, wenn wir den Schätzungen z. B. von Heim trauen dürfen, ein Meridian durch Schrumpfung um ca. 360 km verkürzt worden sein soll. Rechnet doch der genannte Forscher den zur Bildung der Alpen nötigen Zusammenschub zu ca. 120 km, für den schweiz. Jura ca. 5—5½ km. Um einen Begriff davon zu geben, was dies für die ganze Erde besagen will, sei bemerkt, daß auf Grundlage der Zahlen von Heim sich eine Verkleinerung des Erdradius von rund 57 km ergäbe. Wie unsicher indes solche Schätzungen sind, oder vielmehr wie subjektiv sie sind, zeigt der Umstand, daß nach Lapparent eine Verkürzung von 19 km genügen soll. Nehmen wir keine Schrumpfung im Sinne der Theorie an, wie erklärt sich dann das Vorhandensein der Falten? Auf diese Frage soll in einem zweiten Beitrag eingegangen werden. Für diesmal beschäftigt uns noch ein zweiter mit der Schrumpfungstheorie meist zusammenbehandelter, oder sogar direkt aus ihr abgeleiteter Punkt, nämlich der sog. Tangentialschub als Falten bewirkende Kraft.

Nur nebenbei sei bemerkt, daß dieser Tangentialschub (Gewölbedruck) wohl nur, analog dem der beiden Backen eines Schraubstocks, eine zwischen zwei festeren Schollen gelegene weichere zerquetschen und dabei Teile derselben auch als Falten hinauspressen kann, oder aber eine Scholle wird durch den Schub einer andern gegen ein festes Widerlager gedrückt. In beiden Fällen werden die hiebei entstehenden Falten, wenn die den Druck ausübende Scholle tiefer liegt als die ausgefaltete, sich nach der Richtung der niederen Druckscholle neigen. Nun ist es aber tatsächlich keine Seltenheit, daß wie z. B. bei den Westalpen und den Karpathen die Falten nach der entgegengesetzten Seite liegen, da in den genannten Fällen, das „Hinterland", wie Penk es bezeichnet, d. h. gerade die Scholle, die den Druck ausgeübt haben soll, eingesunkenes Gebiet ist.

Ferner sollte man meinen, daß bei einem Tangentialschub die Kontinentalschollen ebensowohl sich falten könnten, wie der Meeresboden, ja es scheint sogar, daß die ersteren den Meeresboden nicht so leicht zusammenschieben könnten, da er, wie oben gesagt, die massivere Scholle, sie sich vielmehr selbst zerquetschen und ev. über den schwereren Meeresboden überschieben, resp. überfalten sollten. Merkwürdigerweise sind die Faltengebirge aber durchgängig dem Meere entstiegen!

Wie soll man sich endlich vorstellen, daß bei der Plastizität der etwas tiefer gelegenen Schichten bei einem in ihnen herrschenden Tangentialdruck irgend eine Spalte, wie sie doch die Vulkane aufweisen, auch nur für kürzere Zeit offen bleiben könnte? — Die beiden Tatsachen, daß gerade Küstengebiete vielfach Gebiete von Kettengebirgen wie von tätigen Vulkanen sind, legt vielmehr die Vermutung nahe, daß der Druck zweier verschieden hoch gelegener

Schollen Faltungen begünstigt und doch auch das Gebiet anstatt Druck geradezu Zerrung aufweisen kann. Hierbei dürften die sog. Flexuren bei den Küsten eine Rolle spielen. Wie nämlich Walther nachgewiesen hat, ist der Übergang zum tiefer gelegenen Meeresboden durchaus nicht meist eine scharfe Bruchzone, sondern eine Abbiegung, bei der die Schichten ihren Zusammenhang behalten haben und nur mehr oder weniger stark S-förmig abgebogen wurden.

Wie nun hier eine Faltung entstehen kann, hat Waagen folgendermaßen zu erklären versucht. Wie oben gesagt, ist unter den hoch gelegenen Erdschollen ein Massendefekt, so daß man diese Schollen als weniger fest fundiert betrachten kann, „sie werden also am ehesten einsinken". Durch ihr Sinken wird von selbst schon der zum Meeresgrunde abgebogene Schichtenkomplex zusammengepreßt, um so mehr, als die sinkende Scholle auf ein Niveau von kleinerem Radius gelangt und so eine Pressung gegen das Meeresbecken ausüben muß. Der Druck der sinkenden Scholle wirkt aber auf die tiefer liegende schief abwärts und indem er längs des absteigenden Schenkels der Mulde bis zu deren Tiefpunkt hinabgeleitet wird, ist das Resultat ein Auffalten des Meeresbodens. Je mehr die höhere Scholle sinkt, um so mehr drückt sie das Meeresbecken zusammen und um so höher werden die Falten. Ob bei weiterem Sinken die Falten durch Seitendruck auch über andere Partien überschoben und überfaltet werden, hängt dann von den örtlichen Verhältnissen ab. Geht indes das Absinken der Hochlandscholle so weit, daß sie unter das Niveau des Vorlandes oder sogar des Meeresbodens gelangt, so geht ihr früherer Druck in das Gegenteil, eine Zerrung, über, wir erhalten nun wieder eine Flexur an der Grenze des eingesunkenen „Hinterlandes". Damit wäre eine Erklärung für das Offenbleiben von Vulkanspalten gewonnen.

Daß diese Theorie nicht auch Schwierigkeiten böte, läßt sich wohl kaum behaupten. Die hauptsächlichste scheint uns in der Annahme des Sinkens der leichten Scholle zu liegen. Da doch beim Schwimmen der Schollen die allgemeine Regel gelten muß „Leicht, also hoch", so ist an ein eigentliches Absinken höchstens nur in ganz beschränktem Maße zu denken, man müßte denn einen einleuchtenden Grund angeben können, wie die leichte Scholle bedeutend schwerer werden konnte. Es kann sich demnach wohl nur um ein Zusammensinken der Scholle in sich selbst handeln, da eben unter ihren oberen Schichten ein Massendefekt vorliegt, der allerdings nach dem oben Gesagten kaum in großen Hohlräumen bestehen kann. Aber selbst dies zugegeben, bleibt die Frage, ob denn durch ein solches Zusammensinken auf eine nebenliegende Scholle der verlangte Druck ausgeübt werden kann? Die Begründung für den Seitendruck, daß die Scholle jetzt zu einer Kugelschale von kleinerem Radius hinabsinke, trifft jedenfalls zum größten Teil nicht zu, da ja die oberen Massen auch zur Ausfüllung der Hohlräume dienen müßte. Ferner ist zu beachten, daß doch durch bloßes Zusammensinken eine Scholle an sich nicht schwerer wird, ebenso wenig, wie die schwere Meeresbodenscholle dadurch leicht wird, daß sie aufgefaltet wird. Ja hier kommt sogar noch eine

weitere Schwierigkeit hinzu. Die Meeresbodenscholle soll durch Seitendruck auch zusammengepreßt werden, wodurch offenbar die Fläche, auf der die Scholle schwimmt, verkleinert werden muß, dem bei gleichbleibendem Gewicht der Scholle ein *Tiefersinken* entsprechen müßte. Allerdings wäre dabei, namentlich auch durch die Faltung der oberen Schichten ein *relatives* „Höherwerden", d. h. „*Steigen*" möglich. Die Möglichkeit eines wirklichen Leichterwerdens und damit auch Steigens ließe sich hier vielleicht auf folgende Weise erklären. Die zusammengeschobene Meeresbodenscholle sinkt tatsächlich, wie eben erklärt, tiefer. Dadurch gelangen nun ihre relativ schwereren Schichten in die Region des feuerflüssigen Kernes und schmelzen, so daß nun die Scholle durch und durch aus leichterem Material besteht, also wirklich leichter geworden ist und die Scholle nun emporsteigen kann. Wie aber die leichte Scholle nach der Schwimmtheorie sinken könnte, bleibt ein Rätsel. Da nun aber das Sinken dieser Scholle das Primäre, Grund und Veranlassung der ganzen Gebirgsbildung sein soll, so scheint es zu keiner solchen, nach der besagten Theorie, kommen zu können. Vielleicht ließe sich eher diese Einleitung des Prozesses durch das Gegenteil, das Emporsteigen einer schweren Scholle erklären. Indem nämlich durch forschreitende Sedimentation der Meeresboden allmählich stärker belastet wird, senkt sich diese schwere Scholle und schmilzt deshalb unten ab, verliert so ihre schwersten Teile und wird absolut leichter, ihr Auftrieb wird allmählich immer stärker. Damit wäre eine den ganzen Verschiebungsprozeß auslösende Kraft gegeben und das Empordrängen der leichter gewordenen Scholle hätte, wenigstens im Anfange, bei der Flexur denselben Effekt, wie das Sinken der Hochlandscholle. Zu den damit eingeleiteten Stauungen und Faltungen der Flexuren und anliegender Gebiete wird sich nun leicht ein Zusammensinken und auch ein *wirkliches Tiefersinken* der Hochlandscholle gesellen. Bei ihr liegen nämlich die Verhältnisse umgekehrt wie bei der vorhin betrachteten tiefliegenden Meeresscholle. Ihre relativ leichten oberen Schichten werden allmählich abgetragen und außerdem dürften die Hochlandschollen durch den Gewölbedruck meist in einem für ihre relative Schwere zu hohem Niveau längere Zeit gehalten werden. Das Absinken der Hochlandscholle würde sich demnach dann mit dem Emporrücken kombinieren und das Resultat verstärken. Nach welcher Seite dabei die Falten geneigt sein würden, käme zum größten Teil auf die Lage der Schollengrenze und die Höhe der beiden Schollen an, wie auch Art und Material der Schichten dabei maßgebend wäre. Ohne weiteres ist ersichtlich, daß diese Erklärung auch mit dem Be- und Entstehen von Vulkanspalten recht gut harmoniert. Dagegen kann man nicht behaupten, daß sie auch steht und fällt mit der Schrumpfungstheorie. Ob die Schrumpfung im Sinne der bisherigen Theorie zur Bildung von Falten nötig, oder ob die Kettengebirge auch ohne Annahme der Kontraktionstheorie erklärbar sind, möge in einem zweiten Beitrag erörtert werden.

Über die Entstehung der Korallenriffe.

Von Dr. Martin Schips, Schwyz.

Zu den rätselhaftesten tierischen Gebilden gehören unstreitig die Korallen und ihre Bauten. Soweit unsere Schulbücher überhaupt davon reden, begnügen sie sich meistens damit, die Theorie Darwin's über die Entstehung der Korallenriffe anzuführen. Damit ist aber die Frage kaum gestellt, geschweige denn erledigt, und da gerade in neuester Zeit für ihre Beantwortung sich neue Gesichtspunkte ergeben haben, scheint es angezeigt, sie in ihrem weiteren Umfange darzustellen.

Wie schwer es der Wissenschaft wurde, sich über die Natur der Korallen Klarheit zu verschaffen, geht schon daraus hervor, daß es Jahrhunderte langer Forschung bedurfte, bis nur die tierische Natur dieser Lebewesen festgestellt war. Noch 1725 beschrieb der auch als Zoologe tüchtige und berühmte Réaumur in der Pariser Akademie der Wissenschaften die Korallen als „steinerne Pflanzen" und verteidigte diese Ansicht gegen eine ihm zugesandte Abhandlung, die er der Akademie bekannt gab und in welcher die Korallen als Tiere erklärt waren. Réaumur hielt diese neue Idee für so unglaublich und widersinnig, daß er aus Schonung den Namen des Verfassers nicht nannte, um ihn nicht dem Gespötte preiszugeben; wie später bekannt wurde, war es Jean Antoine Peyssonnel, der zuerst die tierische Natur der Korallen festgestellt hatte. Christian Gottfried Ehrenberg (1796 bis 1876) hat dann durch seine Arbeiten die Natur des Korallenstocks weiter aufgeklärt und dadurch die sichere Grundlage geschaffen, um die Korallenriffe zu erforschen und ihre Entstehung dem Verständnis näher zu bringen.

Korallenbauten kommen bekanntlich in 3 Formen vor. Als Strandriffe liegen sie unmittelbar an der Küste; als Wallriffe (Barrièreriffe) folgen sie der Küste in Abständen bis zu 100 km, und die Lagunenriffe (Atolle) bilden um eine wenig tiefe Lagune herum ringförmige Inseln oder Inselgruppen. Die älteren Forscher, z. B. Joh. Reinhold Forster (1729—1898), François Péron (1775—1810), Adalbert Chamisso (1781—1838) nahmen an, daß die Korallen aus der Tiefe des Meeres emporwachsen. Tatsächlich gedeihen aber die riffbildenden Korallen nur in bewegtem Wasser und sind deshalb nur in geringen Meerestiefen (bis etwa 50 m) lebensfähig; außerdem verlangen sie relativ hohe Temperatur (wenigstens 20° C). Auf diese Eigenschaften gründet sich die auch heute noch in Ansehen stehende Theorie über die Entstehung der Atolle, welche Charles Darwin 1842 aufstellte. Auf sinkender Unterlage wird eine Korallenansiedelung durch stetes Wachstum nach oben sich immer in der Nähe der Meeresoberfläche zu halten suchen und indem sie, vom Nahrungsbedürfnis getrieben, dem bewegten Wasser zustrebt, rückt sie immer mehr von der Küste ab gegen das offene Meer zu. So wird das Strandriff zum Wallriff und dieses zum Atoll, wenn die von den Korallen umgebene Insel ganz unter den Meeresspiegel gesunken ist; an ihre Stelle tritt dann die

Lagune. Die Hauptstütze dieser Theorie ist die Tatsache, daß die Mächtigkeit mancher Riffe mehrere 100 m beträgt, während die riffbildenden Korallen nicht tiefer als 50 m leben können. — Darwin's Ansicht fand bald lebhafte Unterstützung durch den amerikanischen Zoologen und Geologen James Dwight Dana (1813—1895), welcher wegen des häufigen Vorkommens von Korallenriffen in der Südsee dieses Gebiet in seinem ganzen Umfange als junges Senkungsgebiet erklärte und an Hand von Parallellinien, die sich mit Hilfe der Atolle konstruieren lassen, sogar die Richtung der Gebirgsketten und die Verteilung der Hochgipfel des gesunkenen großen Kontinentes herauslesen wollte.

Immerhin blieb die Darwin-Dana'sche Theorie nicht unwidersprochen, sondern wurde von den 70er Jahren an wiederholt angegriffen. So von Alexander Agassiz (1872), welcher an der Küste von Florida zahlreiche Riffe, aber keine Senkungserscheinungen nachweisen konnte; später fanden Semper (1873) an den Palau-Inseln (pazif. Ozean) und Rein (1881) an den Bermudas-Inseln (atlant. Ozean) trotz zahlreicher Korallenriffe nicht nur keine Senkungen, sondern Hebungen, welche bis 80 m betrugen. Guppy (1887) fand an den Salomonen neben lebenden Riffen trocken gelegte, die sich bis 270 m über den Meeresspiegel erhoben und nach ihrer Fauna erst in jüngster Zeit gehoben sein können. In neuester Zeit wies Sluiter nach, daß die Riffkorallen eine steinige feste Unterlage überhaupt nicht bedürfen, sondern sich auch auf schlammigem Boden ansiedeln können; durch ihr Gewicht drücken sie sich in den weichen Boden ein und schaffen sich so selber eine feste Unterlage.

Auf allgemeine Gültigkeit kann also die Theorie Darwins heute sicher keinen Anspruch mehr erheben und wird hauptsächlich nur für die Südsee anerkannt, d. h. für jenes Gebiet, in welchem Darwin und Dana ihre Beobachtungen machten. Den wichtigsten Beleg zugunsten der Theorie Darwin's bilden die Ergebnisse der Bohrungen, welche Prof. David aus Sidney 1896—1908 auf dem Atoll Funafuti, einer Insel der Ellice-Gruppe, nördlich der Fidschi-Inseln ausführte. Dieses Riff steigt aus 5400 m Tiefe steil aus dem Grunde des Ozeans empor; das mehrere 100 m tief geführte Bohrloch bewegte sich in den ersten 400 m auf dem ganzen Wege unausgesetzt auf alten Korallenbauten; erst in größerer Tiefe ging das Gestein in einen harten, magnesiumreichen Dolomit über, der wahrscheinlich aus Korallenkalk durch Umsetzung, vielleicht infolge von Fäulnis entstanden ist.

Auf Grund dieser Ergebnisse hielt man wenigstens für die Südsee die Annahme einer Senkung für unumgänglich. Dies ist aber durchaus nicht richtig, da sie nicht die einzige Erklärungsmöglichkeit ist; denn ebenso gut, wie sich der Meeresgrund gesenkt hat, kann sich ja der Meeresspiegel gehoben haben. Tektonische Beweise für eine Senkung fehlen. In neuester Zeit (1910 und 1916) hat nun der Amerikaner R. A. Daly die zweite Annahme, daß sich der Spiegel der Südsee gehoben habe, zur Erklärung der Korallenriffe herangezogen. Sein Gedankengang ist im wesentlichen folgender. Es

wird heute kaum mehr in Zweifel gezogen, daß die eiszeitliche Abkühlung sich über die ganze Erde erstreckt hat. Die Verminderung der Temperatur betrug wenigstens 5—10° C; dadurch wurden auch die tropischen Ozeane in so hohem Maße abgekühlt, daß die riffbildenden Korallen in weitem Umfange zugrunde gingen und nur spärliche Reste in den allerwärmsten Zonen erhalten blieben. Ferner erniedrigte sich zur Eiszeit der Spiegel der tropischen Meere, weil durch die Anziehung der mächtigen polaren Eiskalotten ein Teil des Wassers nach den Polen hin gezogen wurde. Penck schätzt diese eiszeitliche Spiegelsenkung der tropischen Meere auf etwa 70 m. Während der ganzen Dauer der Eiszeit waren die tropischen Küsten des Schutzes durch die Korallenbauten beraubt und die Brandungswelle, welche in weichem Gestein im Jahr bis 10 m landeinwärts vorzudringen vermag, muß gewaltige Abrasionsebenen geschaffen haben, welche etwa 30 m unter dem damaligen Meeresspiegel lagen; tiefer reicht die Wirkung der Brandung in der Regel nicht. Auf dieser jungen Plattform haben sich dann beim Wiedereintreten höherer Temperatur die Korallen angesiedelt; da gleichzeitig die polaren Eismassen zu schmelzen begannen, mußte sich auch der Meeresspiegel wieder langsam heben. Ihm nach wuchsen die Korallen empor, indem sie zugleich wegen des Nahrungsbedürfnisses vom Zentrum aus nach außen gegen das bewegte Wasser wachsen mußten. Die submarine Plattform ist von den Korallen unabhängig durch marine Abrasion gebildet; sie setzt sich auch weit außerhalb des Gebietes der Korallenriffe fort. Daß die heutigen Korallenriffe geologisch ganz junge Gebilde sind, geht schon aus ihrer geringen Breite hervor, die kaum einige km beträgt, während die Länge gewaltige Dimensionen annehmen kann; das an der Nordküste Australiens in einem Abstand von etwa 100 km hinziehende Wallriff ist über 2000 km lang. — Die wesentliche Grundlage der Theorie Daly's, nämlich die Annahme, daß der Schelf, d. h. der Kontinentalrand der Meere, der sich von der Grenze dauernder Meeresbedeckung bis zum Steilabfall erstreckt, durch die Brandung des gesenkten Quartärmeeres ausgenagt geworden sei, ist auch von andern Forschern, so von A. Grund für die Adria und von G. Ziemendorf für den nordatlantischen Ozean als zutreffend nachgewiesen worden.

Ob es der neuen Theorie gelingen wird, sich gegen die von Darwin-Dana zu behaupten und allgemein zur Geltung zu bringen, werden spätere Untersuchungen lehren. Immerhin ist sie jetzt schon bemerkenswert als wertvolle Ergänzung zu den bisherigen Ansichten über die Entstehung der Korallenriffe.

Freunde der Finsternis.

Von Jos. Diebolder.

(Fortsetzung.)

Ein weiterer interessanter Freund der Finsternis in dieser Klasse ist der Olm (Proteus anguinus) aus der Unterordnung der Kiemenlurche, ein Bewohner unterirdischer Gewässer der Adelsberger Grotte und anderer Höhlen der Krain und Dalmatiens, der mitunter durch plötzliche Gewalt ans Tageslicht getrieben wird. Er besitzt einen aalförmigen Körper mit kurzem, seitlich zusammengedrückten Ruderschwanz und zwei Paar weit auseinanderstehenden, stummelhaften Beinen. Die Augen, deren Bulbusform ebenso, wie beim Maulwurf, in erheblicher Weise schwankt, [1]) sind sehr verkümmert und von der Körperhaut bedeckt. Nähere Untersuchungen haben ergeben, daß an ihnen die Hornhaut und Aderhaut, sowie die Linse vollständig fehlen. [2]) Nach den Untersuchungen von Kohl wird letztere in den dickwandigen embryonalen Augenblasen noch angelegt, doch verschwindet sie nachher wieder vollständig. [3]) Allerdings scheinen auch diese so verkümmerten Augen für das Licht nicht vollständig unempfindlich zu sein. Wie mir mein verstorbener Kollega, Herr Museumsdirektor B. Wartmann, der Gelegenheit hatte, diese Tiere längere Zeit zu beobachten, mitteilte, reagieren dieselben darauf, wenn man mit einem Licht in ihre Nähe kommt.

Die Haut vom Olm ist eigentlich farblos, doch lassen die durchschimmernden Blutgefäße dieselbe fleischfarbig erscheinen. Wie den Ruderschwanz, so behalten sie auch die blaßroten, am Lichte dunkelrot sich färbenden Kiemen neben den Lungen ihr ganzes Leben lang, so daß sie eigentlich auf der Larvenstufe der höhern Lurche stehen bleiben. P. Kammerer, der sich in der jüngsten Zeit durch seine trefflichen wissenschaftlichen Untersuchungen hervorgetan, hat in Entw. — Mech. 33, 1912, S. 350—461 nachgewiesen, daß, wenn man ganz junge, fast neugeborene Olme andauernd dem Tageslicht aussetzt (unterbrochen durch Perioden roter, künstlicher Beleuchtung, um eine zu starke Pigmentierung der Haut zu verhindern), das Auge auf die vierfache Größe heranwächst, eine große Linse und fast alle übrigen Elemente erhält (weiße Augenhaut und Hornhaut, Iris mit Pupille, Netzhaut mit Stäbchen und Zapfen), während die Haut vor ihm sehr dünn wird. Das embryonale Dunkelauge ist ein wohlausgebildetes Lichtauge geworden, das sogar regenerationsfähig ist. [4])

Kammerers Experimente erstreckten sich auch auf die Hautfarbe des Olmes. In ihren unterirdischen Wohnstätten haben diese Tiere, wie schon bemerkt, eine pigmentfreie Haut. Wenn man nun ganz junge, farblose Olme dem Lichte aussetzt, werden sie grau, dann braun und nach ungefähr einem

[1]) Vgl. die im biologischen Zentralblatt, Jahrgang 1908, No. 21 u. 22, von Eugen Schultz veröffentlichte Arbeit „über ontogenetische und phylogenetische Rückbildungen".

[2]) Vgl. Richard Hertwig, Lehrbuch der Zoologie, S. 504.

[3]) Siehe die Arbeit von E. Schultz a. a. O.

[4]) Vgl. Plate L., Selektionsprinzip und Artbildung, Leipzig 1913, S. 148/49.

Jahre blauſchwarz, wieder ins Dunkle gebracht, ſind ſie nach 2½ Jahren wieder völlig ausgebleicht. Der Olm beſitzt alſo immer noch die Fähigkeit der Pigmentbildung, kann ſie aber nur bei Licht ausüben, wie auch eine Pflanze bei Licht grün, dem Lichte entzogen wieder bleich wird. Wir werden auch diesfalls annehmen müſſen, daß der Lichtreiz ein früheres Merkmal beim Olm auslöſt. [1])

Ein merkwürdiger Einſiedler im Erdboden iſt die Geburtshelferkröte (Alytes obstetricans), in Südeuropa, wie auch in der Schweiz und Weſtdeutſchland einheimiſch.

Wenn wir an einem milden Sommerabend einen Spaziergang von St. Gallen nach Peter und Paul hinauf machen, ſo können wir ſchon in Rotmonten aus dem Gemäuer an der Straße ſeltſame, glockenreine Töne vernehmen. Es iſt der Paarungsruf des genannten Batrachiers, der ſich daſelbſt unter der Erde in oft über meterlangen, röhrenförmigen Gängen aufhält, welche er, rückwärts ſcharrend, gräbt. Das Weibchen geht nie ins Waſſer, ſondern laicht im Frühjahr und im Herbſt auf dem Lande. Das Männchen hilft ihm, ſich von der Laichſchnur zu befreien, wickelt ſich dieſelbe um die Hinterbeine, vergräbt ſich ſodann und geht erſt nach 8—12 Tagen ins Waſſer, um die Eier abzuſtreifen, aus denen dann ſofort die Jungen auskriechen, die, wenn ſie vollkommen entwickelt ſind, das Waſſer verlaſſen und wieder in feuchten Höhlen leben. [2]) P. Kammerer zeigte in Entw. — Mech. 28, 1908, S. 448—545, daß dieſe Tiere bei 25—30° C ihre gewöhnliche Brutpflege aufgeben und zu den primitiven Zeugungsgewohnheiten der übrigen Froſchlurche zurückkehren. Bei dieſer Temperatur kopulieren ſie im Waſſer und ſetzen daſelbſt die Eier ab, deren Gallerthüllen aufquellen, ſo daß ſie nicht mehr als Laichſchnur um die Hinterbeine der Männchen gewickelt werden können. Die Inſtinktänderung kann bei den Eltern feſt werden und ſich noch in folgenden Generationen auch bei normaler Temperatur, allerdings in immer abgeſchwächterm Maße, zeigen. Hand in Hand mit dieſer veränderten Lebensweiſe gehen morphologiſche Umgeſtaltungen. Bei den Männchen traten in der zweiten Generation Rauhigkeit am Daumenballen und in der dritten echte Brunſtſchwielen auf. Der Unterarm erhielt eine ſtarke Muskulatur und dieſelbe eigentümliche, nach innen gekehrte Stellung, wie bei den Fröſchen. Es erſchienen alſo wieder die typiſchen Anpaſſungen zum Feſthalten der Weibchen im Waſſer. Endlich erhalten auch die Larven aus den Waſſereiern drei Kiemen jederſeits, wie die Kaulquappen der Fröſche, während die Alytes-larven normalerweiſe nur eine haben. Wir haben alſo hier einen Atavismus, d. h. eine Rückkehr ſo mancher Eigenſchaften auf einen frühern Zuſtand. [3])

---

[1]) Vgl. Plate L., a. a. O., S. 479.

[2]) Ein kleiner Weiher in der Nähe vom Schulhaus in Rotmonten liegt den dortigen Anſiedlern zu dieſem Zwecke ſehr bequem. Zahnarzt Dr. Leuthner in St. Gallen, ein guter Kenner der Biologie der Lurche, hatte die Güte, mich auf dieſe intereſſanten Vorgänge aufmerkſam zu machen.

[3]) Vgl. Plate L., a. a. O., S. 479.

Solche Experimente sind äußerst lehrreich. Sie bilden einen augenscheinlichen Beweis dafür, daß die Organismen nicht so unveränderlich sind, wie die Anhänger einer starren Artenkonstanz vielfach glauben, sondern bis zu einem gewissen Grade die Befähigung besitzen, sich den äußern Verhältnissen anzupassen. Mit Deutlichkeit ist aus jenen Versuchen ersichtlich, wie im Organismus schlummernde Eigenschaften unter dem Einfluß veränderter Lebensverhältnisse sich bis zur Vollendung entfalten, wie aber auch umgekehrt Organe, die infolge eines Wechsels der Lebensbedingungen ihre biologische Bedeutung verloren haben, bis auf geringfügige Reste zurückgehen können. Diese wunderbaren Anpassungen an veränderte Lebensbedingungen, wie sie uns beispielsweise bei der Umwandlung des Dunkelauges vom Olm in ein Lichtauge oder bei der Rückkehr so mancher Eigenschaften von Alytes auf einen frühern Zustand entgegentreten, sind nicht durch zufälliges Variieren im Darwin'schen Sinne, sondern nur durch harmonische Ausbildung in der Richtung des Zweckmäßigen zu erklären, Vorgänge, die auf ein inneres Organisationsgesetz hinweisen. Das immanente Bildungsgesetz ist maßgebend für die Gestaltung eines Organismus, aber es vermag nichts ohne das Eingreifen der äußern Impulse, welche den Anstoß zu den zweckmäßigen Veränderungen der Organismen geben. Innere Entwicklungsursachen, die auf die Einwirkung der Außenwelt in zweckmäßiger Weise reagieren, bilden die notwendige Voraussetzung einer jeden Anpassung. Auch das Vorkommen verkümmerter Organe an Tieren oder Pflanzen, die, wie wir in manchen Fällen annehmen müssen, unter den gegenwärtigen wandelbaren Verhältnissen ihren Trägern kaum einen Nutzen gewähren können, aber durch die Macht der Vererbung immer noch auf die Nachkommen übertragen werden, sind von diesem Gesichtspunkte aus zu betrachten. Es handelt sich diesfalls stets um höchst zweckmäßige Rückbildungsprozesse, die durchaus nicht im Widerspruch stehen zur teleologischen Auffassung der Natur. Was heute unnütz ist, war gestern von Nutzen oder wird es morgen sein. Sie sprechen nicht, wie so manche Wanderapostel des radikalen Deszendenzglaubens vorgeben, gegen, sondern mit aller Entschiedenheit für eine planmäßige, zielbewußte Schöpfung.

Besonders lehrreich ist das Studium der Organisation und Lebensweise der Bewohner dunkler Regionen in der Klasse der **Fische**.

Da sind es vor allem einige Ansiedler unterirdischer Höhlengewässer, welche unser Interesse in Anspruch nehmen. Dieselben besitzen, soweit wir sie kennen, äußerst verkümmerte Augen, die kein Sehen ermöglichen. Ich erinnere beispielsweise an den Amblyopsis spelaeus aus der Familie der Zahnkarpfen in den unterirdischen Höhlen von Kentucky, dessen winzige Augen von einer undurchsichtigen Haut überzogen sind, ferner an den völlig blinden Schlangenfisch Lucifuga dentata in den unterirdischen Höhlen der Insel Cuba. Diese Höhlengewässer werden übrigens auch von verschiedenen wirbellosen Freunden der Finsternis bewohnt. Besonders interessante Verhältnisse zeigt die Garneele Troglocaris Schmidtii, ein Bewohner der Adelsberger Grotte. Die Hornhaut des Auges ist bei ihm vollständig undurch-

sichtig und wir finden keine Spur eines lichtbrechenden Körpers. Seine Stelle ist durch ein fettreiches Bindegewebe vertreten. Statt des Sehnervs zieht sich vom obern Schlundganglion ein bindegewebiger Strang bis in den Augenstiel und den Augapfel hinein. Ein solches Auge ist selbstverständlich ganz funktionslos, aber kurze Zeit vor dem Ausschlüpfen aus dem Ei ist der Embryo noch mit Augäpfeln versehen, die mit lichtbrechenden Medien ausgerüstet und mit normalen Sehnerven verbunden sind. Das Organ, das dem entwickelten Tier nur als nutzloses Rudiment zukommt, treffen wir in normaler Entwicklung beim Embryo, für den es wertlos ist.[1]) Wieder ein Fall, der wohl zu Gunsten der Abstammungstheorie, aber nicht, wie wir oben gezeigt haben, als Stütze für die Unzweckmäßigkeitslehre im monistischen Sinne ausgebeutet werden kann.

Die Krebse der Mammutshöhle in Kentucky besitzen nur noch den beweglichen Augenstiel, während die Augen selbst atrophiert sind.[2])

Über die in der Tiefe des Ozeans lebenden Tiere hat die von Chun geleitete Tiefsee-Expedition der Jahre 1898 und 1899 viele interessante Aufschlüsse gebracht.

Aus der Grundzone des Meeres wurden Fische und Kruster zutage gefördert, deren Augen, wie bei den Höhlentieren, der Verkümmerung anheimgefallen sind, und zwar scheinen es solche Arten zu sein, welche bei der Nahrungssuche sich der Tastorgane besser bedienen, als der Augen. Andere die Tiefsee bewohnenden Fische, die nicht ausschließlich an den Boden des Meeres gebunden sind, sondern in Meerestiefen leben, in denen nicht vollkommenes Dunkel herrscht, sind nicht völlig blind, ihre Augen sind vielmehr den verschiedenen Lichtverhältnissen angepaßt, zu „Dämmerungsaugen" umgestaltet, die entweder enorm groß und dadurch geeignet sind, das schwache Licht der Tiefe zur Wahrnehmung zu bringen oder dazu noch in anderer Weise verändert. Sie sind nicht selten zu einem Zylinder ausgezogen, der stark über die Fläche des Kopfes vorsteht, so daß es den Anschein hat, als ob diese Tiere durch einen Operngucker sehen, weshalb Chun dieselben als „Teleskopaugen" bezeichnet. Diese Augen sind übrigens nicht bloß auf gewisse Fische beschränkt, wir finden dieselben auch bei Krebsen und Cephalopoden, ja selbst bei unsern Eulen besitzen die Augen, wie schon oben bemerkt, einen ähnlichen Bau. — Auffallend mag uns die Tatsache erscheinen, daß viele am Boden des Meeres oder doch in großen Meerestiefen lebende Tiere, zu denen kein Sonnenstrahl zu dringen vermag, noch gut entwickelte Augen besitzen; wir werden uns aber darüber nicht wundern, wenn wir vernehmen, daß solchen Tieren das Sehen vielfach dadurch ermöglicht wird, daß die Grundzone des Meeres stellenweise durch Polypenstöcke u. s. w. beleuchtet wird. Wichtiger ist noch die Tatsache, daß zahlreiche Tiefseebewohner ihre eigenen Leuchtorgane besitzen, die das Dunkel des Meeres etwas erhellen. Es

[1]) Dr. Robert Keller (Winterthur), Die naturwissenschaftliche Bedeutung der zwecklosen Organe im Tierreich, Basel 1884, S. 9.

[2]) Eugen Schultz a. a. O.

sind dies teils Drüsen, welche ein leuchtendes Sekret absondern, teils komplizierte Organe, „Laternen", die vom Willen des Tieres beherrscht, plötzlich eine Lichtmasse entwickeln und nach bestimmter Richtung hinwerfen, ähnlich einem elektrischen Scheinwerfer. Solche Apparate besitzen einen höchst zusammengesetzten Bau mit Nerven und Linsen, die das Licht zusammenbrechen und sind im Ganzen einem Auge nicht unähnlich. Manche Fische haben lange Reihen von Leuchtorganen an den Seiten und am Bauch. So fand man bei Macrostomias longibarbatus aus dem Golf von Guinea (1880 m Meerestiefe) ein Leuchtorgan unter dem Auge, 146 Leuchtorgane jederseits in der lateralen und 179 in der ventralen Reihe znm Absuchen der Nahrung. Auch die riesigen Tastorgane besitzen bei diesem Fisch je ein Leuchtorgan an der Spitze. Bei andern, wie bei Labichthys elongatus an der ostafrikanischen Küste (1668 m Meerestiefe) trifft man Leuchtorgane an der Schnauze an, welche nach der Ansicht von Chun dazu dienen, kleine Tiere anzulocken, wie die elektrische Lampe alle Arten von Nachttieren anzieht.[1]) Aber auch bei Cephalopoden der Tiefsee begegnet man solchen Leuchtorganen, und zwar ist eine Art dieser Tiere mit einigen zwanzig großen, wie bunte Edelsteine ultramarin, rubinrot, himmelblau und silbrig leuchtenden Organen besetzt, eine andere Art zeigt die ganze Bauchseite übersät mit kleineren, perlenähnlichen Leuchtorganen. Wenn wir auch über die spezielle Verwendung dieser Laternen sowohl, wie über die einzelnen Verhältnisse der Teleskopaugen der Tiefseetiere nicht überall schon im Reinen sind, so kann doch kein Zweifel darüber herrschen, daß es wunderbare Anpassungen an die Dunkelheit der Tiefe sind, die wiederum nicht vom mechanistischen, sondern vom Standpunkt der teleologischen Naturauffassungen aus ihre Erklärung finden können. (Fortsetzung folgt.)

Viktor Meyer (1848—1897).

Von Dr. A. Gockel, Freiburg.

Das Lebensbild dieses hervorragenden Chemikers bietet für den schweizerischen Leser deshalb ein besonderes Interesse, weil V. Meyer sich seine ersten Sporen als Professor, und zwar in sehr jugendlichem Alter, in Zürich erworben, und dieser Stadt, in der er 13 Jahre geweilt, zeitlebens eine besondere Anhänglichkeit bewahrte. Dazu trug vor allem der Freundeskreis bei, in dem er dort verkehrte, und in dem der doch so bedeutend ältere Gottfried Keller eine Hauptrolle spielte. Die von seinem Bruder verfaßte Biographie,*) auf die sich unser kurzer Abriß stützt, ruft uns denn auch manche Vorgänge in Erinnerung, die, wie die Älteren unter uns sich noch erinnern in den 70. und 80. Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Gemüter und die schweizerische Presse in lebhafte Erregung versetzten, so z. B. den Burg-

[1]) Siehe A. Brauer, Tiefseefische der Valdivia-Expedition I. — Vgl. auch A. Weismann, Vorträge über Deszendenztheorie, II. 270.

*) Richard Meyer, Viktor Meyer, Leben und Wirken eines deutschen Chemikers und Naturforschers. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft. 1918. Preis 20 Mk.

hölzlistreit und die Umwandlung des alten Polytechnikums mit seinem etwas schulmäßigen, aber in weitern Kreisen sehr geschätzten Betrieb in die Eidgen. Technische Hochschule.

Viktor, der Sohn eines jüdischen Färbereibesitzers empfing seinen ersten Unterricht in seiner Vaterstadt Berlin, und bezog auch im Alter von erst 16½ Jahren dort die Universität, (ob Ostwald nicht recht hat, daß die Jugend heutzutage etwas zu spät zum Berufsstudium kommt?) um schon nach einem Semester nach Heidelberg überzusiedeln, wo er später Assistent Bunsens wurde. Mit einem glänzenden Zeugnis von diesem ausgestattet, wandte er sich 1868 nach Berlin, um sich in Bayers Laboratorium der organischen Chemie zu widmen. Auf dessen Empfehlung hin bekam der erst 23-jährige eine Stelle als außerordentlicher Professor an dem Stuttgarter Polytechnikum. Dort erblickte er eines Tages in seiner Vorlesung einen älteren korpulenten Herrn, der dem Vortrag mit großer Aufmerksamkeit folgte. Es war Kappeler, der Präsident des schweizerischen Schulrates. Nach der Vorlesung hatte er eine lange Unterredung mit Viktor, die darin gipfelte, daß er ihn gerne nach Zürich berufen möchte und nur den Zweifel hegte, er sei dafür noch zu jung. Auf Viktors Erwiderung, daß sich dieser Fehler ja von Tag zu Tag verringere, ging der alte Herr lächelnd und kopfnickend ein, und es dauerte nicht lange, so wurde Viktor, nach kaum einjähriger Tätigkeit in Stuttgart als ordentlicher Professor der allgemeinen Chemie nach Zürich berufen.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß er sich anfangs dort gar nicht wohl fühlte, und in seinen ersten Briefen findet sich manches harte ungerechte Wort über seine schweizerische Umgebung. Bald aber hatte er die drei Stadien durchlaufen, die nach dem Ausspruch eines seiner Kollegen jeder in der Schweiz niedergelassene Deutsche zu durchlaufen hat, 1. Begeisterung, 2. Ernüchterung, 3. Gleichgewicht, und bald fühlte er sich in dem erwähnten Freundeskreis, in dem er mit Gottfried Keller und Jakob Baechtold verkehrte, so wohl, daß er wiederholt Berufungen an deutsche Hochschulen ablehnte, um sein liebes Zürich nicht verlassen zu müssen. Und als er sich nach 12 jähriger Tätigkeit dort doch noch entschloß einen Lehrstuhl in Göttingen anzunehmen, wo ihm die Aussicht winkte, nach seinen Plänen ein eigenes Laboratorium zu bauen, da fühlte er sich doch immer wieder nach Zürich hingezogen, dem er als einer zweiten Heimat Treue und Anhänglichkeit bewahrte. Schon in Zürich machten sich infolge von Überanstrengung die Anfänge des nervösen Leidens bemerkbar, das später seinen tragischen Tod herbeiführte. Allerdings gewinnt man auch aus Meyers Briefen den Eindruck, daß er nicht nur in geistiger Arbeit sich zuviel zumutete, sondern auch trotz Abraten medizinischer Kollegen sich hier wie später an andern Orten allzu tief in den Strudel des geselligen Lebens stürzte. Von allgemeinem Interesse aus der Züricher Zeit ist eine Polemik, die Meyer in der Neuen Zürcher Zeitung gegen einen Berner Kollegen begonnen, dem, offenbar nicht ohne Grund, die armselige Dürftigkeit der Dissertationen vorgeworfen wurde, auf Grund derer man damals in Bern zum Doktor promovieren konnte. Schon

die Grobheiten und Schimpfereien, mit denen sich der Angegriffene im „Bund“ verteidigte, beweisen, daß er dem Angriff wenig Sachliches entgegenzusetzen hatte.

Unter den fast allzu vielen Photographien, welche die Biographie, auf die sich diese kurzen Angaben stützen, schmücken, finden sich eine ganze Reihe hervorragender Zürcher, Professoren und andere Männer, von denen viele wohl auch den Lesern dieser Zeilen noch bekannt sein werden.

Wenn Meyer auch die Ferien zum größten Teil außerhalb der Schweiz, bald in Norddeutschland, bald am Meere, bald in südlichen Ländern zubrachte, so fühlte er sich doch immer wieder in das Gebirge hingezogen, in dem er auch ganz respektable bergsteigerische Leistungen, Ersteigungen der Jungfrau, der Spannörter usw., vollbrachte.

Es würde leider zu weit führen, wenn ich hier anführte, was er in einem Vortrag zur Verteidigung der „Alpenfexe“ vorbringt, „welche Zeit, höchste Anstrengung und selbst Gefahr nicht scheuen, um mit dem Gebirge jene intime Bekanntschaft zu machen, welche nun einmal nur durch die großen Bergfahrten erlangt wird, und die demjenigen, der sie angeknüpft hat, zur Quelle reicher und unerschöpflicher Freude wird.“

Von den Beziehungen, die V. Meyer mit den meisten hervorragenden Fachgenossen seiner Zeit, auch seinem Vorgänger auf dem Zürcher Lehrstuhl, Wislicenus verbanden, kann hier nicht weiter gesprochen werden, auch nicht von seinem kurzen Wirken in Göttingen. Auf Bunsens Betreiben hin wurde Meyer schon 1889 nach Heidelberg berufen. Hier wie in Zürich und Göttingen sammelte er eine große Schar für den Lehrer begeisterter Schüler, so daß auch hier wieder das Laboratorium zu klein wurde. Ein Neubau, der bald erfolgte, seine Arbeitskraft aber übermäßig in Anspruch nahm, war ihm schon bei seiner Berufung zugesichert worden.

Viktor Meyer, der zum Schaden seiner Gesundheit in der Regel bis in die Nacht hinein arbeitete, er aß nicht einmal mit seiner Familie zu Abend, auf der andern Seite aber auch gesellige Freuden durchaus nicht verschmähte, äußert doch auch einmal in einem Brief, „die Diners sind hier womöglich noch toller im Luxus als in Göttingen, das ist ein barer Blödsinn.“

Die Behauptung V. Meyers, daß die Studenten in Heidelberg fleißiger seien als in Göttingen wird vielleicht bei manchem Kenner deutschen Studentenlebens Verwunderung hervorrufen und gilt doch wohl nur für die in der eigenen Fakultät. Unterhaltend weiß Meyer in seinen Briefen von seinen Beziehungen zum Großherzoglichen Hof in Karlsruhe zu berichten.

V. Meyer hat in Heidelberg den Höhepunkt seiner Tätigkeit erklommen. Dort wurden die Arbeiten ausgeführt, die seinen Namen auch in weiteren Kreisen bekannt machten. Häufig kam er von dort aus in den Ferien in die Schweiz. Von seinen Schülern war er verehrt, und nur den Näherstehenden war bekannt, daß nervöse Kopfschmerzen ihm das Leben zu einer Qual machten, der er schließlich, ohne daß irgend jemand aus seiner Umgebung von diesem Plane eine Ahnung hatte, mit Blausäure selbst ein Ende bereitete.

4. Jahrgang. Nr. 4. 30. Mai 1918.

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe | Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Von der „Chemie“ der Alten. — Eine Frage des Lehrbuchs oder der Methode? — Aufzeichnung der Erbebenwellen. — Freunde der Finsternis.

Von der „Chemie“ der Alten.

Von Dr. P. Aurelian Roshardt, Stans.

Über die Herkunft und die Bedeutung des Wortes „Chemie“ ist viel geschrieben worden. Man hat an die griechischen Worte *χέω* (ich gieße) und *χυμός* (Saft) gedacht, und glaubte darin den Schlüssel gefunden zu haben zu jenem anderen Wort, das bei griechischen Schriftstellern in der Form *χημεία*, *χημία* vorkommt, und das, wie Berthelot in seiner „Chimie en moyen-âge“ schreibt, in syrischen Handschriften aus dem fünften und sechsten Jahrhundert *χυμεία* lautet.

In der Meinung, das Wort „Chemie“ müsse älter und darum ägyptischen Ursprungs sein, hat Alexander von Humboldt es von der Benennung hergeleitet, welche die Ägypter ihrem Lande gaben. Ägypten heiße nämlich Chemi, Cham oder Chami, das Land der schwarzen Erde. G. Hoffmann ergänzt in Ladenburg's Handwörterbuch der Chemie diese Ableitung dahin, daß das Wort Chemi schwarze Erde, aber auch die Schwärze bezeichne, die als Urstoff für die Metallverbesserung anzusehen sei und durch „Weißung“ und „Gilbung“ zum gewünschten Resultat der Goldmacherkunst führen sollte.

Weder die eine noch die andere Ansicht hat die Philologen und Chemiker befriedigt, ebenso wenig die Versuche, Chemie als „schwarze Kunst“, oder „die Kunst der Dunkelmänner“ zu deuten, Namen, die die Scheidekunst der Alten, wenn auch zum Teil mit Unrecht trug. Das Urwort chemi, sagen sie, suche man in den alten chemischen und alchimistischen Codices umsonst. Chemie von *χυμός* abzuleiten gehe nicht an, weil dieses in der Medizin und Botanik übliche Wort niemals von Tränken und Säften der Goldmacherkunst gebraucht werde. Nur ein Etymon, das sachlich eine eindeutige Ableitung zulasse, und keinen historischen Schwierigkeiten rufe, könne das Anrecht erheben, Stammwort für die Form „Chemie“ zu sein.

Es war darum sehr zu begrüßen, daß in den letzten Jahrzehnten Philologen mit reichen Kenntnissen in der theoretischen und historischen Chemie

und Naturphiloſophie, und Chemiker von Ruf mit genügender philologiſcher Vorbildung ausgeſtattet oft Hand in Hand arbeitend ihre Studien dem Gebiet der alten Chemie zuwandten. Ihren Quellenforſchungen, begünſtigt von wichtigen Funden aus den Gräbern Ägyptens, die ſich ſeit hundert Jahren geöffnet haben, iſt es gelungen, das Dunkel etwas zu lichten, das im Altertum auf Name und Sache der Chemie beharrlich ruhte.

Neuerdings macht der bekannte Berliner Philologe und Dr. med. h. c. H. Diels in ſeinem Buche „Antike Technik“ (Leipzig und Berlin 1916, Seite 108 ff.) wertvolle, zum Teil ganz neue Mitteilungen, denen ich manche Einzelheiten zu den folgenden Ausführungen über den Namen und Urſprung und über die Inkunabeln der antiken Chemie entnehme.

Als der Erſte, der den Namen „Chemie“ aufbrachte, galt früher der Aſtrologe Firmicus Maternus. In ſeinem Handbuch, das er um das Jahr 336 nach Chriſtus ſchrieb, ſpricht er von der Scientia alchemiae. Da die alten Gelehrten wohl wußten, daß „alchemia“ erſt eine durch die Araber geſchaffene Form war, laſen ſie chemiæ und behaupteten leichthin, dies ſtünde in den Handſchriften des Firmicus. Die griechiſche Neuausgabe dieſes Schriftſtellers wies aber ſicher nach, daß die ganze Stelle eine freche Interpolation des venetianiſchen Herausgebers aus dem Ende des vierzehnten Jahrhunderts iſt.

So bleibt als Kronzeuge für das Wort „Chemie“ nur Zoſimos von Panopolis in Ägypten, aus dem vierten nachchriſtlichen Jahrhundert. Dieſer Zoſimos macht in ſeinen Schriften die Bemerkung, daß die erſte Nachricht über die ſogenannte „Scheidekunſt“ von einem gewiſſen Seher oder Propheten Chemes oder Chymes ſtamme, und daher habe die Chemie ihren Namen. Derſelbe Zoſimos berichtet auch von den legendären Uranfängen dieſer Kunſt. Darnach unterwies ein Engel, namens Aſaſel, zuerſt die Menſchen in der Bearbeitung von Schwertern, Schildern und Panzern und lehrte ſie die Anfertigung vor Armſpangen, Schmuckſachen, Augenſchminken, den Gebrauch und die Bearbeitung der Edelſteine und die Bereitung der Färbemittel. Dieſe dem Engel Aſaſel zugeſchriebenen Erfindungen werden künftig als Inbegriff der ſpäter „Chemie“ genannten Technik zuſammengefaßt.

Darum iſt nach Diels ein beſonders in der Septuaginta und ſonſtigen aus Ägypten ſtammenden Schriften übliches Wort *χύμα* (Metallguß) das Etymon, wovon ſich der Name *χημεία* oder *χυμεία* ableitet. Die Chemie, oder wie die alten franzöſiſchen Chemiker richtig ſagten, die „Chymie“ iſt demnach urſprünglich die Kunſt des Metallgußes. Metallgießen und Metallverbeſſerung ſtanden denn auch vom vierten chriſtlichen Jahrhundert an im Mittelpunkte der antiken chemiſchen Technik, wie das aus der Wiegenzeit der Chemie hervorgeht.

Fragt man nach dem Urſprung und Alter der chemiſchen Wiſſenſchaft als ſolcher, ſo genügt es natürlich nicht, den Kenntniſſen der antiken Welt nachzuforſchen. Chemiſche Kenntniſſe ſind ſo alt wie das menſchliche Leben überhaupt. Der erſte Menſch hat, wie jeder, der ſeine

Umgebung beobachtet, eine Menge chemischer Tatsachen kennen gelernt. Im Laufe der Zeiten ist der Kreis chemischer Erfahrungen, wenn auch unter vielen Schwankungen, stetig gewachsen. Von Generation zu Generation sind sie gewandert, von einem Volk dem andern mitgeteilt worden. Damit stehen wir aber noch nicht an der Wiege der chemischen Wissenschaft. Das Auffinden und Festhalten zufälliger Erfahrungen, die das Leben aufzwingt, macht keineswegs ihr Wesen aus. Erst wenn die verschiedenen Tatsachen gesammelt und wenigstens Versuche gemacht werden, diese auf eine gemeinschaftliche Grundlage zu stellen, kann von einer erstehenden Wissenschaft die Rede sein.

In diesem Sinne muß selbst den Kulturvölkern der vorchristlichen Welt eine chemische Wissenschaft abgesprochen werden. „Was wir von chemischen Kenntnissen hier erfahren, ist eigentlich nur das, was durch die einfachste Erkenntnis der Umgebung und die Bedürfnisse der Lebenshaltung gefunden werden mußte, und was sich von allgemeinen Vorstellungen als wichtig für die Chemie erhalten hat, ist nicht der Gegenstand einer besonderen Wissenschaft, sondern erscheint als zugehörig zur allgemeinen philosophischen Lehre." (W. Herz, Grundlage der Geschichte der Chemie. 1916, Seite 4.)

Von dem Umfang der chemischen Kenntnisse in der Ära, welche dem Wechsel der Zeitrechnung kurz vorausgeht oder nachfolgt, geben ältere und neue Forschungen über die Inkunabeln der Chemie ein zuverlässiges Bild. Das erste Sammelwerk dieser Art, das in den letzten zweihundert Jahren vor Christus die chemische Literatur beherrschte und nachher bis tief ins Mittelalter hinein das Grundbuch der Alchimisten war, trägt den Namen Demokrits an der Stirne, ist aber um das Jahr 250 bis 200 vor Christus von einem gewissen Bolos in Ägypten geschrieben worden. Es ist eine Enzyklopædie griechischen Wissens und ägyptischer Praxis, ein buntes Gemisch von Wahrheit und Dichtung, von Empirie und Schwindel, und umfaßte nach den Untersuchungen S. M. Wellmanns Menschen, Tiere, Pflanzen, Metalle und Steine. Das Buch selbst konnte freilich aus den Bruchstücken noch nicht rekonstruiert werden trotz jahrlanger Arbeit des englischen Forschers.

Im gleichen schlimmen Zustande ist „Demokrits Physik und Mystik" auf uns gekommen, ebenso ein Pseudodemokrit und ein Auszug aus dem genannten Hauptwerk. Nur so viel ist sicher, daß Gold, Silber, Perlen und Edelsteine und die Purpurfärberei als Thema der vier Bücher den Schreiber beschäftigten. Dagegen erfahren wir aus anderen Quellen, zumal aus der Geschichte der antiken Industrien und aus alten Rezeptbüchern, daß neben der Behandlung von Gold, Silber und Edelsteinen hauptsächlich auch Metallfärberei, das „Weißen" von Kupfer durch Arsen-, Zink- und Bleiverbindungen, die „Gilbung" durch Feuervergoldung oder durch oberflächliche Vergoldung auf kaltem Wege, die Purpur- und Waidfärberei, die Hauptarbeit der damaligen chemischen Techniker war.

Wertvoll sind besonders zwei alte Papyri, von denen Diels berichtet, wertvoll und interessant, weil sie durch ein eigentümliches Schicksal

der regelmäßig gepflegten Bearbeitung und Entstellung durch die späteren alchimistischen Schriftsteller entgangen sind und sich unverfälscht und gut erhalten aus dem dritten nachchristlichen Jahrhundert in unsere Zeit hinübergerettet haben. Sie wurden vor etwa neunzig Jahren beim Aufdecken eines thebanischen Grabes gefunden. Offenbar hatte in demselben die Leiche eines ehemaligen Freundes der Chemie, vielleicht eines Zauberers ihre letzte Ruhestätte gefunden. Die beigelegten, von dritter Hand geschriebenen Zauberschriften weisen darauf hin. Der eine Papyrus kam nach Leiden und wurde 1885 als „Papyrus Leidensis“ veröffentlicht. Der andere, der „Papyrus Holmiensis“ hatte noch eine weitere Ruheperiode durchzumachen, bis er 1913 seinem zweiten Grabe in Upsala, wohin er nach 1828 gelangt war, enthoben wurde.

Diese Papyri, wovon das Diel'sche Buch einen Ausschnitt photographisch wiedergibt, enthalten zusammen 352 technische Rezepte für die verschiedenen Branchen der zeitgenössischen Scheidekunst. Über 1500 Jahre blieben sie also in dem Wüstensand geborgen und sind in ihrer orthographisch zwar schrecklichen, aber kalligraphisch vorzüglichen Fassung ein authentisches Zeugnis von der Kultur der christlichen Zeitanfänge. Trotz der spätern Auffindung ändern sie nichts an dem Urteil, das die Geschichtswissenschaft über das damalige chemische Wissen gefällt hatte. Nehmen wir zur Metallurgie der Alten noch die Gewinnung des Schwefels und des Essigs, des Kochsalzes, der Pottasche und des Kupfervitriols, einige andere Farben und Beizen, einige Heilmittel, den Zucker, das Oel, sowie die Glas- und Seifenbereitung und endlich die Herstellung des Mörtels, so haben wir den Kreis chemischer Erfahrungen und Interessen jener Zeiten ziemlich genau umschrieben. Es sind Kenntnisse, die zwar einen respektablen Fond darstellen, aber doch nicht die Grenzen der täglichen Beobachtung und die praktischen Bedürfnisse der Lebenshaltung überschreiten.

Ein wissenschaftliches Gepräge erhält die Chemie erst im vierten Jahrhundert nach Christus, in dem nun beginnenden Zeitalter der Alchimie.

Die Behauptung mag überraschend klingen, wird aber aus dem Diels'schen Buch erhärtet. Die alchimistischen Bestrebungen, aus unedlen, wohlfeilen Metallen Gold herzustellen, hatten der Chemie der Alten zum ersten Mal ein einheitliches Ziel gegebeu. In der Folge erwies sich dieses Bestreben allerdings als verlorne Müh. Zum vornherein aber war es nicht abzulehnen. Das Urelement, aus dem die übrigen Stoffe hervorgingen, spielt in der Geschichte der Chemie noch mehr als einmal eine Rolle; man denke zum Beispiel an Proust's Wasserstofftheorie. So war auch der *theoretische Standpuukt*, auf den sich die Alchimie erhob, durchaus der, daß es möglich sei, einem gegebenen Stoff durch richtige Behandlung beliebige Eigenschaften zu erteilen, etwa so, wie wir heute ein Element mit dem andern zu verbinden möglich halten.

Diese Anschauungen waren natürlich nicht plötzlich zu herrschenden geworden. Ihre Wurzeln haben sie in der *griechischen Elementen-*

lehre des Heraklit, Empedokles und Aristoteles und in der Tranmutationslehre des Thales und Hippon. Sie verlassen aber bald den ursprünglichen Boden, indem sie die Elemente Wasser, Feuer, Luft und Erde, diese mehr philosophischen Elemente, oder besser Symbole der Aggregatzustände preisgaben und dafür alchimistische Grundstoffe aufstellten, zunächst zwei, später drei: Queckſilber, Schwefel und Salz. Aber auch diese neuen Elemente waren nicht als eigentliche Stoffe gedacht, sondern viel mehr als Träger der Qualitäten: das Queckſilber als Prinzip des metallischen Glanzes und Charakters, der Schwefel als dasjenige der Veränderlichkeit durch das Feuer und das Salz als Vertreter der im Feuer erhaltenen Kalke oder Oxyde. Auf die Kombination dieser drei Prinzipien, auf deren Menge, Reinlichkeit und Fixation, also auf eine richtige und sorgfältige Methode legte die Alchimie ein Hauptgewicht. Damit hatte sie sich als Wissenschaft, wenn auch im primitiven, dürftigen Gewand, eingeführt.

Unsere Zeit hat für die alchimistische Periode meist nur ein überlegenes, mitleidiges Lächeln. Wir tun damit unrecht. Schon die Ergebnisse der Radiumforschung in den letzten Jahren illustrieren aufs neue, daß der Gedanke an eine Verwandlung der Metalle — wenigstens an eine qualitative — nicht bloße Einbildung war. Sodann schulden wir dem unermüdlichen Suchen und Proben der Alchimisten unsere Anerkennung für den experimentellen Beweis, daß der eingeschlagene Weg nicht zum gewünschten Ziele führen kann. Es war zwar ein bemühendes Ergebnis; aber wichtig genug. Erst auf Grund desselben konnte Boyle den heute noch geltenden Begriff des Elementes oder chemischen Grundstoffes aufbauen. Daß wir in vielen andern Dingen auf den Schultern der alchimistischen Zeit stehen, zeigt fast jedes Kapitel aus der Entwicklung der Chemie. Merkwürdig lange dauerte es allerdings, bis die Goldmacherkunst als brotlose Beschäftigung am Wege blieb, bis die Bestimmung der Chemie hervortrat als die wissenschaftliche Disziplin von den stofflichen Mannigfaltigkeiten der sinnlichen Welt, und den Gesetzen, nach denen sich die stofflichen Veränderungen vollziehen. Aber dies berechtigt nicht, wie es von Diels aus Abneigung gegen das Mittelalter, oder aus Überhebung der heutigen technischen Kultur geschieht, den positiven Wert der Alchimie so gering einzuschätzen.

Auch die Begründung ihres mysteriösen Charakters ist ihm nur zum Teil gelungen. Hier hat die Forschung noch ein weites Feld.

Eine Frage des Lehrbuchs oder der Methode?

Von Dr. H. P. Baum.

Im naturkundlichen Unterrichte hat ſich bekanntlich in den beiden letzten Jahrzehnten ein bedeutſamer Umſchwung vollzogen, den man kurz mit dem Schlagworte: „Von der Syſtematik zur biologiſchen Naturbetrachtung“ oder auch: „Von der zerzupften und toten zur lebenden Pflanze“ gekennzeichnet hat. Wie weit der Vorwurf gegen die frühere „trockene“ „geiſttötende“ ſyſtematiſche Methode berechtigt iſt, mag hier dahingeſtellt bleiben, — das „Trocken und Geiſttötend“ kann auch von andern Dingen abhängen — jedenfalls zeigt ſich bei einem Vergleich eines früheren Lehrbuches mit einem jetzigen, z. B. des alten Leunis mit Schmeil, eine gewaltige Veränderung, wobei jedoch die Bemerkung beigefügt ſei, daß es auch bereits früher nicht nur Bücher vom Typus „Leunis“ gab. Wie es nun ſo geht hier unter dem wechſelnden Mond, manche von denen, die mit wehenden Fahnen zur Schmeil'ſchen Richtung mit ihrem „typiſchen“ Lehrbuch übergingen, fangen allmählich an zu zweifeln, ob ſie ſich auf dem rechten Wege befinden, andere kündigen dem Führer offen ihre Gefolgſchaft; ich erinnere nur an die Lehrbuchdebatte beim Gymnaſiallehrertag vor zwei Jahren in Baden.

Es fällt mir nun, um dies gleich zu betonen, gar nicht ein, hier etwa eine Apologie für „den Schmeil“ ſchreiben zu wollen, denn ich habe ſelbſt auch Einwendungen, beſonders bei den neueren Auflagen, allerdings anderer Art, gegen ihn, und wenn der Verfaſſer dies für nötig hält, mag und wird er es wohl ſelbſt beſorgen, vielmehr halte ich es aus rein prinzipiellen Erwägungen heraus für nicht unangebracht, auf einige geltend gemachte Bedenken gegen derartig geſtaltete Schulbücher einzutreten. Vielleicht regts einen Gedankenaustauſch an, der ja in einem Organ, wie die „Schweizer-Schule“ eines iſt, ſtets zu begrüßen. Man hat z. B. geſagt, der „Schmeil“ ſage alles ſo haarklein, daß dem Lehrer nichts mehr zu erklären übrig bleibe!

Ich kann nun wirklich kaum glauben, daß ein Lehrer dieſen Einwurf ernſt und wörtlich nähme, es wäre ein gar zu großes Armutszeugnis für ihn. Selbſt einmal angenommen, die Einwendung ſei nach der ſachlichen Seite hin berechtigt, ſo wird ſie doch nach der methodiſch-didaktiſchen keineswegs zutreffen, denn welcher Lehrer wollte wohl den Vorwurf gelten laſſen, er könne den Stoff nicht wenigſtens anders vortragen, nicht wenigſtens nach eigener Methode verarbeiten?!

Aber vielleicht ſoll der Sinn obiger Einwendung ein anderer ſein, dem ich auch ſchon in der Form begegnet bin: „Der Schüler kann in einem ſolchen Buche alles, was der Lehrer zu ſagen hat, ſchon vorher leſen!“ — Aber iſt denn das in andern Fächern, in der Geſchichte, Geographie, in der Lektüre, der Phyſik ꝛc. nicht auch der Fall, ja gewiſſermaßen noch viel mehr? Der Lehrer der Naturgeſchichte wird ſich ja doch faſt niemals an die Reihenfolge z. B. der Pflanzen oder Tiere halten, wie ſie das Buch bietet, während dies in andern Fächern meiſt der Fall ſein wird. Es iſt demnach in den

ersteren Fächern im allgemeinen ausgeschlossen, oder kann es doch sein, daß der Schüler den Gegenstand der folgenden Unterrichtsstunde kennt.

Aber davon einmal ganz abgesehen, ist es denn ein so großer Schaden, sei es für den Lehrer, sei es für den Schüler, wenn letzterer schon vorher das, was sein Buch über einen Gegenstand bringt, gelesen hat, ehe dieser in der Klasse durchgenommen wird? Für den Lehrer, d. h. sein Ansehen, doch nur wohl dann, wenn er wirklich selbst seine ganze Sachkenntnis aus diesem Buche schöpft. Ob der Schaden groß wäre, das zu beurteilen, möge dem Leser anheim gestellt sein. — Für den Schüler ist es doch kein Schaden, wenn er sein Lehrbuch studiert; daß er es *vorher* tut, ehe er es muß, zeugt doch meist, wenngleich nicht immer, nur von seinem Eifer, manche studieren es ja nachher oft kaum. Man wird doch keine Angst haben, der Schüler lerne etwas, vielleicht sogar mehr als verlangt und etwa mehr als dem Lehrer selbst lieb und angenehm?! —

Aber, wendet man ein, der Schüler kommt in einem solchen Falle uninteressiert zur Schulstunde, er glaubt schon alles zu wissen.

Das Erstere dürfte doch nur dann der Fall sein, wenn der Schüler schon aus Erfahrung weiß, daß er in der Unterrichtsstunde nicht anderes als das Buch, vielleicht sogar mit fast den gleichen Sätzen hören und nebenbei auch nichts sehen wird, was ihn anregen könnte. Ich muß gestehen, daß ich in solchen Fällen, und sie kommen auch heute noch gelegentlich vor, immer die Schüler bewundert habe, die trotz solcher Schulstunde noch mit Lust und Eifer ihr Buch studierten. —

Keineswegs dagegen wird das obige Bedenken zutreffen, wenn in der Schulstunde das Wissen *erarbeitet* wird und der Lehrer dem Gegenstande eine für den Schüler neue Seite zu geben weiß, ja man kann wohl behaupten, daß in diesem Falle der Schüler, der schon über den Gegenstand gelesen hat, mit größerem Interesse folgen wird, als andere. Und wenn dann ein solcher Schüler einmal im „hl. Eifer" sein Wissen glänzen lassen sollte, so ist das auch kein besonderer Schaden, wenn der Lehrer ihn nicht „wie ein Buch" reden läßt, sondern ihn anhält am Objekte hic et nunc sein Wissen zu belegen. Übrigens müßte man doch an der pädagogischen Fähigkeit des Lehrers verzweifeln, der es nicht verstände, die Sucht eines Schülers, sein Wissen opportune importune leuchten zu lassen, zu bemeistern und in die richtige Bahn zu lenken.

Doch wir müssen uns mit diesem obigen Einwurf noch in anderer, prinzipieller Hinsicht befassen. Der tiefere Grund desselben dürfte nämlich in einer verschiedenen Auffassung über die Aufgabe und den eigentlichen Zweck des Lehrbuches beruhen. Die einen halten es im eigentlichen Sinne für ein *Schulbuch*, während es den andern ein „Zu-Haus"-Buch ist.

Ist nämlich das Lehrbuch nach unserer heutigen Auffassung beim naturwissenschaftlichen Studium überhaupt mehr Nebensache, so erst recht in der Unterrichtsstunde; denn diese soll heute wesentlich dem Beobachten und Erarbeiten des Stoffes gewidmet sein, jedenfalls durchaus nicht dem Studium

des Buches. Letzteres soll dem Schüler eine für die häusliche Wiederholung und Einprägung geordnete Zusammenfassung dessen sein, was er in der Stunde beobachtet und gehört hat, wobei zugleich dem sprachlichen Ausdruck, der als ein wichtiger Nebenzweck des Unterrichtes zu betrachten ist, besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden soll. Es bietet also gewissermaßen die Form, in die der in der Stunde erarbeitete Stoff zu gießen, eine Anleitung dem erworbenen Wissen auch einen stilistisch gut gewählten, klaren Ausdruck zu verleihen, wobei der Lehrer darauf zu achten hat, daß der Schüler trotzdem einen eigenen Gedanken mit eigenen Worten vorbringt.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß das Lehrbuch den Stoff im Wesentlichen enthalten muß, soweit er auf der betr. Schulstufe Gegenstand des Unterrichtes sein kann und soll, für die Methode des Lehrers kann es aber nicht maßgebend, sondern höchstens wegleitend sein. Andererseits scheint mir jedes Lehrbuch, das obigen Forderungen entspricht, prinzipiell seiner Bestimmung gerecht zu werden, mag es nun mehr das eine oder andere Moment zugrunde legen. Zu verwerfen scheint mir für die Mittelschule nur das streng systematische Lehrbuch, wie es für das Hochschulstudium gebräuchlich, da der Schüler darin sich den Stoff an verschiedenen Stellen zusammensuchen müßte, was verschiedene Gründe gegen sich hat.

Bei der Verschiedenheit der Anschauungen der einzelnen Lehrer, wäre es eine unbillige Forderung, daß jede Einzelheit, die gerade dieser oder jener betonen möchte, im Lehrbuch entsprechend berücksichtigt sei. Eben diese Verschiedenheit bringt es natürlich mit sich, daß der eine dieses, der andere Lehrer jenes Lehrbuch vorzieht, wobei im allgemeinen es ein solches sein dürfte, daß der Stoff analog seiner Methode darbietet, während es für den Schüler vielfach gerade vorteilhaft sein könnte, den Stoff auch unter anderem Gesichtspunkte kennen zu lernen.

Man hat nun den biologisch eingestellten Büchern noch den Vorwurf gemacht, sie böten eben nur Biologie, aber vernachlässigten die Morphologie und Anatomie. Dies kann schon aus dem einfachen Grunde nicht zutreffen, weil es unmöglich ist, ein Organ biologisch zu betrachten, ohne auf seine Einrichtung und seinen Bau näher einzugehen, eine solche Biologie hinge in der Luft. Es dürfte denn auch ein nur Einblick in ein solches Buch jeden eines anderen belehren und zeigen, daß derartige Bücher sogar ein tieferes Eingehen auf morphologische Eigentümlichkeiten und physiologische Tatsachen notwendig fordern. Alles in allem scheinen mir die gegen die biologisch orientierten Lehrbücher erhobenen Bedenken im Hinblick auf die Schüler nicht zutreffend, sie entspringen einer andern Anschauung über den Schulbetrieb; denn jene Bücher verlangen zugleich eine von der früher geübten abweichende Methode, die dem Buche nur die oben bezeichnete Aufgabe zuweist. Diese Methode verlangt allerdings vom Lehrer eine gründlichere Vorbereitung, intensivere Arbeit und eine weitergehende Beherrschung des Gegenstandes als die frühere Methode.

Aufzeichnung der Erdbebenwellen.

Von Dr. J. R. Brunner, Luzern.

Die Schwingungen, die an einem Ort der Erdoberfläche durch ein Beben mit fernem Zentrum erzeugt werden, sind außerordentlich klein. Sie werden aufgezeichnet durch den Seismographen. Das Prinzip für die Konstruktion dieses Apparates ist durch das sogenannte Doppelpendel gegeben.

Das Doppelpendel. (Fig. 1.) Wir hängen an einen Draht, den wir über eine feste Rolle legen, so daß wir ihn beliebig verlängern oder verkürzen können, eine schwere Masse M und an diese mit einem dünnen Faden eine leichte Holzkugel H. Sind die beiden Pendellängen zufällig so gewählt, daß die Schwingungszeiten übereinstimmen (Resonanz), so wird H zu weitesten Schwingungen mit Amplituden von über 90° angeregt, wenn M in schwache Hin- und Herbewegung versetzt wird. Wird jedoch der obere Draht verkürzt, und damit die Schwingungsdauer von M verkleinert, so nimmt die

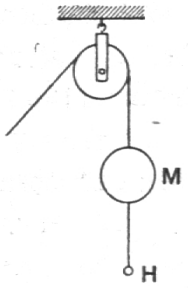


Fig. 1.

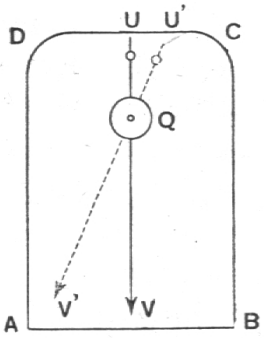


Fig. 2.

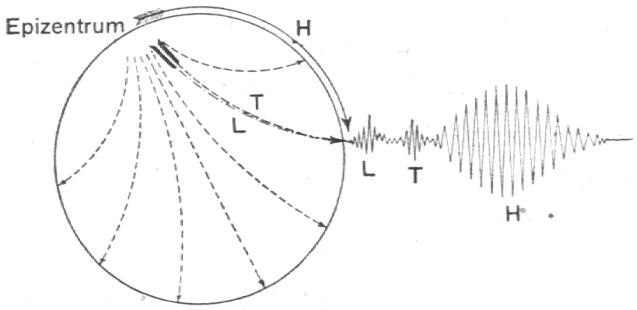


Fig. 3.

Amplitude von H rasch ab. Für uns ist die Tatsache von Wichtigkeit, daß die Amplitude des kleinen Pendels unmerklich wird, wenn das große Pendel sehr rasche Schwingungen ausführt.

Der Seismograph. (Fig. 2.) Der Erdboden zusammen mit dem festen, gut fundamentierten Gestell ABCD entspricht dem Pendel von großer Masse M und die am Gestell hängende Kugel Q der Holzkugel H des vorhin beschriebenen Doppelpendels. Q ist an einem starren Stab aufgehängt, der um eine Achse U schwingen kann, die senkrecht zur Ebene des Rahmens ABCD liegt. Sind nun die Schwingungen des Erdbodens sehr schnell im Vergleich zur Eigenschwingung des Pendels Q, so folgt aus der Untersuchung von vorhin, daß der Schwerpunkt der Pendelmasse Q in Ruhe bleibt. Erfolgen die Schwingungen der Erdbebenwellen in der Richtung AB, so wird die Achse U nach U' und der mit dem Pendel starr verbundene Zeiger von V nach V' verschoben, d. h. das ganze Pendel dreht sich um seinen Schwerpunkt in Q. Die Schwingungen werden zu einer wellenförmigen Kurve ausgezogen, wenn ein berußtes Papier unter dem Zeiger senkrecht zur Ebene des Rahmens mit konstanter Geschwindigkeit weggeführt wird. Bei der wirklichen Ausführung des Apparates kann das Pendel in jeder Ebene schwingen, und an Stelle des Zeigers tritt ein Hebelmechanismus, der die Ausschläge zirka 7000fach vergrößert graphisch aufzeichnet. (Seismogramm.)

Die ſeismiſchen Wellen. (Fig. 3.) Die elaſtiſchen Schwingungen, die durch plötzliche Gleichgewichtsſtörungen in der Erdkruſte ausgelöſt werden, pflanzen ſich weithin fort. Vom Störungszentrum gehen verſchiedenartige Wellen aus, die ſich teils durch das Erdinnere, teils längs der Erdoberfläche ausbreiten. Durch das Erdinnere ſchreiten longitudinale Wellen L fort mit einer Geſchwindigkeit von 6—8 km pro Sekunde und transverſale Schwingungen T mit 4 km Geſchwindigkeit. Auf die transverſalen Wellen H, welche längs der Erdoberfläche verlaufen (Hauptwellen), und die mit einer Schnelligkeit von 3,4 km am ſpäteſten am Beobachtungsort eintreffen, reagiert der Seismograph am kräftigſten. Die beobachteten Maximalbewegungen des hin- und her- und auf- und abwogens der ganzen Erdſchicht betragen im Mittel 0,75 mm horizontal und 0,22 mm vertikal. Den unterirdiſchen Störungsherd nennt man das Hypozentrum, die Stelle der Erdoberfläche ſenkrecht darüber heißt Epizentrum. Aus dem Seismogramm läßt ſich Richtung und Entfernung des Epizentrums näherungsweiſe angeben. Da die geſtörten Schichten wenig über 100 km Tiefe erreichen, ſo iſt auch der Urſprung der Erdbeben nicht unter dieſer Tiefe zu ſuchen. (Man vergleiche damit den Äquatorradius der Erdkugel = 6367 km). Die Kataſtrophe von Meſſina (1908) wurde verurſacht durch eine Untergrundſenkung des Tyrrheniſchen Meeres, die von alters her andauert und von Zeit zu Zeit zu zerſtörenden Erdbeben Veranlaſſung gibt.

Freunde der Finſternis.

Von Joſ. Diebolder.

(Schluß ſtatt Fortſetzung.)

Auch die **Rundmäuler** in der Klaſſe der Fiſche verdienen an dieſer Stelle beſonderer Erwähnung.

Wie es in der menſchlichen Geſellſchaft höchſt zweifelhafte und dunkle Exiſtenzen gibt, welche gewohnheitsgemäß ſich an die Mitmenſchen anſchmiegen und dieſelben ausſaugen, ſo leben auch dieſe Fiſche als Schmarotzer teilweiſe oder ganz auf Unkoſten anderer Fiſche. Schon die Neunaugen, die ſich allerdings auch von kleinern Waſſertieren ernähren, hängen ſich oft an Fiſchen feſt, um ſchmarotzend von deren Säften zu leben. Bei den Myxinen (Inger) iſt das Schmarotzertum noch ausgeprägter, da dieſelben bis in die Leibeshöhle anderer Fiſche eindringen und ſie völlig ausfreſſen. Die Organiſation dieſer Entoparaſiten hat ſich dem Schmarotzerleben völlig angepaßt. Den Myxinen fehlen, wie den Neunaugen, die paarigen Floſſen, dagegen beſitzen ſie allerdings ganz undeutliche Rückenfloſſen. Der kreisrunde Mund führt ebenſo, wie bei den Neunaugen, in eine trichterförmige, kieferloſe Mundhöhle, die am Gaumen ſowohl, wie am Boden mit Hornzähnen bewaffnet iſt. Am Grunde des Trichters liegt die Zunge, welche durch ſtempelartige Bewegungen zum Feſtſaugen dient. Durch den angeſaugten Mund kann das Atemwaſſer nicht zu den Kiemen gelangen, die in Säcken liegen, es dringt vielmehr durch äußere Öffnungen in die Kiemenſäcke und fließt auch durch ſie wieder

ab. Die in der Medianlinie des Kopfes liegende unpaarige Naſe durchbricht bei den Myxinen den Gaumen, während ſie bei den Neunaugen nach innen blind geſchloſſen iſt. Die Augen ſind bei den dem Schmarotzertum gänzlich verfallenen Rundmäulern verkümmert und unter der Haut verſteckt. Diesfalls fehlen, wie beim Olm, an den rudimentären Augen die Hornhaut, Aderhaut und die Linſe, während dieſe Organe am Neunauge äußerlich ſichtbar und reich an Netzhautſtäbchen ſind, aber keine Zapfen beſitzen. Die niedere Organiſation der Rundmäuler ſpricht ſich namentlich im höchſt einfachen Bau des Skelettes aus. Sie haben als Stütze des Körpers keine Wirbelſäule, ſondern an deren Stelle einen ungegliederten, biegſamen Strang, die Wirbelſaite oder Chorda dorſalis, welche in der Längsachſe des Körpers unter dem Rückenmark, an deſſen vorderm Ende eine Anſchwellung der Nervenſubſtanz, das Gehirn, ſichtbar iſt, einen runden Stab bildet, deſſen Gewebe aus überaus zahlreichen, polygonalen, großblaſigen, mit Flüſſigkeit erfüllten Gebilden beſteht, die an Pflanzenzellen erinnern. (Gallert-Körper).

Dieſes Chordagewebe wird rings herum umhüllt von einer Chordaſcheide, an der man deutlich eine äußere und innere Schichte unterſcheidet, welche Abkömmlinge der Chorda ſelbſt ſind. (Chorda-Derivate). Um dieſe Chordaſcheide legt ſich eine dritte Schichte, die ſkelettbildende oder ſkelettogene Scheide, die nicht, wie die Chorda ſelbſt, ſich vom innern Keimblatt der embryonalen Anlage ihren Urſprung hat, ſondern aus Bindegewebe beſteht, welches dem mittlern Keimblatt entſtammt. Dieſes Gewebe breitet ſich von hier aus nach oben um das Rückenmark und das Gehirn aus, ſowie um die ventral gelegenen Blutgefäße, ſo daß alle dieſe Teile bei den Rundmäulern wenigſtens im erſten Stadium der Keimbildung von einer häutigen Hülle umgeben ſind. In der Familie der Myxinen erhält ſich das vollkommen häutige Achſenſkelett das ganze Leben hindurch. Eine feſte Stütze des Körpers wäre beim ausſchließlichen Schmarotzertum überflüſſig, bei den Neunaugen dagegen kommt, wenn auch erſt in ſpätern Entwicklungsſtadien, ein neues Element hinzu, nämlich Knorpelgewebe, das innerhalb der das Rückenmark einſchließenden ſkelettogenen Hülle in Form von bogenförmigen Spangen, ſowie der häutigen Schädelkapſel eingelegt iſt. Hiemit haben wir die erſte, wenn auch geringfügige Andeutung eines feſtern Knorpel-Skelettes. [1])

Auf der allerniedrigſten Stufe der Wirbeltierorganiſation ſteht das Lanzettfiſchchen (Amphioxus lanceolatus), ein Blindfiſch, der eingegraben an den Küſten faſt aller gemäßigten und tropiſchen Meere vorkommt und ſich von mikroſkopiſch kleinen Tieren ernährt. Dieſes ſeltſame, kaum 7 cm lange Fiſchchen hat einen lanzettförmigen Körperbau mit einem Floſſenſaume am Schwanzende. Es iſt buchſtäblich „herzlos“. Das farbloſe Blut wird lediglich vermittels der größern Gefäße durch den Körper getrieben. Gehörorgane ſuchen wir bei ihm vergebens. Das Skelett iſt auf die Chorda

[1]) Vgl. H. Schauinsland, Die Entwicklung der Wirbelſäule nebſt Rippen und Bruſtbein in Oskar Hertwigs Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere.

dorsalis beschränkt, an deren Rückenseite das von einer häutigen Scheide umgebene Rückenmark verläuft. Am vordern Ende desselben finden wir in die Nervenmasse eingegraben ein unpaariges Augenrudiment in Form eines kleinen Pigmentkörpers, ferner eine kleine Riechgrube. Eine vordere Anschwellung des Rückenmarkes, also ein Gehirn, sowie eine Schädelkapsel fehlen diesem Tierchen vollständig, kein Wunder, daß das eigentümliche Geschöpf seit langem Gegenstand der zoologischen Forschung bildet. Die Literatur über den Amphioxus ist namentlich seit dem Auftreten Darwins ins Ungeheure angewachsen. So kann man gelegentlich ebensosehr durch den Mangel, als durch den Besitz eines Gehirns berühmt werden, ein Grund, der den Lehrer bestimmen dürfte, nicht so schnell an der Zukunft eines Schülers zu verzweifeln. Die Vertreter der Häckelschen Schule schauen mit Ehrfurcht auf dieses Tierchen, das sie auf Grund der allereinfachsten Organisationsverhältnisse im Kreis der Wirbeltiere als Stammvater aller Vertebraten mit Einschluß des Menschen betrachten.

Vor allem liefert ihnen die Chorda dorsalis die Grundlage für ihre deszendenztheoretischen Spekulationen. Zur Begründung ihrer Ansicht weisen sie auf die Tatsache hin, daß dieser ungegliederte Achsenstrang ein Gemeingut sämtlicher, auch der mit Wirbelsäule versehenen Vertebraten ist. Alle Wirbel durchbohrend, läßt sich die Chorda bei ihnen von der Kopfregion bis zum Leibesende verfolgen. Sie tritt in sämtlichen Wirbeltierstämmen außerordentlich früh im embryonalen Leben unterhalb des Rückenmarkes auf. Die in der knorpligen oder knöchernen Wirbelsäule eingeschlossene Chorda wird mehr oder minder in ihrem Wachstum gehemmt und bei den einzelnen Klassen der Wirbeltiere in verschiedener Weise zurückgedrängt. Bei den Säugern bleibt sie nur zwischen den Wirbeln als Rest erhalten. Die Häckelsche Schule, welche bekanntlich sehr rasch in ihrem Urteil ist, faßt dieselbe bei den höhern Organismen, vorab beim Menschen, als völlig unnützen Ballast auf, als ererbtes Überbleibsel, das „mit aller Sicherheit" auf ein Fischstadium in der Stammesgeschichte der höhern Vertebraten hinweisen soll.

Diese Ansicht läßt sich nicht rechtfertigen. Fassen wir den anatomischen Bau der Chorda ins Auge und betrachten wir alsdann an Hand der Forschungsergebnisse anerkannter Autoritäten auf diesem Gebiete die Aufgabe, welche derselben im Leben der niedern und höhern Vertebraten zukommt, so müssen wir zur Überzeugung gelangen, daß die Chorda bei ihnen eine notwendige Durchgangsform bildet und in der Embryogenese derselben selbst begründet ist. Ich berufe mich diesfalls auf Oskar Hertwig, Professor an der Universität in Berlin, eine Autorität ersten Ranges auf dem Gebiet der Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Aus dem Studium seines „Lehrbuches der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere" erhellt unzweifelhaft die Tatsache, daß die Chorda auch bei den höchststehenden Organismen die ursprüngliche Grundlage für das Achsenskelett bildet, daß dieselben in den frühesten Entwicklungsstadien auch bei ihnen ebensowohl, wie bei den niedern Wirbeltieren, die lange Reihe der

einander bedingenden Entwicklungsvorgänge bei der Bildung der Wirbelsäule einleitet und ihre Rolle eines stützenden Skelettstabes, um welchen herum die physiologisch wichtigen Chordascheiden sich anlegen, erst mit dem Auftreten der gegliederten Wirbelsäule verliert, deren Verknöcherungsprozeß beim Menschen nicht vor dem zweiten Monat beginnt. Auch später noch kommt ihr Einfluß insofern zur Geltung, indem der invertebral erhaltene Rest der Chorda durch Wucherung ihrer Zellen die Gallertkerne für die Bildung der Scheiben liefert, welche die Wirbel unter einander verbinden. In welcher Weise diese anerkannte Autorität solche embryonale Durchgangsformen beurteilt, dürfte aus folgendem Zitat ersichtlich sein: „Daß gewisse Formzustände in der Entwicklung der verschiedenen Tierarten mit so großer Konstanz in prinzipiell übereinstimmender Weise wiederkehren, liegt hauptsächlich darin, daß sie unter allen Umständen die nötigen Vorbedingungen liefern, unter denen sich allein die folgende höhere Stufe der Ontogenese hervorbilden kann." [1])

Wenn es sich darum handelt, die Chorda dorsalis als wichtiges stammgeschichtliches Zeugnis zu verwerten, beruft man sich auf den Parallelismus, der auch beim Achsenskelett der höhern Wirbeltiere zwischen den Ergebnissen der vergleichenden Anatomie und der Entwicklungsgeschichte des Individuums besteht.

Dasselbe legt sich im frühern embryonalen Stadium als häutiger, aus Chorda und skelettogenem Gewebe zusammengesetzten Strang an, vergleichbar der Chorda der Rundmäuler. Es verwandelt sich in eine knorplige Wirbelsäule, wie sie als Dauerorgan sich nur bei den Selachiern (Haie, Rochen) findet, bis endlich als Schluß des Entwicklungsprozesses die definitive knöcherne Wirbelsäule vollendet wird. Allein dieser Parallelismus findet vollauf in den Wachstumsgesetzen der organischen Materie seine Erklärung.

Die Chorda entsteht bekanntlich, wie die übrigen Organe, aus einem häutigen Keimblatt, denn nur in einem solchen können sich die weitern Sonderungsprozesse abspielen. Ein anderes Achsenskelett, als ein häutiges, ist darum als erstes Stadium der embryonalen Bildung dieses Körperteils zum vornherein ausgeschlossen. Ebenso muß der Ausbildung einer knöchernen Wirbelsäule als zweites vorbereitendes Stadium eine knorplige Anlage vorausgehen, da das Knochengewebe als höchste und leistungsfähigste Form der stützenden Substanz sich niemals direkt aus embryonalen Zellen, sondern durch Umwandlung von Gallert- und faserigem Bindegewebe und Knorpel entwickelt. [2]) „Die Vergleichung der ontogenetischen Stadien der verschiedenen Tiere teils unter einander, teils mit ausgebildeten Formen anderer Tiergruppen," schreibt Oskar Hertwig, [3]) „führt uns zur Erkenntnis allgemeiner Gesetze, von welchen der Entwicklungsprozeß der organischen

[1]) Oskar Hertwig, Allgemeine Biologie, 28. Kap., S. 592, 1906.

[2]) Oskar Hertwig, Handbuch der vergleichenden Entwicklungslehre der Wirbeltiere, 10. Kap., S. 173 ff.

[3]) In Allgemeine Biologie, 1906, S. 596.

Materie beherrscht wird." Wenn aber diese Entwicklungsprozesse in der Natur der tierischen Zelle selbst begründet sind, dann liegt auch kein Grund vor, aus dem erwähnten Parallelismus auf gemeinsame Abstammung sämtlicher Vertebraten aus einem Urchordatier zu schließen. Damit wollen wir keineswegs diesem Parallelismus, der übrigens bei vielen andern Systemen, wie z. B. beim Darmkanal, beim Herzen, bei den Harnorganen u. s. w. in gleicher Weise nachgewiesen ist, jeglichen Wert für die Forschung absprechen; es ist unbestreitbar, daß entwicklungsgeschichtliche und vergleichend anatomische Studien sich gegenseitig ergänzen können, daß die Entwicklungsgeschichte des Individuums, wie K. E. von Baer sich ausdrückt, zum „Lichtträger" bei stammesgeschichtlichen Untersuchungen sich erweist, aber nur dann, wenn man bei solchen Studien kritisch verfährt und der Phantasie Zügel anlegt. In dieser Beziehung schießt das „Biogenetische Grundgesetz" in der extremen Häckelschen Fassung, das seinerzeit die Bedeutung eines zoologischen Dogmas erlangte, viel zu weit über das Ziel. Bekanntlich führte schon von Baer, der Begründer der wissenschaftlichen Embryologie, im II. Band seiner „Reden" und neuerdings Oskar Hertwig in seiner Arbeit über das „Biogenetische Grundgesetz nach dem heutigen Stande der Biologie" [1]) auf seinen wahren Wert zurück.

Der Amphioxus wird von der Darwinschen Schule nicht bloß als Stammvater der Wirbeltiere verehrt, sondern er soll auch den Übergang von den Vertebraten zu den wirbellosen Tieren vermitteln. Den Ausgangspunkt für diese „wichtige Entdeckung" bilden die Kowalevsky-Kupfferschen Untersuchungen über die Ascidien, die zur Erkenntnis führten, daß diese Meeresbewohner in der Entwicklung einen der Chorda der Wirbeltiere ähnlichen Achsenstrang besitzen, der den Ruderschwanz durchzieht und ebenso ein dorsal gelegenes röhriges Nervensystem. Diese Tatsachen sollen umso bedeutungsvoller sein, da beide Organe sich in ähnlicher Weise, wie beim Amphioxus, embryonal anlegen. Darwin verwertete diese Entwicklung der Ascidien für seine Theorie und erblickte im Ergebnis der erwähnten Untersuchungen den Schlüssel zur Quelle, aus welcher die Wirbeltiere stammen. [2]) K. E. von Baer trat dem versuchten Nachweis vom Übergang aus einem Haupttypus des Tierreiches in einen andern in der akademischen Rede vom Jahr 1873: „Entwickelt sich die Larve der einfachen Ascidien in der ersten Zeit nach dem Typus der Wirbeltiere?" und auch in seiner spätern Schrift: „Über Darwins Lehre", „Reden", Band I., S. 474 ff energisch entgegen und zeigte in eingehender Darstellung, daß zwischen dem Ganglion der Ascidien und dem Zentralnervensystem der Wirbeltiere keine Homologie besteht, und daß er nicht fähig sei, im Achsenstrang der Embryonen der Ascidien die Chorda dorsalis der Wirbeltiere zu finden. Er hatte die Genugtuung, daß man trotz

[1]) Siehe Internationale Wochenschrift für Wissenschaft und Kunst, Band I, Heft 2—3. — Vergl. auch 10. Kap. im oben zitierten Handbuch von Oskar Hertwig.

[2]) Darwin, Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl, übersetzt von Carus, Band I, S. 179 f.

anfänglichen Widerspruchs die Vorfahren der Wirbeltiere später bei den Rundwürmern suchte (Semper, Dohrn), welchen Traum er ebenfalls gründlich zerstörte („Reden", S. 465—478). Selbst Karl Vogt trat zu jener Zeit in einem Feuillton-Artikel der Frankfurter Zeitung (1875, No. 43) unter der Aufschrift: „Des Darwinisten Zweifel" gegen diese phylogenetische Spekulation auf. Vor allem vermißt er die Möglichkeit einer Überbrückung der Kluft zwischen den Wirbellosen und den Wirbeltieren vermittels der Ascidien oder der Ringelwürmer. Seither ist man in dieser Hinsicht um keinen Schritt weiter gekommen. „Irgend eine fossile Form," so schreibt der Paläontologe E. Koken in Tübingen,[1]) „die als Übergang vom Vertebratenstamm zu einem andern Phylum gedeutet werden könnte, ist bisher nicht gefunden. . . Scharf getrennt reichen alle die großen Phyla bis in das Kambrium zurück, und aus jenen Zeiten, wo sie noch verbunden gewesen sein könnten, oder wo sie sich aus gemeinsamer Wurzel abzweigten, fehlen die Berichte.

Wollen wir über die Art und Weise des Entwicklungsganges Studien machen, so müssen wir uns auf enger gefaßte Gruppen beschränken, wo das Material eine Analyse der Stammesgeschichte erlaubt." Das ist ganz dasselbe, was E. Wasmann S. J. so nachdrücklich betont.[2]) Bekanntlich steht dieser ausgezeichnete Biologe dem Deszendenzgedanken durchaus nicht feindlich gegenüber. Ist er doch selbst ein maßvoller Vertreter der Entwicklungslehre auf teleologischer Grundlage. Gestützt auf seine gründlichen Untersuchungen über Ameisen- und Termitengäste belehrt er uns, daß die Tatsachen, die er bei diesen Studien aufgedeckt, in gar manchen Fällen klar und deutlich für eine wirkliche Stammesentwicklung der Arten einer Gattung auch für die Gattungen einer Familie und manchmal noch für die Familien einer Ordnung sprechen, indem festgestellt werden kann, daß die wesentlichen Merkmale dieser Gruppen gar wunderbare Anpassungen an die Lebensweise bei Ameisen oder Termiten sind.[3]) Bei den Dinarda-Formen zeigte er sogar, wie neue Arten unter unsern Augen entstanden sind.[4]) Ferner spricht auch er[5]) von unzweifelhaft nutzlosen Organen bei Walen und anderen Tieren, wie wir solche auch bei unsern „Freunden der Finsternis" angetroffen haben, die er als stammesgeschichtliche Andenken an ein früheres Ahnenstadium auffaßt und somit als weitern Beweis für die Entwicklungslehre. Zugleich warnt er aber mit andern besonnenen Vertretern der Deszendenztheorie davor, aus diesen Tatsachen allzuweit gehende deszendenztheoretische Folgerungen zu ziehen, da „die naturwissenschaftlichen Beweismomente für die Abstammungstheorie immer schwächer werden, je höher wir im System hinaufsteigen". Er tritt für eine vielstammige Entwicklung beider Reiche ein und erblickt in der monophyletischen Hypothese nur einen „hoffnungslosen Jugend-

[1]) In „Paläontologie und Deszendenzlehre", 1902, S. 12.

[2]) In Moderne Biologie und Entwicklungslehre, 2. Aufl. 1904, S. 194 f.

[3]) Wasmann, Moderne Biologie und Entwicklungslehre, 9. Kap.

[4]) a. a. O., S. 210 ff.

[5]) a. a. O., S. 289.

traum der Deszendenztheoretiker". Will man die genealogische Kette der Säugetiere bis hinab zu den niedrigsten Vertebraten oder gar bis zu den Wirbellosen verfolgen, so geraten wir „in ein Dunkel, in welches die helle Leuchte der Wissenschaft mit keinem Strahl zur Zeit hineinzudringen vermag" (Osk. Hertwig) und wobei der Forscher Gefahr läuft, „von jener Bahn abzuweichen, auf der er allein zur Erkenntnis des Wahren und damit zu dauerndem Erfolg gelangen kann" (Gegenbaur). Wenn in gar manchen „gemeinverständlichen" Schriften die Entwicklung der Lebewesen vom ersten Plasmatropfen bis hinauf zum Menschen haarklein dargestellt wird, so sind das Märchen oder vielmehr Possen, an denen die exakte Wissenschaft achtlos vorübergeht. Leider handelt es sich hiebei gewöhnlich nicht um harmlose Scherze für große Kinder, sondern um höchst oberflächliche darwinistische Tendenzschriften, welche darauf ausgehen, das Christentum zu verdrängen und der monistischen Weltanschauung zum Durchbruch zu verhelfen. (Maulwurfsarbeit des Monistenbundes.) Und doch dürfte es für jeden Denkenden nicht schwierig sein, zur Überzeugung zu gelangen, daß Christentum und Deszendenztheorie, soweit letztere sich auf die gesicherten Ergebnisse der Wissenschaft stützt und nicht in phantastische Träumereien ausmündet, nicht in unversöhnlichem Gegensatz einander gegenüberstehen, sondern sich harmonisch ergänzen. „Wenn wir," sagt Wasmann am Schlusse seines ersten Berliner Vortrages (Febr. 1907), „Gott als Schöpfer aller Dinge auffassen und annehmen, daß die von ihm geschaffene Welt sich selbständig und selbsttätig entwickelt hat, so haben wir sogar eine größere Idee von Gott, als wenn wir ihn überall in die Naturgesetze eingreifen lassen . . . .

Nach dieser Auffassung wird die Entwicklung der organischen Welt gleichsam zu einer kleinen Zeile in dem millionenseitigen Buch der Entwicklung des ganzen Kosmos, auf dessen Titelblatt auch heute noch mit unauslöschlichen Lettern geschrieben steht:

Im Anfang schuf Gott Himmel und Erde." [1])

---

[1]) E. Wasman, Der Kampf um das Entwicklungsproblem in Berlin, Freiburg im Breisgau, 1907, S. 14.

4. Jahrgang. Nr. 5. 11. Juli 1918.

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe | Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Das Blatt. — Einige geophysikalische Fragen.

Das Blatt.

Von A. Ursprung, Freiburg.

Die grünen Blätter sind die große Fabrik, in der die Natur aus den einfachsten Rohmaterialien die Stärke, d. h. das Mehl bildet mit dem wir Brot bereiten. Aber nicht nur das Brot im engeren Sinne, sondern unsere gesamte Nahrung hängt von der Tätigkeit des Blattes ab und damit ist unsere Existenz unzertrennlich an die Pflanzenwelt geknüpft. Es dürfte daher angebracht sein, in diesen ernsten Zeiten, wo wir mehr als sonst um unser tägliches Brot besorgt sind, uns etwas eingehend mit dieser Tätigkeit des Blattes zu beschäftigen.

Geschichtliches.

Ich lasse zuerst einige kurze historische Notizen folgen, für deren volles Verständnis allerdings auf die späteren Ausführungen verwiesen werden muß. Ahnungen über die Bedeutung des Blattes gehen weit zurück. So fand bereits Malpighi (1686), daß die Blätter bei der Ernährung der Pflanze beteiligt sind. Die Schaffung der ersten Grundlagen knüpft sich jedoch vor allem an vier Namen: Priestley, Ingenhousz, Senebier und de Saussure. 1772 beobachtete Priestley, daß die durch Atemholen entstandene Luft, die zum weiteren Atmen unbrauchbar ist, durch grüne Pflanzen ihre Tauglichkeit zur Veratmung wiedergewinnt. 1779 entdeckte Ingenhousz, daß die Sauerstoffproduktion grüner Blätter nur im Licht erfolgt, und bei nicht grünen Organen überhaupt fehlt, während alle Pflanzen unaufhörlich Kohlensäure ausscheiden. Senebiers Verdienst ist es, erkannt zu haben, daß die Ausscheidung von Sauerstoff nur bei Gegenwart von Kohlensäure erfolgt, doch glaubte er, daß dieselbe durch die Wurzeln aus dem Boden aufgenommen werde. Den ruhmvollen Abschluß dieser Bemühungen bilden die klassischen Arbeiten des Genfers Théodore de Saussure, die in knappster Darstellung im Jahre 1804 in seinen „Recherches chimiques sur la végétation“ publiziert wurden. Eine ganze Reihe grundlegender Tatsachen

Anmerkung. Von den 14 Figuren, die dem Manuskript beigegeben waren, konnten wegen der hohen Kosten nur 5 reproduziert werden.

findet sich hier in exakter Weise durch Messen und Wägen sichergestellt. Wir erfahren, daß Pflanzen in der Sonne in kohlensäurefreier Luft zu Grunde gehen, in kohlensäurehaltiger Luft aber gut gedeihen und die Kohlensäure in Sauerstoff umwandeln. Wachsen die Pflanzen in einem genau bekannten Luftvolumen, so ändert sich dasselbe nicht, es wird also gleichviel Kohlensäure aufgenommen, wie Sauerstoff ausgeschieden. Indem Saussure seinen Pflanzen nur gewöhnliche Luft und reines Wasser zur Ernährung bot, konnte er zeigen, daß der Kohlenstoff aus der kleinen Menge Kohlensäure gewonnen wird, die in unserer Atmosphäre enthalten ist. Es ergab sich ferner, daß die Trockensubstanz stärker vermehrt wird, als dem gebundenen Kohlenstoff allein entspricht, was auf Kosten des aufgenommenen Wassers geschieht. Zum erstenmal werden hier auch die Prozesse der Atmung und Assimilation klar auseinander gehalten. Damit war das Fundament gelegt, auf dem mit Erfolg hätte weiter gebaut werden können.

Allein diese Entdeckungen fanden bei den Zeitgenossen nicht die gebührende Würdigung, was aus zwei Gründen bis zu einem gewissen Grade verständlich wird. Wenn Saussure die Pflanze ihren Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Luft entnehmen läßt, so heißt das doch: die riesigen Kohlenstoffmengen unserer Wälder, der ungeheure Kohlenstoffreichtum der Kohlenflöze stammt aus den Kohlensäurespuren der Luft. Das ist aber eine äußerst kühne Lehre, zu deren Bekenntnis eine feste Überzeugung von der Wahrheit ihres Inhaltes gehörte. Dazu kommt, daß unterdessen von Landwirten und Chemikern die sog. Humustheorie ausgebildet worden war, welche die Pflanze den Kohlenstoff aus dem kohlenstoffreichen Boden und nicht aus der kohlenstoffarmen Luft aufnehmen ließ. Täglich konnte man ja beobachten, daß die Kulturen in Humus besser gediehen als in Sand, und da lag denn der Schluß nahe, den kohlenstoffreichen Boden als die Kohlenstoffquelle zu betrachten. Demgegenüber mußte die Saussure'sche Lehre auf den Uneingeweihten wirklich befremdend wirken. Den exakten Forscher hätten allerdings die Experimente Saussures überzeugen sollen; aber die Vorurteile waren stärker. Erst um das Jahr 1840 trat eine Änderung ein, als Liebig seine ganze Autorität für Saussure einsetzte und Boussingault die experimentellen Grundlagen wesentlich erweiterte.

Nachweis der Kohlensäureassimilation.

Da in unserm Prozeß Kohlensäure in Pflanzensubstanz umgewandelt wird, redet man allgemein von Kohlensäureassimilation; gleichbedeutend pflegt man auch von Photosynthese zu sprechen, weil dieser Aufbau organischer Substanz nur bei Gegenwart von Licht erfolgt. Wie wir später sehen werden, ist Stärke das erste leicht nachweisbare Assimilationsprodukt. Als Rohstoffe haben wir Kohlensäure und Wasser erkannt, auch wissen wir bereits, daß neben den Assimilaten noch Sauerstoff gebildet wird. Diese Kenntnisse lassen sich kurz und übersichtlich durch die Gleichung ausdrücken:

$$6\,CO_2 + 5\,H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\,O_2$$

Kohlensäure Wasser Stärke Sauerstoff

Zum Nachweis der Assimilation bedient man sich gewöhnlich der Sauerstoff- oder Stärkebildung.

Ein hübsches Experiment macht uns häufig die Natur vor. Grüne Fadenalgen, die am frühen Morgen oder bei trübem Wetter am Boden des Tümpels sind, steigen nach Sonnenschein an die Oberfläche des Wassers empor und bilden hier große schwimmende Watten. Die Alge selbst ist spezifisch schwerer als Wasser, sinkt also unter. Der bei der Assimilation erzeugte Sauerstoff bildet Blasen, die in den Algenwatten sich fangen und sie emporheben. In einem Glaszylinder läßt sich das Experiment leicht im Zimmer wiederholen.

Noch bekannter ist der beliebte Schulversuch mit der ca. 1836 aus Nordamerika eingewanderten, heute überall verbreiteten Wasserpest (Elodea oder Helodea canadensis). Eine Hand voll Pflänzchen kommt auf den Boden eines mit Wasser gefüllten Glaszylinders, darüber ein Glastrichter, der die austretenden Gasblasen in ein mit Wasser gefülltes Reagensglas leitet. Das Aufglühen eines eingebrachten glimmenden Holzspans läßt den Sauerstoffreichtum des Gases leicht demonstrieren.

(Nicht jeder, der den Versuch ausgeführt hat, dürfte ihn völlig verstanden haben; wir wollen ihn daher etwas genauer betrachten. Wie die mikroskopische Untersuchung zeigt, wird das Gas an den Schnittflächen aus den Interzellularen ausgeschieden. Da drängt sich nun zunächst die Frage auf, ob unsere Deutung wirklich richtig ist und die Blasenausscheidung nicht einfach eine Folge der Ausdehnung ist, welche die Interzellularluft bei der Erwärmung erleidet. Die Sache läßt sich unschwer entscheiden. Erwärmung am Licht erfolgt offenbar auch in kohlensäurefreiem Wasser; dagegen ist Assimilation nur bei Gegenwart von Kohlensäure möglich. Nun werden in ausgekochtem Wasser trotz Beleuchtung keine Blasen ausgeschieden und auch in gewöhnlichem Wasser nicht, wenn man durch Kalk- oder Barytwasser die freie CO_2 als $CaCO_3$ oder $BaCO_3$ ausgefällt hat. Daß diese Chemikalien die Pflanzen nicht schädigten, zeigt die erneute Blasenbildung nach der Uebertragung in CO_2-haltiges Wasser.

Wir haben es bisher gleichsam als selbstverständlich angenommen, daß der gebildete Sauerstoff aus der Pflanze ausgeschieden wird. Untersuchen wir dies etwas näher. Wenn die Elodea längere Zeit verdunkelt war, so enthalten ihre Interzellularen Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure. Am Licht wird diese Kohlensäure zerlegt und es entsteht gleich viel Sauerstoff. Nach dem Gesetz von Avogadro sind in gleichen Gasvolumina bei gleichem Druck und Temperatur gleichviel Moleküle enthalten, folglich nehmen gleichviel Moleküle bei gleichem Druck und Temperatur auch den gleichen Raum ein. Es liegt also zunächst kein Grund vor, weshalb Gas aus der Schnittfläche austreten sollte. Tatsächlich erfolgt der Austritt auch erst nachdem die verbrauchte Kohlensäure durch Diffusion von Außen ersetzt worden ist. Diese Diffusion der Gase durch pflanzliche Gewebe erfolgt nach den Gesetzen, welche die Physik für die Diffusion durch Wasserlamellen studiert hat. Hiernach ist die Diffusionsgeschwindigkeit der Kohlensäure 55mal so groß, die des Sauerstoffs doppelt so groß, als die des Stickstoffs. Es kann daher die Kohlensäure in dem Maße, als sie bei der Assimilation verbraucht wird, leicht

aus dem umgebenden Wasser hereindiffundieren, während der entstehende Sauerstoff wegen seiner geringen Diffusionsgeschwindigkeit nur langsam nach außen zu dringen vermag. Es muß also notwendig in den Interzellularen zu einem Ueberdruck kommen. Aber auch jetzt steht dem Gasaustritt noch ein Hindernis entgegen. Infolge der Kapillarkräfte sucht das Wasser von der Schnittfläche aus in die feinen Interzellularen einzudringen und es kann daher die Blase erst austreten, wenn der Ueberdruck diese Kapillarkräfte übersteigt.

Aus dem Vorhergehenden versteht sich auch unschwer, daß das ausgeschiedene Gas kein reiner Sauerstoff sein wird. Das umgebende Wasser steht ja mit Luft in Berührung und absorbiert daher neben Sauerstoff und Kohlensäure auch Stickstoff. Dieser Stickstoff diffundiert notwendigerweise aus dem Wasser Interzellularen und auch in die aufsteigenden Blasen. Je langsamer die in die Blasen aufsteigen, um so weniger Sauerstoff enthalten sie, um so schwieriger ist daher auch das Aufflammen des Holzspans zu sehen. Soll der Versuch gut gelingen, so verwendet man — abgesehen von geeignetem Pflanzenmaterial und gutem Licht — mit Vorteil eine 1% Lösung von Kaliumbikarbonat in abgestandenem destilliertem Wasser. Diese Lösung verändert sich durch Dissoziation; dabei wird Kohlensäure abgespalten und das Wasser damit gesättigt.

Um uns vom Fehlen störender Nebeneinflüsse zu überzeugen, verdunkeln wir die Pflanze; der Blasenstrom muß dann sofort aufhören. Täuschungen sind leicht möglich bei Verwendung von Wasser, das mit Kohlensäure übersättigt ist; sei es, daß das Wasser schon von vorneherein zu viel Gas enthielt, sei es, daß eine Erhöhung der Temperatur die Uebersättigung hervorrief. Der Einfluß der Temperatur ist in dieser Hinsicht ja bedeutend, indem bei 0° doppelt so viel Kohlensäure absorbiert wird als bei 20° C. Bei 15° enthält Wasser, das in Berührung mit der Atmosphäre steht, gleich viel Kohlensäure wie diese selbst, ca. 0,03%.)

Es gibt noch zahlreiche andere Methoden zum Nachweis des auftretenden Sauerstoffes. Wir können sie übergehen, da sie prinzipiell nichts Neues lehren. Nur eine von ihnen, die Bakterienmethode Engelmanns (1881) verdient eine besondere Erwähnung. Es gibt Bakterien, welche sich bei Gegenwart von Sauerstoff lebhaft bewegen, bei Fehlen von Sauerstoff aber in Ruhe sind. Solche Bakterien bringt man auf einen Objektträger in einen Wassertropfen, der noch eine kleine Grünalge enthält, legt ein Deckglas auf und verschließt dessen Rand mit Vaseline, um Sauerstoffzufuhr aus der Luft zu vermeiden. Bringt man das Präparat in Dunkelheit, so gelangen die Bakterien zur Ruhe, wenn aller Sauerstoff verbraucht ist. Sobald man jetzt das Präparat beleuchtet, assimiliert die Alge und scheidet daher Sauerstoff aus, der die benachbarten Bakterien sofort wieder zu lebhaften Bewegungen veranlaßt. Auf diese Weise läßt sich noch ein Hundertbillionstel Milligramm Sauerstoff nachweisen; das sind so minimale Spuren, wie sie die chemische Analyse nicht mehr aufzufinden vermag.

Wollen wir nicht die Sauerstoffausscheidung, sondern die Stärkebildung zum Nachweis der Assimilation benützen, so bedienen wir uns der Sachs'schen Jodprobe (1884). Zu dem Zwecke werden an der Pflanze inserierte Blätter (z. B. der Bohne) zuerst 1—2 Tage dunkel gehalten, wobei alle Stärke auf-

gelöst und in Form von Zucker durch den Blattstiel in den Stengel abgeleitet wird. Um ein solches Blatt legt man nun, zur partiellen Verdunkelung, etwa einen Staniolstreifen und setzt es darauf dem Lichte aus. Nach mehrstündiger Besonnung tötet man das Blatt in kochendem Wasser ab, legt es in heißen Alkohol bis der grüne Farbstoff vollständig ausgezogen ist und bringt es dann in eine Jodlösung (z. B. Lösung von Jod in Jodkali). Nach Entfernung des überschüssigen Jodes mit Alkohol breiten wir das Blatt auf einem weißen Teller aus und spülen es mit Wasser ab. Die belichtete stärkehaltige Partie erscheint jetzt violettschwarz, die nicht belichtete weißlich.

Mit den bisherigen Methoden läßt sich nur zeigen daß assimiliert wird, nicht aber wie stark die Assimilation ist. Zum quantitativen Nachweis bedient man sich mit besonderer Vorliebe des Blasenzählens. Man belichtet einen unter Wasser befindlichen Sproß von Elodea oder einer andern geeigneten Wasserpflanze und zählt die aus der Schnittfläche in einer bestimmten Zeit, z. B. 1 Minute, austretenden Blasen. Je stärker die Pflanze assimiliert, um so mehr Blasen treten in der Zeiteinheit aus und man hat früher vielfach die Assimilation der Blasenzahl einfach proportional gesetzt. Dies ist aber offenbar nur dann erlaubt, wenn alle Blasen gleich groß sind und gleich viel Sauerstoff enthalten. Man kann sich jedoch leicht überzeugen, daß die Blasengröße wechselt, und diesbezügliche Analysen haben gezeigt, daß der Sauerstoffgehalt der Blasen bei Abnahme der Assimilation sinkt. Trotzdem kann die Methode, unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln, auf die wir hier aber nicht eingehen können, gut brauchbare Resultate liefern.

Bei Landpflanzen ist das Blasenzählen natürlich nicht anwendbar. Hier muß man die Pflanze in einen abgeschlossenen kohlensäurereichen Raum bringen, dessen Gasgehalt vor und nach der Assimilation analysiert wird. — Man kann aber die Stärke der Assimilation auch aus der Menge der gebildeten Trockensubstanz ableiten, wie das zum ersten Mal Sachs (1883) mit seiner Blatthälftenmethode getan hat. Von einem großen, an der Pflanze befindlichen Blatt schneidet man am frühen Morgen aus der einen Längshälfte ein bestimmtes Flächenstück heraus und bestimmt sein Trockengewicht. Am Abend wird der andern Längshälfte das entsprechende Flächenstück entnommen. Es ergab sich stets eine bedeutende Zunahme des Trockengewichtes, die natürlich durch die tagsüber erfolgende Assimilation bedingt ist, aber nur einen Bruchteil der gebildeten Assimilate anzeigen kann. Denn beständig gehen ja dem Blatt Assimilate verloren durch Verbrauch bei der Atmung und durch Auswanderung in den Stengel. Unter Berücksichtigung dieser Verluste kommt Sachs zum Schlusse, daß ein Kürbisblatt 1,5 g ein Helianthus-(Sonnenblumen-)blatt zirka 1,8 g Trockensubstanz pro Stunde und pro Quadratmeter bildet. Das ergibt für eine kräftige Sonnenblume eine Produktion von 36 g an einem schönen Sommertag, für eine Kürbispflanze sogar 185 g.

Da jedoch das Sachs'sche Verfahren alle im Blatte neugebildeten Stoffe bestimmt, auch wenn sie, wie z. B. die Eiweißstoffe mit der Kohlensäureassimilation nicht direkt zusammenhängen, so werden auf diesem Wege viel zu hohe Werte erhalten.

Beſſer iſt es daher das bei der Aſſimilation verbrauchte CO_2 zu meſſen und aus ihm die Menge der gebildeten Kohlenhydrate zu berechnen. Man erhält hierbei Zahlen, die natürlich verſchieden ſein müſſen, je nachdem man die Pflanze Stärke oder Zucker bilden läßt. Tatſächlich wird gewöhnlich beides erzeugt und man rechnet daher am beſten mit einem mittleren Wert d. h. pro Gramm Kohlenhydrat 784 ccm oder zirka 1,5 g CO_2. Dieſe Methode ergibt nun pro Quadratmeter Blattfläche und pro Stunde für die Sonnenblume nach Brown 0,4—0,5 g, nach Giltay 0,58 g.

Auch aus der Tiefe der Schwärzung bei der Behandlung mit Jodlöſung laſſen ſich gewiſſe Schlüſſe ziehen; doch iſt dabei zu beachten, daß niemals alle Aſſimilate in Form von Stärke abgelagert werden, ja es gibt, wie wir bald ſehen werden, auch Blätter, die gar keine Stärke bilden.

Der Gaswechſel.

Während Senebier der Anſicht war, daß die Landpflanzen die Kohlenſäure, die ſie in den Blättern verarbeiten, mit den Wurzeln aufnehmen, wiſſen wir heute, daß die Kohlenſäure aus der Luft ſtammt und ihr von

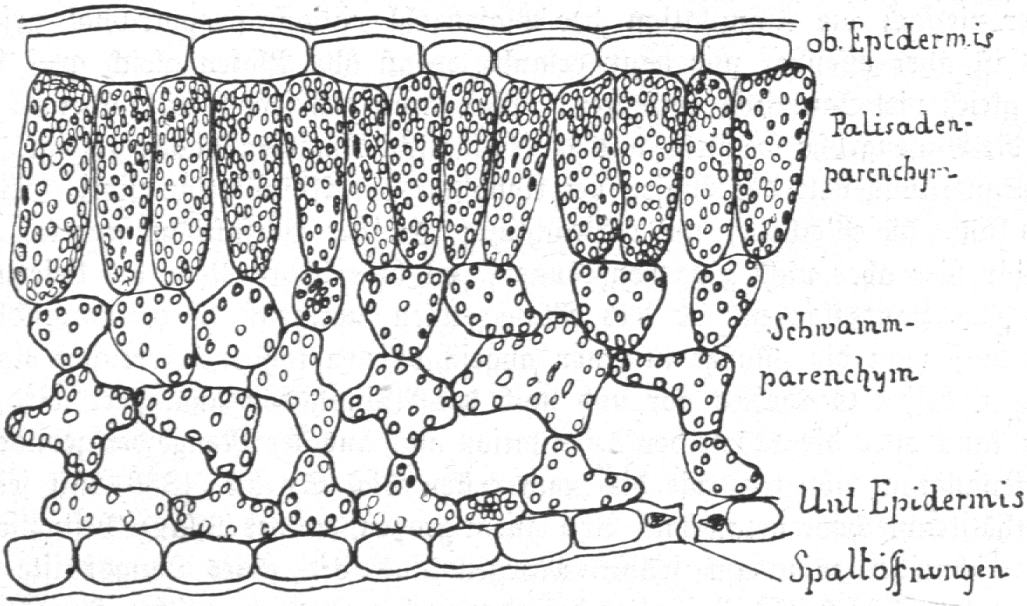


Fig. 1.

den Blättern direkt entzogen wird. Eine Leitung gelöſter Kohlenſäure im Innern der Pflanze iſt damit nicht ausgeſchloſſen, ſpielt aber jedenfalls nur eine ganz untergeordnete Rolle. Ein einfacher Verſuch zeigt dies zur Genüge. Blätter die ſich unter normalen Umſtänden mit Jodlöſung ſtark bläuen, zeigen keine Stärkereaktion, wenn wir die Spreite mit Fett beſtreichen. Bringt man nun kleine Einſchnitte an, ſo weiſt deren Umgebung alsbald Stärke auf.

Es handelt ſich jetzt darum, die Eintrittspforten der Kohlenſäure genauer feſtzuſtellen; dazu müſſen wir aber vorerſt den Blattbau näher kennen lernen.

Fig. 1 gibt eine kleine Partie eines Querſchnittes durch ein Nießwurzblatt. Nach außen iſt es begrenzt durch die Hautſchicht, die als obere und untere Epidermis bezeichnet wird. Unter der obern Epidermis folgt die aus

längsgestreckten, zylindrischen Zellen bestehende Palisadenschicht, zwischen ihr und der untern Epidermis liegt das Schwammparenchym, das den großen Lufträumen zwischen den einzelnen Zellen seinen Namen verdankt. Vorerst interessiert uns besonders die Epidermis. Ihre Zellen schließen lückenlos aneinander mit Ausnahme der Unterseite, welche kleine Öffnungen trägt, die man wegen ihrer spaltenförmigen Gestalt als Spaltöffnungen zu bezeichnen pflegt.

Wenn wir nun an unserm Blatt die Unterseite mit Fett bestreichen, die Oberseite aber ganz unverändert lassen, so bleibt jegliche Assimilation aus. Dies beweist, daß die Kohlensäure nicht durch die Epidermiszellen dringen kann, und daß somit die Spaltöffnungen die gesuchten Eintrittspforten darstellen.

(Versuchen wir dieses Ergebnis durch ein physikalisches Experiment zu prüfen, indem wir auf die eine Seite der obern Epidermis reine Kohlensäure bringen, so läßt sich ein Durchtritt, also eine Diffusion von Kohlensäure durch die spaltöffnungsfreie Epidermis konstatieren. Allein dieser Widerspruch ist nur ein scheinbarer. Er lehrt uns, daß die Epidermis für Kohlensäure zwar permeabel ist, daß aber bei dem geringen Partiärdruck, den die Kohlensäure in der Luft hat, nur so wenig diffundiert, daß dabei keine nachweisbare Assimilation möglich ist. Die Epidermis verdankt diese Eigenschaft der sog. Kutinisierung ihrer Außenwand, d. h. der Einlagerung eines korkähnlichen Stoffes, der für Wasser impermeabel ist und dadurch die Vertrocknungsgefahr des dünnen Blattes in greller Sonne und starkem Wind wesentlich herabsetzt. Eine weitere Tatsache, die in dieser Bedeutung der Spaltöffnungen ihre Erklärung findet, ist das Ausbleiben der Assimilation in welken Blättern. Beim Welken werden nämlich die Spaltöffnungen verschlossen und damit ist der Kohlensäure der Eintritt in das Blatt verwehrt.)

Fragen wir uns weiter, wie viel Kohlensäure ein assimilierendes Blatt wohl aufnehmen muß. Nach den Untersuchungen von Brown und Giltay vermehrt ein Blatt der Sonnenblume pro Quadratmeter und pro Stunde sein Gewicht um 0,4—0,58 g. Die Kohlensäuremenge, die hierzu verbraucht wird, ist etwas verschieden, je nach der chemischen Natur der gebildeten Assimilate. Man kann — wie wir schon früher sahen — einen Mittelwert berechnen oder was noch viel zuverlässiger ist, die assimilierte CO_2 direkt messen. Hiernach nimmt 1 Quadratmeter Blattfläche der Sonnenblume pro Stunde zirka 440 ccm CO_2 auf, und eine ganze Sonnenblume von 1,5 m^2 Blattfläche entsprechend 660 ccm CO_2. Zur Aufnahme der Kohlensäure dienen aber einzig die Spaltöffnungen, welche gewöhnlich nur auf der Unterseite des Blattes sich finden und zudem auch bei maximaler Weite äußerst eng sind. Denn beim Blatt der Sonnenblume ist die einzelne Spaltöffnung nur 0,00009 mm^2 groß, demgegenüber stellt auch der feinste Nadelstich ein großes Loch dar. Dafür sind die Spaltöffnungen allerdings in ziemlich großer Zahl vorhanden, man hat 40 bis 300 pro mm^2 gezählt, in einzelnen Fällen sogar noch mehr. Berechnet man die Anzahl der Spaltöffnungen für ein ganzes Blatt, so kommt man z. B. bei der Sonnenblume zu etwa 13 Millionen. Trotzdem beträgt die Gesamtfläche der

Spaltöffnungen nur 1—3 % der Blattfläche (bei Helianthus z. B. 3 % der Unterseite) und nur diese 1—3 % kommen für die Kohlensäureaufnahme in Betracht. Wie ist es aber möglich, daß unter solchen Bedingungen 1 m^2 Blattfläche pro Stunde einen halben Liter Kohlensäure absorbieren kann? Das ist ja — da die Luft nur 0,03 % CO_2 besitzt — so viel als in 1500 Litern Luft enthalten ist!

Wir gewinnen am besten ein Verständnis für diese Dinge durch Betrachtung eines einfachen physikalischen Versuches. Wir nehmen eine Reihe gleich großer, mit einem Deckel verschlossener Schalen und füllen sie mit Kalilauge, nachdem in jedem Deckel eine kreisförmige Öffnung von verschiedener Weite angebracht wurde. Da die Kalilauge Kohlensäure absorbiert, wird letztere aus der Luft beständig in die Schale hineindiffundieren; es wird also auf diese Weise möglich sein, die Gesetze zu ermitteln, welche die Diffusion unseres Gases durch eine durchlöcherte Scheidewand beherrschen. Da zeigte sich zunächst, daß die diffundierenden Gasmengen nicht der Fläche, sondern dem Durchmesser oder Radius der Öffnung proportional sind. Verhalten sich also die Flächen der Öffnungen wie 4 : 1, so verhalten sich die diffundierenden Mengen wie 2 : 1. (Die Kreisfläche ist bekanntlich $r^2\pi$.) Oder anders ausgedrückt: wird die Öffnung 4mal kleiner, so wird die diffundierende Menge nur 2mal kleiner. Das ist aber offenbar nur möglich, wenn mit Abnahme der Öffnung die Diffussionsgeschwindigkeit zunimmt. Zu einem zweiten Versuch brauchen wir 2 gleich große Schalen. In dem Deckel der einen bringen wir 100 kleine Öffnungen vom Radius r in gehöriger Entfernung von einander an, in dem Deckel der andern eine einzige kreisförmige Öffnung von 10 mal so großem Radius, so daß $R = 10\ r$. Die kleinen Öffnungen zusammen bilden die Fläche $100\ r^2\pi$, die große Fläche hat ebenfalls die Fläche $100\ r^2\pi$. Wäre die Diffusion der Fläche proportional, so müßte in beiden Fällen gleichviel CO_2 absorbiert werden. Tatsächlich geht aber durch die große Öffnung 10mal weniger als durch die Gesamtheit der kleinen. Das entspricht ganz dem erwähnten Durchmessergesetz; denn da die diffundierende Menge dem Radius proportional ist, so muß

$$\frac{\text{Diffusion durch die große Öffnung}}{\text{Diffusion durch 1 kleine Öffnung}} = \frac{10}{1}$$

sein, und entsprechend

$$\frac{\text{Diffusion durch die große Öffnung}}{\text{Diffusion durch 100 kleine Öffnungen}} = \frac{10}{100} = \frac{1}{10}$$

Daraus folgt nun ohne weiteres, daß Fälle denkbar sind, in denen die Diffussion durch den durchlöcherten Deckel ebenso rasch erfolgt, wie wenn gar kein Deckel vorhanden wäre. Das ist nach den Untersuchungen von Brown und Escombe dann der Fall, wenn die einzelnen Öffnungen in ihren Wirkungen sich gegenseitig nicht beeinflussen; ihr gegenseitiger Abstand muß dazu zirka 10mal so groß sein als ihr Durchmesser. Wir haben bisher mit kreisförmigen Öffnungen operiert; da aber die Spaltöffnungen elliptisch sind, so hat diese Gestalt für uns ein besonderes Interesse. Es hat sich gezeigt, daß

eine elliptische Öffnung dasselbe leistet, wie eine kreisförmige von gleicher Fläche, daß also unsere Ergebnisse auch auf die Blätter sich anwenden lassen. Wir greifen da wieder unser Sonnenblumenblattt heraus und finden, daß die Entfernung der einzelnen, auf Kreise reduzierten Spaltöffnungen etwa gleich ihrem 8-fachen Durchmesser ist. Obschon die Fläche der Spaltöffnungen nur 3 % der Epidermis ausmacht, so kann die Diffuntion fast so leicht erfolgen, wie wenn die Epidermis gar nicht vorhanden wäre. Mit dieser Verteilung der Spaltöffnungen könnte das Blatt pro m^2 und pro Stunde 21 bis 26 Liter CO_2 aufnehmen; tatsächlich braucht es aber nur $^1/_2$ Liter, also nur zirka 2 Prozent der theoretisch möglichen Menge.

Wir haben früher gesehen, daß eine einzige Sonnenblume in einer Stunde 660 cm^3, also etwa 1,3 g CO^2 aufnimmt; das macht bei 10stündiger Assimilation 13 g pro Tag oder zirka 400 g im Monat. Das sind aber im Vergleich zu dem geringen Kohlensäuregehalt der Luft — 400 g CO^2 sind in zirka 700,000 Litern Luft enthalten — ganz bedeutende Mengen und da drängt sich denn die Frage auf, ob der Assimilationsgewechsel der gesamten Vegetation der Erde die Zusammensetzung unserer Atmosphäre nicht stark beeinflussen muß. Denken wir uns einmal jeden Quadratmeter Land mit einer Sonnenblume bepflanzt, so würden — bei den 135 Millionen km^2 Festland — der Atmosphäre pro Monat 54 Billionen kg CO_2 entzogen. Da nun der CO_2gehalt der Atmosphäre auf 2500 Billionen kg geschätzt wird, so wäre die Kohlensäure der Atmosphäre in 50 Monaten verbraucht. Mag eine solche Schätzung auch noch so fehlerhaft sein, sie zeigt jedenfalls, daß die Pflanzen durch ihre Assimilationstätigkeit der Atmosphäre in wenigen Jahren die gesamte Kohlensäure zu entziehen vermögen. Faktisch findet sich aber heute ebenso viel Kohlensäure in der Atmosphäre wie vor 10 oder 50 Jahren; der Kohlensäuregehalt erweist sich als konstant, solange er überhaupt geprüft wird. Das ist offenbar nur dadurch möglich, daß Kohlensäure ständig in entsprechender Menge an die Atmosphäre abgegeben wird. Nun liefert die Menschheit durch Atmung jährlich 0,4 Billionen kg CO_2, dazu kommt die Atmung der Tier- und Pflanzenwelt, sowie die Ausscheidung kohlensäurehaltiger Quellen und der Vulkane. Bedeutende Mengen entstehen ferner durch Verbrennen von Holz und Kohle; Boussingault berechnete 1844, daß die Stadt Paris täglich zirka 3 Millionen m^3 CO_2 erzeugt, d. h. zirka 6 Millionen kg; die Krupp'schen Werke allein sollen täglich $2^1/_2$ Millionen kg Kohlenstoff als Kohlensäure in die Luft abgeben. Diese Kohlensäure muß dann durch Luftströmungen und Diffusionsvorgänge gleichmäßig verteilt werden. Lassen sich auch die Vorgänge nicht bis in die Einzelheiten verfolgen, so zeigt doch jedenfalls die konstante Zusammensetzung der Luft, daß die Kohlensäure aufnehmenden und abgebenden Prozesse sich ausgleichen müssen. Schlösing betrachtet die Ozeane als den Regulator des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre. Den CO_2-Gehalt der Atmosphäre schätzt Krogh auf $2{,}4.10^{12}$ Tonnen, den des Meerwassers 27mal größer. Bei Temperaturzunahme geben die Ozeane CO_2 ab.

Das vorstehend Gesagte bezieht sich auf Landpflanzen; wir haben daher noch mit einigen Worten der untergetauchten Wasserpflanzen zu gedenken. Sie entnehmen die CO_2 dem umgebenden Wasser. Spaltöffnungen spielen dabei natürlich keine Rolle, denn sie gehen den submersen Gewächsen je ab. Es ist hier vielmehr die ganze Oberfläche der Pflanze, welche die Kohlensäure hineindiffundieren läßt. Die Kutikula, welche diese Diffusion bei den Landpflanzen hinderte, fehlt hier. (Fortsetzung folgt.)

Einige geophysikalische Fragen.

Von Dr. H. P. Baum.

Sind nach dem im 1. Beitrag (Vgl. M. Sch. Nr. 3, S. 33.) Gesagten Gründe genug vorhanden, daß, wie Böse sagt, „die Kontraktionstheorie längst nicht mehr als voll anerkannt wird", so ist die weitere Frage, was an ihre Stelle gesetzt werden kann? Es ist nämlich kein Zweifel möglich, daß auch die am Schlusse unseres früheren Aufsatzes berührte Lösung durch Auf- und Absteigen der Erdschollen nicht ernstlich in Betracht kommt. Zunächst ist zu betonen, daß wir uns heute das Erdinnere, mag es aus welchen Stoffen bestehen wie immer möglich, als eine derart stark zusammengepreßte Masse jedenfalls zum Teil schwerer Stoffe vorstellen müssen, daß ein weiteres nennenswertes Zusammendrücken ausgeschlossen erscheint, ein Versinken ganzer Erdschollen demnach ein Ding der Unmöglichkeit ist. Die früher erwähnten Ergebnisse der Schweremessungen stehen ebenfalls mit dem Untertauchen größerer Erdschollen im Widerspruch, denn wären die Meeresschollen, als gesunkene Festländer, von demselben Material wie diese, so müßte auf den Meeren, wo doch eine oft 7—9 km dicke Wasserschicht vorhanden, unbedingt ein Schweredefizit vorhanden sein. Da dies tatsächlich nicht der Fall, so muß der Fehlbetrag der Wasserschicht durch die größere Schwere des Meeresbodens ausgeglichen werden.

Bei der Behandlung der Frage, woher, bei Verzicht auf die Schrumpfungstheorie, die Faltengebirge, ist zunächst die Fragestellung genauer zu fassen. Die Schrumpfungstheorie wollte nämlich mit einem Schlag drei an sich ganz verschiedene Fragen beantworten, nämlich: 1. Woher stammen die zum Zusammenschub und Auftürmen der Schichten erforderlichen Kräfte? 2. Woher kommt der Materialüberschuß, der sich in den vielfachen Falten und Decken kundgibt? und endlich auch noch 3. Wie hat man sich des Näheren die Entstehung der Kettengebirge vorzustellen? In betreff der ersten Frage verweist die Schrumpfungstheorie auf den bei der Zusammenziehung des Erdkerns in der Rinde auftretenden Gewölbedruck. Die zweite Frage beantwortet sie mit dem Hinweis darauf, daß der sich zusammenziehende Kern eine stets kleiner werdende Kugelschale erfordere, so daß die in sich zusammenbrechende Erdkruste einen Teil ihres Materials herauspressen könne und müsse. Die Plastizität der unter Druck stehenden Kruste erkläre es dann 3. daß dies unter Bildung von Falten und Decken geschehe.

Es wäre nun eine unbillige Forderung, daß eine neue Theorie diese drei Fragen ebenso aus demselben Grundprinzip erklären solle, und wie man leicht sieht, drängt sich, bei Aufgabe der Kontraktionstheorie, vor allem die zweite Frage auf: Woher kann der in den Gebirgen vorhandene Materialüberschuß dann stammen?

Hier setzt nun die vor einigen Jahren vom Marburger Geophysiker A. Wegener aufgestellte Annahme der Kontinentalverschiebungen ein. Der Gedanke, daß sich die Schollen der Erdkruste auf dem Kern horizontal verschieben, ist bereits 1875 von Neumayr betont und namentlich in den letzten 20 Jahren weiter verfolgt worden. So fand er, um nur an bekannter gewordene Theorien zu erinnern, in den Polverschiebungsansichten z. B. von Simroth, Kreichgauer, Jacobitti weitgehendste Verwendung. Wie verschieden diese Anschauungen auch in Einzelheiten sind, ihnen allen liegt die Annahme zu Grunde, daß Länderstrecken resp. Kontinente, die heute unter niederen Breiten liegen, zu bestimmten Zeiten unter den Polen lagen. Wenn es sich hierbei auch zum großen Teil um eine Verlegung der Rotationsachse der Erde handelt, so treten doch auch Verschiebungen der Schollen auf. Immerhin stehen die Verfechter dieser Theorien auf dem Boden der Kontraktionstheorie, so daß sie sich das Gleiten der Erdkruste als das einer dabei geschlossen und einheitlich bleibenden Schale vorstellen.

Damit kommen wir zum wesentlichen Kern der Theorie von Wegener,[1]) er läßt die Kontinentalschollen sich verschieben und dabei den Zusammenhang zwischen ihnen zerreißen. Hat s. Zeit Eduard Süeß für die Kontraktionstheorie den prägnanten Satz geprägt: „Der Zusammenbruch des Erdballs ist es, dem wir beiwohnen," so kann man die Wegener'sche Anschauung kurz in die Worte zusammenfassen: „Die Häutung der Erde ist es, der wir beiwohnen!"

Skizzieren wir nämlich kurz seine Theorie, so haben wir folgenden Gedankengang: Nach der Ansicht von Süeß dürfte ein Querschnitt der ursprünglichen Erde etwa folgendes Bild zeigen: Der Erdkern, dessen Material hauptsächlich aus Nickel und Eisen (nach Süeß kurz „Nife" genannt) besteht, hat einen Radius von zirka 4800 km. Auf ihn folgt ein Silikatmantel von zirka 1500 km Mächtigkeit, dessen Hauptbestandteile Silicium und Magnesium bilden (daher kurz als „Sima" bezeichnet), der von einer vielleicht 30 km dicken Lithosphäre umgeben, bestehend aus leichteren, vorzugsweise Aluminium haltigen Silikaten. (daher „Sal" benannt.) „Die ozeanischen Wassermassen mögen im Anfang als eine ‚Panthalassa' von etwa 3 km Tiefe (nach Penks Berechnung 2,64 km) die ganze Erde bedeckt haben". Der Schmelzpunkt des Sal liegt im allgemeinen etwa 200 bis 300° höher als der des Sima, so daß bei gleicher Temperatur festes Sal und magmatisches Sima bestehen kann. Außerdem ist zu bemerken, daß auch das als „fest" bezeichnete Gestein unter Druck für langsam wirkende Kräfte sich

[1]) Die Entwicklung der Kontinente und Ozeane. Heft 23 der Sammlung Vieweg.

plastisch und zähflüssig verhält. Die Theorie nimmt nun an, daß die salische Lithophäre, durch uns einstweilen nicht bekannte Kräfte, zerrissen und zu „Kontinental"schollen zusammengeschoben (gefaltet) wurde. Wegener selbst entwirft folgendes Entwicklungsbild: „Überall, wo wir bisher alte Landverbindungen in die Tiefen des Weltmeeres versinken ließen, wollen wir jetzt annehmen, daß die beiden Kontinentalschollen (Amerika Europa-Asien-Afrika) früher dicht neben einander gelegen, ja eine einzige Tafel gebildet haben, und daß ihre Teile erst durch eine Spalte getrennt und . . . im Laufe geolog. Zeiträume von einander fortgezogen wurden. So wollen wir den Atlantik als eine erst im Tertiär aufgerissene riesenhafte Spalte auffassen, bei deren weiter fortschreitender Erweiterung am Westrande der amerikanischen Schollen . . . die Anden aufgestaut wurden. Wir wollen weiter annehmen, daß Grönland noch zur Eiszeit mit Europa und Nordamerika ohne Zwischenglied zusammengehangen hat . . . Die Ketten des Himalaja erscheinen dann als das Resultat des enormen, noch immer andauernden Zusammenschubes der langen Halbinsel Lemuria-Vorderindien, und Australien mit Neuguinea schiebt sich, nach Norden drängend, erst in jüngster geologischer Zeit zwischen die Ausläufer Hinterindiens, seine Fremdartigkeit in dieser Umgebung durch den Unterschied der Faunen („Wallacegrenze") heute noch dokumentierend. Statt des versunkenen Gondwanalandes nehmen wir an, daß Südamerika, Südafrika, Vorderindien und Australien sich einst unmittelbar berührt haben, wodurch die bisher hoffnungslos weit zerstreuten Spuren permischen Inlandeises konzentrisch zu einer polaren Eiskappe plausibler Größe zusammenrücken."

Wahrlich, das Bild, das wir nach diesen Annahmen uns von der Beschaffenheit und Entwicklung unserer Erdrinde machen müssen, ist wie der Verfasser selbst gesteht, ein neues und paradoxes, aber man wird sogleich zugeben müssen, daß die geniale Theorie eine ganze Reihe bisheriger Schwierigkeiten beseitigt oder löst. Betrachten wir sie in Bezug auf unsere obige zweite Frage, so sagt sie uns, die Faltengebirge der Erde sind eben durch Aufstauung der salischen Lithosphäre entstanden, aus der überhaupt die Kontinente mit ihren Schelfen bestehen, der eigentliche Meeresboden ist *simisches Gestein*, d. h. schwereres Material, wie es ja auch die Schweremessungen fordern.

Doch all die obigen Annahmen mögen ja wohl geeignet sein gewisse Schwierigkeiten zu lösen, die Hauptfrage bleibt dabei aber doch, ob die Theorie nicht ad hoc aufgestellt ist, mit anderen Worten: Sind denn diese Annahmen wirklich begründet? Vorab ist, wie bereits gesagt, die Annahme von Horizontalverschiebungen nicht nur nicht neu, sondern von manchen Forschern es auch ausgesprochen worden, daß eine Erklärung mancher Befunde ohne sie unmöglich sei. Die schon längere Zeit von verschiedener Seite betonte merkwürdige Parallelität der Küste von Europa-Afrika einer- und der entgegengesetzten Amerikas andererseits führte z. B. bereits 1907 Pickering zu der Vermutung, Amerika sei von Europa-Afrika abgerissen und fortgetrieben

worden. Ferner wollte Taylor (1910) die tertiären Faltengebirge durch den Schub der Kontinentalmassen erklären. „Dort," sagt Taylor, „wo der alte indo-afrikanische Block am weitesten wie ein Keil in die asiatische Masse eindrang, am Himalaja und Pamirplateau wurden die Falten am engsten zusammengepreßt und erhoben sich die gewaltigsten Hochländer und höchsten Bergketten." Und Taylor schließt daraus, daß der gebirgsbildende Druck vom Kontinent ausging. Ähnliches findet er für Europa und Amerika, wo er die besondere Breiten- und Höhenentwicklung des Gebirgsknotens von Alaska durch das Zusammenwirken des Druckes von Asien und Nordamerika her erklärt. Die Druckwirkungen sind auf der Nordhalbkugel vom Pol gegen den Aequator hin gerichtet. Auch weist Taylor auf den merkwürdigen Parallelismus der westlichen und östlichen Küsten der Baffinbai und der Davisstraße hin und bemerkt, daß man, da auch der Bau der gegenüberliegenden Gebiete ein ganz entsprechender sei, den Eindruck erhalte, als sei der nordamerikanische Kontinent um 900 km noch Südwest vom alten Horste Grönland abgerückt. Ebenso macht Taylor wahrscheinlich, daß auch Europa-Asien zur Zeit und im Zusammenhang mit der tertiären Gebirgsbildung von Grönland abgerückt ist. Wie man sieht hat die Theorie von Taylor viel Ähnlichkeit mit der Wegeners und doch hat letzterer seine Ansicht nicht nur, wie er selbst versichert, unabhängig von jenem Forscher gewonnen und auch bereits im Anfang des Jahres 1912 veröffentlicht, sondern die beiden Anschauungen stehen auf ganz verschiedenen Grundlagen. So z. B. führt Wegener alle Ozeanbildung auf das Zerreißen und Übereinanderschieben der salischen Lithosphäre, wodurch diese Schollen verdickt und so zu Kontinenten werden, während Taylor, nach Darwins Vorgang, den Pazific als Rest des vom Mond bei seiner Abtrennung von der Erde zurückgelassenen Loches betrachtet. Bei Taylor sind die verschobenen Kontinente Erdschollen im früher gebräuchlichen Sinne von Stücken der festen Erdrinde überhaupt, nach Wegener verschiebt sich die salische Schicht, die allein die Kontinente und ihre Schelfe bildet, auf dem Sima.

Sehen wir uns nun nach weiteren Tatsachen um, die eine solche Verschiebung als wahrscheinlich erscheinen lassen, so mögen zuerst der Atlantik und seine Küsten erörtert werden. Daß dieser Ozean, wenigstens in seiner jetzigen Ausbildung, erst tertiären Ursprungs ist, wurde schon längere Zeit allgemein anerkannt, denn von den, aus palaeobiologischen, geophysikalischen und klimatologischen Gründen, angenommenen Landbrücken sollte die zwischen Süd-Amerika und Afrika angenommene gegen Ende des Eozän, die zwischen Nord-Amerika und Europa sogar erst im Miozän versunken sein. Es hat auch nicht an Stimmen gefehlt, die eine Gleichzeitigkeit der Entstehung dieses Ozeans (allerdings durch Einbruch der Erdscholle) mit der der tertiären Faltengebirge und sogar einen ursächlichen Zusammenhang annahmen. Vor allem aber zeigt die nähere Betrachtung der beiden hier in Frage stehenden und wie bereits gesagt so auffallend parallelen Küsten in Aufbau und Formation eine merkwürdige Übereinstimmung. Wie jeder Atlas zeigt, findet jeder

Gebirgszug diesseits des Ozeans seine Fortsetzung an der jenseitigen Küste, wobei diese nicht nur eine äußerliche ist, sondern die Gebirge stimmen in Material und Bauart überein. So entspricht dem ungefalteten Rest karbonischer Ablagerung, die in Nordostgrönland an der Küste jäh abbricht, genau die gegenüberliegende Stelle Spitzbergens. Das algonkische Gneisgebirge der Lofoten, Hebriden und Nord-Schottlands findet man wieder in denen von Kumberland und Labrador-Kanada. Sollte hier, wie z. B. Dacqué annahm, die Kette über den Ozean hinübergereicht haben, so müßte ein zirka 3000 km langer Gebirgszug als versunken angenommen werden. Ebenso verläuft die Fortsetzung des sogen. Kaledonischen Gebirges in Norwegen-Nordengland im Norden von Neufundland. Ganz auffallend ist die Übereinstimmung namentlich beim karbonischen Faltengebirge, das auf dem Kontinent bogenförmig gegen WNW und dann W verlaufend, an der Südwestküste Irlands und der Bretagne als wild zerrissene Küste jäh abbricht. Die Vermutung Süeß' man müsse die Fortsetzung dieses Zuges unter dem Ozean und jenseits desselben suchen, würde durch Betrand bestätigt, der sie in den Ausläufern der Appalachen auf Neuschottland und Neufundland nachwies (Vergl. Fig 1). Dort endet ebenfalls ein karbonisches Faltengebirge, wie das europäische nach Norden gefaltet, mit gleichgestalteter zerrissenen Küste. Beide Gebirge stimmen auch palaeontologisch weitgehendst überein. Um nur noch auf eine merkwürdige Übereinstimmung hinzuweisen, sei erwähnt, daß nach Keidel das vom übrigen Afrika sich eigenartig abhebende Kapgebirge seine natürliche Fortsetzung in den Sierren südlich von Buenos Aires findet, die heute von ersteren zirka 6700 km abstehen. Wie Fig. 1 (in der die starken Linien die Schelfränder, die dünnen die Küsten bezeichnen) zeigt, passen die Schollen sich einer Rekonstruktion zu einer einzigen recht gut an. Da namentlich Südamerika dazu noch eine größere Drehung machen muß, so ist die Annahme naheliegend, daß die zur Trennung führende Spalte, der heutige Atlantik, von Süden her aufgerissen wurde und die Loslösung und Verschiebung allmählich nach Norden fortschritt. Zu den oben erwähnten Resultaten der früheren palaeontologischen Forschung stimmt auch dies gut, während ein Versinken

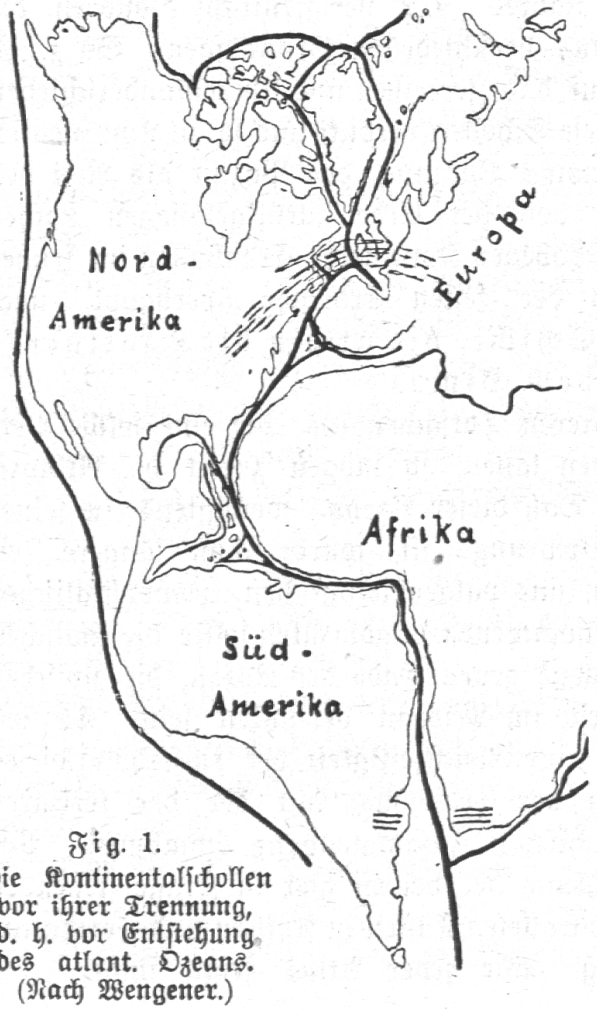


Fig. 1.
Die Kontinentalschollen vor ihrer Trennung, d. h. vor Entstehung des atlant. Ozeans.
(Nach Wegener.)

ſo großer Landbrücken faktiſch nur eine für die Palaeontologie zurechtgelegte Annahme iſt, die ſonſt in keiner Weiſe befriedigt. Abgeſehen nämlich von der großen Unwahrſcheinlichkeit des Abſinkens ſolch ausgedehnter Länderſtrecken gibt dieſe Theorie gar keinen Aufſchluß, wieſo denn der Meeresſpiegel, trotz der Entſtehung eines ſo großen Einbruches ſeine Höhe beibehalten konnte, was doch jedenfalls annähernd der Fall. Im Lichte dieſer neuen Theorie wird nun auch die im erſten Beitrag berührte Erſcheinung klar, daß die Faltengebirge den Meeren entſtiegen, es ſind eben die zuſammengeſtauten Schelfe, niemals aber Tiefſeeboden.

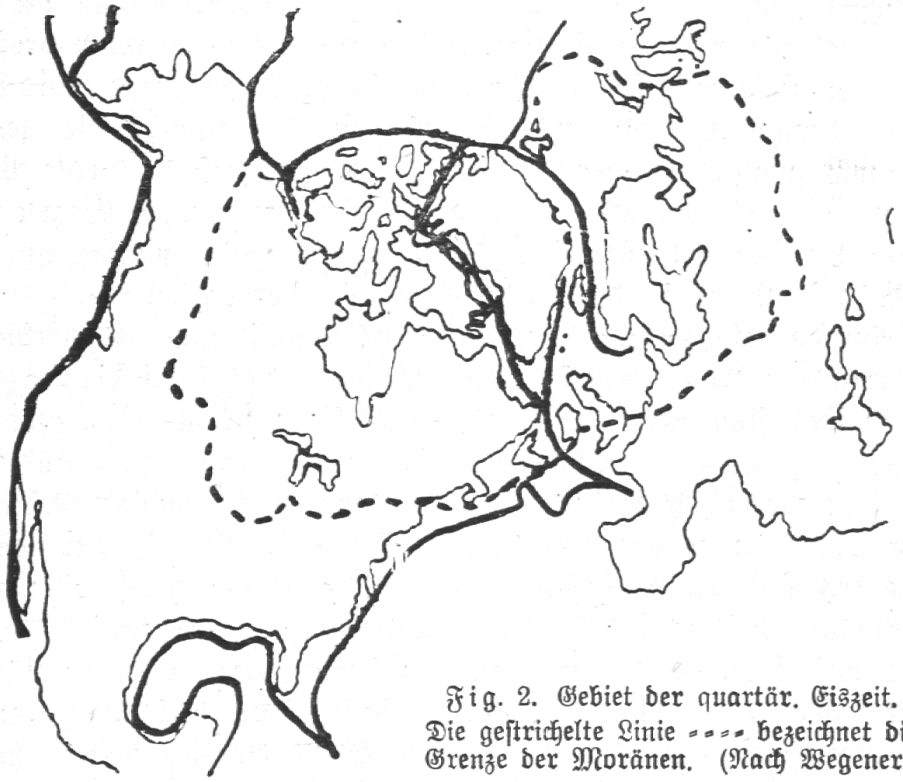


Fig. 2. Gebiet der quartär. Eiszeit. Die geſtrichelte Linie - - - - bezeichnet die Grenze der Moränen. (Nach Wegener.)

Beſonders einige viel umſtrittene Fragen empfingen aber durch dieſe Wegener'ſche Theorie eine eigenartige Beleuchtung und Löſung, nämlich die betr. der quartären und permo-karboniſchen Eiszeit. Bekanntlich haben all die oft ſcharfſinnig erdachten Erklärungsverſuche für die Entſtehung einer Eiszeit verſagt. Da eine Periodizität derſelben nicht nachweisbar iſt, die Temperaturerniedrigung aber auch durchaus nicht als eine allgemeine für die ganze Erde anzunehmen iſt [1]) da ſich dafür in entſprechenden Lagen verſchiedener anderer Länder keine Anzeichen aufzeigen laſſen, andererſeits man aber gute Gründe hat für eine zur europäiſchen Eiszeit polar gelegene gleichzeitige auf der ſüdlichen Halbkugel anzunehmen, ſo iſt man ſchließlich zu der von Nathorſt neu betonten Anſicht Neumayrs zurückgekommen, daß die Eis-

[1]) Aus dieſem Grunde dürfte auch die Theorie von Daly über die Entſtehung der Korallenriffe (Vergl. „Mittelſchule" Nr. 3 S. 41 lfd. Jahrg.) kaum annehmbar erſcheinen An eine Erſtreckung der Abkühlung um 5—10° „über die ganze Erde" wird heute wohl, vielleicht Arrhenius und einige andere ausgenommen, kein Forſcher mehr denken

bedeckungen der sog. Eiszeiten nur die vielleicht etwas stärker ausgebildeten normalen Polarkalotten seien, mit andern Worten, daß die betreffenden Gegenden damals Polarländer waren. Diese Theorie der Polwanderung ist heute wohl kaum noch ernstlich bestritten, und die Annahme, daß der Nordpol im Laufe des Tertiärs etwa von der Gegend der Behringsstraße nach Grönland wanderte, dürfte, wenigstens in den Grundzügen, die Lösung des ganzen Eiszeitproblems enthalten. Die Kontinentalverschiebungs-Theorie bringt nun hier die Lösung einer Reihe bisher noch übrigbleibender Schwierigkeiten, während sie aus einem Eiszeit-Befund eine wichtige Stütze empfängt. Die Hauptschwierigkeit, die auch nach Annahme des Nordpols für die Gegend von Grönland während der Eiszeit blieb, war die ungewöhnlich große Ausdehnung der Polareisdecke, die sich über Nord-Europa und Nord-Amerika erstreckte. Nimmt man aber mit Wegener an, daß damals die genannten Länder noch zusammenhingen, so zeigt die Fig. 2, daß nur eine Polareiskappe von zirka 30° Radius das ganze Gebiet der großen Eiszeit bedeckt. Was nun bei der Rekonstruktion der Kontinentaltafel wichtig ist, ist der Umstand, daß die Linie der Endmoränen in Europa lückenlos sich an jene in Nordamerika anschließt, was wohl kaum jemand als merkwürdigen Zufall betrachten kann. Nicht minder erfolgreich erweist sich die Wegener'sche Ansicht in ihrer Anwendung auf die bisher jeder Erklärung spottende permokarbonische Eiszeit, die in Süd-Afrika, Indien, Australien und Süd-Amerika nachgewiesen ist. Nach der neuen Theorie lagen aber all diese Gebiete beim heutigen Südafrika, so daß auch hier nur nötig ist, für die betreffende Zeit die Lage des Südpols in Südafrika anzunehmen, um durch eine normale Polareiskappe von 30—35° Radius diese „Eiszeit" zu erklären.

Es würde zu weit führen noch auf die interessanten Ausführungen Wegeners über das Schicksal Indiens, Australiens usw. einzutreten, die Interessenten seien betreff dieser und anderer Punkte auf seine letzte oben angegebene ausführliche Veröffentlichung hingewiesen.

Nur kurz müssen wir noch sehen, wie unsere erste der obigen Fragen vom Verfasser beantwortet wird. Im obigen Zitat bezeichnet er die Kräfte, die bei der Verschiebung, (also auch Gebirgsbildung) tätig, als einstweilen unbekannt. Aus dem Zusammenhang ergibt sich, daß Wegener an Strömungen des Sima denkt, für die er auf einige etwaigen Gründe hinweist, (Flutwirkung, Rotationswirkung usw.) ohne sich für eine bestimmte Ursache direkt zu erklären. Unsere obige dritte Frage liegt völlig außerhalb des Themas, denn die eigentliche Mechanik der Entstehung der Gebirge ist eine Frage für sich. Für wichtig halten wir aber auch in dieser Beziehung den Hinweis des Verfassers, daß die Frage nach der Kraft für die „Hebung" der Gebirge eine falsche Vorstellung einschließt, da doch wegen der Isostasie der Erde tatsächlich nur zirka 5% eines Gebirges über dem Niveau liegen, die eigentliche Masse also hinabgedrückt wird. Bei der Gebirgsbildung wird u. E. überhaupt die Isostasie viel zu wenig, vielfach überhaupt gar nicht, berücksichtigt.

4. Jahrgang. Nr. 6. 29. Aug. 1918.

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe | Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Das Blatt. — Ein Blick in den Haushalt des Mutterkornpilzes. — Bücherecke.

Das Blatt.

Von A. Ursprung, Freiburg.

(Fortsetzung.)

Die Assimilationsprodukte.

Wir haben bisher unsern Betrachtungen das folgende Schema zu Grunde gelegt:

$$6\ CO_2 + 5\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\ O_2$$

Stärke

Tatsächlich läßt sich in vielen Blättern Stärke als Assimilationsprodukt leicht nachweisen. Wie wir sahen, zeigen sie am frühen Morgen mit der Jodprobe keine Bläuung, wohl aber nachdem sie einige Zeit assimiliert haben. Doch nicht alle Blätter bilden Stärke. Solaneen und Papilionaceen erzeugen im allgemeinen sehr viel, Allium, Scilla und viele andere Liliifloren, sowie auch manche Orchideen dagegen gar keine. Zwischen diesen Extremen gibt es mancherlei Übergänge. Wo Stärke fehlt, hat man dafür Zucker gefunden und pflegt daher auch zwischen Stärke- und Zuckerblättern zu unterscheiden. Für Zuckerblätter hat man das obige Schema etwas abzuändern und zu schreiben:

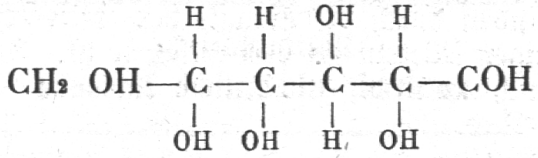
$$6\ CO_2 + 6\ H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Traubenzucker

Aber auch da wo Stärke auftritt, ist sie jedenfalls nicht das erste Assimilationsprodukt. Man hat z. B. bei der Alge Spirogyra beobachtet, daß Sauerstoff sofort gebildet wird, Stärke aber erst nach 5 Minuten. Auch ist es a priori unwahrscheinlich, daß aus CO_2 und H_2O sofort ein so komplizierter fester Körper entsteht. So kommt man zur Anschauung, daß alle Blätter zuerst Zucker bilden; die einen speichern ihn als solchen auf, die andern führen ihn in Stärke über. Daß das Blatt tatsächlich aus Zucker Stärke bilden kann, ist leicht zu zeigen; man braucht nur stärkefreie Blätter im Dunkeln auf Zuckerlösungen zu bringen und nach einiger Zeit die Jodprobe zu versuchen. Da Stärkebildung auch im Dunkeln erfolgen kann, so braucht sie mit der Assimilation der Kohlensäure direkt nichts zu tun zu

haben; sie tritt in den Stärkeblättern offenbar erst dann auf, wenn die löslichen Kohlenhydrate in den Zellen in zu großen Mengen angehäuft sind. Nun ist aber auch der Zucker selbst wieder so kompliziert gebaut, daß man ihn nicht als erstes Assimilationsprodukt auffassen kann. Die einander gegenübergestellten Formeln von Kohlendioxyd und Wasser einerseits und Zucker andererseits lassen dies ohne weiteres

$\underset{\text{Kohlendioxyd}}{CO_2}$, $\underset{\text{Wasser}}{H_2O}$,



Traubenzucker

verständlich erscheinen.

Bei der Suche nach dem ersten Assimilationsprodukt ergeben sich gewisse Anhaltspunkte aus dem Umstande, daß das Verhältnis zwischen der verbrauchten Kohlensäure und dem gebildeten Sauerstoff ungefähr 1 ist : $\frac{CO_2}{O_2} = 1$. Man könnte einmal denken an eine Zerlegung der Kohlensäure nach der Formel $CO_2 = C + O_2$; da aber im Blatt nie freier Kohlenstoff entsteht und es denselben auch nicht verwerten kann, so ist dies ausgeschlossen. Kommt Kohlenstoff selbst nicht in Frage, so liegen die einfachsten organischen Verbindungen am nächsten, das sind die Kohlenwasserstoffe. Für ihre Bildung ließe sich das Schema aufstellen:

$CO_2 + 2\,H_2O = \underset{\text{Methan}}{CH_4} + 2\,O_2$. Aber auch das kann nicht stimmen, denn einmal ist obiges Verhältnis nicht 1, sondern $^1/_2$ und ferner ist das Blatt nicht imstande, Methan weiter zu verarbeiten.

Wesentlich besser steht es mit einer Hypothese, die der Chemiker v. Baeyer im Jahre 1870 aufgestellt hat. Er läßt als erstes Assimilationsprodukt Formaldehyd entstehen, was nach dem Schema

$CO_2 = CO + O$, $CO + H_2O = \underset{\text{Formaldehyd}}{HCOH} + O$ oder

$H_2CO_3 = HCOH + O_2$ erfolgen kann, je nachdem man vom Anhydrit der Kohlensäure, dem Kohlendioxyd CO_2 ausgeht oder aber vom Hydrat H_2CO_3. Wir haben bisher CO_2 als Kohlensäure bezeichnet, wie das meistens üblich ist; korrekter wäre es natürlich von Kohlendioxyd zu reden. Indessen scheint nach den neuesten chemischen Angaben Kohlendioxyd in Wasser nur in bescheidenem Maße — weniger als 1 % — als Hydrat gelöst, also als wirkliche Kohlensäure vorhanden zu sein, während zu 99 % Kohlendioxyd als solches in der Lösung vorkommt. Die Behauptung, es könne, da eine wässerige Lösung vorliege, nur H_2CO_3 in Betracht fallen, besteht also jedenfalls nicht zu Recht.

Wollen wir diese Hypothese auf ihre Richtigkeit prüfen, so ist zu untersuchen, 1. ob die Pflanze auf dem angegebenen Wege Formaldehyd bildet und 2. ob sie aus diesem Zucker erzeugt. Aber diese Prüfung ist keine so einfache Sache.

Wenn der Chemiker in der Pflanze einen Stoff nachweisen will, so muß er sie analysieren, und damit er dieses kann, muß er sie töten, trocknen und mit zahlreichen Chemikalien behandeln. Die hunderterlei Substanzen, — die Enzyme nicht zu vergessen — die in den lebenden Zellen und Zellbestandteilen enthalten und sorgfältig getrennt waren, werden hierbei vermischt, wobei altes vergehen und neues entstehen kann. Die Analyse der lebenden Pflanze, die wir suchen, ist also jedenfalls nur in beschränktem Maße zu finden durch die Analyse der toten Pflanze, die einzig mit unsern gegenwärtigen Mitteln zu verwirklichen ist. Aber damit sind die Schwierigkeiten noch nicht zu Ende. Die Unmenge, vielfach erst wenig bekannter Stoffe des Pflanzenleibes sind zum Teil Endprodukte, zum Teil Zwischenglieder des Stoffaufbaues, zum Teil aber auch Glieder des Stoffabbaues. Wenn uns die Analyse nicht einmal sagt, ob der betreffende Stoff wirklich auch schon in der lebenden Pflanze vorhanden war, so kann sie uns noch weniger Aufschluß geben, ob es sich dabei um die Vorstufe der Zuckersynthese oder um irgend ein anderes Glied des hundertfältigen Stoffwechsels handelt. Bisher nahmen wir den relativ günstigen Fall an, die Analyse liefere wirklich den gesuchten Stoff. Wenn wir ihn aber nicht finden; was dann? Angenommen es hätte sich im Blatt kein Formaldehyd nachweisen lassen; folgt daraus die Unrichtigkeit der Baeyerschen Hypothese? Formaldehyd ist von Baeyer nur als Zwischenprodukt gedacht, das vom CO_2 zum Zucker führt, es wird also offenbar nach seiner Bildung nicht gespeichert, sondern weiter verarbeitet, und diese Verarbeitung muß rasch geschehen, wenn — wie wir hörten — in 5 Minuten nicht nur Zucker, sondern bereits Stärke gebildet ist. Da läßt sich doch wohl denken, daß ein solches Zwischenprodukt jederzeit in nur so geringer Menge vorhanden ist, daß es dem analytischen Nachweis entgeht. Das sind keine rosigen Aussichten für den, der sich der Mühe solcher Analysen unterziehen will.

Trotzdem haben viele die Arbeit gewagt, was bei der Wichtigkeit des Problems sehr zu begrüßen war. Und das Resultat? Dutzendemal haben wir die Freude der Entdeckung des vielgesuchten Formaldehyds erlebt und jedesmal kam die Enttäuschung auf dem Fuße. Endlich vor wenigen Jahren schien der sichere Nachweis geführt zu sein von Curtius und Franzen, die ungeheure Blattmengen zu diesem Zwecke verarbeitet hatten. Aber auch hier konnte ein Irrtum nachgewiesen werden, und so ist denn auch heute der Nachweis von Formaldehyd in Blättern nicht geführt.

Daß man sich um den Formaldehydnachweis noch in letzter Zeit so sehr bemüht hat, ist vom chemischen Standpunkt leicht verständlich. Schon längst ist es Chemikern geglückt, aus Formaldehyd unter Einwirkung von Alkalien Zucker herzustellen. Bereits Baeyer konnte sich auf ein solches Ergebnis stützen, und da man sich eine einfachere Zuckersynthese kaum vorstellen kann, liegt die Vermutung nahe, daß in der Pflanze, dem besten chemischen Laboratorium der Welt, der gleiche Vorgang sich abspiele. Außerdem liegen aus den letzten Jahren Angaben vor über Bildung von Formaldehyd aus Kohlensäure und Wasser im ultravioletten Licht, und so wäre rein chemisch die ganze Überführung vollzogen.

Durch Ultraviolett wird CO_2 zerlegt in CO und O, H_2O in H_2 und O, während aus H_2 und CO Formaldehyd entsteht:

$$2\ CO_2 = 2\ CO + O_2$$
$$2\ H_2O = 2\ H_2 + O_2$$
$$CO + H_2 = HCOH$$

Formaldehyd polymerisiert sich zu Glykolaldehyd, der bei erneuter Polymerisation Akrose, einen Zucker, bildet:

$$2\ HCOH = CH_2OH\ .\ CHO; \qquad 3\ CH_2OH\ .\ CHO = C_6H_{12}O_6$$

Formeldehyd — Glykolaldehyd — Zucker

Zu diesen Versuchen dient die Quecksilberlampe, die viele intensive kurzwellige ultraviolette Strahlen liefert.

Da jedoch die Sonne nach Passieren der Erdatmosphäre viel zu wenig Ultraviolett enthält, um Ähnliches bewirken zu können und da zudem die leistungsfähigen kurzwelligen Strahlen der Quecksilberlampe die Pflanze töten, so ist dem Physiologen mit diesen Erfolgen der Chemiker noch wenig geholfen. Es sei hier ferner auf einen Punkt hingewiesen, der manchem als unüberwindliches Hindernis erscheinen dürfte. CO und Formaldehyd, die beiden Körper, die als Zwischenprodukte figurieren, sind bekannte Gifte. Sollte nicht das allein genügen, um der Hypothese das Genick zu brechen? Während Kohlenoxyd bis vor kurzem für die Pflanzen als ziemlich unschädlich galt, ist es nach neueren Untersuchungen entschieden auch für sie als Gift anzusprechen. Bei Formaldehyd besteht in dieser Hinsicht kein Zweifel. In ganz geringen Dosen, und nur solche kommen hier in Betracht, kann aber ein „Gift" oft fast entgegengesetzte Wirkungen besitzen. So hat man an höheren Pflanzen bei mäßiger Zufuhr gasförmigen Formaldehyds nicht nur keine Schädigung, sondern eine günstige Beeinflussung des Trockengewichtes beobachtet. Ob eine Verarbeitung des Aldehyds zu Kohlenhydraten erfolgt, ist jedoch noch nicht sichergestellt.

Lange vor Baeyer hatte sich schon Liebig (1843) zu unserer Frage geäußert. Er geht von der bekannten Tatsache aus, daß in Früchten mit fortschreitender Reife der Säuregehalt ab- und der Zuckergehalt zunimmt. Dementsprechend nimmt er eine allmähliche Reduktion an, die von CO_2 über Oxalsäure, Weinsäure, Äpfelsäure und andere Säuren schließlich zu Kohlenhydraten führen soll. Auch bei Erlenmeyer (1877) figuriert eine organische Säure als Zwischenprodukt, doch in anderer Weise. Er gelangt von Kohlensäure — und zwar dem Hydrat — über Ameisensäure zum Formaldehyd, nach dem Schema

$$H_2CO_3 = H\ .\ COOH + O \quad ; \quad H\ .\ COOH = H\ .\ COH + O$$

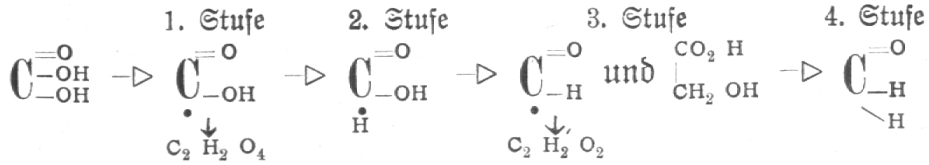
Ameisensäure

Die Vorgänge in reifenden Früchten lassen sich jedenfalls nicht in Liebigschem Sinne deuten, denn die Assimilationstätigkeit der Früchte ist viel zu schwach, um solche Säuremengen durch Reduktion von CO_2 bilden zu können. Immerhin sind auch in neuerer Zeit wieder organische Säuren als erstes Assimilationsprodukt angesprochen worden.

Eine Gruppe von Pflanzen, die bedeutende Säuremengen bildet und in diesem Zusammenhange nicht unerwähnt bleiben darf, sind die sogenannten Sukkulenten oder Fettpflanzen, wie z. B. die Crassulaceen oder Cacteen. Schon seit langem ist bekannt, daß manche Crassulaceenblätter während der

Nacht einen sauren Geschmack annehmen, der sich am Tage wieder verliert. Aber schon der Umstand, daß die Säure nachts, also nicht während der Assimilation gebildet wird, zeigt die prinzipielle Verschiedenheit von dem Liebigschen Schema. Auch am Tage spielt der Vorgang in durchaus anderem Sinne sich ab. Die Säuren werden nicht zu Zucker reduziert, sondern sie werden bei Belichtung in Kohlensäure verwandelt, mit der dann die Sukkulenten in gewohnter Weise assimilieren. Mit dieser Auskunft wird aber noch niemand zufrieden sein; sie beweist wohl, daß die Fettpflanzen Liebigs Hypothese nicht stützen, sie erklärt aber nicht, wozu die Fettpflanzen überhaupt so große Säuremengen bilden und ein von den übrigen Gewächsen so abweichendes Verhalten zeigen. Wählen wir gleich ein besonders typisches Beispiel, eine kugelförmige Kaktee. Durch das Fehlen der Blätter und die Kugelgestalt des Stengels ist die Oberfläche auf ein Minimum reduziert und die sog. Transpiration d. h. die Verdunstung von Wasser aus der Pflanze möglichst herabgesetzt. Ohne eine solche starke Einschränkung der Wasserabgabe müßten aber die Kakteen auf den trockenen, sonnigen Hochebenen Mexikos zweifellos vertrocknen. Schneiden wir unsere Pflanze entzwei, so finden wir im Innern ein fleischiges, wasserreiches Gewebe, das als Wasserreservoir aufzufassen ist und dem Kaktus in Zeiten der Dürre und Not jedenfalls treffliche Dienste leistet. Diese massige Ausbildung des Körpers und die Reduktion der Oberfläche muß aber andererseits den Gaswechsel stark beeinträchtigen, denn eine kleine Oberfläche kann auch nur wenig Spaltöffnungen enthalten und das eintretende Gas hat viel größere Strecken zu durchlaufen als in einem zarten Blatt. Was aber nützt der beste Schutz gegen Vertrocknung, wenn dadurch die Pflanze verhindert wird zu atmen und die zum Körperaufbau unentbehrlichen Stoffe zu produzieren! Da setzt nun die Säurebildung ein. Im Gegensatz zu den übrigen Pflanzen werden hier die Kohlenhydrate nachts nicht bis zu CO_2 veratmet, sondern es bleibt die Oxydation bei einem Zwischenprodukt, eben den organischen Säuren stehen; und die weitere Oxydation zu CO_2 erfolgt erst am Tage, wo dann die Kohlensäure sofort zur Assimilation verwertet werden kann. Während also gewöhnlich die nachts erzeugten Atmungsprodukte an die Außenwelt abgegeben werden, speichern sie die Sukkulenten in ihrem Innern in Form von Säuren auf, die bei Anbruch des Tages als Kohlensäurequellen zur Verfügung stehen. Dadurch läßt sich der Gaswechsel mit der Außenwelt bedeutend einschränken und in harmonischer Weise mit der unerläßlichen Reduktion der Transpiration vereinigen.

Die Frage nach dem ersten Assimilationsprodukt ist kürzlich auch von Willstätter in Angriff genommen worden. Die Analyse der Pflanze kann uns hier nicht weiterbringen, da — wie wir hörten — der Nachweis von Formaldehyd, auch wenn er gelingt, nichts beweist. Dagegen ist auf indirektem Wege etwas zu erreichen. Zwischen Kohlensäure und Kohlenhydrat gibt es, wenn man nur die einfachsten Möglichkeiten in Betracht zieht, mindestens 3 Zwischenstufen:



Kohlensäure Oxalsäure Ameisensäure Glyoxal Glykolsäure Formaldehyd

Der Quotient $\frac{CO_2}{O_2}$ ist für die Bildung von Oxalsäure = 4
" " " " " " " " Ameisensäure = 2
" " " " " " " " Glykolsäure = 1,33
" " " " " " " " Formaldehyd = 1

Da bei stark gesteigerter und lang andauernder Assimilation eventuelle Zwischenprodukte sich ansammeln müßten, so ist ihre Bildung aus dem Verhalten des Quotienten $\frac{CO_2}{O_2}$ unter diesen Bedingungen zu erkennen. Wie der Versuch zeigte, bleibt der Quotient stets 1. Es ist daher nicht möglich, daß eine der obigen Säuren als Zwischenglied der Desoxydation frei vorkommt. Dagegen deckt sich der Versuch mit der Annahme, daß CO_2 zu C reduziert wird, der natürlich als Hydrat auftritt. Das einzige Hydrat des Kohlenstoffes mit nur 1 Atom C im Molekül ist aber der Formaldehyd.

Wenn wir damit die Bemühungen um das erste Assimilationsprodukt verlassen, so haben dabei nur wenige der aufgestellten Hypothesen Erwähnung gefunden. Das mag aber zur Orientierung genügen.

Die Chlorophyllkörner.

Daß nur grüne Pflanzen oder Pflanzenteile assimilieren und daß somit dem Blattgrün oder Chlorophyll eine wichtige Rolle zukommen muß, war schon vor Saussure bekannt. Das Mikroskop zeigte auch bereits den ältern Forschern eine körnige Verteilung des Farbstoffes in den Zellen. Man glaubte zuerst allerdings, es handle sich hier um körnige Niederschläge das Farbstoffes; als man aber das Blatt mit Alkohol oder Aether behandelte, ging der Farbstoff in Lösung, während die nun farblosen Körner ohne Formänderung zurückblieben. Wir haben also die meist linsenförmigen Chlorophyllkörner als die Träger des Farbstoffes zu betrachten und an ihnen eine farblose Grundsubstanz zu unterscheiden, in die der grüne Farbstoff eingelagert ist. Die große Bedeutung der Chlorophyllkörner für die Assimilation war aber noch deutlicher erwiesen als Sachs mit seiner Jodprobe zeigen konnte, daß die Stärke in den Chlorophyllkörnern entsteht. Später wurde auch der Nachweis erbracht, daß der Assimilationsprozeß auf die Chlorophyllkörner lokalisiert ist. Engelmann liefert den Beweis mit der Alge Spirogyra und seiner Bakterienmethode. Der Farbstoff ist hier nicht an Körner, sondern an ein schraubenförmiges Band gebunden, zwischen dessen Windungen größere farblose Zellpartien liegen. Läßt man nun einen Lichtkegel nur auf eine farblose und einen zweiten Lichtkegel nur auf eine grüne Stelle fallen, so sammeln sich die sauerstoffempfindlichen Bakterien nur an der letzteren an; sie allein assimiliert somit. Ferner hat man an isolierten Chlorophyllkörnern im Lichte Sauerstoffausscheidung gefunden, was an nicht grünen Zellteilen nie der Fall war. Bei dieser Sachlage ist das Interesse verständlich, das die Physiologie dem Chlorophyllkorn entgegenbringt.

Wir beginnen unsere Besprechung mit dem Farbstoff, der mit verschiedenen Lösungsmitteln dem Blattgewebe entzogen werden kann; gewöhnlich verwendet man Alkohol. Als Kraus (1872) zu einem solchen grünen

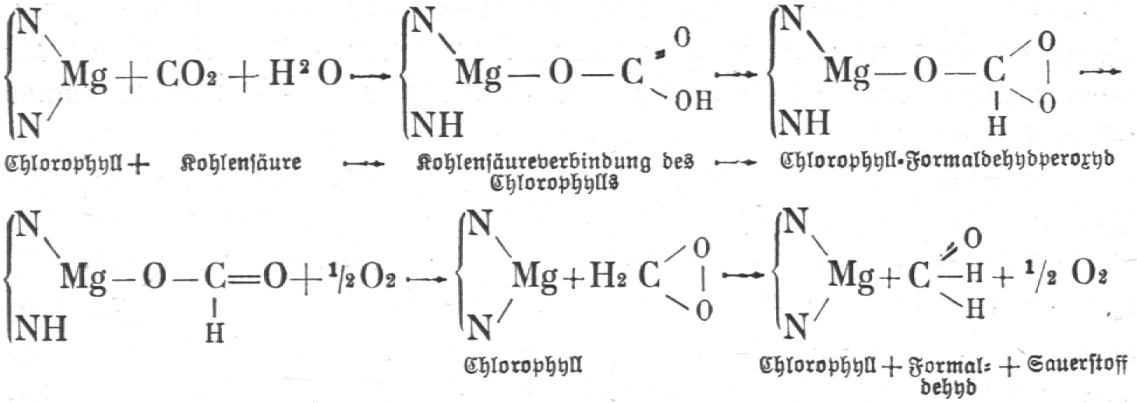
alkoholischen Blattextrakt Benzin gab und unter tropfenweisem Zusatz von Wasser schüttelte, ging an das Benzin ein grüner, blutrot fluoreszierender Farbstoff über, während der Alkohol selbst gelb blieb. Das Rohchlorophyll besteht also zum mindesten aus 2 Komponenten, von denen die eine grün, die andere gelb gefärbt ist. Aber diese Komponenten sind selbst wieder zusammengesetzt, was Tswett sehr anschaulich durch die Adsorptionsanalyse zeigen konnte. Wird ein Glasrohr mit feinem Ca CO_3-Pulver gefüllt und eine geeignete Chlorophyllösung durchfiltriert, so findet man infolge der verschiedenen Adsorption die vorher gemischten Stoffe getrennt, und es sind verschiedenfarbige (gelbliche und grünliche) Zonen entstanden; außerdem ist das Filtrat orangerot. So sieht man, daß im Blattextrakt 2 grüne Komponenten vorhanden sind: Chlorophyll a und b, und mehrere gelbe: das (selbst wieder zusammengesetzte) Xanthophyll und das durchpassierende Carotin.

Den ausgezeichneten Untersuchungen Willstätters verdanken wir die Aufhellung der chemischen Zusammensetzung dieser Komponenten. Den Chlorophyllen kommt die Formel $C_{55}\ H_{72}\ O_6\ N_4\ Mg$ zu, Carotin hat die Formel $C_{40}\ H_{56}$, Xauthophyll $C_{40}\ H_{56}\ O_2$. Die Chlorophylle sind für die Zerlegung der Kohlensäure unentbehrlich, denn in gelbblättrigen Varietäten geht mit der Abnahme des Chlorophyllgehaltes auch die Assimilation zurück, und Körner, die nur die gelben Komponenten führen, vermögen überhaupt keine Kohlensäure zu verarbeiten. Beim Abbau des Chlorophylls mit Alkalien ergibt sich eine merkwürdige Beziehung zum Blutfarbstoff; hieraus auf ähnliche physiologische Funktion schließen zu wollen, wäre jedoch unzulässig. Auffällig ist ferner das Fehlen von Eisen und das Vorhandensein von Magnesium.

Wenn wir eine Pflanze ganz ohne Eisen aufziehen, so vermag sie kein Chlorophyll zu bilden; die Blätter bleiben bleich, sie werden, wie man sagt, chlorotisch. Die Annahme lag daher nahe, im Eisen einen wesentlichen Bestandteil des Chlorophylls zu erblicken, um so mehr, als nachträgliche Zufuhr von Eisen auch von einem Ergrünen der Blätter gefolgt war. Der — übrigens schon lange vor Willstätter festgestellte — Eisenmangel im Chlorophyll kam daher etwas überraschend, und Anhaltspunkte zu einer Erklärung waren erst gegeben, als die Notwendigkeit des Eisens auch für die chlorophyllfreien Pilze konstatiert wurde. Das legt die Vermutung nahe, das Eisen werde zum Aufbau eines normalen Plasmas gebraucht, ohne das in der Zelle ein normaler Chemismus überhaupt nicht möglich ist.

Äußerst wichtig ist das Vorhandensein von Magnesium im Chlorophyll. Wir wissen bereits, daß die Zersetzung der Kohlensäure nur unter Einwirkung des Lichtes erfolgt. Soll aber das Licht auf einen Körper einwirken, so muß es von ihm absorbiert werden. Da nun die Kohlensäure farblos ist, lag der Gedanke nahe, es könnte diese unerläßliche Absorption durch Bindung der Kohlensäure an das Chlorophyll ermöglicht werden. Kürzlich gelang Willstätter der Nachweis, daß in kolloidalen Lösungen von Chlorophyll in Wasser die Kohlensäure an den Magnesiumkomplex angelagert wird. Dabei entsteht eine Verbindung, welche dissoziierbar ist und bei der Dissoziation Chlorophyll

rückbildet. Das Licht leistet chemische Arbeit, indem es die Kohlensäure in eine für freiwilligen Zerfall geeignete Form isomerisiert. Die folgenden Formeln geben eine Vorstellung dieser Vorgänge.



Dies führt uns nun über zu den physikalischen Eigenschaften des Chlorophylls, von denen seine Lichtabsorption besonders wichtig ist. Das Absorptionsspektrum eines alkoholischen Blattauszuges zeigt mehrere Absorptionsbänder, deren Breite und Deutlichkeit von der Konzentration der Lösung bezw. der Dicke der untersuchten Schicht abhängt. Außerdem spielt die Weite des Spaltes und die Stärke der Lichtquelle eine Rolle und selbstverständlich auch die Güte des Spektralapparates. Wichtig ist ferner die Verwendung einer frischen Lösung, denn der Farbstoff zersetzt sich am Licht und zeigt dann ein anderes Spektrum. Am auffälligsten ist ein Absorptionsband im Rot, zwischen den Fraunhoferschen Linien B und C; es wird Band I genannt. Band II liegt im Orange in der Mitte zwischen C und D; es ist lange nicht so intensiv wie Band I. Noch weniger deutlich ist Band III, das bei D liegt. Bei stärkerer Konzentration zeigt sich im Grün vor E Band IV. Bei dieser Konzentration wird von F an alles Licht absorbiert. Verdünntere Lösungen zeigen Band V im Blau bei F. Bei G beginnt die Endabsorption, d. h. von hier an erscheint das violette Ende ganz schwarz.

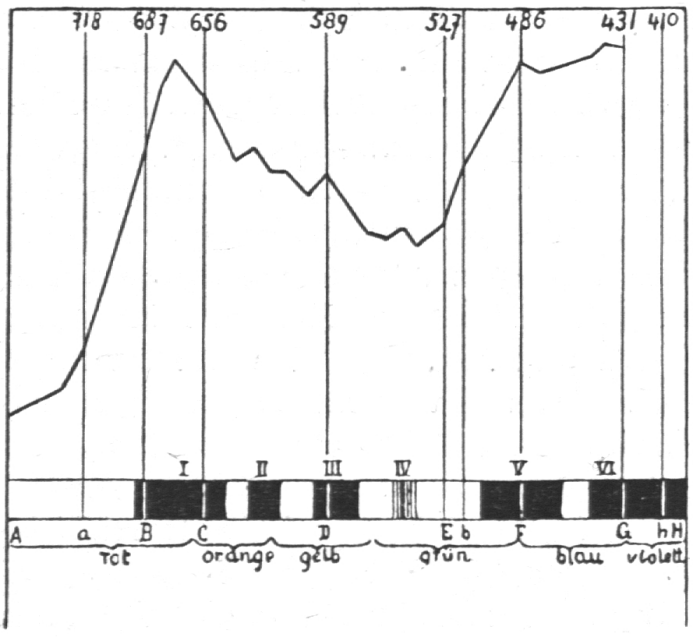


Fig. 2.

Mit der Untersuchung alkoholischen Blattextraktes können wir uns aber nicht zufrieden geben, da ja nicht er, sondern nur die lebende Zelle zu assimilieren vermag. Die Prüfung lebender Zellen und ganzer Blätter (letztere werden zweckmäßig vorher mit Wasser injiziert) ergibt dieselben Bänder, nur sind sie etwas gegen das rote Ende verschoben. Figur 2

zeigt das Blattspektrum und zwar sind die Bänder I, V, VI eingezeichnet für 1 Blatt, Band II, III für 2 Blätter, Band IV für 4 Blätter. Die Ursache der Verschiebung der Bänder ist viel diskutiert worden; da die Erscheinung auch in kolloidalen flüssigen Medien auftritt und da das Chlorophyll tatsächlich eine kolloidale Lösung zu liefern vermag, so sieht man darin einen Beweis, daß das Chlorophyll im Chloroplasten in kolloidaler Lösung vorhanden ist.

Mit der Lage der Bänder kennen wir die Absorption aber nicht genügend. Für unsere späteren Betrachtungen ist es unerläßlich, für jede Wellenlänge die Stärke der Absorption zu kennen. Solche quantitative Untersuchungen sind im sichtbaren Bezirk (von 770 bis 400 $\mu\mu$) mit dem Spektralphotometer ausführbar; im Ultrarot und Ultraviolett ist das Photometer durch eine lineare Thermosäule oder ein Bolometer zu ersetzen. Fig. 2 enthält eine solche Absorptionskurve für den sichtbaren Teil des Spektrums. Sie gibt die absorbierte Energie in Prozenten der auffallenden. Am oberen Ende der Figur finden sich außerdem für die wichtigsten Fraunhoferschen Linien die Wellenlängen in $\mu\mu$ angegeben. Wir sehen, daß die Absorption im äußersten Rot am schwächsten ist, gegen BC steil ansteigt, bis ins Grün langsam fällt und dann wieder steigt, um im Blau und Violett die höchsten Werte zu erreichen. Außer diesem allgemeinen Verlauf ist an Stelle jedes Absorptionsbandes ein Nebenmaximum vorhanden. Im Ultraviolett ist ebenfalls Absorption vorhanden; im Ultrarot ist sie, je nach der Wellenlänge, bald schwach, bald fehlend.

Zu den auffälligen physikalischen Eigenschaften des Chlorophylls gehört neben der Absorption noch die Fluoreszenz. Ein alkoholischer oder ein ätherischer Blattauszug ist im durchfallenden Licht grün, im auffallenden blutrot. Noch schöner ist die Erscheinung sichtbar, wenn wir mit der Sonne oder der Bogenlampe und einer Sammellinse einen Strahlenkegel in der Lösung erzeugen. Damit ein Körper Fluoreszenzlicht aussenden kann, muß er Licht absorbieren; das ist nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie selbstverständlich, da die Energie des Fluoreszenslichtes nicht von selbst entstehen kann. Während sonst das absorbierte Licht einfach in Wärme verwandelt wird, wird es hier teilweise als Licht von anderer Brechbarkeit abgegeben.

Suspensionen (z. B. Stärkekörnchen) und kolloidale Lösungen (Eiweiß-, Stärkelösung) verdecken die Fluoreszenz und so sieht man sie unter gewöhnlichen Verhältnissen an Blättern und auch unter dem Mikroskop an den Chlorophyllkörnern nicht; sie läßt sich aber unter geeigneten Bedingungen sichtbar machen.

Auch im gewöhnlichen Ultramikroskop ist am Chlorophyllkorn keine Fluoreszenz sichtbar — eine weitere Stütze für das Vorhandensein des Farbstoffes in kolloidaler Lösung — dagegen ist sie in den Fluoreszenzmikroskopen (ultraviolettreiche Lichtquelle und Quarzkondensor) leicht zu sehen.

Die optiſchen Eigenſchaften des Chlorophylls führen uns über zur Bedeutung des Lichtes.

Wir dürfen das Chlorophyll aber nicht verlaſſen, ohne auch von jenen Fällen zu reden, wo ſeine Bildung unterbleibt. Das trifft bekanntlich in der Regel dann zu, wenn die Pflanze im Dunkeln ſich entwickeln muß. Bei den meiſten Dikotylen werden hierbei die Internodien lang, die Blätter bleiben klein, die Organe werden gelb oder farblos. Während man früher dieſe Etiolierungserſcheinungen als krankhaft bezeichnete, hat man ſpäter in ihnen zweckmäßige Anpaſſungen kennen gelernt. In der Natur treten ſie hauptſächlich dann ein, wenn die Samen zu tief in die Erde gelangt ſind. Durch die Streckung der Internodien wird dann die junge Pflanze möglichſt raſch ans Licht gebracht und durch die Reduktion der Blätter wird das Durchbrechen der Erde erleichtert. Auch erſcheint es uns viel vorteilhafter, alle Stoffe möglichſt zur Internodienſtreckung zu benützen, denn auf dieſe allein muß es ankommen, während die Blätter unter dem Boden doch funktionslos bleiben müßten und daher das zu ihrem Aufbau nötige Material zweckmäßiger der Ausbildung des Stengels zukommt. So wird alſo durch das Etiolement die Pflanze möglichſt raſch der normalen Ernährungsweiſe zugeführt unter äußerſt ökonomiſcher Ausnützung der im Samen vorhandenen Reſerveſtoffe.

Recht intereſſant iſt auch die herbſtliche Vergilbung der Blätter, bei welcher die grüne Komponente des Farbſtoffes verſchwindet, während die gelbe zurückbleibt. Gewöhnlich beginnt die Vergilbung in den Parenchyminſeln zwiſchen Nerven, während längs der Blattrippen die grüne Farbe länger erhalten bleibt. Es erinnert das an die Auswanderung der Stärke, die auch zuerſt aus den Parenchyminſeln verſchwindet. Mehrfache Verſuche zeigten, daß die vergilbten Blätter phyſiologiſch wertvolle Stoffe, ſo beſonders Stickſtoff, Phosphor und Kali in die Stammorgane auswandern laſſen, ſo daß dieſe wichtigen Subſtanzen durch den Blattfall dem Baum in relativ geringer Menge verloren gehen. Tatſächlich enthält die grüne Komponente des Chlorophylls Stickſtoff, während er den gelben Komponenten fehlt.

Im Dunkeln hält die Pflanze ſparſam zurück mit der Bildung der grünen Komponente, die doch erſt am Licht funktionsfähig wird und nicht ſo leicht zu beſchaffende Stoffe enthält, und beim Vergilben zieht die Pflanze dieſe wertvollen Subſtanzen wiederum nach Möglichkeit aus den abzuwerfenden abſterbenden Blättern in die bleibenden ausdauernden Stammorgane zurück.

(Fortſetzung folgt.)

Ein Blick in den Haushalt des Mutterkornpilzes.

Von Dr. Robert Stäger, Bern.

Die Erforschung dieses einen gemeinen Pilzes (Claviceps purpurea Tulasne) hat eine ziemlich lange Geschichte hinter sich. Wer sich näher dafür interessiert, der lese meinen Aufsatz: „Historisches zur Biologie des Mutterkorns“ im 47. Band von „Natur und Offenbarung“ nach. Hier nur einige wenige Notizen!

Der alte Staudinger erklärte das Mutterkorn 1832 als ein Produkt einer „widernatürlichen“ Gährung bei feuchter Witterung. Tessier, Kircheisen und Wildenow[1]) behaupteten, daß sie dadurch künstlich Mutterkorn erzeugt haben, daß sie Roggen auf feuchten, lehmigen Boden säten und ihn bei warmer Witterung fleißig begossen. Diez[2]) glaubt auf Grund einer Beobachtung des amerikanischen Ökonomen, General Martin Field, Mutterkörner künstlich erzeugen zu können, wenn man die jungen Roggenkörner mit einer Nadel anstecke. Landwirte nahmen zu damaliger Zeit wohl auch „übelriechende Nebel“ als Ursache der „Misbildung“ an.

Nach andern sollten Insekten und sogar Schnecken das Mutterkorn erzeugen. Noch in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wärmten Dr. Fischer aus Weingarten und Dr. Pauli den alten Kohl von den Mutterkorn erzeugenden Insekten wieder auf.

In dieses Chaos der Meinungen warf De Candolle und mit ihm Guibourt den ersten Lichtstrahl, indem beide Forscher das Mutterkorn richtig als einen Pilz erkannten. Dies hielt freilich Phöbus (in seinem Werk: „Die cryptogam. Giftgewächse Deutschlands“, Seite 105!) nicht ab, die Pilznatur des Mutterkorns von neuem in Zweifel zu ziehen, indem er schreibt: „Es ist wohl kein Grund vorhanden, die so nahe liegende und so großenteils nachweisbare Annahme, das Mutterkorn sei nur ein krankhaft verändertes Roggenkorn, unbefriedigend zu finden.“ —

Allen Zweifeln machte erst der berühmte französische Mycologe Tulasne 1853 mit seiner klassischen Untersuchung über das Mutterkorn[3]) ein für alle Mal ein Ende, indem er den gesamten Entwicklungsgang des Claviceps-Pilzes lückenlos feststellte und damit selbstverständlich auch die Pilznatur des Mutterkorns bestätigte.

Was Tulasne auf den richtigen Pfad führte, war, wie bei allen seinen zahlreichen Entdeckungen, der Fingerzeig der freien Natur, dem er stets folgte. Er sah, wie die gereiften Mutterkörner im Herbste zur Erde fielen. Sollten sie dort unnütz verfaulen? Er säte also eine Anzahl von Sclerotien, wie die Mutterkörner in der botanischen Kunstsprache heißen, in seiner Wohnung in Töpfe aus. Der Winter verging. Im nächsten Frühjahr

[1]) In „Deutschlands Giftgewächsen“ von Phöbus und Ratzeburg. Berlin 1838.

[2]) Versuche über die Wirkungen des Mutterkorns auf den tierischen Organismus und seine Entstehungsart. Dobl.-Diss. Tübingen. 1832.

[3]) „Mémoire sur l'ergot des glumacées“ in: „Annales des sc. nat.“ 3. série, tome 20. Paris 1853.

begann in den Terrinen ein eigentümliches Leben. Die auf der Erde liegenden Sclerotien bedeckten sich mit rundlichen, gelben Erhabenheiten, welche sich zusehends vergrößerten und auf kleinen Säulchen oder Stielen in die Höhe gehoben wurden. Oft war ein einziges Sclerotium mit 50 und mehr solcher gestielten Köpfchen besetzt. Auch aus den unter der Erde liegenden Mutterkörnern brachen jene Gebilde hervor. Das waren nun die wie kleine Hutpilze aussehenden Fruchtkörper, die sich aus der winterlichen Dauerform der Sclerotien entwickelten und die Keulensphäridien oder Stromata heißen. Man hatte schon früher diese Stromata auf den Mutterkörnern gefunden, aber geglaubt, es handle sich um Schmarotzer auf denselben. Tulasne wies exakt den anatomischen Zusammenhang der beiden Teile nach.

Die Stromata produzieren eine Unmenge fadenförmiger Sporen, die Ascosporen. Nach der grundlegenden Arbeit Tulasne's war es jetzt nicht mehr schwer weiterzubauen. Dr. Julius Kühn[4]) betrat den Weg der Impfung. Am 9. Juni 1862 brachte er die Ascosporen von selbst gezogenen Stromata des gewöhnlichen Roggenmutterkorns in sechs von einander entfernten Blüten einer Roggenähre, die er etwas feucht hielt. In fünf mit Sporen belegten Blüten kam der Parasit zur Entwicklung. Am 20. Juni konstatierte der Forscher das erste Jugendstadium, die sogenannte Sphacelia des sich an der Ähre bildenden Mutterkorns. Damit hatte er Tulasne's Entdeckung experimentell bewiesen.

So lange das Mutterkorn in seinem Jugendstadium (Sphacelia) sich befindet, ist es noch nicht gebräunt, wie zur Zeit der Reife, sondern eine weiße, teigige Masse, die beständig eine Unmenge rundlicher Sporen (Conidien) unter Abscheidung einer honigähnlichen Flüssigkeit abschnürt. So wie die Ascosporen die Wintersporen, so präsentieren die Conidien die Sommersporen. Die süße Abscheidung heißt Honigtau und ist nichts anderes als ein Lockmittel für allerlei Insekten, die herbeifliegen, den Honig naschen und bei diesem Anlaß die Conidien auf andere noch nicht infizierte Grasblüten bringen. Diese Sommersporen dienen also der möglichst raschen und umfangreichen Verbreitung des Pilzes, während die Ascosporen für das erste Wiederaufleben der Parasiten im Frühjahr zu sorgen haben.

Kühn erntete dann einige Wochen später an seiner Roggenähre fünf schöne, kräftige Sclerotien, die sich in nichts von anderen Mutterkörnern des Getreides unterschieden.

Auch die Erzeugung des Mutterkorns vermittelst der Impfung durch die Sommersporen (Conidien) gelang Kühn vollkommen.

Der Entwicklungsgang des Mutterkornpilzes war damit völlig klargestellt. Tulasne und Kühn gebührt der Ehrenkranz, den Beweis geleistet zu haben. Mögen wir uns die Reihenfolge der einzelnen Phasen nochmals kurz merken: Claviceps purpure ist der botanische Name des hier in Frage stehenden

[4]) Untersuchungen über die Entwicklung und das künstliche Hervorrufen nebst Verhütung des Mutterkorns. In Mitteil. a. d. physiol. Lab. d. landw. Inst. der Univ. Halle. 1. Heft. Halle 1863.

Pilzes. Das Sclerotium oder Mutterkorn ist die Dauerform des Pilzes; es gehen im Frühjahr aus ihm die Keulensphäridien oder Stromata hervor, welche die Ascosporen (Wintersporen) enthalten. Auf die Roggenblüte gebracht, erzeugen sie in dem jungen Fruchtknoten der Blüte die Jugendform oder die Sphacelia des zukünftigen Mutterkorns. Die Sphacelia ist weiß, scheidet eine honigartige Flüssigkeit (Honigtau) mit den Sommersporen oder Conidien ab, welche ihrerseits wieder Sclerotien erzeugen. Die Sphacelia wächst, erhärtet und bräunt sich und heißt dann Sclerotium oder Mutterkorn, das uns aus den Apotheken bekannt ist.

Lohnt es sich nun nach diesen schönen Ergebnissen nicht mehr, den Pilz weiter zu erforschen? Hört das Weiterforschen bei irgendeinem Objekt überhaupt je auf? Nein. Denn hinter der einen Lösung stehen schon wieder zehn Fragezeichen. Wenn die Natur für uns Menschen schon so unendlich ist, wie muß dann erst die absolute Unendlichkeit sein?

Der Altmeister Tulasne, der nach einer großen Reihe der schönsten Entdeckungen sein Laboratorium mit der Stille der Klosterzelle vertauschte, wies schon nach, daß es außer dem Mutterkornpilz des Roggens, der übrigens auch auf einer Menge anderer Gramineen vorkommt, noch andere, gut differenzierte Arten des Pilzes gäbe.

Da es ohne Impfungen aber schwer hält, auf diesem Gebiet immer das Richtige zu treffen und Tulasne noch keine derartigen Infektionen vornahm, so entschloß sich der Verfasser dieses Aufsatzes schon vor mehr als 12 Jahren, hierin etwas Licht zu bringen. In sechs Publikationen sind seine Versuchsergebnisse in botanischen Fachzeitschriften niedergelegt. Es ist jedoch hier nicht der Ort, auf alle diese Resultate einzugehen. Nur einzelne, auch weitere Kreise interessierende Daten mögen ihm anzuführen vergönnt sein.

Bekanntlich kommt auf dem Lolch (Lolium perenne) auch sehr häufig ein Mutterkorn vor. Man hielt es bisher identisch mit dem des Roggens, da es äußerlich keinen Unterschied aufweist, als daß es kleiner ist. Aber Größenunterschiede beweisen allein gar nichts.

Die Lolch-Arten gedeihen vorzüglich an Ackerrändern, Straßenborden und entlang den Getreidefeldern. Kein Wunder, wenn die Landwirte mit Feuer und Schwert gegen den vermeintlichen Feind vorgingen und ihn auszurotten trachteten. Denn vom Lolch aus mußte unbedingt das Getreide befallen werden. So hatten ihnen Jahrzehnte lang die Gelehrten vordoziert. — Dem ist aber ganz und gar nicht so. Sehen wir mit eigenen Augen den Vorgang in der Natur? Wo finden wir im Frühjahr am Lolch die Sphacelia oder das fertige Mutterkorn? Nirgends. Zur Zeit der Roggenblüte ist der Lolch noch ganz frei von Claviceps-Infektion. Erst im Herbst, wenn das Getreide schon längst in den Scheunen geborgen ist, erscheinen am Lolch die Mutterkörner und zwar in Unmassen. Eher wäre daran zu denken, der Lolch würde vom Getreide aus befallen. Das Experiment soll entscheiden! Ich überimpfe Sporen des Lolch-Mutterkorns auf Spätsaaten des Roggens und warte auf das Resultat. Der Roggen bleibt gesund. Nun kehre ich

den Spieß um: ich impfe Sporen des Roggenmutterkorns auf Lolch. Auch kein positives Resultat. Dagegen gelingt mir die Impfung von Lolch auf Lolch und einigen andern Gräsern, auf die das Mutterkorn des Roggens auch nicht geht, sehr leicht. — Damit ist erwiesen, daß es sich trotz der äußern Gleichheit der zwei Mutterkörner doch um zwei Rassen mit verschiedener Lebensweise handelt.

Weit interessanter gestaltet sich das Verhältnis des Mutterkornpilzes zu zwei eleganten Waldgräsern, der Zwenke (Brachypodium silvaticum) und der Waldhirse (Milium effusum).

Auch hier keine Spur eines äußern Unterschiedes vom gewöhnlichen Roggenmutterkorn. Versucht man es aber und wenn in noch so zahlreichen Impfungen, den Pilz vom Roggen auf die beiden Waldgräser oder umgekehrt von den beiden Waldgräsern auf den Roggen zu übertragen, so gelingen sie nicht, während Waldhirse und -Zwenke unter sich sehr geneigt zeigen, den Pilz anzunehmen. Auch hier haben wir wieder vermöge des Impf-Experimentes etwas entdeckt, was die ältern Forscher noch nicht wissen konnten, nämlich eine Rassen-Herausbildung des Roggenmutterkorns auf Brachypodium und Milium.

Diese Rasse hat nun eine ganz besondere Eigentümlichkeit, die wir sonst nur in ganz andern Gebieten des großen Pilzreiches, nämlich bei den Uredineen oder Rostpilzen anzutreffen gewohnt sind. Wir meinen die Eigentümlichkeit, daß sie zwei verschiedene Wirtspflanzen zu verschiedenen Zeiten befällt, so zwar, daß zu einer Zeit auf dem einen Wirt nur oder fast immer nur die Sphacelia mit dem Honigtau, zu einer andern Zeit auf dem andern Wirt hauptsächlich die fertige Dauerform des eigentlichen Mutterkorns sich entwickelt. Man bezeichnet diese Erscheinung mit einem gelehrten Ausdruck als „wirtswechselnder Generationswechsel". Erklären wir die Sache näher!

Im Herbst fallen die Mutterkörner der Zwenke auf den Waldboden und bleiben da zwischen Moos und dürrem Laub liegen, bis der Frühling ihre Keimfähigkeit weckt. Es entstehen da und dort auf den scheinbar toten Gebilden die uns schon bekannten Keulensphäridien oder Stromata, welche eine Masse fadenförmiger Sporen (Askosporen) aus Hunderten von Poren entlassen. Schon sind Schwärme von Insekten bereit, sie abzuholen und weiter zu tragen — aber wohin?

Es ist erst Juni. Tausende von Gräsern blühen, aber nur auf den Narben der Zwenke und der Waldhirse gehen die Sporen des Pilzes auf. Nun wird aber mindestens noch ein ganzer Monat vergehen, bis die Zwenke ihre blühende Rispe entfaltet. Die Blüten der Waldhirse hingegen sind schon jetzt bereit zur Infektion, und das lassen sich die Sporen unserer Waldrasse des Mutterkorns nicht entgehen. Bald quellen mächtige gelbe Honigtau-Tropfen zwischen den Spelzen des Milium hervor und alle Teile der Rippe sind oft wie mit Firniß davon überzogen. Wo man auch angreifen mag, alles klebt von dem schmierigen Honigtau und wenn man ihn mikroskopisch

untersucht, so starrt das ganze Gesichtsfeld von Sporen (Conidien), eine an der andern. Die Honigtau-Abscheidung dauert unter Umständen viele Wochen lang — aber trotzdem entwickeln sich aus der Sphacelia nur recht selten reife, braune Mutterkörner, die imstande wären, den Winter zu überdauern. Der Zweck dieses langen Sphacelia-Stadiums mit fortgesetzter Abschnürung der Sommersporen ist evident. Der Pilz soll auf der Waldhirse so lange aufbewahrt werden und Sporen produzieren, bis eine andere Wirtspflanze, die Zwenke, auf der er richtige Mutterkörner (Sklerotien) bildet, zu blühen anfängt.

Das tritt nun endlich Ende Juli oder Anfang August ein. Nun kommen allerlei Insekten, die sich an dem Honigtau der Waldhirse gütlich getan, sporenbeladen auf die Blüten der Zwenke geflogen und infizieren beim Sammeln des Blütenstaubes die Narben dieses Grases.

Nach kurzer Zeit tropft's auch an der Zwenke von Honigtau, der Fruchtknoten wird von der Sphacelia in Beschlag genommen, das sehr rasch wachsende junge Mutterkorn bräunt sich und krümmt sich sichelförmig aus den Spelzen heraus. In wenigen Tagen sind alle Zwenken-Bestände des Waldes strotzend voll mit Mutterkörnern behangen.

Es ist Oktober geworden; der Wind rüttelt an den Halmen der Zwenke und wieder fallen die dunklen sichelförmigen Gebilde auf den Waldboden — um im nächsten Frühling den Kreislauf von vorne zu beginnen.

Welch ungeheure Zweckmäßigkeit steckt in diesem so unscheinbaren Pilz-Leben!

Auf der Waldhirse erzeugt der Pilz fast nur Honigtau mit Millionen und Millionen von Sporen, millionenmal zu viel Sporen. Denn wenige genügen, um den Kreislauf des Pilzes auf der Zwenke fortzusetzen. Aber die Blüte der Zwenke kann durch die Ungunst der Witterung lange Zeit hintangehalten werden, oder die Insekten, die die Übertragung der Sporen besorgen, stellen sich vielleicht lange nicht ein. Alle diese Zufälligkeiten hat die Natur vorausberechnet. Darum der unversiegliche Quell der Honigtau-produktion an der Waldhirse.

Die Zwenke liefert kaum den zehnten Teil des Honigtaus und das Stadium der Sphacelia geht sehr rasch vorüber. Alles drängt hier auf die sehr rasche Ausbildung gesunder, kräftiger Mutterkörner.

Auch wieder hervorragend zweckmäßig!

Die Mutterkörner werden den Winter über der Erde anvertraut. Wie viele mögen da verfaulen oder sonst zu Grunde gehen! Die Schnecken und gewisse Tausendfüßer stellen ihnen nach. Soll die Fortexistenz des Pilzes garantiert sein, muß eine enorme Menge Mutterkörner gebildet werden.

Der Aufsatz mag uns gezeigt haben, wie langsam menschliche Erkenntnis voranschreitet und das nur auf diesem einen kleinen Gebiet der Mutterkorn-forschung. Trotz unserer großen Errungenschaften, besonders auch auf dem Feld der Elektrizität und der Technik, müssen wir uns doch täglich und stündlich sagen, daß wir im Grund immer wieder an der Oberfläche alles

Geschaffenen herumkrabbeln und niemals ins Innere dringen werden. Aber gerade der Umstand, zu wissen und überzeugt zu sein, daß der geschaffene Born der Natur niemals unter unsern Händen versiegen wird, reizt den echten Forscher immer wieder zu neuen Unternehmungen. Jede, auch die kleinste Entdeckung ist ein Blick in das Antlitz des Schöpfers. —

Bücherecke.

Graetz, Prof. Dr. **L., Physik.** (1. Bd. des Sammelwerks: Thesing, „Die Naturwissenschaften und ihre Anwendungen".) Verlag „Naturwissenschaften" G. m. b. H. Leipzig. Gr. 8°, XXX und 569 S. mit 385 teils farbigen Abbildungen im Text und 15 Tafeln. Preis Mk. 16.—.

Ein neues Lehrbuch der Physik? Nein, wenn man darunter eine streng systematische Einführung in alle Grundgesetze dieser Wissenschaft versteht. Ja, für den, der Einsicht in die Gesetzmäßigkeit der Natur sucht und sich mit den hauptsächlichsten Tatsachen und Gesetzen, bekannt machen will auf Grund derer der Mensch die Naturkräfte in seinen Dienst zwingen konnte. Sollte das Buch in den Rahmen des groß angelegten auf 7 Bände berechneten Unternehmens, die Naturwissenschaften und ihre Anwendungen weiteren Kreisen darzustellen gerecht werden, so müßte es die physikalischen Vorgänge und Gesetze als Grundlage und Ausgangspunkte der verschiedensten Zweige der Naturwissenschaften und der Technik darlegen und ihren Einfluß möglichst bis in die einzelnen Ausläufer verfolgen, ohne sich einer nur den Fachleuten verständlichen Sprache und Darstellung zu bedienen. Und diese Aufgabe hat der bekannte Verfasser vollauf gelöst. Die Darstellung, die vieles bringt, was man in einem Lehrbuche vergeblich suchen wird, ist klar und allgemein verständlich auch da, wo es Dinge behandelt, die anderswo meist nur in der Formelsprache verständlich gemacht werden, und dabei erstrecken sich die Darlegungen bis in die neuesten Errungenschaften dieser Wissenschaft, wie z. B. auf den Kreiselkompaß, Brown'sche Bewegung, Zahl und Größe der Moleküle, Entropie und Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit, Bewegung der Elektronen in Gasen und Metallen, Reststrahlen, Hohlraumstrahlen, Energiequanten, Michalson'scher Versuch, Röntgenspektroskopie ꝛc. ꝛc. So wird das Buch auch denen, die schon mit den Grundlehren der Physik vertraut sind, noch vieles Neue und Anregende bringen. Erwähnen wir noch die vielen den Text oft wirksam unterstützenden Abbildungen, die vielen sicher willkommenen Bildnisse bedeutender Physiker, so dürfte eine wärmste Empfehlung des Buches, gerade auch für Lehrer, vollauf begründet und gerechtfertigt sein.

Dr. Baum.

4. Jahrgang. Nr. 7. 10. Okt. 1918.

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe

Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Das Blatt. — Ueber Dämmerungsfarben. — Schlupfwespe kontra Kohlweißling. — Das Mammut-Skelett im neuen zoologischen Museum der Universität Zürich. — Literatur. — Auffindung des Osterdatums für das XX. Jahrhundert.

Das Blatt.

Von A. Ursprung, Freiburg.

(Fortsetzung.)

Das Licht.

Daß das grüne Blatt nur im Licht assimilieren kann, haben wir schon früher gesehen, denn nur im Licht erfolgte ja Blasenausscheidung und Stärkebildung. Ein besonders hübsches Experiment besteht darin, daß man ein Blatt mit einer Schablone bedeckt, in der das Wort „Stärke“ ausgeschnitten ist; mit der Jodreaktion erhält man dann in das Blatt das Wort Stärke eingezeichnet. Die Reaktion ist so empfindlich, daß man sogar das Blatt wie ein lichtempfindliches Papier benützen und durch Auflegen eines Negativs so deutliche Photographien bekommt, daß die betreffenden Personen gut zu erkennen sind.

Warum die Pflanze zur Assimilation Licht braucht, zeigt ein Blick auf unsere frühere Assimilationsformel.

$$6\,CO_2 + 5\,H_2O + \text{Energie} = \underset{\text{Stärke}}{C_6H_{10}O_5} + 6\,O_2$$

Auf der rechten Seite der Gleichung finden wir Stärke, also ein Kohlenhydrat. Die Kohlenhydrate, z. B. Stärke, Zucker, Cellulose besitzen die Fähigkeit Arbeit zu leisten oder wie man auch sagen kann, sie enthalten Energie. Für die Cellulose ist das ohne weiteres klar, denn sie bildet ja das Holz mit dem wir Zimmer wärmen und Speisen kochen, mit dem wir auch eine Dampfmaschine heizen und dadurch mächtige Hämmer heben können. Vom Energiegehalt der Stärke überzeugen wir uns bei der Betrachtung eines Schmiedes. Wenn sein starker Arm den Hammer schwingt, so ist das bewegende Agens die Muskelkraft. Aber der Schmied muß sein tägliches Brot essen, wenn der Arm nicht erlahmen soll. Wie also die Dampfkraft auf das Heizmaterial, so ist die Muskelkraft auf die Nahrung zurückzuführen. In beiden Fällen können die ursprünglichen Kraftquellen Kohlenhydrate sein: Cellulose im Holz, das den Kessel heizt, Stärke im Brot, das den Menschen nährt. Diese energiehaltigen Stoffe werden, wie unsere Gleichung zeigt, gebildet aus Kohlensäure und Wasser. Mit Kohlensäure und Wasser können wir aber weder Menschen ernähren, noch Kessel heizen; es sind Stoffe, die keine Energie enthalten. So kommen wir zum wichtigen Resultat: Bei der Kohlensäureassimilation werden Stoffe erzeugt, die Energie *enthalten*, aus Stoffen, denen Energie *fehlt*. Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie kann aber Energie weder erzeugt noch verbraucht, sondern nur umgewandelt werden. Der assimilierenden Pflanze muß also notwendig Energie von Außen zugeführt werden, sonst hätten wir ja ein Perpetuum mobile, eine Dampfmaschine, die geht ohne geheizt zu werden, einen Schmied, der hämmert ohne der Nahrung zu bedürfen. Die Energiezufuhr erfolgt, wie wir sahen, in Form von *Lichtenergie*, also nicht wie das in unseren Fabriken gewöhnlich der Fall ist, in Form von Wärme.

Damit haben wir ein Verständnis dafür gewonnen, *daß* die Pflanze Licht braucht und wir wollen nun zunächst untersuchen *wie viel* Licht sie nötig hat. Zu dem Zwecke genügt es, die chemische Energie zu

messen, die in den Assimilaten aufgestapelt ist; zu ihrer Bildung war offenbar dieselbe Menge Lichtenergie nötig. Den Energieinhalt des Holzes messen wir bekanntlich durch die Wärme, die beim Verbrennen frei wird; ebenso verfahren wir auch bei den Assimilaten (Stärke und Zucker). Die Verbrennungswärme der Stärke wurde bestimmt zu zirka 4100 kleinen Kalorien, d. h. 1 Gramm Stärke liefert bei der Verbrennung so viel Wärme, daß damit 4100 Gramm Wasser um 1° erwärmt werden können. (Verbrennungswärme des Traubenzuckers = 3760.) Pfeffer, der als erster eine solche Berechnung anstellte, legte Bestimmungen an Nerium Oleander zu Grunde, wonach 1 m² Blattfläche in der Sekunde 0,000535 g Stärke bildet, was 2,2 Kalorien entspricht. Pfeffer benützte ferner den Pouilletschen Wert der Sonnenstrahlung, wonach an heiteren Sommertagen auf 1 m² in der Sekunde 333 Kalorien fallen. Da die pro m² und Sekunde gebildete Stärke 2,2 Kalorien entspricht, so werden also 0,7 % der auffallenden Energie verwertet. Später haben besonders Brown und Escombe eine große Zahl ähnlicher Versuche ausgeführt und gefunden, daß beim Blatt der Sonnenblume die zur Assimilation benützte Sonnen-Energie 0,27 bis 4,48 % der auffallenden ausmacht.

Da nur ein so geringer Prozentsatz zur Assimilation verbraucht wird, so drängt sich die Frage auf, was denn mit dem Rest geschieht. Die folgende Zusammenstellung (für die beiden Assimilationsextreme der Sonnenblume) gibt die Antwort.

	Volle Sonne	5/8 Sonne
auffallende Energie	100.00	100.00
nicht absorbierte d. h. reflektierte oder durchgelassene Energie .	31.40	31.38
Absorbierte Energie	68.60	68.62
zur Assimilation benützte Energie	0.27	4.48
zur Transpiration benützte Energie	53.30	45.24
zur Erwärmung des Blattes benützte Energie	15.03	18.90

Darnach wird die Hauptmasse der auffallenden Energie (zirka 69 %) absorbiert, der Rest 31 % reflektiert oder durchgelassen. Von der absorbierten Energie wird weitaus die überwiegende Menge zur Transpiration verwendet und nur ein kleiner Teil zur Assimilation oder zur Erwärmung benützt.

Somit beträgt die zur Assimilation verwendete Energie:

0,27—4,48 % der auffallenden Sonnenenergie
0,39 — 6,52 % der vom Blatt absorbierten Sonnenenergie
6,4 — ca. 100 % der vom Chlorophyll absorbierten Sonnenenergie,

wenn wir annehmen, das Chlorophyll des Sonnenblumenblattes absorbiere 4,2 % der auf das Blatt fallenden Sonnenstrahlen, gleich wie das Blatt von Acer Negundo, das hierauf geprüft wurde.

In anderen Versuchen mit Blättern der Kapuzinerkresse wurden 4,1 % der auffallenden oder zirka 100 % der vom Chlorophyll absorbierten Sonnenenergie zur Assimilation benützt, als die Intensität der Sonnenstrahlen auf 1/12 reduziert war.

Warum bei ein und derselben Pflanze der Prozentsatz der zur Assimilation benützten Energie so stark schwanken kann, werden wir in einem folgenden Abschnitt sehen. Hier wollen wir zunächst untersuchen, welche Bedeutung der Farbe des Lichtes oder genauer der Wellenlänge der Strahlung zukommt.

Schon Senebier (1785) hat sich mit dieser Frage befaßt und zu ihrem Studium doppelwandige Glasglocken benützt, die heute noch seinen Namen tragen. Unter die Glocke kam die Versuchspflanze, in den Hohlraum der Wand eine farbige Lösung. Draper führte 1844 die Lösungen von Kalium bichromat und Kupferoxydammoniak ein, die seither außerordentlich viel benützt worden sind. Heute kennen wir zahlreiche farbige Lösungen durch die sich aus dem weißen Licht verschiedenfarbige Bezirke isolieren lassen. Bald fing man auch an, spektral zerlegtes Licht zu verwenden, das bekanntlich mit einem Prisma oder einem Gitter erhalten werden kann. Es ist aber nicht gleichgültig, welche Vorrichtung wir benützen, denn das Gitter liefert ein sog. Normalspektrum d. h. ein Spektrum, welches die Intensitätsverteilung richtig wiedergibt, während im Prismenspektrum der kurzwellige (blauviolette) Teil stärker zerstreut und daher bei gleicher Breite schwächer ist. Da nun die Assimilation nicht nur von der Wellenlänge, sondern auch von der Stärke des Lichtes abhängt, so läßt sich der Einfluß der Wellenlänge dadurch am besten finden, daß man die Intensität des Lichtes konstant hält. Derartige Versuche wurden erst in geringer Zahl ausgeführt z. T. mit einer submersen Wasserpflanze (Elodea), bezw. einer Alge, zum Teil mit einer Landpflanze (Bohne). Die Experimente mit der Bohne erfolgten in ganz schmalen Spektral-

bezirken und ergaben das bemerkenswerte Resultat, daß an der Stelle der Absorptionsbänder I, II, III, IV, V, VI, d. h. an der Stelle der Absorptionsmaxima auch Assimilationsmaxima sich finden. Eine völlige Deckung von Absorptions- und Assimilationskurve ist für die Bohne jedoch nicht vorhanden. Dagegen scheint sie (nach Engelmann) bei Algen und vielleicht auch bei andern spaltöffnungsfreien Pflanzen annähernd zuzutreffen; so daß in diesen Fällen die Assimilationskurve ungefähr der Absorptionskurve unserer Fig. 2 entsprechen würde. Bei der Bohne decken sich nur die Bezirke A bis E; im Blau steigt die Absorptionskurve wieder an, während die Assimilationskurve weiter fällt. Dieses abweichende Verhalten hängt wahrscheinlich mit der starken Verengerung der Spaltöffnungen und der damit verbundenen Erschwerung der CO_2-zufuhr im blau-violetten Teil zusammen.

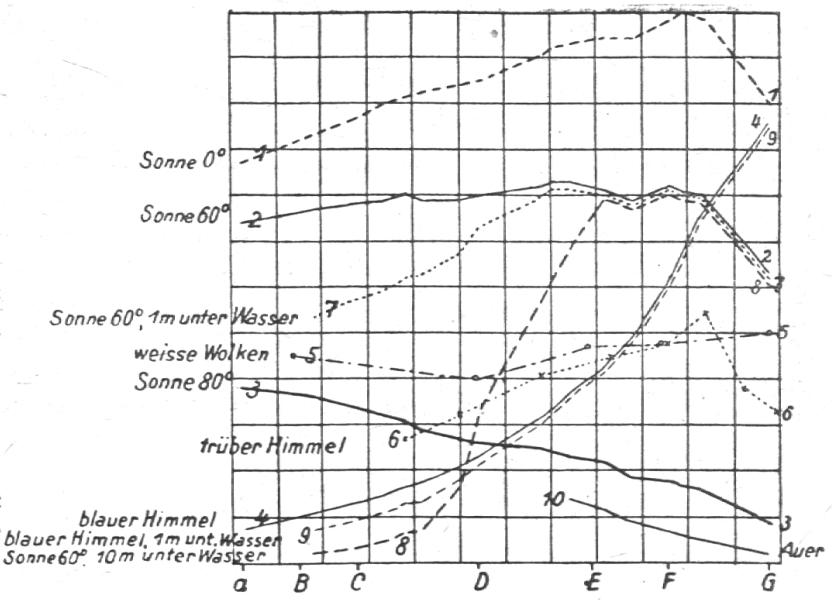


Fig. 3.

Wir nahmen bisher an, die auffallenden Sonnenstrahlen verschiedener Wellenlänge seien alle gleich intensiv; das ist aber in natura nie der Fall. Vornehmlich durch die Untersuchungen des Amerikaners Langley und seiner Mitarbeiter kennen wir die Energiekurven des Lichtes, das unsern Pflanzen zur Assimilation zur Verfügung steht, ziemlich genau. Es handelt sich dabei a. um direktes Sonnenlicht, b. um diffuses Tageslicht und c. für Wasserpflanzen um Sonnenlicht oder diffuses Tageslicht, das eine mehr oder weniger dicke Wasserschicht passiert hat. Fig. 3 gibt eine Vorstellung von dem reichen Wechsel in der Zusammensetzung dieser auffallenden Strahlungen. Um Raum zu sparen ist überall nur der sichtbare Teil eingezeichnet, da dem Rest für uns keine große Bedeutung zukommt. Es bedeutet:

Kurve 1: Intensität der Sonnenstrahlen an klaren Tagen bei Zenithstand der Sonne für Washington.

Kurve 2: Intensität der Sonnenstrahlen an klaren Tagen bei Zenithdistanz von 60° für Washington.

Kurve 3: Intensität der Sonnenstrahlen an klaren Tagen bei Zenithdistanz von 80° für Washington.

Kurve 4: Intensität des blauen Himmelslichtes (berechnet nach der Formel von Rayleigh), unter der Annahme, daß die Gesamtintensität des diffusen Lichtes etwa die Hälfte des direkten Sonnenlichtes bei 60° Zenithdistanz beträgt.

Kurve 7: Intensität der Sonnenstrahlung (60°) 1 m unter Wasser.

Kurve 8: Intensität der Sonnenstrahlung (60°) 10 m unter Wasser.

Kurve 9: Intensität des blauen Himmelslichtes 1 m unter Wasser.

Kurve 10: Intensität des Auerbrenners im Blau.

Mit Hilfe der Intensität des auffallenden Lichtes (Fig 3) und der absorbierten Strahlung in Prozenten der auffallenden (Fig. 2) läßt sich das vom Blatt tatsächlich absorbierte Licht berechnen. Das Resultat bringt Fig. 4 übersichtlich in Kurvenform. Bei allen Pflanzen, für welche die Assimilationskurve mit der Absorptionskurve der Fig. 2 sich deckt, ist somit die Assimilation in folgender Weise auf die verschiedenen Farben des Spektrums verteilt.

Im direkten Sonnenlicht finden sich 2 Hauptmaxime, das eine im Rot bei BC, das andere im Blau bei F. Bei sehr hohem Sonnenstand (Kurve 1) ist das blaue Maximum stärker als das rote. Mit sinkender Sonne werden die Maxima erst gleich (ungefähr Kurve 2) bis zuletzt das blaue mehr und mehr zurücktritt und in einer noch violettärmeren Lichtquelle wie dem Gasbrenner kaum noch zu erkennen ist (Kurven 3 und 10).

Während bei tiefstehender Sonne fast nur noch das rote Maximum übrig bleibt, liegt im diffusen blauen Himmelslicht das Assimilationsmaximum am blauen Ende des

Spektrums (Kurve 4), das gleiche oder doch Aehnliches gilt auch für größere Wassertiefen (sowohl bei direkter Besonnung als diffusem Licht, Kurven 8 und 9), während sich bei Annäherung an die Oberfläche auch das rote Maximum bei direkter Besonnung wieder bemerkbar macht (Kurve 7).

Bei der Bohne und allen ähnlich sich verhaltenden Pflanzen sind die Resultate großenteils dieselben, nur fehlt das blaue Assimilationsmaximum oder ist doch viel schwächer. Aber die Abweichungen sind in der Natur nicht so groß wie im Spektrum, weil den Blättern im Freien stets gemischtes Licht zur Verfügung steht, so daß die auf die CO_2-versorgung hemmende Wirkung des Blau durch die fördernde Wirkung anderer Strahlen zum Teil wieder aufgehoben wird. Uebrigens ist eine bessere Ausnützung des absorbierten Lichtes durch submerse Wasserpflanzen biologisch leicht verständlich, da sie ja weniger Licht zugeführt erhalten als die Landpflanzen.

Wir sind nun genügend vorbereitet um an die Diskussion einer Frage heranzutreten, deren Lösung noch vor wenigen Jahren kaum für möglich gehalten wurde. Es ist die Frage, warum sind die Blätter grün, warum nicht etwa blau oder schwarz; warum prangen die Blätter nicht in so variabeln bunten Farben wie die Blüten, warum zeigen sie bei allen Spezies und in allen Ländern der Erde immer und überall dasselbe grüne Kleid?

Den Leitgedanken, der es ermöglichte diese wichtige Frage der Lösung entgegen zu führen verdanken wir dem Jenenser Botaniker Stahl; er ist ebenso einfach wie einleuchtend: Das Blatt soll so gefärbt sein

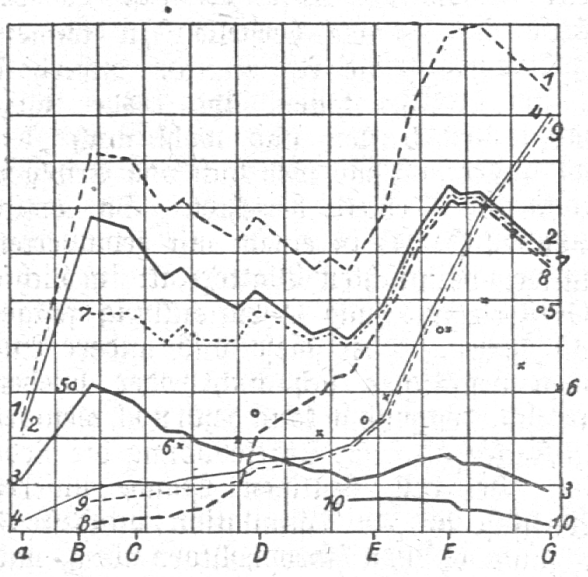


Fig. 4.

d. h. der Blattfarbstoff soll eine solche Absorptionskurve besitzen, daß schwache Beleuchtung möglichst vollständig ausgenützt und zugleich eine Schädigung durch zu starkes Licht möglichst vermieden wird. Denn bekommt die Pflanze zu wenig Licht, so kann sie sich erfahrungsgemäß nicht normal entwickeln und ebenso erkrankt sie bei zu intensiver Belichtung, entweder direkt infolge des Uebermaßes an Licht oder indirekt infolge zu starker Erwärmung. Die Notwendigkeit schwaches Licht gut auszunützen ergibt sich in erster Linie für Schattenpflanzen; aber auch für günstig gelegene Standorte spielt das diffuse Licht eine größere Rolle als man vielfach meint. Die wirkliche Sonnenscheindauer macht nur einen Bruchteil der möglichen aus z. B. für die britischen Inseln 30%, Deutschland 38%, Italien 52%, Kairo 69%; für die regenreichen Teile der Tropen wieder weniger (36%), ebenso für hohe Berge z. B. Sonnenblick 34% gegen mehr als 40% in der Niederung, in andern Fällen sogar noch weniger (bis 16%). Allbekannt ist das Zurücktreten der direkten Sonnenstrahlung für die Polarländer. Aber auch das direkte Sonnenlicht ist schwach bei tieferm Sonnenstand oder bei starker Dämpfung in Seen und Meeren.

Am vollständigsten würde dieses schwache Licht zweifellos von einem schwarzen Blatt absorbiert. Diese Farbe ist aber schon deshalb nicht zulässig, weil dabei Pflanzen sonniger Standorte leicht zu stark erwärmt würden. Das Blatt hilft sich nun durch Absorption jener Strahlen, die in schwachem Licht vorherrschen. Es ist das zum Teil das Blau und Violett, so im blauen Himmelslicht und unter Wasser (Fig 3 Kurven 4, 9, 7, 8); zum Teil das Rot, so bei direkter Sonnenstrahlung für Polarpflanzen sowie am Morgen und Abend (Fig. 3 Kurve 3). Damit wäre in den Hauptzügen ein Verständnis gewonnen für die starke Absorption im Rot einerseits und im Blauviolett andererseits (Fig 2). Noch plausibler wird die geringe Absorption des Grün durch die häufige Rotfärbung von Blättern und Sprossen; dieser rote im Zellsaft gelöste Farbstoff läßt viel rot und blauviolett durch, während er grün sehr stark schwächt. Daß die Absorptionskurve des Blattgrüns von B an gegen Ultrarot rapid fällt (vgl. Fig. 2), deckt sich auffällig mit der Absorption des Wassers, die von B an gegen Ultrarot ebenso stark steigt. Dieser Zusammenhang wird biologisch verständlich, wenn man bedenkt,

daß die Chlorophyllkörner stets hinter einem mehr oder weniger mächtigen Wasserschirm arbeiten. Wasser enthält ja die Atmosphäre teils als Dampf, teils in Form von Tröpfchen (Nebel, Wolken), Wasser enthalten ferner die Gewebe des Blattes, Wasser ist endlich in ganz besonders reicher Menge bei den submersen Pflanzen vorgelagert. Der Parallelismus scheint hier sogar noch weiter zu gehen, indem selbst die sekundären Absorptionsmaxima des Blattgrüns mit Absorptionsbändern des Wassers oder Wasserdampfes weitgehend koinzidieren. — Wie kann nun andererseits einer Schädigung der Pflanzen durch intensive Sonnenstrahlung vorgebeugt werden? Man kann dabei natürlich nur an Mittel denken, welche die Existenz der Schattenpflanzen und die Assimilation bei trübem Wetter nicht gefährden. Es kommt also vornehmlich in Betracht eine geringe Absorption von Ultrarot und Grün, was sich mit dem tatsächlichen Verhalten deckt. Was das bedeutet, ergibt sich aus dem Umstande, daß das Ultrarot je nach der Zenithdistanz 60—80% der Gesamtstrahlung der Sonne ausmacht und daß im Grün oder dessen Nachbarschaft von einer gewissen Sonnenhöhe an das Energiemaximum liegt (vgl. Fig. 3 Kurve 2 und 1). Weil nun das Blatt diese Absorptionsverhältnisse zeigt erscheint es eben unserem Auge grün.

Wir schließen diese Betrachtungen über die Bedeutung der Wellenlänge für die Assimilation mit einer kurzen Uebersicht über die strahlende Energie:

	Elektrische Strahlen	Unbekanntes Gebiet	Ultrarote Strahlen	Sichtbare (Licht-)Strahl.	Ultraviolette Strahlen	Unbekanntes Gebiet	Röntgen-Strahlen	γ-Strahlen
Wellenlänge	∞ bis ca. 3 mm	3 bis 0,06 mm	0,06 bis 0,00076 mm	0,00076 bis 0,00040 mm	0,00040 bis 0,00008 mm	0,00008 bis 12×10^{-7} mm	12×10^{-7} bis $0{,}18\times10^{-7}$ mm	$1{,}4\times10^{-7}$ bis $0{,}07\times10^{-7}$ mm

Strahlen großer Wellenlänge, wie sie den elektrischen entsprechen, hat man in der Sonne nicht gefunden. Nach den Untersuchungen von Langley und seinen Mitarbeitern sendet die Sonne auf die Erdoberfläche Strahlen, die von ca. 6000 $\mu\mu$ (0,006 mm) im Ultrarot bis zu ca. 290 $\mu\mu$ (0,00029 mm) im Ultraviolett reichen. Davon ist wiederum nur ein kleiner Teil sichtbar, es handelt sich dabei etwa um denselben Bezirk, der auch für die Assimilation in Betracht fällt.

Um die Wichtigkeit der Beziehungen zwischen Licht, CO_2 und Chlorophyll nicht aus dem Auge zu verlieren, sei endlich nochmals auf einen Punkt hingewiesen, der schon früher angedeutet wurde. Die Absorption von Licht durch Chlorophyll wäre photochemisch ohne Weiteres verständlich, wenn das Chlorophyll selbst zersetzt werden sollte. Aber nicht darum handelt es sich ja, sondern um die Zersetzung des CO_2. Das Kohlendioxyd sollte also Licht absorbieren. Nun ist aber CO_2 zweifellos durchlässig, — sehen wir doch durch die ganze Atmosphäre hindurch den Mond und die Sterne. CO_2 muß aber auch durchsichtig sein, denn sonst würde das Licht ja schon in der Atmosphäre absorbiert und könnte gar nicht bis zur Pflanze kommen. Da somit Kohlendioxyd das Licht nicht absorbiert, eine Energieaufnahme aber unerläßlich ist, so läßt sich das Problem offenbar nur durch einen Stoff lösen, der die Energie absorbiert und auf das CO_2 überträgt. Dieser Stoff ist eben das Chlorophyll, das man daher auch als einen Sensibilisator bezeichnet hat. Indem es die Kohlensäure, wie wir früher sahen, durch den Magnesiumkomplex bindet, macht es dieselbe für Strahlen sensibel, für die sie sonst unempfindlich ist. (Außerhalb des Blattes sind zur Zerlegung des CO_2 viel kurzwelligere Strahlen oder Temperaturen von über 1000° nötig.) Das bestrahlte Chlorophyll überträgt also die aufgenommene Energie auf die Kohlensäure, ähnlich wie etwa die angeschlagene Saite auf den Resonanzboden.

Sind auch in letzter Zeit mannigfache Fortschritte erzielt worden, so sind wir doch noch weit davon entfernt, das Problem restlos zu verstehen und etwa gar künstlich mit Kohlensäure, Wasser und Sonnenlicht Zucker und Stärke herstellen zu können. Alle Versuche, die Assimilation außerhalb der Zelle nachzuahmen, sind bisher mißglückt. Zeitschriften und wohl auch Zeitungen haben zwar mehrfach von Erfolgen auf diesem Gebiete berichtet. So wollte Friedel (1901) in einem mit gepulverten Blättern vermischten Blattextrakt im Lichte CO_2-Zerlegung und O-Entwicklung festgestellt haben. Aber diese und andere Angaben bestätigten sich nicht oder blieben unentschieden, und so kann denn noch weniger von Zucker oder gar Stärkebildung die Rede sein. Bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse ist zur Assimilation mindestens ein unversehrtes Chlorophyllkorn nötig, und auch dieses bleibt auf die Dauer nur ar-

beitsfähig, wenn es in der lebenden Zelle liegt.

Das Zusammenwirken der Außenfaktoren.

Unter den in Betracht fallenden Außenfaktoren haben wir bereits CO_2, Wasser und Licht kennen gelernt. Die Assimilation hängt aber außerdem ab von der Temperatur, der Sauerstoffzufuhr, dem Salzgehalt des Mediums, von der Ansammlung der Assimilationsprodukte, vom Lebensalter ꝛc. Wir gewinnen am besten eine Vorstellung vom Zusammenwirken dieser Faktoren durch Betrachtung von Fig. 5. Sie stellt eine sog. Minimumtonne dar, in welcher die einzelnen Dauben die Außenfaktoren darstellen; die Länge jeder Daube ist so gewählt, daß sie der verfügbaren Menge CO_2, Licht ꝛc. proportional ist. Unter den in der Figur skizzierten Bedingungen läßt sich die Tonne offenbar nur bis zum oberen Ende der CO_2-Daube mit Wasser füllen. Eine Erhöhung der Licht- oder Temperaturdaube ist zwecklos, so lange die CO_2-Daube nicht verlängert wird. Wie das Fassungsvermögen unserer Tonne von der kürzesten Daube abhängt, so hängt die Assimilation von dem im Minimum vorhandenen Faktor ab. Es hat sich nun gezeigt, daß unter günstigen Bedingungen, wie sie etwa an einem schönen Sommertag in der freien Natur herrschen, die Blätter viel mehr direktes Sonnenlicht erhalten als sie zur Assimilation verwerten können. So konnte in einem Versuch mit der Kapuzinerkresse das auffallende Sonnenlicht bis auf $^1/_{12}$ reduziert werden ohne Schwächung der Assimilation. Hier war, wie in unserer Minimumtonne, die Kohlensäure begrenzender Faktor. Will man also starkes Licht voll ausnützen, so muß man den Pflanzen mehr CO_2 zuführen, als in der atmosphärischen Luft enthalten ist.

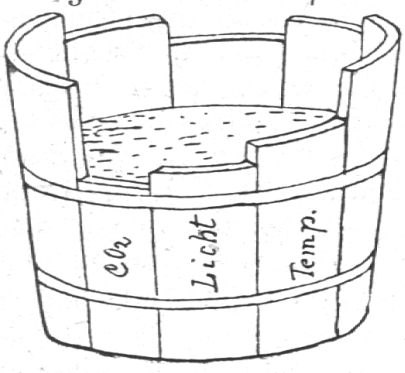


Fig. 5.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen haben wir zunächst etwas eingehender von der Lichtintensität zu sprechen. Bei zu schwacher Beleuchtung, z. B. im Mondlicht, läßt sich auch mit der empfindlichsten Methode keine Assimilation nachweisen; das ist aber bereits in der Abenddämmerung der Fall. Mit zunehmender Lichtintensität steigt auch die Assimilation wohl annähernd proportional, bis das Licht aufhört begrenzender Faktor zu sein und ein anderer Faktor, gewöhnlich das CO_2 ins Minimum kommt. In einem Zimmer mit einem Fenster von gewöhnlichen Dimensionen, 1,5 m breit und 2 m hoch, erhält eine Pflanze, die $^1/_2$ bezw. 2 m hinter dem Fenster steht, nur $^3/_{10}$ bezw. $^8/_{100}$ des diffusen Lichtes, das ihr im Freien zur Verfügung steht. Das diffuse Licht macht aber selbst wieder nur einen Bruchteil des Sonnenlichtes aus und so ist es denn leicht begreiflich, daß die meisten Pflanzen in dunkeln Zimmerecken auch auf den schönsten Blumentischen nicht gedeihen wollen. Merkwürdig ist vielmehr das abweichende Verhalten, das für Clivia und Aspidistra am bekanntesten ist. Die Erklärung liegt in der geringen Atmung und dem schwachen Stoffverbrauch dieser Gewächse, die daher auch bei reduzierter Stoffbildung gedeihen können.

Wie die Pflanzen bei zu wenig Licht zu Grunde gehen, so kann auch zu viel Licht schädlich wirken, und es existieren zahlreiche Einrichtungen, welche gegen diese Gefahren schützen. Ich erinnere an das Haarkleid, das wie ein Sonnenschirm wirkt. Bekannt ist die Bewegungsfähigkeit mancher Blätter, z. B. der Robinie, die bei mittlerem Licht die Spreiten zu den einfallenden Strahlen senkrecht stellt und dadurch eine maximale Ausnutzung des Lichtes ermöglicht, während um die Mittagszeit gerade umgekehrt Profilstellung eingenommen wird. Den meisten Pflanzen geht eine so auffällige Bewegungsfähigkeit allerdings ab; welche Bedeutung aber auch schwächere Lageveränderungen besitzen können, zeigen Versuche von Stahl mit Hauswurzarten. Während die fleischigen Blätter unter normalen Verhältnissen auch zur heißen Jahreszeit durch die intensivste Sonnenstrahlung nicht verbrannt werden, ist das leicht der Fall, wenn die Rosetten einige Tage verdunkelt waren und die Blätter sich nach unten gelegt hatten, so daß die Sonnenstrahlen jetzt z. T. senkrecht auffallen konnten. Unversehrt blieben nur die frei abstehenden Blattspitzen, welche die aufgenommene Wärme leichter nach außen abgeben konnten. Wir sehen aus den erwähnten Beispielen, daß es bald mehr auf den Lichtschutz, bald mehr auf den Wärmeschutz ankommen dürfte. Auch bei der Kaktee Ce-

reus peruvianus war der Einfluß der Orientierung nicht minder deutlich. In der normalen vertikalen Lage ertrug der säulenförmige Stamm die intensivste Insolation ohne Schaden, dagegen verfärbte er sich und starb besonders im Grund der Furchen ab, als Stahl ihn einige Stunden lang horizontal legte, so daß die Strahlen senkrecht auffallen konnten. Die an vielen Kakteenstämmen vorhandenen Fortsätze in Gestalt von Kanten oder Mammillen dürften in ähnlicher Weise die Wärmeabgabe erleichtern, wie die Fortsätze an den von Dampf oder heißem Wasser durchströmten Heizkörpern. — Zu den Bewegungen des ganzen Blattes gesellen sich noch Bewegungen der Chlorophyllkörner, die allerdings erst bei mikroskopischer Untersuchung genau verfolgt werden können, von einem aufmerksamen Beobachter aber oft auch ohne Hilfsmittel bemerkbar sind. Sie verursachen bei voller Besonnung eine Hellerfärbung des Blattes, die sich z. B. bei Hollunder, Ruprechtskraut oder Impatiens unschwer feststellen läßt.

Neben dem Licht ist von größter Bedeutung die Kohlensäure. Bei dem geringen Gehalt der Atmosphäre an diesem wichtigen Nahrungsstoff wirkt die Kohlensäure an warmen, sonnigen Tagen als begrenzender Faktor, und es muß sich daher unter solchen Umständen die Assimilation steigern lassen durch Erhöhung des CO_2-Gehaltes der Luft. Die Richtigkeit dieses Schlusses ist experimentell mehrfach bestätigt und so versuchte man denn die Erfahrungen des Laboratoriums auf die gärtnerische Praxis zu übertragen, indem man in Gewächshäusern die Luft durch Verbrennen von Alkohol an CO_2 bereicherte. Es hat sich jedoch gezeigt, daß man hierbei vorsichtig sein muß, indem schon eine mäßige Steigerung des CO_2-Gehaltes an verschiedenen Pflanzen pathologische Erscheinungen, vornehmlich das Unterbleiben normaler Blütenbildung nach sich zog. Die ungünstige Wirkung des CO_2 kann durch Unreinheit desselben bewirkt gewesen sein, auch kann zu schwaches Licht den ungünstigen Ausfall bewirkt haben. Ein abschließendes Urteil läßt sich noch nicht fällen, doch ist nach Obigem klar, daß CO_2-Steigerung bei zu schwachem Licht mindestens zwecklos ist; sie kann aber auch direkt schädlich wirken. In der freien Natur ist daher offenbar nur ein solcher CO_2-Gehalt der Atmosphäre zulässig, der auch bei fehlendem Licht, also nachts, nicht gefährlich wird, und so haben wir Grund, anzunehmen, daß die gegenwärtig auf der Erde lebenden Gewächse auf den gegenwärtigen CO_2-Gehalt abgestimmt sind. Dagegen wurde die Vermutung ausgesprochen, die üppige Vegetation der Steinkohlenperiode hänge mit einem höheren Gehalt der damaligen Luft an CO_2 zusammen.

Neben Licht und CO_2 kann auch die Temperatur praktisch als begrenzender Faktor wirken. Bei den großen Verschiedenheiten in der Wärmeverteilung spielt das Temperaturminimum, bei dem überhaupt noch Assimilation möglich ist, auch pflanzengeographisches Interesse. Das Vorkommen einer Algenflora in den Polarmeeren zeigt, daß es Pflanzen gibt, die zeitlebens nahe bei Null Grad genügend assimilieren, während bei verschiedenen Tropengewächsen der Nullpunkt der Assimilation bei $+5^\circ$ C gefunden wurde. Bei Prunus laurocerasus beobachtete man die erste Kohlensäurezersetzung bei -6°, ja nach älteren, weniger zuverlässigen Angaben soll die unterste Grenze sogar noch wesentlich tiefer liegen. Mit steigender Temperatur nimmt dann die Assimilation rasch zu, so nützten Prunus laurocerasus-Blätter in einem bestimmten Falle

bei 18° etwa 40 % des Lichtes aus
bei 22° „ 50 %
bei 28° „ 70 %

Solange die Temperatur selbst begrenzender Faktor bleibt, wird die Assimilation, bei einer Steigerung um 10°, gerade verdoppelt. Das ist deshalb bemerkenswert, weil nach van t'Hoff die Reaktionsgeschwindigkeit zahlreicher rein chemischer Prozesse sich ebenso verhält. Bei zu hoher Temperatur treten, wie wir schon oben hörten, nachteilige Wirkungen ein; doch liegt diese Grenze bei verschiedenen Pflanzen jedenfalls verschieden hoch. So maß ich an einem stark besonnten Sempervivum zwischen den Blattrosetten 52° C, trotzdem trat keine Schädigung ein, die bei der Mehrzahl dünnblättriger Pflanzen sicher nicht ausgeblieben wäre. Die meisten Blätter sind übrigens schon durch die geringe Dicke vor zu starker Erwärmung geschützt; andere besitzen ein Haarkleid, das in einem bestimmten Falle die Erwärmung um 37 % herabdrückte. Unter den verschiedenen Mitteln zur Regulierung der Blatttemperatur sei noch die Rotfärbung erwähnt, die wegen der stärkeren Absorption der Strahlung die Erwärmung natürlich steigern muß. In der

kühlen Jahreszeit oder in den Alpen wird die Rotfärbung junger Triebe, ganzer Blätter oder Blattunterseiten jedenfalls von Vorteil sein. Auch Schwimmblätter (Nymphaea), die mit dem kühlen Wasser in Berührung sind, dürften daraus Nutzen ziehen. Dasselbe gilt von Schattenpflanzen, besonders wenn nur die untere Epidermis den Farbstoff trägt und die Chlorophyllkörner dadurch in ihrer Assimilationstätigkeit nicht beeinträchtigt werden. Im Hochgebirge und den zirkumpolaren Gegenden wird die niedere Temperatur oft als begrenzender Faktor wirken. Die von Wiesner konstatierte Tatsache, daß Schattenpflanzen in den Tropen in reicher Menge vorkommen, gegen die Pole aber spärlicher werden und in der arktischen Zone ganz fehlen, hängt wohl in erster Linie nicht mit der Licht-, sondern mit der Wärmezufuhr zusammen.

Die Verhältnisse werden weiter kompliziert durch den „Zeitfaktor", der bei solchen Versuchen eine wichtige Rolle spielt. Man hat nämlich gefunden, daß z. B. bei hoher Temperatur die Assimilation anfänglich auch hoch ist, dann aber rapid sinkt. Die hohe Temperatur übt offenbar eine inaktivierende Wirkung auf die Chlorophyllkörner aus, wie das auch bei zu starker Steigerung des Lichtes beobachtet wurde.

(Schluß folgt.)

Über Dämmerungsfarben.

Von Dr. A. Gockel, Freiburg i. Ue.

Zu den mancherlei Erscheinungen, die zwar fast täglich beobachtet werden können, aber vielleicht eben deshalb erst in neuerer Zeit eingehender wissenschaftlich untersucht, aber noch nicht vollständig aufgeklärt sind, gehören neben der von mir früher in diesen Blättern behandelten Niederschlags- und Gewitterelektrizität, auch die schönen während der Dämmerung auftretenden Farben am Ost- und Westhimmel. Ich kann bei der Knappheit des zur Verfügung stehenden Raumes die Dämmerungserscheinungen selbst hier nicht beschreiben, sondern verweise in dieser Hinsicht auf die unten angegebenen Darstellungen,[1]) von denen besonders das mit schönen Farbtafeln geschmückte Werkchen von Heim in keiner Schulbibliothek fehlen sollte, und auch bezüglich der Theorie muß ich auf die zweite der angeführten Abhandlungen Gruners und das Werk von Pernter-Exner hinweisen. Der Zweck dieses Aufsatzes ist den Naturfreunden zu zeigen, daß sie ohne weitere Hilfsmittel als eine richtig gehende Uhr und für manche Zwecke noch eines leicht selbst anzufertigenden Winkelmeßinstrumentes, z. B. eines Jakobstabes der wissenschaftlichen Erforschung der Ursache der Dämmerungsfarben einen Dienst leisten können, wird doch der Genuß gerade in diesem Falle noch erhöht, wenn man an die Beobachtung der prächtigen Erscheinung mit wissenschaftlich geschärftem Sinne herantritt.

Als im Jahre 1883 die prächtigen Dämmerungsfarben, welche durch den Ausbruch des Vulkans Krakatau veranlaßt waren, die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zogen, da konnte zwar jedermann angeben, daß hier eine anormale Erscheinung vorlag, aber nur wenige waren sich bewußt, in welcher Weise eine normale Dämmerung verlaufen mußte, lag doch neben einer Reihe Veröffentlichungen von mehr gelegentlichen Beobachtungen nur eine einzige ziemlich in Vergessenheit geratene systematische Beschreibung vor, nämlich diejenige, die W. v. Bezold 1864 in den Poggendorffschen Annalen der Physik veröffentlicht hatte, sie ist bis auf die erwähnte Darstellung Gruners diejenige geblieben, auf die sich alle Physiker, welche sich wissenschaftlich mit der Erscheinung beschäftigen, stützten.

Aus naheliegenden Gründen befassen sich die vorliegenden Beschreibungen hauptsächlich mit der Abenddämmerung, und wenn auch in großen Zügen die Erscheinung der Morgendämmerung nur durch die Umkehrung der zeitlichen Reihenfolge sich von denen der Abenddämmerung unterscheiden, so sind doch im Einzelnen, weil

---

[1]) Albert Heim, Luftfarben, Verlag von Hofer & Co. A. G., Zürich.

P. Gruner, Schematische Darstellung des Verlaufes der Dämmerungsfarben, Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem Jahre 1915.

Derselbe, Les Phénomènes crépusculaires, Archives des sciences de Genève, Vol. 45. Januar- und Februar-Heft. 1918.

Für eingehendere wissenschaftliche Beschäftigung sei auf die „Meteorologische Optik von Pernter-Exner, W. Braumüller, Wien 1910, verwiesen.

der Gang der Erscheinung von der vertikalen Temperaturverteilung, der Feuchtigkeit der Atmosphäre und anderen meteorologischen Faktoren abhängt, viele Unterschiede vorhanden, deren genauere Untersuchung wohl geeignet wäre, ein Licht über manche noch dunkle Seiten der Erklärung der Erscheinung zu verbreiten. So fanden, um nur ein Beispiel anzuführen, Miethe und Lehmann, in Assuan die Gegendämmerung, d. h. die morgens im Westen, abends im Osten eintretenden Farben, des Morgens immer viel schwächer als des Abends, vielfach sogar ganz unmerklich. Auch hier in der Schweiz wird das Alpenglühen am Morgen viel seltener als am Abend bemerkt.

Selbst einfache systematisch durchgeführte Beobachtungen über die Intensität der Erscheinung, am besten nach einer von Gruner angegebenen Skala, dürften von Wert sein. So sollen nach einer, nach meinen Beobachtungen der Bestätigung sehr bedürftigen Bauernregel Abendrot für den kommenden Tag schönes Wetter, Morgenrot aber schlechtes verkünden. Richtig ist wohl nur, daß lebhaftere Abend- und wahrscheinlich auch Morgenfarben auf einen vermehrten Feuchtigkeisgehalt und Staubgehalt der höheren Atmosphärenschichten hindeuten, im übrigen aber scheint nach Beobachtungen von Riggenbach und Gruner das Auftreten wohlausgebildeter Dämmerlichter an das Vorhandensein eines von Südwesten her nach Mitteleuropa sich ausdehnenden Hochdruckgebietes geknüpft zu sein, eine Luftdruckverteilung, die uns im allgemeinen gutes Wetter bringt.

Selbst dem Physiologen bietet die Beobachtung des Verlaufes einer Dämmerung interessante Probleme. So scheint uns während der Abenddämerung die Stärke des Purpurlichtes eine Zeit lang zuzunehmen, während die physikalische Untersuchung lehrt, daß auch dieses mit sinkender Sonne an Helligkeit abnimmt und das scheinbare Hellerwerden nur durch die fortschreitende Verdunkelung der umgebenden Stellen des Himmels bedingt ist.

Bei der Entstehung der Dämmerungsfarben wirken sicherlich zwei Ursachen mit: 1. Die Beugung der Lichtstrahlen an gröberen in der Atmosphäre verteilten Teilchen und 2. die Zerstreuung (Diffusion) an Teilchen, die klein sind gegenüber der Wellenlänge des Lichtes, also höchst wahrscheinlich den Luftmolekülen selbst. Die jedem Physiker bekannten Beugungserscheinungen können wir leicht beobachten, wenn wir durch eine mit feinen Wassertröpfchen beschlagene Glasplatte oder zwischen den Fäserchen einer Feder hindurch oder auch nur an einem Haar vorbei nach einer Lichtquelle schauen. Ihr verdanken die Höfe um Sonne und Mond ihre Entstehung. Weniger oft haben wir Gelegenheit, uns mit der Zerstreuung des Lichtes zu beschäftigen, obwohl dieser das Blau des Himmels seine Entstehung verdankt. Treffen die Wellen unserer Seen auf einen Steindamm oder auch nur auf einen größeren Dampfer, so werden sie von diesem Hindernis nach den bekannten Reflexionsgesetzen zurückgeworfen, oder sie werden abgebeugt, d. h. sie laufen um das Hindernis herum, wie es z. B. auch die Schallwellen tun, wenn sie auf ein Gebäude auftreffen, das ihre eigene nach Metern oder Bruchteilen solcher zählende Länge an Ausdehnung nicht allzu sehr übertrifft, ohne den reflektierenden Gegenstand selbst merklich in Bewegung zu setzen. Ein auf dem Wasser schwimmendes Stückchen Holz dagegen oder selbst eine kleine Gondel machen die Wellenbewegungen mit und beeinflussen diese nach Richtung und Stärke um so weniger, je kleiner sie sind. So können auch auf einen Lichtstrahl, der auf Teilchen auffällt, welche kleiner sind als die Wellenlänge des auf ihn fallenden Lichtes, nicht mehr die gewöhnlichen Reflexionsgesetze angewendet werden, sondern es werden diese Teilchen, wenn wir uns der Vorstellung der Undulationstheorie bedienen, durch den Strahl selbst zu Schwingungen angeregt oder sie werden allgemein gesprochen zum Ausgangspunkt derselben Vorgänge, welche die Fortpflanzung des Lichtes bedingen, d. h. zur Quelle sekundärer Lichtstrahlen, wobei natürlich der primäre Strahl eine der Intensität des zerstreuten Lichtes entsprechende Einbuße an Energie erleiden muß. Nun hat Strutt, der spätere Lord Rayleigh, gezeigt, daß in dem zerstreuten Licht die blaue Farbe überwiegt, und zwar, wenn die zerstreuenden Teilchen auch gegenüber den kürzesten vorkommenden Wellenlängen klein sind, in der Weise, daß sich die Intensitäten der Strahlen verschiedener Wellenlänge umgekehrt verhalten wie die 4. Potenz der Wellenlängen. Wenn man nun in Betracht zieht, daß in der Atmosphäre Teilchen vorkommen können, die klein sind gegenüber der Wellenlänge des roten, aber nicht mehr gegenüber der des blauen Lichtes, so sieht man leicht ein,

daß sich das Farbenspiel der Dämmerung nach Farbenverteilung und Intensität mit der Zahl und der Größe der in der Atmosphäre vorhandenen trüben Teilchen ändern muß. Andererseits erhellt aber auch die große Wichtigkeit des Studiums der Dämmerungserscheinungen aus dem Umstand, daß sie uns Aufschluß erteilen über die Anzahl und Größe der in der Atmosphäre vorhandenen trüben Teilchen.

Wie schon bemerkt waren es die prächtigen Dämmerungen der Jahre 1883—85, welche zuerst wieder die Aufmerksamkeit der Physiker auf die Erscheinung lenkten. Nicht nur der zeitliche Zusammenhang mit der Ausbreitung des von dem Krakatau ausgeworfenen Staubes, sondern auch das Studium der Beugungserscheinungen in künstlich trüben Medien, von Kießling in Hamburg betrieben, und die Untersuchungen am Himmel durch Riggenbach in Basel zeigten, daß diese glänzenden Farben in erster Linie hervorgerufen wurden durch die Beugung des Lichtes an dem feinen in 30 Kilometer Höhe schwebenden, von dem Vulkane ausgeworfenen Staub, und diese Auffassung wurde bestätigt als nach dem gewaltigen Ausbruch des Vulkans Mont Pelée auf Martinique im Jahre 1902, dessen einzelne Phasen sich übrigens ebenso wie die des Krakatau monatelang hinzogen, die schönen Dämmerungen wieder von neuem, wenn auch nicht in so glänzender Weise wie 1880 einsetzten und erst 1904 wieder abflauten.[1]) Ein neues Auftreten schöner Dämmerungsfarben folgte im Herbst 1912 dem Ausbruch des Vulkans Katmai auf Alaska. Gerade in unserem Lande, und zwar von Dorno in Davos, sind die mannigfachen Veränderungen, welche die trübende Schicht in den Verhältnissen der Atmosphäre hervorrief (neben dem Auftreten wundervoller Morgen- und Abendröten weißliche Färbung des Himmels während des Tages, Verringerung der Intensität des direkten Sonnenlichtes, Aenderung des Verhältnisses von direktem Sonnenlicht zu dem zerstreuten Himmelslicht, der Helligkeit des Zenitlichtes, Aenderungen der spektralen Zusammensetzung sowohl des direkten Sonnen- als auch des zerstreuten Himmelslichtes in der Weise, daß der Anteil des Grün sich gegenüber dem Rot verringert und ferner Verringerung des polarisierten Anteils am zerstreuten Himmelslicht) besonders eingehend untersucht werden.

Es scheint aber, daß auch Vorgänge außerirdischer Natur die Dämmerungserscheinungen beeinflussen. Man darf als sichergestellt annehmen, daß die Polarlichter ihren Ursprung von der Sonne ausgehenden Strahlen verdanken. Dieselben Strahlen, die von der Natur der Kathodenstrahlen aber auch von der der Röntgen-Strahlen sein können, rufen in hohen Schichten der Atmosphäre Kondensationserscheinungen hervor, wahrscheinlich Bildung von Eisflimmerchen von weniger als $^1/_{1000}$ mm Durchmesser, die zu Beugungserscheinungen Anlaß geben. Dieselben Teilchen, welche zur Zeit des Sonnenauf- und Unterganges die schönen Dämmerlichter hervorrufen, verraten sich unter Tages durch einen eigentümlichen weißen Schein um die Sonne, den man allerdings, wenn er nicht sehr stark ausgebildet ist, nur in der reinen Luft der Hochtäler und auch dort nur wahrnehmen kann, wenn man sich so aufstellt, daß die Sonne selbst durch irgend einen entfernten Gegenstand, z. B. eine Hauswand, Berggipfel usw. abgeblendet ist. Der Zusammenhang dieser Erscheinung mit der stärkeren Sonnenfleckentätigkeit ist besonders durch Untersuchungen des Direktors unserer meteorologischen Zentralanstalt, Herrn Dr. Maurer, ferner von Dorno in Davos und Dr. Schmid in Oberhelfenswil (St. Gallen) überzeugend dargetan. Letzterem Herrn verdanken wir auch den Nachweis, daß auch das Zodirkallicht, über dessen Natur so viele weit auseinandergehende Hypothesen aufgestellt wurden, nur eine Dämmerungserscheinung ist, oder besser gesagt, daß unter günstigen Sichtbarkeitsverhältnissen der Uebergang vom abendlichen Zodiakallicht im Westen zum morgendlichen im Osten sich die Nacht hindurch verfolgen läßt, daß also dieses Licht wie das Dämmerlicht eine Lichterscheinung ist, hervorgerufen von dem Reflex der Strahlen der tief unter dem Horizont stehenden Sonne in den hohen Schichten unserer Atmosphäre. Die Studien des letztgenannten Herrn, von Beruf Landwirt, zeigen, daß auch der Nichtfachmann ohne besondere Hilfsmittel, wenn er nur über Eifer und Interesse verfügt, der Wissenschaft bedeutende Dienste leisten kann.

Indem ich alle diejenigen, die sich für das so reizvolle Studium der Lichterscheinungen der Atmosphäre interessieren, auf die angegebene Literatur und die dort erwähnte

[1]) Beschreibung u. a. bei Forel, Archives des scienc. de Genève, Vol. 19. 1905.

von Herrn Prof. Gruner in Bern ins Leben gerufene Organisation zur Erforschung der Dämmerungserscheinungen verweise, will ich nur noch einige Worte über eine uns speziell interessierende Form derselben, nämlich das Alpenglühen sagen.

Wenn die Dämmerlichter, die wir im schweizerischen Flachlande beobachten, trotz aller ihrer Pracht doch nicht wetteifern können mit der Herrlichkeit eines Sonnenauf- und Unterganges auf dem Meere oder in der Wüste, so steht dagegen das Alpenglühen zwar an Reichtum der Farben aber nicht an der Großartigkeit der ganzen Erscheinung dem Farbenspiel an den genannten Orten keineswegs nach, und vielleicht gibt es neben der Betrachtung des Sternenhimmels in einer klaren Winternacht kein Naturstudium, das so sehr geeignet ist den Blick nach oben, ich meine nicht im physikalischen Sinne, sondern denke an das Ueberirdische, zu lenken als die Versenkung in die Details dieses reizenden Lichtspieles, die allerdings nicht dem gedankenlosen Beschauer auf einem überlaufenen Aussichtsberge, sondern nur demjenigen möglich ist, der an einsamem Orte mit durch das Studium geschärftem Blick die Erscheinung in allen ihren Phasen verfolgt. Hier muß ich, weil die Ansichten über das, was man als Alpenglühen bezeichnen darf, etwas auseinander gehen, mit ein paar Worten auf die Erscheinung selbst eingehen.

Wenn für den Beobachter im Tale die Sonne schon untergegangen ist, erreichen ihre Strahlen noch die höher gelegenen Hänge der Alpen und rufen auf den Schneefeldern jene nach und nach von Orange in das Dunkelrot übergehende glänzende Färbung hervor, die wir als erstes Alpenglühen, coloration des alpes, bezeichnen. Die Ursache der Erscheinung ist also dieselbe wie die der roten Färbung der Wolken am Osthimmel. In dem Maße aber als die Sonne sinkt, steigt der Erdschatten empor, und wenn die Sonne ungefähr 2° unter dem mathematischen Horizonte steht, ragt derselbe schon über die höchsten Gipfel unserer Alpen in die freie Luft hinaus, die vorher so glänzend leuchtenden Schneeflächen mit der bekannten graublauen manchmal ins stahlblaue spielenden Leichenfarbe (tinte cadavérique) überziehend. Wenige Minuten darauf, während sich noch in der Höhe der untere rote Saum der Gegendämmerung deutlich von dem oberen Rand des Erdschattens abhebt, erhellen sich die Schneehänge von neuem und überziehen sich mit einer blassen Rosa-, nicht selten aber auch in das gelbliche oder das violett spielenden Farbe, eine Erscheinung, auf die man vielerorts wohl kaum mit Berechtigung ausschließlich den Namen Alpenglühen anwendet und die in der französischen Sprache richtig als recoloration des alpes und auch deutsch vielfach besser mit Nachglühen bezeichnet wird.

In erster Linie haben wir in diesem Wiederaufleben der Färbung den Reflex des am Westhimmel untergehenden Purpurlichtes zu sehen, mit diesem mischen sich aber auch die Farben, welche die höheren Partien des Himmels auf der Schneefläche wiederspiegeln. Je weiter der Beobachter selbst vom Gebirge entfernt ist, desto mehr treten für ihn die blauen Töne wegen der Absorption der kurzwelligen Strahlen in den niederen Schichten der Atmosphäre zurück, desto mehr spielt also für ihn die Farbe in das Rötliche oder Gelbliche. Selten folgt nach dem Auslöschen dieser Färbung noch ein zweites Nachglühen (résurrection) verursacht durch den Reflex des zweiten Purpurlichtes im Westen, das seinerseits selbst nur ein Reflex des mittlerweilen unter dem Horizont gesunkenen ersten Purpurlichtes ist, doch können auch unter dem Horizont stehende Wolken, die sich in die Bahn der reflektierten Strahlen stellen, das erste Nachglühen unterbrechen und damit, wenn sie keinen Schatten mehr werfen, ein zweites Nachglühen hervortäuschen. Die Erscheinung läßt also das Vorhandensein von Wolken im fernen Westen erkennen und kann, wenn der abgelaufene Tag wolkenlos gewesen ist, für die Wettervorhersage verwendet werden. Auch das Rot sehr hoch stehender Cirruswolken, welche an dem hellen Tageshimmel nicht sichtbar waren, kann sich auf der Schneefläche spiegeln, und so wird derjenige, welcher die Erscheinung in ihren Einzelheiten verfolgt, erstaunt sein über die Fülle der Mannigfaltigkeiten, welche ihm das Studium eines Sonnenunterganges bietet.

Schlupfwespe kontra Kohlweißling.

Letztes Jahr haben bekanntlich viele Kohlpflanzungen keinen Ertrag gebracht, da der Kohlweißling (Pieris brassicale L.) in Massenschwärmen auftrat, so daß das Heer der aus seinen Eiern hervorgehenden gefräßigen Raupenbrut für den Menschen vielfach nur noch die stärksten Rippen der Kohlblätter übrig ließ. Auch dieses Jahr hörte man schon hie und da Warnungsrufe und Aufforderungen zur Bekämpfung der in jetziger Zeit doppelt unerwünschten Mitesser. Für manche dürfte da ein Vorschlag Dr. Stellways beachtenswert sein, der in der überaus praktischen und bestbedienten Zeitschrift „Mikrokosmos" (Stuttgart, Frankh'scher Verlag, jährlich 12 Hefte nebst Buchbeilage Mk. 7.20) auf ein biologisches Bekämpfungsmittel hinweist. Dieser bekannte Forscher veröffentlicht hier aus den von ihm selbst angestellten Versuchen eine Reihe interessanter Daten. Aus den höchst lesenswerten Ausführungen sei z. B. hervorgehoben, daß Stellway in einem größeren Gemüsegarten nicht weniger als 2190 Coconhaufen von Schlupfwespen fand und entsprechend ebenso viele tote Kohlweißlingsraupen. Das Weibchen der Schlupfwespe legt nämlich seine mikroskopisch kleinen Eier in die jungen Räupchen, oder nach andern Beobachtern schon in die Eier des Kohlweißlings. Hier entwickeln sich die Schmarotzer in größerer Zahl selbst bis zu hundert Stück, ohne daß man es der sich entwickelnden Raupe äußerlich anmerkt. Aber mit der Wirtsraupe wachsen auch sie heran, sich besonders von deren Fettkörper nährend, und durchbrechen kurz vor ihrer Verpuppung die Haut der Raupe, wodurch diese zugrunde geht.

Dr. B.

Das Mammut-Skelett im neuen zoologischen Museum der Universität Zürich.*)

Von O. Hauser, Prof., Schwyz.

Wenn in der Schule der Mammut behandelt wird, verweisen wir die Schüler gewöhnlich auf Rußland und Sibirien und erwähnen das Museum in St. Petersburg, das im glücklichen Besitz eines dieser Riesen der Vorzeit ist. Aber auch hier gilt: „Was willst du in die Ferne schweifen, sieh, das Gute liegt so nah." Auch in unserer Schweiz wurden schon öfters schöne Funde von Mammutknochen gemacht. Nach Dr. Albert Heim gibt es bei uns über hundert verschiedene Fundstellen. 1577 wurden in Reiden, Kt. Luzern, große Knochen beim Fällen einer Eiche gefunden. Der gelehrte Arzt Felix Platter von Basel untersuchte sie 1584 und erklärte, es seien Knochen von einem riesigen Menschen. Er besang dann diesen Riesen sogar mit einem Gedicht. Dieser Riese von Luzern wurde dann auch bildlich dargestellt. Er stand z. B. früher außen am Turm des Rathauses auf dem Kornmarkt mit folgender Inschrift:

„In der Stadt Luzern, da unden
Bey dem Dorff Reyden hat man funden
Schröcklich große Menschen Gebein
Under einer Eich, auf einem Reyn usw."

Gegenwärtig befinden sich diese Funde von Reiden im zoologischen Museum der Kantonsschule Luzern.**) Auch hier in Schwyz haben wir einen Mammut-Knochen von Münchenstein, Kt. Basel. Im August 1890 aber wurde ein Mammutfund in Niederweningen bei Dielsdorf gemacht, der alle bisherigen schweizerischen Funde weit überragt. Beim Bahnbau Dielsdorf-Niederweningen mußte man Material haben, um die sumpfige Strecke auszufüllen. Man legte etwa 200 Meter südwestlich von Niederweningen eine Materialgrube an und stieß nun auf verschiedene große Knochen. Der damalige Pfarrer von Dielsdorf, J. Schüepp, war dafür besorgt, daß die aufgefundenen Knochen aufgehoben und sachverständige Gelehrte beigezogen wurden. Unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Lang von Zürich wurde nun planmäßig weitergegraben und gesammelt. Man fand Überreste von mehreren Mammuten. Einer war so klein, daß er mutmaßlich noch nicht einmal geboren war. Leider aber fehlten zu jedem Tiere noch viele Knochen. Der gewandte und sachkundige Präparator, Hr. Dreyer, vom geo-

*) Vergl. A. Lang: Geschichte der Mammutfunde. Neujahrsblatt der naturf. Ges. Zürich 1892 u. A. Heim: Geologie der Schweiz.

**) Mammut-Knochen, scapula.

logischen Institut am Polytechnikum, setzte dann ein Skelett zusammen, indem er die Knochen von verschiedenen Tieren dazu verwandte. So ist ein schönes, großes, allerdings auch jetzt noch lückenhaftes Skelett entstanden. Es ist ein Glanzstück der neuen zoologischen Sammlung der Universität. Mehr als 3 Meter hoch steht es da, mit gewaltigen, nach auswärts gewundenen Stoßzähnen und riesigen Kopf- und Wirbelknochen. Daneben liegen dann noch verschiedene Stoßzähne, die noch auf bedeutend größere Tiere schließen lassen. Auch viele andere Knochen, rings um das große Tier herumgelegt, zeigen, wie reich der Fund in Niederweningen gewesen ist. Es müssen, nach den Knochen zu schließen, etwa 10 Tiere hier umgekommen sein.

Wahrscheinlich ist die Herde in sumpfigen Boden hinein geraten und konnte sich nicht mehr aus dem Moraste befreien. Was das Alter der Funde von Niederweningen anbelangt, so werden sie dem postglazialen Diluvium zugeteilt. Die Knochen lagen in postglazialem Torf, und die Tiere sind also jünger als das Maximum der letzten großen Vergletscherung. Daß die Mammute noch Zeitgenossen des Menschen waren, beweisen auch die vielen Zeichnungen in Höhlen.

Auffallend ist auch die große Ähnlichkeit im Skelett des Mammuts mit dem Skelett des indischen Elephanten. Die Gegenüberstellung beider Skelette in Zürich bringt dieses schön zur Anschauung. Mammut und indischer Elephant stehen sich offenbar verwandtschaftlich viel näher, als man gewöhnlich annimmt.

Mit dem Mammut im neuen zoologischen Museum der Universität Zürich haben wir nun in der Schweiz, nebst den vielen schon vorhandenen schönen Belegstücken, auch ein Skelett, das uns eine gute Vorstellung gibt von der Größe und Gestalt dieses Riesen der Vorzeit. Und der Fund von Niederweningen darf wohl mit zu den schönsten und besten Funden dieser Art in Europa gehören. Die Sammlung in Zürich aber empfiehlt sich wegen ihrer Reichhaltigkeit und ihrer schönen Aufstellung sehr für den Besuch sowohl von Lehrenden als Lernenden.

Literatur.

Porstmann, Normenlehre. Schulwissenschaftlicher Verlag A. Haase, Leipzig 1918. 8°, 256 S. mit 28 Abbildungen. Preis geheftet Mk. 6.—, gebd. Mk. 7.—.

Eine kritische und eingehende Zusammenfassung der verschiedenen Maßsysteme wurde schon längst als höchst notwendig empfunden, aber die Aufgabe war, trotz mancher Vorarbeiten, keine leichte. Um so mehr kann das vorliegende Buch jedem Interessenten, und dazu dürften wohl mit in erster Linie auch die Lehrer zu zählen sein, bestens empfohlen werden. Es behandelt seinen Gegenstand, die verschiedenen Arten der Längen-, Flächen- und Raummessung, die Gewichts- und Mengennormen, Arten der Winkel- und Zeitmessung u. s. f., in sachlich wie historisch gründlich vorgehender Art und Weise, so daß es eine wertvolle Hilfe zur Weiterbildung und zur Ausgestaltung und Vertiefung des Unterrichtes für den Lehrer bildet. Dazu wird der reiche Inhalt in einer klaren zum Nachdenken anregenden Form geboten, wodurch das gehaltvolle Werk wohl jeden Leser anziehen, und wenn auch vielleicht hie und da zu Widerspruch reizend, keinen unbefriedigt lassen dürfte. Zu wünschen bleibt nur, daß die Absicht des Verfassers, eine allgemein grundlegende Normenlehre zu schaffen oder doch deren Schaffung einmal ernstlich näher zu treten, durch eifrige und verständnisvolle Mitwirkung namentlich auch der Lehrer in weiteren Kreisen Beachtung und Unterstützung finde, damit das ganze Streben nicht durch unverständliche Anordnungen der schließlich doch „maßgebenden" Behörden zuschanden gemacht wird. Referent möchte z. B. nur auf die Frage der Stundenzählung, die seit einigen Jahren wieder an der Tagesordnung ist, hinweisen, und bemerken, daß die so oft empfohlene und wie es scheint geplante Einteilung des Tages in 24 Stunden uns einer vernünftigen und praktischen Lösung keinen Schritt näher bringt, sondern im Gegenteil, den einzig richtigen Weg nur erschwert und die richtige Lösung nur verzögern und vielleicht um 100 Jahre hinausschieben wird. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß wir auch in der Zeiteinteilung schließlich zum dezimalen System übergehen müssen, daß also die Einteilung des Tages in 10, resp. 100 Teile anzustreben ist. Soll also

geändert werden, dann mache man auch gleich ganze Arbeit und teile den Tag in 100 Teile, deren also jeder sehr nahe die Zeit der jetzigen Viertelstunde, (nämlich 864 Sekunden oder 36 Sekunden weniger als die heutige Viertelstunde) hat. Will man unbedingt dem bisherigen Zustande in betr. des „äußeren Scheines" z. B. am Zifferblatt der Uhr Konzessionen zugestehen, so mag man den Tag in 25 „Stunden" à 4 „Einheiten" teilen, die neue „Quart" ist dann nur 2 Min. 24 Sek. kürzer als unsere bisherige Stunde, eine Differenz, die auch dem feinsten Zeitgefühl nicht auffallen dürfte. Alles andere ist dann nur noch eine Frage der Technik des Uhrenbaues und eine Gewohnheitsänderung des homo sapiens, der bekanntlich der größte Feind jeder vernünftigen Neuerung ist. — Möge drum das vorliegende Buch recht viele Leser und Freunde finden, damit mit verschiedenen Köpfen, die diesem homo als Ueberreste einer früheren Kulturepoche noch anhaften, endlich einmal abgefahren werde, oder doch allmählich die bessere Einsicht angebahnt werde. Doch nicht nur solche verbesserungsbedürftige Gebiete behandelt das Werk gründlich, sondern gerade die klare Durcharbeitung unserer bereits auf dezimaler Basis bestehender Maßnormen ist eine hervorragende Seite desselben. Dr. Baum.

Fenker, Prof. Dr. **H., Lehrbuch der Geometrie** für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Ausgabe A für Gymnasien, Realgymnasien und Oberschulen. 1. Teil: Ebene Geometrie. 7. verbesserte Aufl. O. Salle, Berlin 1916. 8° VIII u. 209 S. Gebd. Mk. 2.60.

Die Lehrbücher von Fenkner erfreuen sich weiter Verbreitung und sind auch an schweizer. Anstalten in Gebrauch. Der Umstand, daß das vorliegende Lehrbuch durchschnittlich jedes 3. Jahr eine Neuauflage erleben konnte, darf gewiß auch als Zeichen seiner Beliebtheit angesehen werden. Was den Stoff betrifft, so deckt dieser sich wohl im allgemeinen mit dem der meisten ähnlichen Lehrbücher, wenngleich hier die harmonischen Strahlen, Transversalen, Chordalen und Ähnlichkeitspunkte und -strahlen eine mehr eingehende Behandlung erfahren als dies meist der Fall ist. In der Art der Darstellung weicht dagegen das vorliegende Buch von dem gewöhnlichen Schema insofern ab, als der Verfasser dem wohl allseitig als richtig anerkannten Grundsatz „Der Schüler soll nicht Beweise, sondern das Beweisen lernen", auch methodischen Ausdruck zu geben trachtete, indem er eine Anzahl von Sätzen, die zum Beweise einer Reihe anderer dienen, als „Beweismittel" hervorhebt. In diesen soll der Schüler als einem eisernen Bestand die Richt- und Angelpunkte des ganzen Lehrgebäudes stets gegenwärtig haben und dadurch im Beweisen eine größere Selbständigkeit entfalten können. Bei der Auflösung von Aufgaben, deren das Buch verdankenswerter Weise eine reiche Fülle jeder Art bietet, stehen die Methoden: „Auf Grund von Sätzen" und die „Durch geometr. Oerter" im Vordergrunde, während andere besondere auch mit Hilfdreiecken auch nicht fehlen. Zu loben sind auch die geschichtlichen Hinweise, wie z. B. bei den Sätzen von Paskal, Brianchon ꝛc., die sich bei einer Neuauflage vielleicht noch vermehren ließen. Das überaus billige, reichlich mit Figuren ausgestattete Buch sei bestens empfohlen. B.

Voigt, Lehrbuch der Pflanzenkunde. Hahnsche Buchhandlung, Hannover.

1. Teil: Die höheren Pflanzen im allgemeinen. 8°, 225 S., nebst Merk- und Zeichenheft. Mk. 1.80.

2. Teil: Schulflora. 8°, X u. 403 S. mit 177 Fig. im Text. Mk. 7.—.

3. Teil: Anfangsgründe der Pflanzengeographie. 8°, XVII u. 371 S. Mk. 4.50.

4. Teil: Erweiterung der speziellen und allgemeinen Pflanzenkunde. 8°, VIII u. 155 S. Mk. 2.80.

Der Verfasser dieses Lehrbuches geht andere Wege als es bei den vielfach herrschend gewordenen typisch „biologisch" eingestellten der Fall, wenngleich auch er die Biologie nicht beiseite schiebt, weshalb das Buch sich manche Freunde erwerben wird.

Der 1. Teil bietet in den Kapiteln: Wurzel und Sproß; Baustofferwerb; Speicherung und Dauer; Bau und Anordnung der Blüten; Bestäubung und Blütenschutz; Frucht und Saat; Keimung und Entwicklung eine klar und konkret gehaltene allgemeine Morphologie und Physiologie. Wie der Verfasser sich das Studium dieses Teiles vorstellt, erhellt wohl genügend aus der Tatsache, daß statt jeder Abbildung dem Buch in einer Falte des Einbandes ein eigenes Zeichenheft von 32 Blättern beigegeben ist.

Der 2. Teil stellt eine ziemlich ausführliche Flora dar, die nicht lediglich nur Bestimmungszwecken, sondern als wesentlicher Teil des Werkes auch der spez. Organographie,

Biologie und Oekologie dienen soll. Durch prägnante Fassung und gute Uebersichtlichkeit dürfte dieser Zweck auch tatsächlich erreicht werden zumal auch noch beständig auf Teil I und III hingewiesen wird.

Dieser 3. Teil hat dem Referenten am besten gefallen, denn er ist eine vorzügliche Einführung in die leider oft so vernachlässigte Pflanzengeographie, und doch ist gerade dieser Zweig der Botanik einer der anregendsten, namentlich auch für den botanisierenden Laien, und er könnte am meisten der Heimatkunde dienlich gemacht werden. Seine übersichtlichen Ausführungen gruppiert der Verfasser unter die Haupttitel: 1) Die äußeren Kräfte in ihrem Einfluß auf das Pflanzenleben, 2) Einfluß der Feuchtigkeitsverhältnisse im besonderen, 3) Mitteleuropäische Wälder, 4) Offene Fluren vom Tiefland bis zum Berglande, 5) Die Pflanzen der Hochgebirge, 6) Kulturland, Unkräuter und Kulturpflanzen. Für Unterrichtsausflüge oder für Weiterbildung aller, die gerne durch Felder, Flur und Auen streifen, bietet dieser Teil reichlichen und ausgezeichnet zusammengefaßten Stoff, der in seiner Uebersichtlichkeit kaum empfinden läßt, welch eine gewaltige Summe von Einzeltatsachen hier verarbeitet ist.

Der 4. Teil endlich bringt in seinem ersten Abschnitte eine anatomisch-physiologisch gerichtete spez. Systematik der niederen Pflanzen, während der zweite Abschnitt der allgemeinen Anatomie und Physiologie der Pflanzen überhaupt gewidmet ist.

Das Werk ist im ganzen genommen eine wirklich vortreffliche Pflanzenkunde, die nur vielleicht zu umfangreich für den Schulbetrieb erscheinen mag. Sieht man indes vom 2. Teile, der Flora, ab, so wird dieser Eindruck verschwinden, und Referent glaubt, daß vielleicht mancher Lehrer an Stelle der Flora irgend eine Lokalflora benützt und im übrigen den andern drei Teilen den Vorzug vor manchem andern Lehrbuch geben wird. Dr. Baum.

Ostwald Wilh., Grundriß der allgemeinen Chemie. 5. Aufl. Theod. Steinkopff, Dresden u. Leipzig. 1917. 8°, XVI u. 647 S. Preis geb. Mk. 25.50.

Dies allseitig als vorzüglich anerkannte Werk des Altmeisters der Chemie bedarf eigentlich keiner weiteren Empfehlung mehr, um so nachdrücklicher sei aber auf die Neuauflage hingewiesen, denn gerade die allgemeine Chemie hat noch durchaus nicht überall die verdiente Beachtung und entsprechende Verbreitung gefunden. Und doch sollte gerade sie nicht nur dem Fachchemiker, sondern jedem Lehrer und Studierenden der Naturwissenschaften geläufig sein. Zu diesem Zwecke ist aber das Ostwald'sche Werk wie kaum ein zweites geeignet, besonders nachdem der Verfasser sich mit bestem Erfolg bemüht hat, die neueren Auflagen in pädagogisch vorteilhaftester Weise umzugestalten. Größere Veränderungen gegen früher weisen namentlich die Kapitel über die radioaktiven Stoffe und Kolloidchemie auf. Der außerordentlich reiche Inhalt wird in folgenden Abschnitten behandelt; 1) Die Stoffe, wobei auch den beiden Hauptsätzen der Energetik je ein Kapitel gewidmet ist, 2) Stöchiometrie, 3) Chemische Thermodynamik, 4) Elektrochemie, 5) Der kolloide Zustand, 6) Photochemie, 7) Chemische Verwandtschaft. Man kann dem Werke, dessen Sprache jetzt durchaus klar und das verständnisvoll jetzt auch dem der Chemie Fernstehenden entgegenkommt, nur die verdiente Verbreitung wünschen. Dr. Baum.

Dolder, Prof. Dr. Ing. E., Das Kreiselprinzip als ein Problem der Turbinentheorie. Orell Füßli, Zürich. 8°, 22 S. nebst 2 Figurentafeln. Preis Fr. 1.60 (Heft 27 der „Technischen Mitteilungen").

Das kleine Schriftchen dürfte vielen, die sich für technische oder mathematisch-physikalische Fragen interessieren, recht willkommen sein; denn manchen ist das hier behandelte Problem vielleicht überhaupt nur aus der recht mangelhaften Darstellung eines physikalischen Lehrbuches zur Erklärung der Präzession der Tag- und Nachtgleichen bekannt. Andere haben vielleicht schon vergeblich sich nach einer kurzen mathematisch gehaltenen Erklärung umgeschaut, denen aber Zeit und Mühe fehlte, sich in ein Lehrbuch der theoret. Physik erst lange hineinzuarbeiten. Aber nicht nur diese werden gerne zu dem Büchlein greifen, sondern auch mit der Frage Vertrauteren bietet der Verfasser neue Gesichtspunkte, indem er das Kreiselmoment als resultierende Wirkung einer Summe von Radialturbinen auffaßt. Den Schluß bilden kurze Erklärungen des Kreiselkompasses und der Einschienenbahn. Möge das Büchlein auch bei der studierenden Jugend Beachtung finden. Dr. B.

Kollros, Prof. Dr. L., Géométrie descriptive. Orell Füßli, Zürich. 1918. 8°. VII u. 154 S. Preis Fr. 5.—.

Das Buch ist aus Vorlesungen, die der

Verfasser an der Eidg. Technischen Hochschule gehalten hat, hervorgegangen, woraus sich einige Eigentümlichkeiten desselben erklären. Hierhin zähle ich, daß der Stoff wesentlich mehr theoretisch geboten wird, da jedenfalls die praktische Seite eigenen Uebungsstunden zugewiesen waren, und ferner, daß hier alle verschiedenen Methoden so ziemlich in gleichem Maße abgehandelt werden, da es dem Verfasser wohl zugleich um einen Gesamtüberblick über das Gebiet zu tun war, was für den Zweck einer Vorlesung gewiß geeignet war. Das Werk weist ferner eine treffliche methodische Durcharbeitung des Stoffes auf, wenn Ref. auch gestehen muß, daß er einzelne Kapitel, so z. B. die Methode von Monge gerne etwas ausführlicher behandelt gesehen hätte; es würde dadurch an Brauchbarkeit für den Unterricht an technischen Mittelschulen nur gewinnen. Die Ausstattung, namentlich auch die Figuren, deren das Buch nicht weniger als 170 zählt, sind durchwegs vorzüglich. Dr. Baum.

Auffindung des Osterdatums für das XX. Jahrhundert.

Von Dr. P. Baum, Immensee.

Lougnon hat seiner Zeit eine einfache Formel für das Osterdatum im 20. Jahrhundert angegeben, die, wie es scheint, wenig bekannt geworden ist und doch wohl wenigstens das gleiche Interesse verdient, wie die bekannte Gauß'sche. Bezeichnet N die Jahreszahl des Jahrhunderts und D_v das Datum des Ostervollmondes, so läßt sich D_v wie folgt bestimmen:

$$X = 21 + 11\,N + \frac{N}{19},$$

wobei von letzterem Bruch nur die ganze Zahl berücksichtigt.

Dividiert man X durch 30 und bleibt der Rest R, so ist:

$D_v = 36 - R$ (wenn $R < 15$)
$D_v = 66 - R$ (wenn $R > 15$) } März.

Bezeichnet man ferner die Wochentage:

Montag, Dienstag, Mittwoch ꝛc.
mit 1 2 3

so ergibt sich der Wochentag W von D_v durch folgende Rechnung:

$$Y = 3 + D_v + N + \frac{N}{4}$$

(von diesem Bruch wieder nur die ganze Zahl!) gibt

$\frac{Y}{7}$ als Rest r, so ist

z. B. 1918:

$r = W$

$$X = 21 + 11 \,.\, 18 + \frac{18}{19} = 219$$

$(21 + 198 + 0)$

$\frac{219}{30} = 7$, Rest $\underline{R = 9}$; $36 - 9 = \underline{25.}$ März.

$$Y = 3 + 25 + 18 + 4 = 50$$

$\frac{50}{7} = 7$; $r = \underline{W = 1}$

Also der Ostervollmond fällt auf den 25. März und dieser ist ein Montag. Demnach Ostern — 31. März.

4. Jahrgang. Nr. 8. 28. Nov. 1918

Mittelschule

Beilage zur „Schweizer-Schule“

Mathematisch-naturwissenschaftliche Ausgabe

Schriftleitung: Dr. A. Theiler, Luzern

Inhalt: Das Blatt. — Geophysikalische Fragen. — Literatur.

Das Blatt.

Von A. Ursprung, Freiburg.

(Schluß.)

In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, daß auch unter denselben äußern Bedingungen verschiedene Blätter ganz ungleich assimilieren. Es kann das auf verschiedenen Ursachen beruhen, von denen hier nur der Chlorophyllgehalt erwähnt sei. Die großen Differenzen in der Assimilationsenergie ist schon vor 40 Jahren im Institut von Sachs mit dessen Blatthälftenmethode festgestellt worden und später zeigte Haberlandt durch Abzählen der Chlorophyllkörner, daß hier ein Parallelismus besteht.

	Spezifische Assimilationsenergie	Anzahl der Chlorophyllkörner
Tropaeolum majus	100	100
Phaseolus multiflorus	72	64
Ricinus communis	118,2	120
Helianthus annuus	124,5	122

Kürzlich fand Willstätter Aehnliches durch Vergleich der Assimilationsenergie mit dem chemisch bestimmten Gehalt des Blattes an reinem Chlorophyll. Dabei handelt es sich stets um Blätter, die in jeder Hinsicht möglichst vergleichbar sind. Die Verhältnisse werden sofort andere, wenn wir junge und alte, gelbliche und schön grüne Blätter selbst derselben Spezies untersuchen oder wenn wir die Assimilation zu verschiedenen Jahreszeiten prüfen. Es ergab sich, daß bei Reduktion auf gleichen Chlorophyllgehalt herbstliche Blätter nur schwach, gelbe Varietäten dagegen stark assimilieren. Desgleichen ist die Assimilation in jungen Blättern bedeutend stärker als in ausgewachsenen. Diese Ergebnisse zeigen, daß neben dem Chlorophyll noch ein anderer innerer Faktor an dem Assimilationsvorgang beteiligt sein muß; ein Faktor, den man noch nicht genau kennt, der aber wahrscheinlich enzymatischer Natur ist.

Bau und Funktion des Blattes.

Mit diesen Kenntnissen ausgerüstet wollen wir zum Schluß nochmals den Bau des Blattes überblicken, um denselben durch Vergleich mit der Funktion besser verstehen zu lernen (vgl. dazu Fig. 1 Seite 70).

Aus der Masse eines Blattes, die wir uns aus Ton denken wollen, können wir die verschiedensten Gebilde formen. Eine Kugel hat die kleinste Oberfläche, walzen wir aber die Kugel zu einem großen, dünnen „Blatt“ aus, so wird dadurch die Oberfläche sehr stark vergrößert. Hierin liegt die Bedeutung der „Blatt“gestalt. Infolge der geringen Dicke hat das Licht leichten Zutritt und infolge der großen Oberfläche kommt das Blatt mit viel Luft in Berührung, was einen ausreichenden Gaswechsel ermöglicht. Die großen dünnen Blattflächen bekommen den nötigen Halt einmal durch den Turgordruck der lebenden Zellen, die dadurch prall und steif werden wie ein aufgeblasener Gummischlauch. Ferner dienen dazu die Nerven, die wie das Drahtgerippe eines Schirmes zwischen dem weichen Blattgewebe verlaufen. Die Nerven haben aber noch eine weitere Aufgabe; sie enthalten die Gefäßbündel. Jedes Gefäßbündel besteht

aus 2 Teilen, dem Holz- und dem Siebteil. Der Holzteil führt dem Blatt das Wasser und die in ihm gelösten Salze zu; der Siebteil leitet die gebildeten Assimilate ab und führt sie an die wachsenden Stellen, wie Stengel-, Wurzelspitzen u. s. w. wo sie zum Aufbau neuer Zellen dienen, oder er führt sie in Speicherorgane, wie Samen oder Knollen, wo sie angehäuft werden, um der jungen Generation über die ersten Stadien der Entwicklung hinwegzuhelfen. — Von obiger Regel gibt es Ausnahmen. So sind bei den Fettpflanzen oder Sukkulenten die Blätter nicht papierdünn, sondern dick und fleischig. Dies hängt damit zusammen, daß diese Pflanzen an trockenen Standorten wachsen und eine Herabsetzung der Transpiration (kleinere Oberfläche) und Speicherung von Wasser (dickfleischig) nötig haben, um nicht zu vertrocknen. Die damit verbundene Erschwerung des Gaswechsels suchen diese Pflanzen — wie wir früher sahen — dadurch auszugleichen, daß sie während der Nacht organische Säuren bilden und die Kohlensäure erst am Tage entstehen lassen, wo sie sofort zur Assimilation benützt werden kann. — Die Spaltöffnungen sind so verteilt, daß sie, obschon sie nur 1 bis 3 Prozent der Oberfläche ausmachen, doch einen fast völlig freien Gasaustausch erlauben, solange sie geöffnet sind; so bald sie aber geschlossen werden, hört der Gaswechsel mit einem Schlage auf. Das hat die große Bedeutung, unter günstigen äußeren Bedingungen eine maximale Assimilation zu ermöglichen, andererseits aber bei Vertrockungsgefahr die Spaltöffnungen zu schließen und dadurch die Wasserabgabe auf ein Minimum reduzieren zu können. Schon durch die geringe Dicke des Blattes ist die Versorgung seiner Zellen mit Kohlensäure erleichtert, zudem finden wir noch eine Unmenge von Interzellularen, die das ganze Innere des Blattes durchziehen und dadurch die Wanderung der Gase im höchsten Grade fördern. Die Chloroplasten müssen die Kohlensäure um so leichter zugeführt erhalten, je größer ihre Oberfläche ist, und so finden wir denn in jeder Zelle die Chloroplastensubstanz nicht zu einer grünen Kugel vereinigt, sondern in eine Unmenge kleiner Körnchen geteilt, die selbst wieder durch linsenförmige Abflachung ihre Oberfläche steigern. In jeder Zelle sind die Chlorophyllkörner nur in einer Lage vorhanden und der Hautschicht des Protoplasmas angeschmiegt; dadurch gelangen sie möglichst nahe an die Gas führenden Interzellularen und überdecken sich nicht, was Beleuchtung und Gaswechsel erleichtern wird. Bei nicht zu dichter Lagerung finden wir die Chlorophyllkörner ausschließlich oder vorwiegend an jenen Wandteilen, die an Interzellularen grenzen, was von doppelter Bedeutung sein kann. Einmal kommen dadurch alle Körner möglichst nahe an die Luftkanäle, außerdem werden dadurch die Berührungsflächen benachbarter Zellen von Körnern befreit. An den Berührungsflächen werden auf diese Weise alle Hindernisse nach Möglichkeit beseitigt, die dem Stoffaustausch benachbarter Zellen im Wege stehen könnten. Die Chloroplasten sind aber in der Zelle nicht dauernd an eine bestimmte Stelle fixiert, sie können langsame Bewegungen ausführen, die, wie Böhm entdeckte, vom Licht beeinflußt sind und es den Chlorophyllkörnern erlauben bei jeder Witterung die Stellung günstigster Belichtung aufzusuchen. Da die Chlorophyllkörner die Laboratorien sind, in denen der für das gesamte Leben auf der Erde so fundamentale Assimilationsprozeß sich abspielt, so besitzt auch die feinere Struktur des Chlorophyllkorns Interesse. Bei seiner geringen Größe sind hier gesicherte Daten allerdings nur schwer zu erhalten. Meistens stellt man sich das Chlorophyllkorn vor, als ein farbloses, plasmatisches Schwammgerüst (stroma genannt), in dessen Maschen der Farbstoff in Gestalt grüner Körnchen oder Tröpfchen (grana) eingebettet ist. Auf diese Weise wird abermals eine beträchtliche Oberflächenvergrößerung erreicht, über deren Bedeutung wir uns nun schon zur Genüge ausgelassen haben. Die grana selbst sollen wieder bestehen aus einer Emulsion gefärbter äußerst feiner Einzeltröpfchen, die in einer wässerigen Lösung verteilt sind. Seit den neuerdings so lebhaft betriebenen Studien an Kolloiden faßt man das Chlorophyll in den grana als kolloidale Lösung auf. Die Grundlage dazu lieferte die Entdeckung Willstätters, daß das Chlorophyll tatsächlich eine solche Lösung zu liefern vermag. Das Vorhandensein in kolloidaler Lösung ist deshalb sehr wichtig, weil es dadurch möglich wird, Wasser als Umsatzmedium anzunehmen, trotzdem das Chlorophyll in Wasser unlöslich ist. In welcher Weise das farblose Stroma bei der Assimilation mitwirkt, ist zur Zeit schwer zu sagen. Willstätter schreibt dem ungefärbten Stroma eine Enzymwirkung zu.

Durch die Bildung der Stärke im Chlorophyllkorn werden jedenfalls die Assimilationsprodukte möglichst rasch von den eigentlichen Bildungsstellen weggeschafft und dadurch einer Hemmung des Assimilationsprozesses durch Häufung der Produkte entgegengearbeitet.

Vergleichen wir den Chlorophyllgehalt der grünen Blattgewebe, so ergibt sich folgendes nach Haberlandt:

	Chlorophyllgehalt in %	
	Palisaden	Schwammparenchym
Fragaria elatior	86	14
Pulmonaria officinalis	85	15
Galeopsis Tetrahit	79	21
Helianthus annuus	73	27
Phaseolus multiflorus	69	31
Bellis perennis	67	33

Es kann somit das Palisadenparenchym bis 6 mal so viel Chlorophyll enthalten als das Schwammparenchym. Ceteris paribus werden die Assimilationsgrößen in ähnlichem Verhältnis stehen. Tatsächlich dürfte die Assimilationsgröße für die Palisaden aber noch günstiger sein, da in ihnen die Beleuchtung günstiger ist und die Ableitung wohl rascher erfolgt. Bei der Bedeutung dieses Gewebes müssen wir es als sehr zweckmäßig betrachten, daß eine größere Lichtintensität, die eine energischere Assimilation möglich macht, auch eine reichlichere Ausbildung des Assimilationssystems zur Folge hat. Schon durch einfaches Befühlen können wir feststellen, daß bei vielen Pflanzen unserer Umgebung, wie der Buche, dem Ahorn, dem Flieder die Sonnenblätter dicker sind als die Schattenblätter und die anatomische Untersuchung lehrt, daß die Sonnenblätter z. B. der Buche zwei bis drei Lagen von Palisadenzellen enthalten, während den Schattenblättern derselben Baumkrone nur eine einzige, niedere Lage zukommt. Da somit die Palisadenzellen das Assimilationsgewebe par excellence darstellen, wollen wir bei ihnen noch etwas verweilen. Die Palisadenzelle stellt nicht etwa einen Würfel dar, dessen Kante der Palisadenlänge gleichkommt, sondern wir müssen uns diesen Würfel durch zahlreiche Scheidewände in schmale zylindrische Zellen geteilt denken. Dadurch werden äußerst viele Wände geschaffen, so daß, — da die Chlorophyllkörner nur an den Wänden sitzen — möglichst viel Chlorophyllkörner untergebracht werden können. Nicht minder wichtig ist die Richtung der Palisaden zum auffallenden Licht. Durch ihre Senkrechtstellung zur Blattfläche sind sie offenbar so orientiert, daß die Strahlen wie durch Lichtschächte in das Innere des Blattes einzudringen und eine möglichst vollkommene Belichtung aller Chlorophyllkörner zu bewirken vermögen. Die Richtung der Palisaden wird ferner die Ableitung der Assimilate zu den Gefäßbündeln erleichtern. Zudem finden sich unterhalb der Palisaden oft sog. Sammelzellen, die wie ein Trichter die Assimilate aufzufangen scheinen, um sie dann weiterzuleiten.

Wie lückenhaft unsere Kenntnisse auch noch sein mögen, eines drängt sich aus dem Vorhergehenden gebieterisch auf: Das Blatt ist ein Kunstwerk, das unsere Bewunderung um so mehr erregt, je besser wir es kennen lernen. Von der äußeren Gestalt, von der Form und Anordnung der Zellen bis hinein in die feinsten Details, überall offenbart sich die größte Zweckmäßigkeit.

Am Schlusse unserer Betrachtungen angelangt, wollen wir nochmals kurz auf die einleitenden Sätze zurück kommen. Wir lernten dort die Pflanze kennen als chemische Fabrik, in der nicht nur die Stärke, die Grundsubstanz unseres Brotes, sondern teils direkt, teils indirekt unsere gesamte Nahrung hergestellt wird. Aber die Tätigkeit der kleinen Pflanzenzellen ist eine noch weit vielseitigere. Sie verschaffen uns nicht nur das unentbehrliche Brot, die vielerlei Gemüse oder das wohlschmeckende Obst, sie liefern uns auch Wein und Tabak, Kaffee, Thee und andere Genußmittel. Sie geben der Rose ihr prächtiges Kleid und ihren lieblichen Duft. Sie verleihen der Tollkirsche ihr gefürchtetes Gift und der Fieberrinde ihre Heilkraft. Sie erzeugen am Baumwollsamen jene Haare und im Flachs jene Fasern, die uns die Kleidung liefern. Sie verleihen dem Holz solche Dauerhaftigkeit und Stärke, daß wir damit Häuser bauen und Brücken zimmern. Und all diese tausend verschiedenen Stoffe bilden die Pflanzenzellen mit Wasser und Luft und den gewöhnlichen Mineralien des Bodens. Sind die Stoffe, die jeder Ackerboden enthält, die in der Luft in unendlicher Menge zur Verfügung stehen nicht kostbarere Schätze als Gold und Silber? Was nützt uns der schönste Edelstein, wenn das Brot fehlt, um uns zu ernähren, der Flachs, um uns zu kleiden, das Holz, um uns ein Obdach zu schaffen, die Arznei, um die Krankheit zu

heilen? Eine rastlose Tätigkeit herrscht in der Pflanze, die ihr Leben lang still und ruhig dasteht. Große Wassermengen werden gehoben, Gase treten ein und aus, Säfte zirkulieren. Ohne Unterlaß werden Stoffe verbraucht und neue gebildet, Kräfte umgeformt, Altes abgerissen, Neues aufgebaut. Und das alles geschieht spielend leicht ohne Lärm und Getöse. Da gibt es keine geräuschvollen Pumpen, keine knarrenden Räder, keine rauchenden Schornsteine, keine stinkenden Tigel und Retorten. Ja in dieser vollkommensten Fabrik, die wir kennen, werden selbst die Verfallsprodukte des Stoffwechsels wieder verwertet und zwar in so ökonomischer Weise, daß keine Schlacken nach außen abgesondert werden. Ob es im Innern der Pflanze Stoffe gibt, die wir als unverwertbare Schlacken ansehen dürfen, hat sich bisher in keinem Falle mit Sicherheit nachweisen lassen. Manche Substanzen, die man in diese Kategorie stellen wollte, wie etwa der oxalsaure Kalk, werden unter gewissen Umständen von der Pflanze wieder verwendet. — Welcher Gegensatz zwischen den chemischen Fabriken der Natur und den chemischen Fabriken der Menschen. Dort größte Leistungsfähigkeit, verbunden mit lieblicher Anmut, hier stümperhaftes Pfuschen unter Lärm und Gestank. Damit verkennen wir in keiner Weise die bewundernswerten Leistungen unserer heutigen Chemie und chemischen Technik und unsere Ausdrücke sind nur berechtigt, wenn wir den Vergleich anstellen mit den chemischen Werkstätten der Natur, die dem Menschen immer noch ein Buch mit sieben Siegeln sind und deren Nachahmung daher noch in unsichtbarer Ferne liegt.

Und wenn dann der unerbittliche Tod das tätige Leben der Pflanze beschließt, dann siedeln sich auf ihrer Leiche Myriaden von Bakterien an und lassen den stolzen Bau wieder zu Erde werden. Die komplizierten organischen Stoffe lösen sich auf in Kohlensäure und Wasser und die anorganischen Substanzen, die bald wieder in eine kommende Generation eintreten, um dort den Kreislauf von neuem zu beginnen. Wie das Wasserrad der Mühle beständig im Kreise sich dreht, so vollführen auch die chemischen Elemente der Lebewesen einen ununterbrochenen Kreislauf und wie das Wasser auf das Mühlrad fließen muß, wenn die Mühle sich bewegen soll, so muß das Sonnenlicht auf die Pflanze strömen, um den Betrieb des Lebens zu erhalten.

Geophysikalische Fragen.

Von Dr. H. P. Baum, Immensee.

III.

Nun noch einige Erörterungen zur dritten Frage: Wie entstanden denn die Ketten- oder Faltengebirge?

Wenn wir heute noch allgemein auf dem Boden der alten Faltentheorie ständen, wäre ohne Zweifel auch für die neue Anschauung von Wegener die Antwort leicht zurechtgelegt: Die Kräfte, die die Erdrinde zusammenschoben, bewirkten, daß sie sich, wie man vergleichsweise sagte, „wie ein zusammengeschobenes Tischtuch faltete“ und die Erklärung wäre fertig. — Die einst so stolze Faltentheorie dürfte aber gerade für die Hauptmassen der Kettengebirge wie z. B. für die Alpen, allmählich zum „alten Eisen“ gehören, denn hier ist sie längst durch die Deckentheorie verdrängt, nach der verhältnismäßig dünne Erdschichten „Decken“ über weite Strecken in mehrfacher Folge hinübergeschoben wurden, so daß man sich die vier heute das Alpenmassiv auftauenden helvetischen, lepontinischen, ostalpinen und dinarischen Zonen, die zum Teil sich wieder aus mehreren Schichten zusammensetzen, vor Bildung der Alpen im Süden derselben hintereinander liegend vorzustellen hätte. Dabei haben diese Bewegungslamellen bei einer Dicke von kaum 1 Kilometer eine Ausdehnung von oft Hunderten von Quadratkilometer, und diese Schichten hat man sich durchgängig 100 bis 200 Kilometer, oft jedenfalls noch weiter, über das Vorgelände geschoben zu denken, wobei dann noch öfter Komplikationen, wie sog. Deckeneinwicklung hinzutrat, d. h. daß auch nach Verschiebung einer Decke einzelne Partien ineinandergeschoben und so manchmal wieder weiter transportiert wurden.

Der Hauptgrund für diese schon unserem Vorstellungsvermögen ziemlich viel zumutenden Annahmen ist der Umstand, daß all diese Schichten resp. Berge wie z. B. fast alle den Vierwaldstätter-See umgebende: Rigihochfluh (nicht Rigi-Kulm und Scheidegg) Pilatus, Bürgenstock, Bauen, Fronalp, oder die sog. Klippen, wie Mythen, Stanserhorn ꝛc. ꝛc. wurzellos als ortsfremde

Gesteine auf dem Flysch „schwimmen", wobei sie so komplizierte Lagerungsverhältnisse aufweisen, daß auch selbst, wie bei den Glarneralpen, Heims „Doppelfalten" zur Erklärung nicht ausreichen, weshalb auch dieser wie Uhlig, Sueß u. a. die von Schardt, Lugeon und Termier aufgestellte Deckentheorie angenommen haben.

Da wir, wie gesagt, uns die Decken ursprünglich hintereinanderliegend vorstellen müssen, so ist für die Alpen, die heute zirka 150 Kilometer breit sind, ein Ursprungsgebiet von rund 1500 Kilometer Breite anzunehmen. Bei dieser Sachlage ist es denn eigentlich ein unglücklicher Ausdruck, wenn die Verfechter der Theorie sagen, die Decken kamen „aus Italien", etwa der Zone von Ivrea, da man ebensogut behaupten kann, sie kamen aus der Gegend der Sahara.

Es ist ja wohl begreiflich, daß man das Ursprungsland der Decken möglichst in die Nähe ihrer heutigen Lage verlegen möchte, denn gerade die Transportfrage dürfte die größte Schwierigkeit für die Theorie bilden, der sie wohl ohne Zweifel auch erliegen wird. Vor allem wird man, was allerdings nicht selbstverständlich ist, annehmen, daß jeweils die dem jetzigen Alpengebiet zunächstliegende Schicht hinaus- und auf das Vorgelände hinaufgepreßt wurde. Redensarten wie, die Decken hätten sich „gleich hinter- und aufeinanderfolgenden Wogen überschlagen", mag poetisch veranlagten Gemütern geistvoll scheinen, hier bleiben sie absolut deplaziert.

Aber nehmen wir auch einmal an, all diese Decken kämen aus der Zone von Ivrea, so bleibt der von ihnen zurückgelegte Weg in manchen Fällen bis zu wenigstens 200 km. Da scheint es nun physikalisch einfach unmöglich, daß eine kaum, oft nicht einmal 1 km dicke Erdschicht, eine solche Strecke weit über einen doch sicher nicht glatten oder schlüpfrigen Untergrund hinweg, durch einfaches Hinauspressen geschoben worden sein könnte. Dazu reichte weder die Festigkeit des Gesteins, noch der Druck beim bloßen Hinauspressen hin. Die Geologie scheint sich auch hier wieder um physikalische Gesetze nicht kümmern zu wollen, denn wie man früher beliebig lange Falten annahm, wie es gerade nötig schien, so jetzt bei den Decken. Hinausgedrückt können ganze Schichtpartien ja wohl werden, aber bald werden die vorderen Teile so großen Widerstand finden, daß ein Auftürmen, Falten und Verstauen eintritt und von einer Decke nicht die Rede sein kann, am allerwenigsten in den besagten Ausdehnungen, denn man bedenke neben der weiten Strecke, die eine solche Decke einnimmt, also vorgeschoben worden sein soll, die Länge, auf der diese Verschiebung sich vollzogen haben müßte, da z. B. die sog. Lepontinische Decke sich von Savona bis zum Semmering in einheitlichem Zuge nachweisen läßt, dann also im Sinne der Theorie doch wohl eine einheitlich herausgepreßte und forttransportierte Schicht resp. Decke entsprechen muß. Eine weitere Schwierigkeit besteht für manche Gebiete der Alpen und Karpathen wegen deren bogenförmigen Verlaufes noch darin, daß man die Massen der Decken doch wohl aus dem Zentrum dieser Bögen kommend denken muß, so daß für die Westalpen nur die Poebene in Betracht käme. Es dürfte doch recht fraglich sein, ob man der Decke eine solche Dehnungsfähigkeit in zentrifugaler Richtung zuerkennen darf und ob man überhaupt für die Westalpen mit solch beschränkter Räumlichkeit als Herkunftsland der Decken rechnen darf?

Endlich muß man neben andern Schwierigkeiten noch betonen, daß nach den neuern Untersuchungen überhaupt eine solche Einheitlichkeit im Aufbau der Alpen nicht besteht, wie es die Deckentheorie annimmt, was so weit geht, daß jüngst Mylius das ganze Tatsachenmaterial, worauf die Theorie sich stützt, in Zweifel gezogen hat.

Mag das sicher zu weit gegangen sein, denn Beweise für gewisse Ueberschiebungen dürften zweifellos festgestellt sein, so hat aber ebenso zweifellos die Theorie in der Verallgemeinerung dieser Fälle zu viel getan. Zum guten Teil läßt sich dies wohl dadurch erklären, daß die Deckentheorie eben aus der Faltentheorie herauswuchs, die mit den angenommenen gewaltigen Kräften bei der Schrumpfung der Erdrinde rechnete. Aus dieser Anschauung des Tangentialdrucks heraus schien sich das Ueberschieben so einfach zu erklären. Je mehr die Schrumpfungstheorie an Ansehen verlor, um so mehr mußte sich die Frage nach dem Woher der bei der Gebirgsbildung sich geltendmachenden Kräfte aufdrängen und je unwahrscheinlicher die Deckenlehre erschien, umsomehr suchte man den Grund des Ueber- und Durcheinander der Schichten in die das Gebirge aufbauenden Gesteine zu verlegen. Diese Versuche haben sich in den letzten Jahrzehnten der Hauptsache nach in der Richtung bewegt, die Vorgänge in den kristallinen

Gesteinen zur Erklärung sowohl der Kräfte wie der Lagerung heranzuziehen. Als Vorläufer in dieser Hinsicht kann man die Expansionstheorie von Rothplez ansehen, der noch an den Falten und Decken festhaltend, die Kräfte der Gebirgsbildung nach der Stübel'schen Anschauung in der Ausdehnung der unter der festen Erdrinde liegenden glutzähen Massen bei ihrer Erstarrung suchte, dabei aber doch auch die eigentlichen Faltungen der Kontraktion der Erdrinde zuschrieb; es sollte eben ein Wechsel von Expansion und Kontraktion stattfinden.

Anders schon Ampferer, der einerseits die Ansicht, man könne diese Gebirgsbildungen durch eine einheitliche Bewegung erklären, für durchaus falsch hält, anderseits darauf besteht, daß die Faltengebirge keine passiven Zonen geringsten Widerstandes sein können, sondern als aus eigener Enstehungskraft gebildet aufgefaßt werden müssen. Nach Ampferer ist die Ursache dieser Bildungen in vielen Fällen weder im Umland noch in der Gebirgsmasse selbst zu suchen, sondern muß in Aenderungen des Untergrundes physischer oder chemischer Natur begründet sein. Für den Ort einer Gebirgsbildung ist nur die Eigenart des Untergrundes bestimmend, für das Detail der Bildnng, für die Architektur sind die Baumaterialien von großem Einfluß.

Auf dieselben Grundgedanken hinaus läuft die Kristallisationstheorie von Sieberg, wenngleich sie in einzelnen Punkten abweicht, der den periodischen, aber für unsere Zeitbegriffe sich ungemein langsam und unmerklich vollziehenden Sprengungen der Kristallisationsgürtel der Erde für die Gebirgsbildung die Hauptrolle zuerkennt. Hierunter faßt er die Panzerdecke im Sinne Stübels, als den unter den Sedimenten und metamorphen Gesteinen liegenden, also in einer Tiefe von ca. 60—300 km sich erstreckenden Erdkrustenmantel, den man sich als ein System übereinanderlagernder Gesteinsbänke von wechselnder Dicke vorzustellen hat, in dem noch größere Magmanester vorhanden, aus denen die mehr oberflächlich liegenden Magmanester gespeist werden.

Die Gebirgsbildung ist demnach auf intrusive Vorgänge in großen Erdtiefen zurückzuführen „die an gewaltige Magmanester geknüpft sind", denen Sieberg eine so enorme Schollenbewegung zuschreibt, daß „die uns so gewaltig erscheinenden Runzelungen der Erdoberfläche nur einen ärmlichen Ueberrest derselben darstellen".

Eine direkt gegen die Deckentheorie gerichtete Hypothese, im Uebrigen an die vorstehenden in etwas anklingend, hat der kürzlich verstorbene Breslauer Geologe R. Lachmann aufgestellt. Er schreibt den metamorphen und kristallinen Gesteinen der Alpen die Hauptrolle bei der Bildung der sog. Decken zu, indem er davon ausgeht, daß die Deformation und die kristalline „Mobilität" ganz überwiegend parallel verlaufen, wie aus den Untersuchungen von Weinschenk, Becke und Sander hervorgeht. Wenn die Dynamometamorphose, sagt Lachmann, die Kristallinität als Folge der Gebirgsbildung deutet, so kann man sich auch umgekehrt fragen, ob nicht der Zustand der Kristallinität die außerordentliche „Durchbewegtheit" der Tektonik ermöglicht hat. Demgemäß faßt Lachmann die Struktur der inneren Alpen als einen extremen Spezialfall jener besonderen Raumerfüllung auf, die allen kristallokinetisch gewordenen, d. h. in Relativbewegung unter Lösungsumsatz begriffenen Mineralmassen eigen ist. Hierbei ist unter „Kristallokinese" (der Terminus ist von Lachmann selbst gebildet worden) folgendes Verhalten der kristallinen Gesteine zu verstehen. Die kristallinen Schiefer der Zentralalpen sind z. T. sicher ursprünglich aus einzelnen Körner zusammengesetzte Sedimente gewesen, deren Uebergang in die Kristallinität durch veränderte physikalische Umstände (allseitig hoher Druck und höhere Temperatur) erklärt werden, unter welchen selbst Silikate in der immer vorhandenen Gebirgsfeuchtigkeit erhöhte Löslichkeit besitzen. Der Normalfall ist nun der, daß bei der Deformation des Gesteins (wie Faltung, Ueberschiebung) die Kristalle ihre Form behalten, daß also Deformation und Kristallisation gleichzeitig stattfinden. Dieser Normalfall einer Relativbewegung kristalliner Gesteinsmassen unter Lösungsumsatz, wobei auch mechanisches Gleiten an den Glimmerblättchen der Schiefer stattfand, bezeichnet Lachmann als Kristallokinese. Nach ihm beherrscht nun dieser Bewegungsvorgang die gesamten Zentralalpen und die Widersprüche der Deckentheorie rühren nach Lachmann daher, daß man die beobachteten Störungen rein mechanisch nach Art gefalteter Sandsteine und Kalken deutete, während kristallokinetische Massen ganz andern Bewegungsgesetzen unterstehen. Er verweist dann auf die Faltungserscheinungen an Gletschern und namentlich an Salzstöcken, die „unter dem Zwange einer neuen Raum-

anpassung zwischen indifferenten Körpern die Fähigkeit einer beliebig weitgehenden Faltung und Durchmischung besitzen". Es zeigt sich dabei, daß die typischen Faltungsbilder in den Zentralalpen eine bis ins Kleinste gehende Aehnlichkeit mit den Deformationserscheinungen in Eis und Salz aufweisen. „Wenn also," schließt Lachmann, „in diesen beiden Fällen eine Durchfaltung und Durchmischung bei ruhenden Widerlagern eintritt, so ist auch trotz der heftigen Faltung der Zentralalpen für die Nachbargebiete z. B. Italien und Bayern Ruhelage bei der Alpenbildung anzunehmen."

Er verweist dann auf die Lagerungsverhältnisse im hannoverischen Kalibergwerk Riedel bei Celle, wo die kristallokinetischen Salzmassen des Zechsteins in horizontal lagernden unlöslichen mesozoischen Schichttafeln, in denen keinerlei tektonische Schubkräfte nachweisbar sind, Faltungsformen angenommen haben, wie sie früher nur aus den Alpen bekannt waren. Aus den so erwiesenen „alpinen Strukturformen", die ohne Lageänderung der nicht kristallokinetischen Nachbargebiete entstanden, leitet Lachmann das Recht ab vom geologischen und petrographischen Standpunkt aus eine Gleichheit in den physikalischen Entstehungsbedingungen, namentlich die Abwesenheit regionaler Erdrindenfaltung in den Alpen zu fordern. Die Amplitude dieser Faltungen steht in gesetzmäßiger Abhängigkeit vom Querschnitt der Gesamtmasse ohne Geltung der mechanischen Gesetze der Elastizitätslehre. Die Faltung verschärft sich bis zur Ausbildung der scheinbar ungestörten planparallel gelagerten Mischgesteine.

Die kristallokinetische Strömung wird angeregt durch Störungen des isostatischen Gleichgewichtes im Untergrunde, die Strömungsrichtung ist bedingt durch die relative Höhenlage der Nachbarschaft. Ueber den strömenden Untergrund muß sich infolge der Verzahnung der indifferenten und der beweglichen Zone die sedimentäre Hülle in Falten legen. Bei den meisten Gebirgen hat sich die Strömung innerhalb des kristallinen Sockels abgespielt und nach Lachmann besteht die Besonderheit der alpinen Gebirge nur darin, daß die kristallokinetische Zone in den Bereich der Sedimente hinaufgegriffen hat.

Diese Theorie hat vor der von Sieberg vor allem das für sich, daß sie die Faltungskraft in eine Tiefe von nur ca. 10 bis 12 km Tiefe verlegt, denn in dieser Tiefe ist durch Belastungsmetamorphose die kristallokinetische Strömung möglich und nach dem heutigen Stande des Wissens ist nur eine wenige km dicke Erdhaut an der Gebirgsbildung beteiligt.

Literatur.

Mathematisch-Physikalische Bibliothek. Gemeinverständliche Darstellungen aus der Mathematik und Physik. Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von Dr. W. Lietzmann, Direktor der Oberrealschule zu Jena und Dr. A. Witting, Studienrat, Gymnasialprofessor in Dresden. kl. 8°. Jedes Bändchen steif geh. Mk. 1.—. Teuerungszuschlag 30 Prozent. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1918.

Band 28. Einführung in die Nomographie. Erster Teil: Die Funktionsleiter. Von Paul Luckey, Oberlehrer am städtischen Oberlyzeum zu Elberfeld. Mit 24 Figuren in Text und einer Tafel. (IV u. 43 S.)

Band 29. Die Grundlagen unserer Zeitrechnung. Von Dr. Alfred Baruch, Oberlehrer am Sophien-Realgymnasium in Berlin. Mit 10 Figuren im Text. (IV u. 51 S.)

Band 2. Der Begriff der Zahl in seiner logischen und historischen Entwicklung. Von Dr. H. Wieleitner, Rektor der k. Realschule in Speyer. 2. Aufl. (5.—8. Tausend.) Mit 10 Figuren im Text. (IV u. 58 S.)

Band 13. Geheimnisse der Rechenkünstler. Von Dr. Philipp Maennchen, Professor an der Oberrealschule in Gießen. 2. Auflage. (IV u. 50 S.)

Die mathematisch-physikalische Bibliothek, die sich ja in weitesten Kreisen einer besonderen Beliebtheit erfreuen darf, bringt wieder einige Neuerscheinungen und Neuauflagen.

In Band 28 „Einführung in die Nomographie" behandelt Oberlehrer Luckey in sehr anschaulicher, leicht faßlicher Form zunächst das Prinzip der Nomographie, als der „Kunst, Rechnungen, namentlich langwierige und zeitraubende, zu vermeiden". Er geht dann in drei Abschnitten

auf die einzelnen Funktionsleitern, die die Grundlage der Nomographie bilden, ein, deren vielseitige Anwendung an zahlreichen Beispielen und Aufgaben einfachster Art erläutert wird. Irgendwelche besondere mathematische Fachkenntnisse werden nicht vorausgesetzt, so daß das Büchlein allen, die von Berufs wegen rechnerische Aufgaben zu lösen haben, hauptsächlich aber den Lehrern zur Vertiefung des Unterrichts angelegentlichst empfohlen werden kann.

Das 29. Bändchen „Grundlagen unserer Zeitrechnung" von Oberlehrer Dr. Baruch wird besonders willkommen sein, da die Einführung der Sommerzeit plötzlich lebhaftes Interesse für unsere Zeitrechnung erweckte und zahlreiche Vorschläge zu Gunsten der einen oder anderen hervorrief. Diese vielfach recht unklaren Ausführungen ließen es wünschenswert erscheinen, in leicht faßlicher, aber auf wissenschaftlicher Grundlage beruhender Darstellung den Werdegang unserer heutigen Zeitbestimmung zu entwickeln. Der Verfasser behandelt die verschiedenen Zeitrechnungen, zeigt die Vorteile der mittleren Sonnenzeit, ihre Entwicklung zur Zonenzeit und Sommerzeit und erläutert die Benutzung der Uhr als Kompaß und die Bedeutung der Datumgrenze.

Das in 2. Auflage vorliegende Bändchen Rektor Dr. Wieleitners: „Der Begriff der Zahl in seiner logischen und historischen Entwicklung" schildert in leicht verständlicher Darstellung die Entwicklung des Zahlenbegriffs von der absoluten ganzen Zahl an bis zu den gewöhnlichen komplexen Zahlen. Mit der Schilderung des der logischen Weiterbildung des Zahlbegriffs läuft parallel eine Darstellung der historischen Entwicklung.

Auch von den „Geheimnissen der Rechenkünstler" von Professor Maennchen machte sich bereits eine Neuauflage nötig. Sie zeigt, wie einfach die Kunstgriffe sind, deren sich die Rechenkünstler bedienen, um schwierige Rechnungen mit überraschender Schnelligkeit im Kopfe auszuführen. Das Bändchen bringt anschaulich zur Darstellung, wie die Rechenkünstler bei öffentlichem Auftreten vorgehen und schließt mit einer Charakteristik von Gauß und Rückle als bedeutenden Zahlenrechnern.

Sämtliche Bändchen sind sowohl gebildeten Laien wie auch dem Lehrer zur Belebung des Unterrichts und insbesondere den Schülern oberer Klassen wärmstens zu empfehlen.

Brunies, Dr., S., Der Schweizerische Nationalpark. Neue Ausgabe. Mit 92 Originalzeichnungen, 6 geologischen Profilen und einer Uebersichtskarte. 8°. 282 Seit. Steif brosch. Fr. 6.—. Benno Schwabe u. Co.. Verlag, Basel 1918.

Der rührige Sekretär des Schweizerischen Naturschutzbundes hat hier einen Führer durch unsern Nationalpark im Unterengadin geschaffen. Bestimmt ist er nicht nur für den Naturwissenschafter, sondern für jeden Gebildeten, der sich für die ideelle Bewegung des Naturschutzes überhaupt zu interessieren vermag. Vorerst wird die Entstehung des Nationalparkes kurz geschildert. Aus der knappen Darstellung, die sich so angenehm liest, ahnen wir kaum die immensen Schwierigkeiten, die von der erstmaligen Anregung weg bis zur definitiven Gestaltung des Projektes überwunden werden mußten. In dem Abschnitt „Kreuz und quer durch das Parkgebiet" verrät sich nicht nur der sichere Naturbeobachter, das Kapitel ist mit der heiligen Liebe zur eigenen schönen Heimat geschrieben. (Dr. Brunies ist Unterengadiner.) Auch die übrigen Abschnitte, die man der Geologie, den klimatischen Verhältnissen, dem Pflanzenkleid, dem Tierleben einst und jetzt, handeln, zeugen von großer Sachkenntnis. Ganz anziehend wird das Buch erst recht durch die vorzüglichen Abbildungen aus der Hand von mehreren Künstlern, die der Pflanzen- und Tierwelt gelten. Wenn der unselige Krieg endlich einmal sein Ende feiert und wieder sonnige Tage für uns emporsteigen, dann wird wohl mancher Naturfreund unserem Nationalpark seine Antrittsvisite machen. Vorliegendes Buch wird ihm ein angenehmer Cicerone sein. Th.

Rüst, Ernst, Dr., Prof. a. d. kantonalen Handelsschule Zürich, **Kurze Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse.** 8°. 16 S. Preis brosch. 50 Cts. Zürich, Schultheß u. Co., 1918.

Noch immer ist die qualitative Analyse ein vortreffliches Hilfsmittel, den Schüler zur selbständigen Beobachtung chemischer Verhältnisse anzuleiten. Bei vorliegender Anleitung, zu der übrigens außer Dr. Rüst auch noch andere bekannte Chemielehrer ihre Erfahrungen beigetragen haben, scheint mir wirklich ein in richtigem Maße „abgekürzter Gang zum Gebrauche an Mittelschulen" zu sein. „Non multa sed multum" gilt sicherlich hier in besonderem Maße. Th.