

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang

17. Oktober 1924

Heft 42

Wüstenvegetation in Tunesien.

VON EDUARD RÜBEL, Zürich.

Für alle in das Gebiet der Geographie einschlagenden Naturwissenschaften bedarf der Forscher vor allem des Reisens, um die Pflanzen, die Tiere in ihrem Milieu, die Menschen in ihren Sitten und Gewohnheiten, die Gesteine in ihrem Aufbau in fremden Ländern kennen zu lernen und durch den Vergleich mit dem heimatlich Bekannten neue Erkenntnis zu schöpfen. Da ist es sehr zu begrüßen, daß Dozenten unserer beiden Hochschulen in Zürich fast alljährlich größere naturwissenschaftliche, besonders pflanzengeographische Reisen organisieren und durchführen. Es seien aus den letzten Jahren genannt Professor Dr. M. RIKLIS (Eidg. Technische Hochschule) Reisen nach Spanien und Portugal (1920), nach Griechenland und Kreta (1921), nach Korsika (1922 und 1923), nach Sizilien (1924); diejenigen von Professor Dr. H. BROCKMANN-JEROSCH (Universität Zürich) nach Portugal (1921), nach Tunesien (1923 und 1924); die von Dr. BRAUN-BLANQUET (E. T. H.) nach Marokko (1923), nach der Auvergne und dem Hérault (1924) und die Internationale Pflanzengeographische Exkursion durch die Schweizer Alpen (1923) von SCHRÖTER, BROCKMANN und RÜBEL. Hier soll von der Tunisreise 1923 die Rede sein. Es ist ein besonderer Genuß, eine solche Reise unter der Leitung eines Geographen im weitesten Sinne wie H. BROCKMANN-JEROSCH zu machen (ich erinnere u. a. an seine vielen pflanzengeographischen Arbeiten, an die wirtschaftsgeographisch-ethnographischen, an die tiefeschürfenden klimatologischen [neue Regenkarte der Schweiz; Baumgrenze und Klimacharakter in den Beiträgen zur geobotanischen Landesaufnahme, Nr. 6, Zürich 1919], an die palaeontologisch-geologischen). Auf der Reise werden Beobachtungen aus den verschiedenen Teildisziplinen besprochen und von ihm in Zusammenhang gebracht. Auf dieser Reise nahm er auch kinematographisch Szenen aus der Lebensweise der Bewohner Tunesiens, wie auch die Tätigkeit des Vesuves, auf.

Hier möchte ich nach einleitungsweiser Übersicht über die Studienreise nur auf meine Beobachtungen über die Vegetation eingehen, andere Studiengebiete sind von andern Teilnehmern schon da und dort behandelt worden¹⁾.

Am 29. März 1923 reisten wir, 37 Teilnehmer,

¹⁾ VIKTOR REHSTEINER: Reisebilder aus Tunesien. Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissensch. Ges. 59. 1923; LEO WEHRLI: Die Phosphatminen von Gafsa-Metlaoui im südwestlichen Tunis; sowie in vielen Vorträgen und Tageszeitungen.

über Florenz-Rom nach Neapel, wo wir einen Besuch in Pompei, sowie *auf und im* Vesuv machten, was unser Geologe Professor Dr. LEO WEHRLI so meisterhaft beschreibt in der Neuen Zürcher Zeitung (Mai/Juli 1923). Palermo bot uns bei kurzem Aufenthalt einen Einblick in die vollendetsten Werke normannisch-byzantinischer Kunst, Bauten der edelsten Formen mit strengförmigen Bildern in überwältigend farbenglühendem Mosaik, die einzigartig und eindringlich wirken. Nach dem Studium des interessanten Volkslebens in Tunis, den etwas enttäuschenden Überresten in Karthago, fuhren wir ins Innere in die heilige Stadt Kairuan. In jenen Gegenden (Ain Grasesia, El Dschem) täuschte uns der prachtvoll bunte Flor einjähriger Pflanzen, die nach der ausnahmsweise niederschlagsreichen Regenzeit üppig sprießten, fast geschlossene Wiesen vor. Auch die Halfsteppe um Sbeitla erschienen ganz grün. Sbeitla, das alte Suffetula, bietet die wunderbarsten römischen Tempelruinen, die auf eine große, reiche Römerstadt deuten, was wiederum weitangelegte Kulturen und Bewässerungsanlagen voraussetzt. Der Arabersturm hat dies alles vernichtet, und die von vergangener Größe zeugenden Tempel ragen aus ärmlicher Steppe hervor. Südlicher in Metloui in der Wüste besuchten wir die großen Phosphatminen, die für Tunis und Frankreich eine große Reichumsquelle bedeuten (Ausfuhr 1921 1 455 000 Tonnen für 72 Millionen Franken [jetzt über 100 Millionen Franken], das ist ein Drittel der Gesamtausfuhr des Landes. Schon vor dem Weltkriege kamen 37% der Weltproduktion von hier, wodurch Frankreich also mit seinen nordafrikanischen Gebieten den europäischen Nahrungsmittelmarkt durch die Phosphorsäure chemisch beherrscht). In den üppigen Oasen von Tozeur und Nefta bewunderten wir das eigenartige Leben. Der edaphische Faktor Wasser kann in den ariden Wüstengebieten eine klimatisch nördlichere Vegetation hervorzaubern, hier die mediterrane. Ein Kamelritt über den großen Salzsee (die Salzkruste trägt die Karawanen in gewissen Jahreszeiten) Schott el Dscherid brachte uns nach Kebilli, von wo aus wir die Küste bei Gabes gewannen. Von dort machten wir noch einen Vorstoß nach Süden nach Medenin und Tatauin, wo die Eingeborenen in merkwürdigen Tonnengewölben, oft dreistöckig übereinander wohnen; Felshöhlenwohnungen in der Ebene auf- und nebeneinander gebaut.

Mich interessierte besonders zu sehen, wie die *algerische* Vegetation, die ich auf einer Riklireise

1910 besucht hatte¹⁾, sich östlich fortsetzt in Tunesien.

Die Gebirge sind nicht mehr dieselben. Die beiden Züge des Tellatlas und des großen Atlas, die getrennt und mächtig westost durch Algier ziehen, vereinigen und verlaufen sich in Tunesien. Die Sahara-Einöden hingegen ziehen durch, um in Tunesien oststreichend in großer Breite das Meer zu erreichen. Die nordafrikanische Küste ist im allgemeinen eine Nordküste, jedoch in Tunesien biegt sie so stark nach Süden um, daß dieses Land eine lange Ostküste besitzt, die ganz anders zum Klima eingestellt ist, indem eben die Küste in ihrer Osterstreckung ans Meer gelangt, ohne das Dazwischenliegen des breiten Mittelmeervegetationsgürtels.

Klima.

Wir haben uns auf der ganzen Reise in Tunesien in einem Steppenwüstenklima bewegt. Von den *Temperaturen* ist eigentlich nicht viel zu sagen. Wir kennen von 5 Orten unserer Reise einige Zahlen. Die Mittel des kältesten Monats, des Januar, sind durchweg 10°; sie variieren nur von Tunis mit 9,8° bis Gabes mit 10,5°, eine außerordentliche Gleichmäßigkeit. Zugleich zeigt uns diese hohe Zahl an, daß wir uns im subtropischen Gebiet befinden. Die Juli-August-Mittel, also die wärmsten Monate, variieren um ein wenig stärker, die Meeresküste mildert die Zahlen von Tunis auf 26,6°, von Gabes auf 27,4°, während das Innere, besonders im Süden, etwas höhere Temperaturen aufweist: Metloui 30,7° und Tozeur 32,6°. Die Kontinentalität drückt sich am stärksten im innern Süden aus, wo in Tozeur wärmster und kältester Monat um 22,6° auseinanderliegen, unsere Meeresorte Tunis und Gabes weisen noch 16,8° und 16,9°, also 17° Differenz auf. Die absoluten Extreme sind ganz bedeutende, die Maxima liegen bei 45–49° Schattentemperatur, die Minima unter 0°, in Kairuan und Tozeur bis –4°, in Metloui und Tunis –2°, nur Gabes weist keine Temperaturen unter 0° auf, sondern ein Minimum von +0,4°.

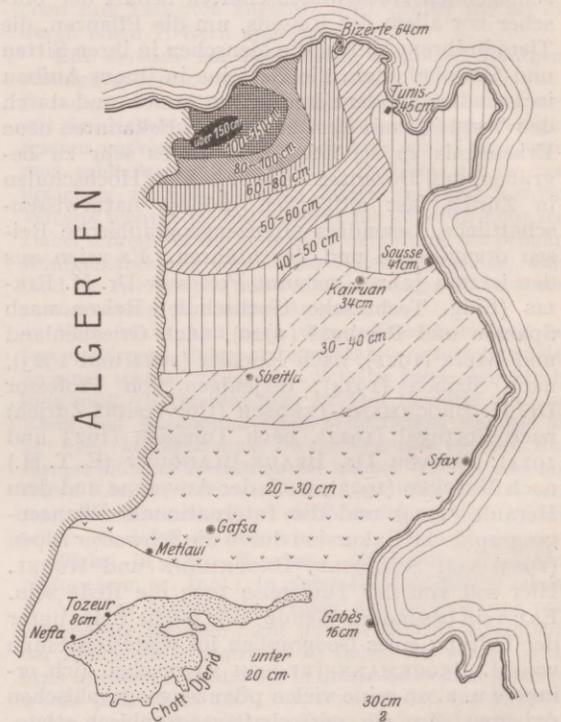
Groß sind auch die Differenzen von Tag und Nacht. Man muß stets gut mit Mantel versehen sein, denn wir hatten nachts fast immer empfindliche Kühle, wenn es auch tagsüber recht warm werden konnte, wenn nicht ein kühler Wind blies wie auf dem Neftaritt.

Das Hauptinteresse des Geobotanikers in bezug auf Klima gehört natürlich den *Niederschlagsverhältnissen* (s. begedrucktes Kärtchen aus H. BESSEL HAGEN: Das algerisch-tunesische Atlasgebirge. Veg. Bilder von KARSTEN und SCHENCK, Reihe X, 1. Heft. 1912). Der Nordwesten von Tunesien erhält ganz bedeutende Niederschläge:

¹⁾ Siehe M. RIKLI und C. SCHRÖTER: Vom Mittelmeer zum Nordrand der Sahara. Eine botanische Frühlingfahrt nach Algerien. Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Ges. in Zürich 57. 1912 und separat bei Orell Füssli, Zürich 1912. Darin ist ein ausführliches Literaturverzeichnis, auf welches auch verwiesen sei betreffend hier zitierter Autoren.

Ain Drahan weist 165 cm, also viel mehr als das schweizerische Regenloch Glarus mit 137 cm auf. Anders verhält sich dagegen das ganze übrige Tunesien. Nicht nur der Süden, auch der Nordosten und der ganze langgestreckte Osten trotz der Meeresnähe hat sehr wenig Niederschlag, durchweg unter 50 cm.

Erinnern wir uns daran, daß die mediterrane Vegetation in solchen Gebieten herrscht, die 50 bis 90 cm Niederschlag zeigen, daß man im großen ganzen 50–25 cm Niederschlag den Steppen und



Niederschlagsverhältnisse von Tunesien
(nach BESSEL HAGEN-KNOCH)

unter 25 cm den Wüsten zuschreibt, so ergibt sich daraus schon, daß wir die Reise ganz im Steppenwüstengebiet zugebracht haben. Anders als die andern Länder des Mittelmeerbeckens, deren Küsten das bekannte (im Sommer kontinental trockenere, im Winter ozeanisch gemäßigte), eben Mittelmeerklima genannte Klima besitzen, geht in Tunis das Steppenwüstenklima bis ans Meeresufer; die langgestreckte Ostküste ist nur um ein geringes weniger extrem als das Innere. Die Küstenorte haben auch geringe Niederschläge: Tunis 45 cm, Sousse 41 cm und Gabes gar nur 16 cm im Jahr. Da begreifen wir auch die Merkwürdigkeit, daß die Wüstenvegetation bis ans Meer reicht, infolge der trockenen westlichen Wüstenwinde. Im Innern zeigt Metloui 20 cm Niederschlag, Tozeur nur 8 cm.

Von diesen wenigen Regen haben wir auf der Reise einiges gesehen. Es regnete nachts in Tozeur,

es regnete in El Hamma und in Gabes, es regnete in Kairuan und in Tunis recht tüchtig. In Kebilli blitzte und donnerte es trocken und im Schott regnete es über uns in der höheren Luft; da es aber heißer Mittag war, gelangten die Wassertropfen nicht bis zu uns herunter, sie verdunsteten rasch wieder, lange bevor sie den Erdboden erreicht hatten.

Vegetation.

Wir haben uns in Tunesien also ganz im Gebiet von Trockeneinöden, von Siccideserten, bewegt, in offener Vegetation, die sich durch Trockenheitsanpassungen auszeichnet, sei es durch Polsterwuchs, durch Sukkulenz, durch Kleinblättrigkeit, durch Überdauern der Trockenperiode im unempfindlichen Samenzustande.

Wir Botaniker wurden unterwegs oft gefragt, ob dies nun eine Steppe oder Wüste sei. Das ließ sich nicht so rasch und leicht gesprächsweise beantworten, aber hier müssen wir diese Dinge klar zu legen suchen, um unsere Vegetation verstehen zu können. Diese Ausdrücke Steppe und Wüste sind nicht von Botanikern gegeben worden, sie bieten in erster Linie ein philologisches Problem. Steppe, Stjep, ist ein russisches Wort und bedeutet einfach unbebautes Land. Der Mensch benennt ja immer zuerst alles nach seinem Nutzen, dem Verhältnis zur Brauchbarkeit in der Wirtschaft. Dieses russische unbebaute Land trägt eine Trockenrasendecke, ist gutes Weideland. Das Gras ist hart, denn es ist durch mechanische Versteifung gegen Trockenheit gewappnet, drum bezeichnen wir diese Wiesen als Hartwiesen, Duriprata. Wo der Regen nicht mehr genügt für diese Wiese, lockert sich die Vegetationsdecke zu offenen Strauchgesellschaften, was der Russe Pusstynja, von pusstoi leer, öde, nennt und man gemeinlich mit Wüste übersetzt. Aber auf den Reisenden aus dem waldreichen Mitteleuropa machte die Waldlosigkeit, die weiten gedehnten Ebenen, einen ungeheuren Eindruck und er benutzte dafür den zuerst gehörten Ausdruck Stjep, Steppe und nannte diese Länderstrecken alle Steppen, ohne zu beachten, daß im Ursprungsland des Wortes und Begriffes Stjep dies eine viel engere Bedeutung hat, die mit den pflanzengeographischen Verhältnissen übereinstimmt, während der neue, weite Sinn dies nicht tut. Aber dieser neue, sehr erweiterte Sinn ist im europäischen Sprachgebrauch, besonders im deutschen und französischen, ganz allgemein geworden, und es ist wohl nicht mehr möglich, ihn auf den richtigen ursprünglichen zurückzuschrauben, wiewohl es verschiedene große Forscher wie DIELS und PAULSEN probieren. Bognügen wir uns damit, durch Vorsilben oder Endsilben die Vegetation zu bezeichnen. Diese russischen Schwarzerdsteppen, von denen das Wort Steppe ausgegangen ist, nennen wir Hartwiesen oder Rasensteppen, da sie von einem \pm dichten Rasen bewachsen sind, der bei den noch ziemlich ausgiebigen Frühsommerregen jener Ge-

genden gut gedeiht und erst eine Hochsommer-Herbst-Trockenperiode und dann auch eine kalte Winterperiode überdauern muß. Zu diesen Rasensteppen, die nur in der gemäßigten Zone vorkommen, gehören außer den Schwarzerdsteppen Rußlands die ungarische Pußta, die Prärien und Pampas. Mit diesen echten Hartwiesensteppen haben wir es in Tunesien also gar nicht zu tun.

Im Gegensatz zu diesen Wiesensteppen mit \pm geschlossener Rasenvegetation stehen die offenen Strauchsteppen als prinzipiell andere Vegetation. Diese Vegetation rückt bei extremer werdenden Bedingungen immer mehr auseinander, der einzelne Strauch braucht für seine Wasserversorgung immer mehr Einzugsgebiet, so gelangen wir nach und nach zu dem Typus, den man Wüste nennt. Die Wüste ist von der Strauchsteppe prinzipiell nicht verschieden, die Unterschiede sind durchaus gradueller Natur. Es sind vielfach dieselben Arten, die auseinanderrücken. Bei solchen gleitenden Reihen mit bloß graduellen Unterschieden ist es natürlich reine Übereinkommenssache, wo man den trennenden Strich ziehen und die eine Seite Steppe, die andere Wüste nennen will. Geobotanisch gesprochen würde man besser unsern Ausdruck Trockeneinöde benutzen, der diese ganze zusammengehörige offene Pflanzengesellschaft umfaßt, aber populär und allgemein oder besser gesagt überall außerhalb exakter geobotanischer Forschung, spricht man weiter von Steppe und Wüste. Doch hier kommt noch die Komplikation hinzu, daß das Übereinkommen über die Scheidelinie von Strauchsteppe und Wüste in verschiedenen Sprachen eine verschiedene ist. Im deutschen nennt man meistens Steppe eine offene Vegetation, die oberirdisch immerhin mehr als die Hälfte des Bodens bedeckt; und Wüste, wenn die Vegetation weniger als die Hälfte ausmacht. Praktisch macht man das so: Man legt sich an den Boden; schließen sich dann die Pflanzen zu einer ununterbrochenen Linie, so kann man es Steppe nennen, wenn nicht, Wüste.

Viele Leute wollen den Ausdruck Wüste aber nur auf viel extremere Verhältnisse anwenden. Gerade umgekehrt ist es im englischen, wo das Wort desert, das wir mit Wüste übersetzen, einen viel pflanzenreicheren Begriff bedeutet und unsere ganze Strauchsteppe mit einbegreift. Wir können also ebensogut alles, was wir an Trockeneinöden in Tunis gesehen haben, Steppe oder Wüste nennen, oder versöhnlicher Wüstensteppe und Steppenwüste.

Kurz zu charakterisieren sind die Trockeneinöden folgendermaßen: Sie sind klimatisch bedingt. Sie bilden die großen subtropischen Hochdruckgürtel der Erde. Die Temperaturen können heiße oder kalte sein. Wir bewegen uns in Tunis im warmen Gebiet mit $+ 10^{\circ}$ Januarmittel. Maßgebend ist die geringe Niederschlagsmenge und deren Unregelmäßigkeit. Die Winde sind stark. Nach der Bodenbeschaffenheit kennen wir drei Haupttypen: die Steinwüsten, die Kieswüsten und die Sandwüsten. Die letzteren, die Sandwüsten,

sind die populärsten Wüsten, die Wüsten katexochen; die Sahara besteht aber nur zu etwa $\frac{1}{9}$ aus Sandwüste; Kies- und Steinwüste sind durchaus vorherrschend.

Das Licht in der Wüste ist bei der geringen Bewölkung andauernd stark, aber es ist mehr die Dauer als die Intensität, welche die Lichtfülle bedingt. Da die Luft meist viele feste Teilchen enthält, ist das Licht geschwächt, es ist besonders an violetten Strahlen bedeutend weniger reich als an roten. Jedoch bestehen große Unterschiede. Bei Wind kann die Luft überall voll Staub sein, bei Windstille hingegen hängt die Luft über Ansammlungsgebieten, also über Sandwüsten, noch lange voll Staub, während sie über ausgeblasenen Stein- und Kieswüsten viel reiner ist, und dort daher mehr Lichtstärke herrscht. Nach Regen, der den Staub niederschlägt, ist die Lichtfülle bedeutend größer, nach Messungen, die ich in Algier machte¹⁾, am selben Ort mehr als doppelt so groß wie sonst. Da wir in Tunis nach starker Regenzeit und zum Teil noch darin waren, bemerkten wir ziemlich intensives Licht.

Halfasteppe.

Ohne Zwang können wir unsere tunesischen Trockeneinöden in zwei Gruppen teilen, einerseits haben wir die ziemlich dicht bewachsenen Halfastuppen und Artemisiastuppen, andererseits die weniger dicht bewachsenen Gegenden, wo eben die Frage ob Steppe ob Wüste auftaucht. Gehen wir zuerst ein auf die Gruppe der Halfa- und Artemisiastuppen.

Die Halfasteppe wird vollkommen beherrscht von *Stipa tenacissima* L., dem Halfagras. Es ist meist etwa meterhoch. Es kommt in dichten Horsten vor. Das Blatt ist während der Regenperiode ausgebreitet, sonst aber zusammengerollt und endet in einer Spitze. Dieses Gras ist stark durch Zellulose versteift. Seine Blätter sind mehrjährig; es ist ökologisch also als ein Strauch anzusprechen. Wir rechnen diese Vegetation daher auch zu den Strauchsteppen. Die Familie der Gramineen bietet sich im allgemeinen nicht oft zur Strauchform, aber hier ist es der Fall, wie übrigens auch bei Bambuswäldern und Bambusgebüschchen.

Der kiesige Boden ist mit den dicken Horsten des Halfagrases lückenhaft besetzt. In den Horsten sammelt sich immer mehr Sand an. Wir beobachteten häufig, daß der Horst zentrifugal immer weiter wächst: das Innere stirbt mit der Zeit ab, so daß Ringe entstehen. An Berghängen verhält sich *Stipa tenacissima* wie bei uns *Sesleria coerulea*; wie die richtigen *Sesleria*treppen waren am Dschebel Brummett von Tatauin die Halfatuppen ausgebildet, halbmondförmige Horste, die den Schutt stauen.

¹⁾ E. RÜBEL, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Algerien. Lichtklim. Studien III. Abh. Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Ges. in Zürich 55, 1910.

An drei Orten konnten wir in der Halfasteppe Studien machen, bei Sbeitla im Zentrum von Tunesien, dann im Südosten zwischen Gabes und Medenin und um Tatauin herum, besonders am Dschebel Brummett. Neben der alles beherrschenden *Stipa* kommt der Begleitflora quantitativ keine große Rolle zu, aber qualitativ verdient sie die Vernachlässigung, die sie meist findet, nicht. In der Literatur ist viel über das Halfagras und seine Verwendung zu lesen, aber die zugehörige Begleitflora ist ganz ungenügend bekannt, es findet sich nur gelegentlich eine Sammeliste beigefügt, die nicht einmal auf Vollständigkeit des Sammeltages und -ortes Anspruch machen kann.

Wir hatten das Glück nach einer starken Regenperiode einzutreffen. Unzählige Samen liegen stets in den Einöden, je stärker die Regenperiode, um so mehr gelangen zum Wachstum, manchmal nach vieljährigem Warten. Um Sbeitla erschien uns alles grün. In einem solchen Moment kommt einem die Öde gar nicht zum Bewußtsein, die einen Monat später wieder herrscht und lange so bleibt. Doch gerade in Sbeitla waren nicht so sehr die Einjährigen in großer Zahl wie anderswo, sondern noch recht viele Sträucher. Vereinzelt fand sich noch *Juniperus phoenicea*, reichlich Rosmarin und ziemlich häufig die entsetzlich stachlige *Acanthyllis numidica*. Kleine Sträuchlein von *Thymus hirtus*, von *Passerina hirsuta*, von *Ononis ramosissima* kamen vor. Unter den Büschen des *Helianthemum pilosum* leuchteten die bekannten Cistaceenschmarotzer *Cytinus hypocistis* mit ihren Scharlachspargeln hervor, eine Pflanze, die stets auch die Nichtbotaniker interessiert und fesselt durch ihre Leuchtkraft. Auch die Jerichorose, *Asteriscus pygmaeus*, die trocken immer in sich verschlossen daliegt, feucht gemacht aber sofort ihre Stengel nach allen Seiten auseinanderspreizt.

In Tatauin waren es aber meist andere Begleitpflanzen, die wir fanden. So z. B. eine andere *Stipa*art, *Stipa Letourneuxii*, eine *Statice pruinosus*.

Vor Medenin waren es wiederum andere Pflanzen, besonders mehr Einjährige und weniger Sträucher, doch fehlten diese und die ausdauernden Kräuter wie *Paronychia chlorothyrsa*, *Scorzonera undulata* auch nicht.

Was mir besonders auffiel, ist der Mangel an Geophyten, an Arten, welche die ungünstige Jahreszeit in unterirdischen Speicherorganen überdauern. Im Mediterrangebiet finden wir diese in großer Anzahl in den Labiatensteppen auf Korsika, in der Phrygana in Griechenland. Hier in Tunesien fanden wir fast gar keine, trotzdem wir in der richtigen Jahreszeit da waren, um sie im Wachstum zu finden, und trotzdem ich mein besonderes Augenmerk darauf gerichtet hatte. In der Halfasteppe fand ich unter 34 gesammelten Arten nur eine einzige Zwiebelpflanze, *Scilla villosa*, wie die folgende Liste zeigt.

Überraschend war uns, wie wenig die Pflanzenlisten der drei Aufnahmen übereinstimmen, nur

Halfasteppe.

	Sbeitla	Medenin	Tatauin
<i>Stipa tenacissima</i>	10	10	10
<i>Acanthyllis numidica</i>	+		
<i>Adonis microcarpus</i>	+	+	
<i>Asteriscus pygmaeus</i>	+		
<i>Astragalus tenuifolius</i>	+		
<i>Bromus macrostachys</i>		+	
<i>Centaurea contracta</i>		+	
<i>Chrysanthemum coronarium</i>			+
<i>Convolvulus supinus</i>			+
<i>Cytinus hypocistis</i>	+		
<i>Erodium glaucophyllum</i>			+
<i>Erodium hirtum</i>			+
<i>Eruca sativa</i>	+		
<i>Fagonia cretica</i>		+	
<i>Galium tricornis</i>		+	
<i>Hedysarum carnosum</i>			+
<i>Helianthemum pilosum</i>	+		+
<i>Juniperus phoenicea</i>	+		
<i>Lavandula multifida</i>			+
<i>Linaria fruticosa</i>		+	
<i>Matthiola lunata</i>	+		
<i>Ononis natrix</i>	+	+	
<i>Ononis ramosissima</i>	+		
<i>Paronychia chlorothyrsa</i>		+	
<i>Passerina hirsuta</i>	+	+	
<i>Picridium tingitanum orientale</i>		+	
<i>Polycarpon tetraphyllum</i>		+	
<i>Prasium majus</i>			+
<i>Rosmarinus officinalis</i>	+		
<i>Scilla villosa</i>	+		
<i>Scorzonera undulata</i>		+	
<i>Statice pruinosa</i>			+
<i>Stipa Letourneuxii</i>			+
<i>Thymus hirtus</i>	+		

Stipa tenacissima notierte ich von allen drei Orten, zweimal *Adonis microcarpa*, *Helianthemum pilosum* und *Passerina*, die übrigen waren verschieden. Ich versuchte nun Vergleiche mit Algerien anzustellen, doch fiel dies gar nicht befriedigend aus. Bei HOCHREUTINER findet sich eine Liste, die mit den unserigen einzig *Asteriscus pygmaeus* und *Scorzonera undulata* gemeinsam hat; RIKLI (l. c.) gibt keine Liste, sondern verweist auf TRABUT und FLAHAULT; FLAHAULT zählt 27 Pflanzen auf, von denen auch nicht eine mit unsern 34 zusammenfällt, von TRABUTS Liste sind es ganze 3: *Eruca sativa*, *Helianthemum pilosum* und *Scorzonera undulata*.

Wir sind also weit davon entfernt, zu wissen, was floristisch-soziologisch zu einer Halfasteppe gehört. Das hat verschiedene Gründe. Erstens ist die Halfasteppe nie untersucht worden, sondern alle vorhandenen Aufnahmen stammen von ± raschen Exkursionen. Zweitens wechselt die Regenflora je nach den Regensummen verschiedener Jahre, was aber für die bedeutende Strauchflora nicht zutrifft. Ein Hauptgrund dürfte jedoch der anthropogene Einfluß sein. Wir haben es nicht mit einer natürlichen, sondern mit einer Halbkulturgesellschaft zu tun. Halfa wird in Unmassen geerntet, in Algerien noch mehr als in Tunesien. Die Blätter werden ausgerauft, in

starken Pressen zu harten Ballen geformt und exportiert zur Papierfabrikation, oder die Fasern werden zu Seilen verarbeitet, das ganze Blatt für Flechtwerke benutzt. Halfamatten decken alle Moscheeböden; jedes Kamel hat sein Halfaflechtwerk an. Algerien exportiert jährlich 100 000 t Halfa, Spanien 45 000 t nach RIKLI, und vor 2000 Jahren machten die alten Karthager ihre Schiffstau aus Halfagras. Im übrigen leben die Berber als Nomaden sehr viel in den Halfasteppen, die als Weide benutzt werden. Diese Nomaden säen viel Gerste an, bald da, bald dort und kommen auf ihrem Zug später wieder an den Ort, wenn die Gerste gewachsen ist, um reif zur Brotbereitung, oder sonst unreif als Grünfutter für Kamel und Esel verwendet zu werden. So befinden sich Halfasteppen konstant in sekundären Sukzessionen begriffen, vom Gerstenfeld zum Brachacker und wieder zur Steppe. Die anthropogene Beeinflussung ist also eine sehr starke.

Die Hauptstandortsfaktoren der Halfagebüsche sind, kurz zusammengefaßt, 20–40 cm Jahresniederschlag; kiesiger Boden mit etwas Sand, der die Feuchtigkeit zusammenhält, nicht stark salzhaltig und die bedeutende anthropogene Beeinflussung.

Wermutsteppe.

Die Artemisien liefern auf der Erde besonders viele Strauchsteppen. In Amerika bedeckt die Dreizahn-Wermut-Steppe der *Artemisia tridentata* den größten Teil der Staaten Utah, Nevada, Idaho, Kalifornien, Oregon, Washington, Wyoming und Colorado (E. RÜBEL, Die auf der Internationalen Pflanzengeogr.-Exk. durch Nordamerika 1913 kennen gelernten Pflanzengesellschaften. Engl. Bot. Jb. 53, Beibl. 116. 1915). In Rußland liegt zwischen den subxerophilen Schwarzerdsteppenwiesen und den asiatischen Wüsten ein großer Gürtel Strauchsteppen, in denen Artemisien vorherrschen, insbesondere *Artemisia maritima* (E. RÜBEL, Die Kalmückensteppe bei Sarepta. Engl. Bot. Jb. 50. 1914). In Nordafrika kennen wir die ausgedehnten Bestände unserer *Artemisia herbaalba*. In allen drei großen Gebieten schwankt der Jahresniederschlag zwischen 20 und 40 cm. Der Boden besteht in allen drei Gebieten aus einem ziemlich trockenen, ± sandigen Lehm. Die Maximaltemperaturen sind mit 41–44° dieselben, die Minima sind im subtropischen Nordafrika mit – 4 bis – 10° bedeutend geringer als in den winterkalten Artemisiasteppen Rußlands und Amerikas mit – 33°.

Aus Algier wissen wir, daß, wenn der kiesig steinige Boden der Halfasteppe weniger durchlässig wird, dann *Lygeum spartum*, das *Spartogras* oder *Senna* zu dominieren beginnt als Übergang zur *Artemisia herbaalba*-Steppe, die auf Lehmboden, der auch etwas stärker salzhaltig ist, im selben Klima große Strecken bedeckt.

Zwischen Medenin und Tatauin fuhren wir lange Zeit durch diese Wermutsteppe und hatten

bei El Amar, 18 km südlich Medenin, Gelegenheit, sie uns näher anzusehen.

Wermutsteppe in El Amar.

Artemisia herbaalba 2 bis 10,	Echiochilon fruticosum,
Anabasis aphylla 2—10,	Echium humile,
Acanthyllis numidica,	Gymnocarpon fruticosum,
Anacyclus valentinus,	Helianthemum tunetanum,
Anagallis arvensis platy- phylla,	Koeleria villosa,
Aristida plumosa,	Linaria fruticosa,
Asphodelus tenuifolius,	Matthiola tristis,
Astragalus caprinus,	Picridium tingitanum,
Carduus gaetulus,	Plantago albicans,
Cuscuta epithymum,	Reseda neglecta,
Cutandia memphitica,	Rhanterium suaveolens,
Daucus parviflorus,	Salvia lanigera,
Deverra chlorantha,	Spitzelia saharae,
	Teucrium alopecuros,
	Teucrium polium.

Ob sie hier den algerischen Angaben entsprechend auch viel lehmigeren Boden besitzt als die Halbbestände, konnten wir nicht ohne weiteres entscheiden. Das Aussehen des Bodens war kein merkbar anderes. Überall zeigt sich dasselbe, daß, sobald sich Sand ansammeln kann, die Flora reicher wird. Sand bedeutet etwas mehr Feuchtigkeit, die sofort mehr Sträucher und auch mehr Einjährige gedeihen läßt.

Das Graugrün der Wermut setzt sich viele Kilometer fort, aber gemischt und im Vorherrschen oft und unmerklich wechselnd mit einem mehr blaugrünen, ähnlich aussehenden Sträuchlein, das wir erst gar nicht kannten, das sich als *Anabasis aphylla* herausstellte. Es ist ein aufsteigendes Sträuchlein mit fleischigen Gliedern. BATTANDIER und TRABUT geben als Vorkommen nur *Tebessa dans les Phosphates in Tunesien an*; in Algerien scheint es nicht vorzukommen. Hier dominiert es abwechselnd mit der *Artemisia*, wir werden es auch in der südlichen Wüste wieder treffen. Sein Vorherrschen scheint einen Übergang darzustellen von der Wermutsteppe zu noch strengeren Einöden, worauf noch zurückzukommen sein wird. Neben diesen beiden Vorherrschenden treten die Begleitpflanzen an Individuenzahl zurück, jedoch an Artenzahl wären noch 26 Arten zu nennen, die sich verteilen auf 9 weitere Sträucher — macht also 11 Sträucher —, dann 13 Therophyten und nur 4 ausdauernde Stauden, worunter ein einziger Geophyt, *Asphodelus tenuifolius*.

Ich suchte wiederum Vergleiche mit den Wermutsteppen von Algier anzustellen, aber FLAHAULT, RIKLI, TRABUT, MASSART geben keine vollen Pflanzenlisten davon, sondern nennen alle als Begleiter die gleichen 6—12 Arten, und zwar mit Ausnahme von *Plantago albicans* alles andere Arten als unsere tunesische Aufnahme zeigt. Also auch hier sind wir nicht sicher, ob wir es mit einer einheitlichen Assoziation zu tun haben, die Untersuchungen sind noch viel zu wenig genau. Auch diese Gesellschaft wird von den Kamelen viel beweidet, ist demnach auch stark anthropogen beeinflusst.

Im Standort konnten wir keinen auffallenden Unterschied von dem der angrenzenden Halfbüschel sehen, in der Flora schien er aber ziemlich durchgreifend: nur 3 von 28 gesammelten Arten kennen wir schon aus der Halfsteppe: *Acanthyllis numidica* von Sbeitla, *Linaria fruticosa*, *Picridium tingitanum* von Medenin, die ersteren zwei Sträuchlein, letzteres eine Zweijährige. Viel mehr floristische Verwandtschaft hingegen zeigt die Artemisiasteppe mit der nun zu besprechenden Wüste. Trotzdem fürs Auge die dichte Bewachsung der einen Gesellschaft stark absticht von der Öde der andern, zeigt sich prinzipielle Ähnlichkeit in der graduellen Verschiedenheit, wie ich schon anfangs ausführte. Von den 28 Artemisietenpflanzen fanden wir 15, also die Hälfte wieder in den Wüsten.

Steppenwüste.

Die Woche vom 7. bis 14. April hielten wir uns in der Gegend auf, die weniger als 20 cm Jahresregen hat. Übereinstimmend damit ist auch die Vegetation so offen, daß weniger als die Hälfte des Bodens von den Pflanzen bedeckt wird.

In Metloui befanden wir uns in der ausgesprochenen Kieswüste. Es ist eine weite Diluvialebene, das feine Material ist zum großen Teil ausgeblasen. Es bildet sich natürlich immer wieder neues, das ständig als Sandgebläse an den Steinen wie an den Pflanzen wirkt. Die Wüstenkruste ist wohl ausgebildet, darauf liegen die größeren Steine, 5 bis 20 cm groß, die der Wind liegen läßt. Da das feine Material daneben weggeblasen ist, erweckt es oft den Eindruck, als ob die Steine aus dem Boden heraus wüchsen. Im Windschatten der Steine sammelt sich sofort etwas Sand und darin Pflanzen; die eigentliche Härtekruste ist kahl.

Der Wüstenwind ist im allgemeinen stark, dem Boden entlang viel geringer als höher oben. Mit meinem Anemometer maß ich dort am Boden 5—5½ sec/m, in 50 cm Höhe über dem Boden 6—7 sec/m und in 1 m Höhe schon 8—9 sec/m.

Die Gegend von Metloui ist sehr öde und doch lag über dem Ganzen ein grüner Schimmer. Den Grundstock der Flora bilden niederliegende Sträucher, aber dazwischen befinden sich zu unserer Besuchszeit nach der Regenperiode eine Menge Einjähriger. Am auffälligsten, massenhaftigsten erscheint eine kleine, weißblütige Crucifere, *Muricaria prostrata*, die einen an das häufige *Alyssum* der Mittelmeergegenden erinnert. Um das Dorf Metloui in großem, mehrere Kilometer weitem Umkreis herum fehlen die holzigen Arten fast völlig bis auf einige ganz niedrige, dickholzige Stücke, aber die Häufigkeit wächst zusehends mit der Entfernung. Es ist dies wieder der anthropogene Faktor. Was irgendwie brennbar ist, wird von den Eingeborenen ausgerissen und mitgenommen zur Feuerung. Auf dem Markt kann man per Kilogramm die kleinen krüppeligen Holzstücke all dieser niederliegenden Sträuchlein kaufen; nur was zu unscheinbar, bleibt im Feld. Wir

Steppenwüste.

	Metlani	Tozeur	Nefta	Tarfaiet	Kebilli
Acanthyllis numidica	I		I		
Adonis microcarpus	I				
Aizoon hispanicum				I	
Anabasis aphylla				8	
Anacyclus valentinus	I			I	
Anchusa hispanica	I				
Anthemis tuberculata		I	I	I	
Argyrolobium uniflorum			I		
Aristida plumosa	I		I		
Aristida pungens			I		
Arnebia decumbens	I	I		I	
Asphodelus tenuifolius	I			I	
Asteriscus pygmaeus				I	
Astragalus annularis			I		
Astragalus gombo			I		
Atractylis flava			I		
Bromus rubens					I
Calendula aegyptiaca	I				
Centaurea dimorpha			I		
Centaurea sphaerocephala			I		
Chrysanthemum fuscatum	I				
Cutandia memphitica			I	I	
Cyperus conglomeratus			I		
Dipcadi serotinum			I		
Diploxys virgata				I	
Echinopsilon muricatus		I			
Echiochilon fruticosum			I	I	
Echium humile	I		I	I	
Echium trygorrhizum		I			
Emex spinosus				I	
Erodium glaucophyllum	I			I	
Filago fuscescens				I	
Halocnemon strobilaceum				I	
Helianthemum pilosum				I	
Helianthemum sessiliflorum	I		I		
Helianthemum tunetanum				I	
Herniaria cinerea				I	
Herniaria fruticosa	I		I		
Hippocrepis bicontorta	I			I	
Hordeum murinum leporinum	I			I	
Ifloga spicata			I		
Koeleria villosa				I	
Limoniastrum Gouyoniamun				I	
Lithospermum callosum		I	I		
Lotus halophilus			I		
Linaria asiatica		I			
Lygeum spartum				I	
Malva parviflora	I				
Malva silvestris				I	
Marrubium deserti				I	
Medicago laciniata	5		I		
Moricandia teretifolia				I	
Muricaria prostrata					
Nolletia chrysocomoides			I		
Orlaya maritima			I		
Passerina hirsuta	I				
Peganum harmala		I			
Phelipaea Muteti			I		
Picridium tingitanum	I			I	
Plantago albicans			I		
Plantago coronopus				I	
Plantago ovata	I			I	
Retama retam			I	I	
Rhanterium suaveolens			I		

Steppenwüste (Fortsetzung).

	Metlani	Tozeur	Nefta	Tarfaiet	Kebilli
Salvia lanigera					I
Savignia longistyla					I
Scabiosa monspeliensis					I
Schismus calycinus	I	I			
Scorzonera undulata					I
Silene villosa			I		
Sisymbrium coronopifolium	I	I			
Sonchus maritimus		I			
Spergularia longipos					I
Spitzelia saharae			I		I
Stipa tortilis	I				I
Tamarix articulata				I	I
Ziziphus lotus	I				
Zollikoferia mucronata			I		
Zollikoferia resedifolia			I		
Zygophyllum cornutum				I	

fanden dort Sträuchlein von Zizyphus lotus, von Acanthyllis numidica, von Helianthemum sessiliflorum, Herniaria fruticosa, Passerina hirsuta, von Gräsern Aristida plumosa. Hier benähschlich trafen wir später vor der Oase Udiän große Strecken prächtig weißglänzender Aristidawüste, wo diese Art unbedingt vorherrscht und durch ihre wehenden silberweißen Halme diesen Glanz verursacht.

Schon reicher an Sand und daher reicher an Pflanzen war die Wüste, die wir von Tozeur nach Nefta durchritten. Neben vielen Therophyten seien an weiteren Sträuchern genannt Argyrolobium uniflorum, Echiochilon fruticosum, Nolletia chrysocoma, Rhanterium suaveolens und der besondere Sandbusch Retama retam, der als Hauptbusch der algerischen Sanddünengebiete von Beni Unif usw. bekannt ist, eine Papilionaceae, deren Blüten an langen Ruten ausgehängt werden. Ausdauernde Gewächse spielen hier schon eine größere Rolle: Aristida plumosa und pungens, Atractylis flava, Zollikoferia mucronata und resedifolia. Hier fand ich die einzigen Geophyten unserer Wüstenaufnahmen, die Lilie Dipcadi serotinum, Asphodelus tenuifolius und die Orobanche Phelipaea Muteti.

Noch reicher gestaltete sich die Flora auf der Südseite des Schott Dscherid bei Kebilli, wo wir ganze Blumengärtchen trafen. Von dort seien noch genannt die Sträucher Helianthemum pilosum und tunetanum, Marrubium deserti, Tamarix articulata. Alle Arten kommen sehr zerstreut vor, aber hier trat eine wieder einmal ganz dominierend auf weiten Strecken auf, Anabasis aphylla, die wir aus der Artemisiasteppe kennen; hier dominiert sie aber allein. Ohne Änderung im Florencharakter ist hier die gleiche Gesellschaft bald dichter, bald lichter, also bald Steppe bald Wüste im allgemeinen Sinne zu nennen.

Gegen das Schott zu, wo der Salzgehalt des Bodens ein größerer ist, trifft man stets auf eine kleine bestimmte Pflanzengruppe, das Salzgras Aeluropus litoralis, das bekannte Halocnemon strobilaceum und Nitraria tridentata. Zwischen

der Oase Tozeur und dem Schott tritt diese Vegetation zu fast geschlossenem Salzsumpf zusammen, indem der Aeluropus mit den Salicorniasträuchern zusammen das Bild dominiert. Da die Salicornien erst im Spätsommer blühen, war nicht zu bestimmen, ob außer der gewöhnlichen *Salicornia fruticosa* auch andere Arten wie *Salicornia radicans* und *Salicornia lignosa* beigemischt waren.

Bei der Durchquerung des Schotts fanden wir an beiden Enden sozusagen als Pioniervegetation Büsche von *Limoniastrum Guyonianum*. Die Büsche halten den Sand auf, werden dadurch selber begraben, wachsen wieder durch usw. So ist die Landschaft von meterhohen Hügeln durchsetzt, die aus Sand und *Limoniastrum* bestehen.

Bewässerung.

Zum Schluß muß noch von dem großen Wechsel gesprochen werden, den das Wasser in ein solches Wüstenbild bringt. Wie erwähnt, wirkt das Wasser ungemein ausgleichend, es führt nördliche Typen weit in den Süden. Das Wasser ist so sehr der Lebensnerv der Menschen jener Gegenden, daß es ganz in ihren Dienst genommen wird und von wilder Süßwasservegetation kaum die Rede ist; außer an den ungefaßten, intermittierenden Bächen, den Wadis. Um Sbeitla findet man in den Wadis Oleandergebüsch, ein mediterranes

Hartlaub, das am Wasser in die südlichen Steppen eindringen kann. Durch Bewässerung kann die mediterrane Olive tief in die Steppenwüsten hinein angebaut werden. Am ausgedehntesten haben dies die Franzosen um Sfax herum getan, aber auch noch südlicher bis Graiba, man kann sagen soweit Halfasteppe geht. Im Halfaland bei Sbeitla stehen die Ruinen wunderbarer römischer Tempel, die waren sicher nicht zu Ehren des Halfagrases erbaut, dort hatten die Römer großartige Bewässerungsanlagen von Olivenkulturen.

In der Steppenwüste ist das Bild ein anderes. Die wasserhaltigen Stellen sind durch die Dattelpalme charakterisiert. Es sind die Oasen, die intensiv bewirtschaftet werden. Es werden Pfirsiche gebaut, Aprikosen, Feigen, Granatäpfel, Reben, Wintergemüse, Getreide, aber der Kernpunkt der ganzen Oasenkultur bleibt immer die Dattelpalme, die mit ihren graugrünen hartlaubigen Wedeln auch zum mediterranen Hartlaub gehört, das dem feuchten Standort entsprechend in anderen geographischen Gegenden dominiert. Palmenoasen trafen wir in dem großen Gebiet, das auf der Karte mit weniger als 20 cm Niederschlag angegeben ist; sie genießen wenig Wasser von oben, aber viel von unten. Den Fuß im Wasser, die Krone im Feuer, heißt es ja von der Dattelpalme.

Unsere heutige Kenntnis von der Tiefengliederung der Erde ¹⁾.

VON SIEGFRIED RÖSCH, Heidelberg.

Das Problem des inneren Baues der Erde ist eines der reizvollsten und folgereichsten in der Gesamtheit der Naturwissenschaften. Sind doch die verschiedensten Wissenszweige daran interessiert: so die Geologie, die Aufklärung erhofft über das Wesen der endogen-dynamischen Vorgänge der Erde, über die Fragen der Schrumpfung- und Unterströmungstheorie, der Gebirgsbildung, der Horizontalverschiebungen von Krustenteilen und andere Probleme; auch die Erscheinungen des Vulkanismus und der Erdbeben könnten auf deduktive Basis gestellt werden; die Physik kann wichtige Aufschlüsse erwarten über experimentell unzugängliche Verhältnisse: Druck und Temperatur großer Massen, und über das Verhalten der Stoffe dazu; selbst die Atomtheorie kann Wertvolles lernen; und nicht zuletzt wäre die Geogonie und damit wohl auch die Kottmogonie einen guten Schritt weitergefördert, könnte man die sicherlich im Erdinnern deutlich geschriebene kosmische Geschichte des Planeten lesen.

Umgekehrt aber können gerade alle die genannten Wissenschaften dazu beitragen, durch

theoretische Erwägungen, durch Beobachtungen und experimentelle Forschung und Messung unser Wissen vom Erdinnern und seinen Eigenschaften zu fördern. Nach den hieran beteiligten Wissensgebieten gliedert sich der vorliegende Aufsatz in folgende Abschnitte:

- I. Dichte- und Festigkeitsbestimmungen;
- II. Temperatur, Druck und Aggregatzustand;
- III. Seismische Forschung;
- IV. Petrographisch-chemische Überlegungen;
- V. Radiologie;
- VI. Geogonie.

I.

Die Erde ist in erster Näherung bekanntlich als eine Kugel anzusehen. Wir brauchen hier im allgemeinen die geringen Abweichungen von dieser Form nicht zu berücksichtigen; hinsichtlich aller zu erwähnenden Eigenschaften können wir Kugelsymmetrie annehmen, außer bei der Zentrifugalkraft und den von ihr abhängigen Größen; für diese gelten naturgemäß die Gesetze der Rotations-symmetrie.

Zur Ermittlung der mittleren Dichte ρ_m der Erde gibt es verschiedene Methoden, die alle die Bestimmung der Gravitationskonstanten f zur Grundlage haben. Es ist nämlich die Anziehungskraft der Erde auf 2 Arten ausdrückbar: einmal nach der Definitionsgleichung der Kraft als $P = m \cdot g$, wenn m die angezogene Masse, g die

¹⁾ Die folgenden Darlegungen sind aus einem Vortrage entstanden, den der Verfasser im Kolloquium des Geologischen Instituts der Universität Heidelberg am 17. Juni 1924 gehalten hat. Das Verzeichnis der wichtigsten benutzten Literatur ist am Ende abgedruckt.

Beschleunigung bezeichnet; andererseits als „Coulombsche“ Kraft $P = f \frac{M \cdot m}{r^2}$ ($M =$ Erdmasse, $r =$ mittlerer Erdradius); die Masse M der Erdkugel aber ist $M = \frac{4\pi}{3} \rho_m r^3$ (für das Ellipsoid wäre $M = \frac{4\pi}{3} \rho_m a^3 (1 - \alpha)$, wenn a der Radius des Äquators, α die Exzentrizität $\frac{a-c}{a}$, c der polare Radius der Erde ist); es wird somit:

$$M = \frac{g r^2}{f} = \frac{4\pi}{3} \rho_m r^3, \text{ also } \rho_m = \frac{3 \cdot g}{4\pi \cdot f \cdot r}$$

Auf der rechten Seite ist hier nur f unbekannt, denn g kann durch Messung an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche gefunden werden; seine genaue Beziehung zur Erde ist gegeben

$$\text{durch } g = \frac{fM}{a^2} \left(1 + \alpha - \frac{3\gamma}{2} + \beta \sin^2 \varphi \right), \text{ worin } \beta = \frac{g_p - g_a}{g_a}$$

(Schwere am Pol und Äquator),

$$\gamma = \frac{\omega^2 a}{g_a} = \frac{\text{Flihkraft}}{\text{Schwere am Äquator}}, \varphi \text{ die geo-}$$

graphische Breite eines Ortes ist. Diese Gleichung gründet sich auf das Clairotsche Theorem (Lit. 5)

$$\left(\alpha + \beta = \frac{5}{2} \gamma = \frac{5}{2} \cdot \frac{\omega^2 a^3}{fM} \right), \text{ das seinerseits wieder}$$

aus der Potentialtheorie und dem Greenschen Satze hervorgeht; der letztere stellt eine Beziehung dar zwischen dem Oberflächenintegral und dem Raumintegral eines Körpers, im vorliegenden Falle zwischen dem Schwereverlauf auf der Oberfläche und dem Potential der von der Oberfläche umschlossenen Massen. Die experimentellen Methoden zur Bestimmung von f sind die mit der Drehwaage, Beobachtung von Lotstörungen an Bergen, deren Masse sich berechnen läßt, Pendelmessungen, Bestimmungen mit der Wage u. a. Die Resultate geben als besten Mittelwert $\rho_m = 5,52 \text{ gr} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Nun ist aber die Dichte der uns bekannten Erdkruste, nämlich die der Silicatsteine, gleich 2,8; also folgt zwingend, daß im Innern der Erde die Dichte größer ist als außen. Die Zunahme der Dichte kann aber verschiedenen Gesetzen folgen, sie kann stetig oder sprunghaft sein. Im ersteren Falle kann man von dem erwähnten Clairotschen Theorem ausgehen, das ja eine Beziehung gibt zwischen dem Schwereverlauf in radialer Richtung (und damit dem der Dichte), der Abplattung und der Umdrehungsgeschwindigkeit ω , oder mit anderen Worten zwischen der Anordnung der Massen im Innern, der Form der Erde und der Rotationsgeschwindigkeit. Man hat nun Funktionen gesucht, die bei gegebenem ω den Schwereverlauf darstellen und zur Kontrolle den bekannten Wert der Abplattung berechnen lassen; dies war um so eher ausführbar, als die in Frage kommenden Integral- und Differential-Gleichungen eine Reihe von Neben- und Randbedingungen erfüllen müssen, so das hydrostatische Gleichgewicht der Erde, die mittlere und die Oberflächendichte der Erde, die Mondbewegung, die Präzession u. a. Dieser Weg

ist von Forschern wie LEGENDRE, ROCHE, HELMERT und anderen beschritten worden, einige ihrer Resultate sind in nebenstehender Fig. 1 graphisch dargestellt. Aus den Formeln (Lit. 1, 5) erhält man für die Dichte im Erdmittelpunkt etwa den Wert 10–12. Für den Grund der höheren Innendichte sind zunächst zwei Deutungen möglich; doch gegen die eine, die Annahme einer Druckverdichtung der Gesteine, spricht die hierzu viel zu geringe Kompressibilität derselben. Will man andererseits Anreicherung immer schwererer Elemente nach innen annehmen, so kommt man bei konsequenter Durchführung des Gedankens zu einem Schalenbau, der innen mit der Dichte 22,5 (für Osmium) beginnt und außen mit 0,0009 (für Wasserstoff) endet. Dies ist nun zwar ein ganz rohes Schema, wie schon ein Blick auf die uns bekannten Gesteine zeigt, doch ist das Prinzip in erster Näherung zutreffend. Wie es zu modifi-

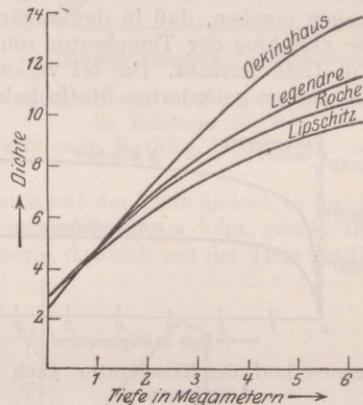


Fig. 1. Dichteverlauf mit der Tiefe bei Annahme von kontinuierlichem Anwachsen.

zieren ist, werden wir später (Kap. IV) sehen. Wir werden übrigens bald Anzeichen kennenlernen, die für eine sprunghafte Änderung der Dichte in radialer Richtung sprechen. —

Die Festigkeit μ , das ist der Widerstand gegen Formänderung, kann bei der Erde bisher nach drei Methoden ermittelt werden: 1. durch Beobachtung der Polhöhenchwankungen, aus deren Periode der Festigkeitskoeffizient berechnet wird; 2. durch Beobachtung von Horizontalpendeln unter dem Einfluß der Gezeitenkräfte von Sonne und Mond, wobei die Größe des Ausschlages des leichtbeweglichen Pendels die Nachgiebigkeit (Deformation) des Untergrundes und damit dessen Festigkeit anzeigt; 3. durch Beobachtung von Erdbebenwellen, deren Geschwindigkeit unter anderem von der Festigkeit abhängt. Der so erhältliche durchschnittliche Wert der Festigkeit ist dem von Stahl vergleichbar, nämlich etwa $\mu = 20 \cdot 10^{11} \text{ Dyn}$ (für Stahl ist $\mu = 8 \cdot 10^{11} \text{ Dyn}$). Auch für die Festigkeit wird eine ähnliche Form der Zunahme nach innen angenommen wie bei der Dichte, so daß für die Erdkruste etwa $\frac{1}{8}$, für den Kern das 3fache

dieses Wertes folgt (Lit. 5). Der Kompressionsmodul K , der den Widerstand gegen Volumänderung angibt, zeigt einen ganz ähnlichen Verlauf (für Stahl ist $K = 16 \cdot 10^{11}$ Dyn).

II.

Anzeichen für eine Temperatur-Steigerung nach dem Innern der Erde zu sind der Vulkanismus und die geothermische Tiefenstufe; auch folgt aus rein physikalischen Überlegungen sowie aus dem Vergleich der Erde mit kosmischen Verwandten das gleiche. Daß die Wärmezufuhr durch die Strahlung der Sonne für die Erde schon in geringer Tiefe von wenigen Metern verschwindend klein wird, haben schon die Beobachtungen französischer Forscher im 17. Jahrhundert und die Untersuchungen FOURIERS (1822) gezeigt (Lit. 6), welche letztere ja bekanntlich auch für die Mathematik von fundamentaler Bedeutung wurden (Lit. 10). Messungen in Bergwerken und bei Tunnelbauten haben dagegen ergeben, daß in den zugänglichen Tiefen eine Zunahme der Temperatur um 1° für je 25–33 m Tiefe herrscht. Die bei vulkanischen Ausbrüchen zutage geförderten Stoffe haben eine

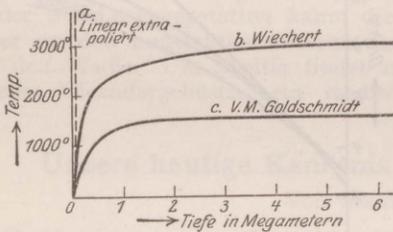


Fig. 2. Tiefenverlauf der Temperatur nach neueren Annahmen.

Durchschnittstemperatur von 1100 bis 1400° . Für die Höhe der Temperatur des Zentrums aber haben wir keinerlei sichere Anhaltspunkte. Extrapoliert man nach obigem Wert, so ergibt sich für den Erdmittelpunkt eine Temperatur von mehreren $100\,000^\circ$ (Fig. 2a). Dieser Wert ist absurd, und man sah sich so gezwungen, eine allmähliche Abnahme des Temperaturgradienten nach innen anzunehmen. So veranschlagt WIECHERT (Lit. 2) das Temperaturmaximum auf 3000° (Fig. 2b) und denkt sich den Zuwachs etwa einer geometrischen Reihe folgend. V. M. GOLDSCHMIDT dagegen kommt (Lit. 23) zur Annahme wesentlich kleinerer Temperatur (Fig. 2c), die mit 1100 – 1500° schon in geringer Tiefe erreicht sein und bis zum Zentrum konstant bleiben soll, da er die Quelle der Wärme, wovon später (Kap. V) noch gesprochen wird, in den radioaktiven Stoffen sieht, die aber in den äußeren Teilen der Erde stark angereichert sind, so daß von da an nach innen der thermische Gradient = 0 gesetzt werden muß.

Betrachten wir die Druckverhältnisse des Erdkörpers, so müssen wir den radial gerichteten Belastungsdruck und etwaige tangentialen Spannungen unterscheiden. Der Belastungsdruck würde in einer homogenen Erde, da wir sicherlich mit hy-

drostatischen Verhältnissen rechnen dürfen, mit der Tiefe nach einem quadratischen Gesetze anwachsen, wegen der steigenden Dichte aber muß er stärker zunehmen. Der Anstieg beträgt außen etwa 270 Atm./km, im Zentrum erreicht der Druck die Höhe von etwa $3 \cdot 10^6$ kg/cm².

Unsere Kenntnis von den tangentialen Druckverhältnissen stützt sich auf interessante Berechnungen amerikanischer Forscher; so zeigte DAVISON (Lit. 7 und 12), daß die Abkühlungsgeschwindigkeit in einer bestimmten Tiefe (von beiläufig 116 km) ein Maximum habe (Fig. 3a), und da hier von die Spannungs- bzw. Druckzustände in tangentialer Richtung abhängen (hat eine äußere Kugelschale A größere Abkühlungsgeschwindigkeit als eine innere B , so herrscht in A stärkere Schrumpfungstendenz als in B , also Spannung, kühlt sich A langsamer ab, so treten darin pressende Kräfte auf), so ergibt sich der Verlauf dieser Verhältnisse mit der Tiefe: nur die äußerste Zone der Erde von etwa 8 km Dicke hat Druckkräfte, nur

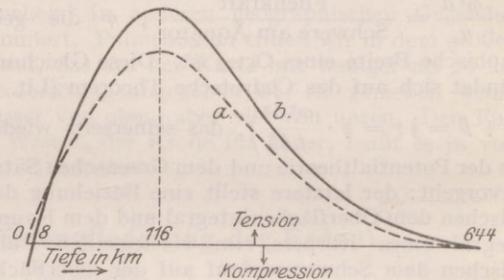


Fig. 3. Verlauf der Abkühlungsgeschwindigkeit (a) und der tangentialen Spannung (b) mit der Tiefe. Nach F. v. WOLFF, Der Vulkanismus, Bd. 1, 19, 1913.

hier ist Faltung, Gebirgsbildung möglich; nur bis zu etwa $\frac{1}{10}$ des Erdradius treten Tangentialkräfte auf; dies bestätigt die oben erwähnte Berechtigung, für das übrige Innere hydrostatische Berechnungen anzustellen. O. FISHER zeigte, daß die Tiefe der „spannungslosen Fläche“ mit der Abkühlungszeit allmählich zunimmt (Ref. in Lit. 12).

Was die Wirkung des Druckes auf die Gesteine betrifft, so sind noch die Versuche von FR. D. ADAMS erwähnenswert, die ergaben, daß Hohlräume im Gestein sich bis zu 20 – 30 km Tiefe (entsprechend 5500 – 8000 Atm. Belastungsdruck) halten können, ohne sich zu schließen (Lit. 12).

Über den Aggregatzustand des Erdinnern ist wenig Bestimmtes zu sagen. Der Schmelzpunkt der Silicatgesteine liegt nach DOELTER (Lit. 8) bei Atmosphärendruck etwa im Intervall von 1100 – 1500° , bei größerem Druck jedenfalls höher. Es fand sich übrigens, daß sialische¹⁾ Gesteine durchweg einen um 2 – 300° höheren Schmelzpunkt haben als simatische¹⁾ (Lit. 12). Bei Aufbau

¹⁾ Die Ausdrücke Sial und Sima gehen auf ED. SUSS zurück und bezeichnen das Vorherrschen der Elemente Silizium-Aluminium bzw. Silizium-Magnesium in verschiedenen Tiefenlagen.

der Erdschale aus derartigem Material kam WIECHERTS zur Annahme, daß bei einer Tiefe von etwa 100–300 km (1000–2000°) eine Zone liege, die schmelzflüssiges Material enthält, und zwar können anfangs noch feste sialische Bestandteile in flüssigem Sima bestehen. Bei größerer Tiefe wird der Druck derart über die Temperatur überwiegen, daß bei etwa 300 km Tiefe das Material als „druckfest“ bezeichnet werden muß. Dieser Ausdruck soll hier einen vom festen grundsätzlich verschiedenen Aggregatzustand bezeichnen, da die Stoffe wohl meist oberhalb der kritischen Temperatur sich befinden. Auch für die innersten Teile der Erde wurde meist die Bezeichnung „druckfest“ oder „druckstarr“ gebraucht; zur klareren Unterscheidung wurde hierfür kürzlich im Heidelberger geologischen Institut der Ausdruck „säkularflüssig“ eingeführt. In diesem Zustande scheinen die Stoffe gegenüber kurzperiodischen Störungen (z. B. Erdbebenwellen) und Dichtebeanspruchung wie elastische Körper („fest“) sich zu verhalten, bei säkularer Beanspruchung (Isostasie, Abplattung infolge Änderung der Winkelgeschwindigkeit) wie Flüssigkeiten, hinsichtlich der Beweglichkeit (Diffusion) wie Gase. Übrigens liegen die Verhältnisse, wenn man sich an die Goldschmidtsche Temperaturkurve hält, weit plausibler als nach der Wiechertschen Auffassung, da hierbei vielleicht die schmelzflüssige Zone vermieden werden kann, was mit den nunmehr zu besprechenden Befunden der Seismologen besser harmonisiert.

Einen guten Vorschlag zur Lösung des Problems des Aggregatzustandes macht G. LINCK (Lit. 11), indem er als Aggregatzustände nur „krystallisiert“ und „amorph“ gelten läßt, für die elastischen Konstanten nur die Teilchengröße bzw. deren Packungsdichte verantwortlich macht, wobei er sich auf die Berechnungen EDDINGTONS (Lit. 9) stützt.

III.

Hinsichtlich der Arbeitsmethoden der Seismologie sei außer auf Lit. 4 und 5 auf die beiden Aufsätze Lit. 14 und 18 verwiesen; hier sei nur kurz gesagt, daß man erfahrungsgemäß mehrere Wellenarten unterscheidet: longitudinale sog.

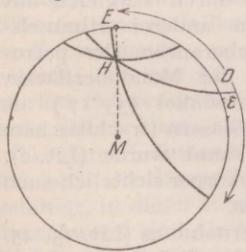


Fig. 4. Aussehen der Erdbebenstrahlen im Erdkörper. *H* = Hypozentrum (Herd), *E* = Epizentrum, *D* = Epizentraldistanz, *Σ* = Energiewinkel, *M* = Erdzentrum.

1) Gute anschauliche Zeichnungen für diese Verhältnisse sind in Lit. 17 zu finden.

keit, und zwar nimmt diese ab in der Reihenfolge *P*, *S*, *L*. Fig. 5 zeigt diese Verhältnisse. Aus der Form der Kurven konnte man schließen, daß die Geschwin-

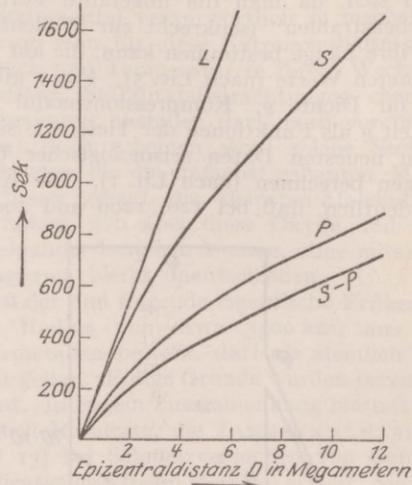


Fig. 5. Laufzeitkurven für *P*-, *S*-, *L*-Strahlen und für die Differenz *S*–*P*. (Werte nach MAINKA, Naturw. 51. 1920.)

digkeit sich mit der Tiefe ändert, in die die Wellen eintauchen, und daraus folgt gemäß der Elastizitätstheorie, daß sich mit der Tiefe die Dichte und

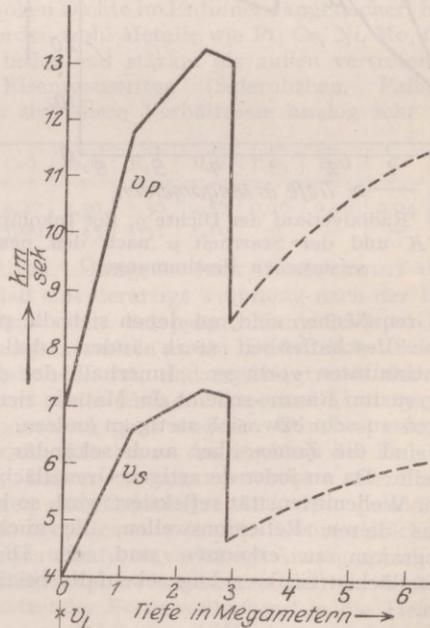


Fig. 6. Verlauf der Strahlengeschwindigkeit von Erdbebenwellen mit wachsender Tiefe.

die elastischen Eigenschaften ändern. Es stehen nämlich die Geschwindigkeiten *v* in diesen Beziehungen zu den genannten Eigenschaften:

$$K = \rho(v_p^2 - \frac{4}{3}v_s^2) \text{ und } \mu = \rho v_s^2,$$

wenn K den Widerstand gegen Kompression (die InkompRESSibilität), μ den gegen Gestaltänderung, ρ die Dichte bezeichnen. Für verschiedene Tiefen ergaben sich, da man die ungefähre Form der „Erdbebenstrahlen“ (senkrecht zur Wellenfläche) und so ihre Länge bestimmen kann, die auf Fig. 6 gezeichneten Werte (nach Lit. 5); Fig. 7 gibt die Werte für Dichte ρ , Kompressionsmodul K und Festigkeit μ als Funktionen der Tiefe, wie sie sich aus den neuesten Daten seismologischer Untersuchungen berechnen (nach Lit. 1). Die Kurven zeigen deutlich, daß bei 120, 1200 und 2900 km

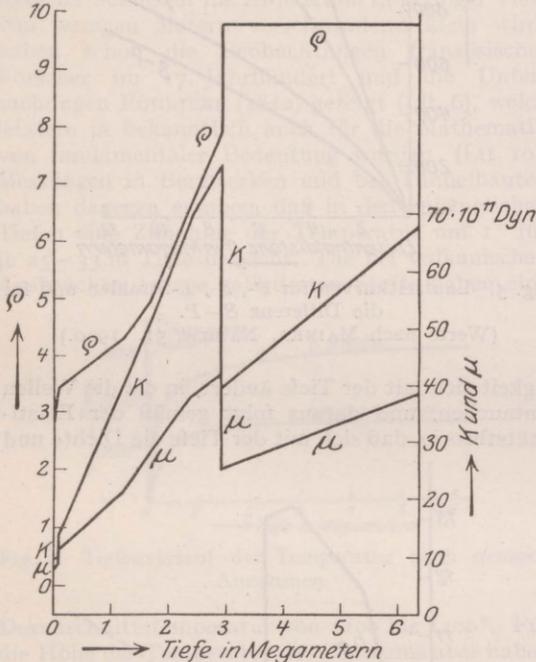


Fig. 7. Radialverlauf der Dichte ρ , der InkompRESSibilität K und der Starrheit μ nach den neuesten seismischen Bestimmungen.

Tiefe Grenzflächen sind, an denen sich die physikalische Beschaffenheit stark ändert, daß hier Diskontinuitäten vorliegen. Innerhalb der durch sie begrenzten Räume scheint die Materie ziemlich homogen zu sein bzw. sich stetig zu ändern. Vielleicht sind die Zonen aber auch sekundär noch unterteilt. Da an jeder derartigen Grenzfläche ein Teil der Wellenintensität reflektiert wird, so konnten aus diesen Reflexionswellen, die auch im Seismogramm zu erkennen sind, die Diskontinuitätsflächen in ihrer Lage ebenfalls bestimmt werden.

IV.

Über den stofflichen Aufbau der Erde haben wir bisher nur erfahren, daß wir einen Zonenbau uns denken müssen, derart, daß außen eine leichte Rinde, umfassend die Wasserstoffhülle, Stickstoff-Sauerstoff-Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre, liegt, daß dann eine von schwereren Stoffen gebildete Zwischenzone folgt, die etwa von 1200

bis 2900 km Tiefe reicht, sodann ein schwerer Kern. Dieser Kern darf wohl als aus Schwermetallen, vorwiegend Eisen, bestehend gedacht werden. Gründe hierfür sind außer Dichte- und Festigkeitsverlauf die große Zahl von Eisenmeteoriten, das magnetische Feld der Erde, eventuell auch die große Rolle des Eisens im Sonnenspektrum. Was über die einzelnen Tiefenzonen in stofflicher Hinsicht noch ausgesagt werden kann, soll nunmehr besprochen werden.

Die Erscheinungen des Vulkanismus lassen naturgemäß wichtige Schlüsse zu auf die Zusammensetzung der Lithosphäre, des äußeren Steinmantels der Erde. Das für uns hier wichtigste Ergebnis der Vulkanologie ist die auf Arbeiten von H. ROSENBUSCH (Lit. 30) sich gründende, von FR. BECKE (1903) durchgeführte Gliederung der Erstarrungsgesteine in eine spezifisch leichte Alkalireihe (atlantische Sippe) und eine schwerere Kalkalkalireihe (pazifische Sippe), von denen sich später zeigte, daß sie wohl auch verschiedenen Magmentiefen angehören, wobei die Gesteine der zeitlich älteren Kalkalkalireihe einer tieferen Lage entsprechen. Dies Ergebnis stimmt mit dem mitgeteilten Dichteverlauf wohl überein. Hinsichtlich der Magmenherde ist noch keine völlige Einstimmigkeit erreicht: man kann innerhalb der äußeren starren Kruste der Erde lokale „periphere“ Herde annehmen, vermag aber gewisse Erscheinungen, wie eben die regionale Sippenverwandtschaft, nicht zu erklären; diese würde leicht aus der Annahme einer tieferliegenden Zentral-Herdzone folgen. Aus diesem Dilemma führen vielleicht die Überlegungen V. M. GOLDSCHMIDTS (Lit. 24), der ein Urmagma annimmt, und für die verschiedenen Differentiationen der Magmen die jeweiligen physikochemischen Bedingungen, das Milieu, verantwortlich macht. Er kommt damit zur Aufstellung entwicklungsgeschichtlicher Reihen für Magmenstämme, die sehr vielversprechend sind.

In gewissem Umfange kann man übrigens auch Schlüsse auf die chemisch-petrographische Tiefengliederung der Erde ziehen durch Vergleich mit vulkanischen Erscheinungen anderer Himmelskörper, so der Sonnenprotuberanzen, der petrographischen Beschaffenheit der Mondoberfläche, die aus deren Polarisationswinkel ($33^{\circ}17'$) als hauptsächlich vulkanischen Gläsern (trachitischem Vitrophyr) entsprechend erkannt wurde (Lit. 2), der Meteoriten, deren Stammkörper sicherlich auch vulkanischen Ursprungs war.

V. M. GOLDSCHMIDT unternahm es (Lit. 23, 25, 26), auch für die tiefer als das Sial (Lithosphäre) liegenden Schalen bestimmte Aussagen zu machen. Es sei gestattet, zuerst die älteren Arbeiten im Zusammenhang, zum Schluß des Kapitels erst die „geochemischen Verteilungsgesetze“ zu besprechen, obwohl diese fundamentale Schrift alles andere in sich schließt.

Hinsichtlich der auf das Sial zunächst folgenden Zone zwischen 120 und 1200 km Tiefe geht GOLD-

SCHMIDT aus von den wichtigen Untersuchungen PENTTI ESKOLAS (Lit. 22) über den Eklogit. Aus diesen ergab sich, daß der Eklogit, ein Gemenge von Omphacit und rotem Granat, ein nur bei hohem Druck stabiles Gestein ist, das bei Druckentlastung eine allmähliche Umwandlung in die „Hornfels-, Amphibolit- und Grünschiefer-Fazies“ durchmacht (deshalb findet man auch niemals Eklogit in Gebieten, die schon seit dem Archai-kum der Oberflächenregionen der Erde ange-hören); da nun Eklogit ein etwa um 15% kleineres Volumen einnimmt als die ihm entsprechenden Gabbros, auch im Vergleich zum Durchschnitts-magma dichter ist, so ist seine vorzugsweise Bil-dung in großer Tiefe gemäß dem Prinzip von LE CHATELIER wohl verständlich. Mit steigendem Druck wächst die Krystallisationstemperatur des Eklogits. Diese Verhältnisse machen es GOLD-SCHMIDT wahrscheinlich, daß die Silicatzone von 120—1200 km nicht, wie früher angenommen wurde, in flüssigem Zustande sei, sondern aus Eklogitgestein bestehe, das eine feste, kompri-mierte Form der Silicatstoffe darstellt. Dies har-moniert ja auch mit den oben dargelegten An-nahmen über den Aggregatzustand. Im Eklogit, dessen spez. Gewicht etwa 3,6—4 beträgt, ist übrigens eine Anzahl sehr dichter Mineralien beheimatet, wie Diamant, Pyrop, einige Pyroxen-arten; auch dies spricht für die geschilderte Auf-fassung.

Es seien hier zum Vergleich die Analysen von Opdalit, einem Gestein, das der Durchschnitts-zusammensetzung der sialischen Lithosphäre am nächsten kommt, und für Eklogit, also für Sial und Sima, gegeben:

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	P ₂ O ₅	BaO	S	Cl
Opdalit ¹⁾	62,25	0,94	15,15	0,96	4,49	0,07	3,92	4,47	3,30	3,50	0,57	0,16	0,06	0,04	0,06
Eklogit ²⁾	46,26	0,28	14,45	4,41	5,82	—	11,99	11,66	2,45	1,51	1,10	—	—	—	—

Zwischen den beiden Grenzen von 1200 und 2900 km, also zwischen den Silicatgesteinen und dem Metallkern, vermutete man bisher ein der jeweiligen Dichte entsprechendes Gemisch von Silicaten und metallischem Nickeleisen. Doch hält es GOLDSCHMIDT wegen des großen Dichteunter-schiedes (3,8 und 7,8) für unmöglich, daß in dem starken Schwerefeld der Erde ein solches Gemisch sich halten könne, zumal diese Zone wohl den „flüssigsten“ Zustand darstellt, die Teilchen hier die leichteste Beweglichkeit haben. Man ist also genötigt, in dieser Region Mineralien anzunehmen, die schwerer sind als die schwersten Silicate, aber leichter als die Schwermetalle; als solche erweisen sich die Sulfide und Oxyde der Schwermetalle. In der Hauptsache können wir in dieser Sulfid-Oxydschale Troilit, Magnetit, Chromit, Rutil, Titaneisen und ähnliche Verbindungen an-

nehmen; die Schale kann vielleicht in sich noch weiter differenziert sein. Für die Entstehung dieser Schale sind wohl Entmischungsvorgänge in der flüssigen Phase und Absinken fester Erze aus dem Steinmantel verantwortlich zu machen. Die Frage, ob man für diese Extremverhältnisse, wie sie Druck und Temperatur in ihrem Wechselspiel hier bieten, Stabilitätsbetrachtungen chemischer Art überhaupt anstellen darf, muß vorerst offen bleiben; doch scheinen wohl solche Stoffe am plausibelsten, die die einfachsten gebauten Moleküle oder, besser gesagt, die kleinsten Molekularvolu-mina haben. Ob aber diese Oxyde und Sulfide nebeneinander bestehen können, ohne miteinander zu reagieren, bleibt unentschieden.

Daß der nun folgende eigentliche Erdkern (mit einem Radius von etwa 3500 km) aus reinen Schwermetallen besteht, darf als ziemlich sicher-gestellt gelten. Einige Gründe wurden bereits oben genannt. In engem Zusammenhang hiermit stehen nun noch Resultate, die TAMMANN (Lit. 31, auch ref. in 13) bei Schmelzversuchen von Gemischen aus Silicaten und freien Metallen erhielt. Sie zeigen, daß nur dann die Schmelze in chemischem Gleich-gewicht ist, wenn das freie Metall edler (leichter reduzierbar, stärker elektronegativer) ist als das an die Kieselsäure gebundene Metall; für unser Pro-blem bedeutet dies, daß aus der Silicathülle all-mählich alle edeln Metalle ausgewandert sind und sich, der Schwerkraft folgend, wegen ihrer durch-weg hohen Dichte im Erdinnern angereichert haben. So werden wohl Metalle wie Pt, Os, Ni, Mo, Co, Fe u. a. bedeutend stärker als außen vertreten sein. An Eisenmeteoriten (Siderolithen, Pallasiten) lassen sich diese Verhältnisse analog sehr schön

bestätigen. Übrigens weist GOLDSCHMIDT darauf hin, daß eine derartige Trennung nach der Dichte durchaus nicht bei jedem Himmelskörper anzu-nehmen ist, sondern an ein beträchtliches Schwere-feld gebunden ist, und er belegt dies durch die Struktur vieler kleiner Meteoriten (Lit. 25).

Von einem ganz anderen Gesichtspunkt geht P. NIGGLI (Lit. 29) an das Problem der Erdchemie heran, indem er sehr fruchtbare Beziehungen zwischen der Erdanalyse und dem periodischen System der Elemente findet. Können solche Ver-suche quantitativ zuverlässige Aussagen bisher nur für die Lithosphäre machen, so sind sie doch auch in schätzender Form weitgehend in die Tiefe aus-dehnbar und können da, weiter gefestigt, recht bedeutsame Resultate geben. Es handelt sich da zunächst um die Darstellung der Clarke-Washing-tonschen Tabelle, der Bauschanalyse der äußersten 16 km Erdkruste (Lit. 21, 33), aus der sich einige bemerkenswerte Tatsachen ergeben, sei es, daß man direkt die Prozentzahlen gegen die Ord-nungszahlen der Elemente aufträgt, wie es hier

¹⁾ Nach ROSENBUSCH-OSANN: Gesteinslehre, 4. Aufl. 1922.

²⁾ Nach P. ESKOLA: The mineral facies of rocks. 1920.

(Fig. 8) geschehen ist, oder sei es, daß man die Prozentzahl durch das Atomgewicht dividiert, also gewissermaßen die relative Zahl der Atome angibt: man sieht vor allem, daß die höchste vorkommende Atomnummer, die noch wesentlich in Betracht kommt, 26 ist, was unter anderem damit in Beziehung steht, daß die Dichte ungefähr mit der Atomnummer fortschreitet. Dann prägt sich deutlich in der Kurve eine Periodizität mit der Periodenzahl 6 aus; nur H macht eine Ausnahme, dann aber folgen 8, 14, 20, 26 sehr regelmäßig. NIGGLI glaubt auch aus anderen Gründen, die Elektronenzahl 6 als wichtig für den Atombau ansehen zu können, doch sind zu den Bohr-Rutherford'schen Modellen keine Beziehungen zu erkennen. Es ist zu vermuten, daß in der Häufigkeit der Elemente für die Erde als Gesamtsystem eine Abhängigkeit nicht vom Elektronenbau, sondern von der Stabilität des Kernes besteht, mit anderen Worten von der radioaktiven Lebensdauer der Ele-

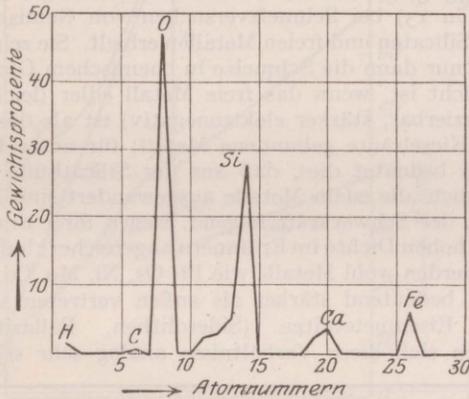


Fig. 8. Prozentuale Zusammensetzung der Opdalitzone.

mente. Denn seit man die Radioaktivität von Kalium und Rubidium kennt, neuerdings auch die verschieden leichte Zerstorbarkeit der Atome durch künstliche Eingriffe erkennt, ist wohl Grund zu der Annahme, daß allen Elementen eine bestimmte Stabilität zukommt, die nicht unbegrenzt ist. Und vielleicht kann gerade aus der Häufigkeit der Elemente, die ja gemäß den Gesetzen des radioaktiven Zerfalls proportional der Halbwertszeit ist (unter der Voraussetzung allerdings, daß radioaktives Gleichgewicht herrsche), auf diese Zerfallszeit geschlossen werden. Es existiert zur Zeit für die meisten Elemente noch kein anderes Mittel, die Kernstabilität zu bestimmen oder zu berechnen. Wie gesagt, wäre dazu allerdings eine Bauschanalyse der gesamten Erde nötig, denn die Verteilung der Elemente in die verschiedenen Tiefenzonen, deren oberste wir ja nur kennen, ist noch anderen Gesetzen unterworfen. Zu einer solchen Gesamtanalyse aber ist nötig, daß wir die Zusammensetzung jeder einzelnen Schale kennen; hierzu sind nur die ersten Tastversuche möglich. Es ist auf Fig. 9—11 der Versuch gemacht, auf

Grund der verschiedenen Literaturangaben die prozentuale Zusammensetzung der inneren Schalen darzustellen; dieser kann keinen Anspruch auf Endgültigkeit machen noch Schlüsse auf Gesetzmäßigkeiten sicher zulassen, zeigt aber immerhin das Fortrücken des „Schwerpunktes“ nach rechts, zu höheren Atomnummern. Das Fehlen der höchstzahligen Elemente ist auf ihren raschen Zerfall zurückzuführen, das Abbrechen der Reihe bei Uran = 92 darauf, daß bei der Kernladungs- und Elektronenzahl 92 die innerste Elektronenbahn infolge ihrer Kernnähe instabil wird.

Weiterhin ist ein Vergleich der Gliederung in „petrogene und metallogene“ Elemente mit dem periodischen System sehr interessant (Lit. 34 und 29, wo auch eine hierauf bezügliche Tabelle des per. Systems zu finden ist). Erstere sind solche, die in Form von Oxyden oder als Silicate die äußeren Erdschichten beherrschen, während die metallogenen Elemente gediegen oder als Sulfide, Selenide, Arsenide usw. den tiefsten Zonen ange-

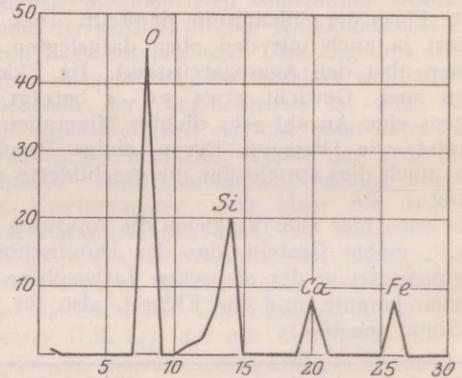


Fig. 9. Prozentuale Zusammensetzung der Eklogitzone.

hören. Im periodischen System zeigt sich mit wundervoller Klarheit, daß fast durchweg die petrogenen Elemente den Hauptreihen, die metallogenen den Nebenreihen angehören. Die Ursache für diese Ordnung liegt nach NIGGLI (Lit. 29) darin, daß die Atomvolumina (Wirkungssphären) bei den Elementen der Nebenreihen wesentlich kleiner sind als die ähnlicher Elemente der Hauptreihen (Lit. 28), diese Stoffe also eine „kondensiertere“ Form der Materie bilden und darum tieferen Gebieten angehören; von dort können sie durch magmatische Bewegungen nach oben mitgenommen werden und so oberflächliche Erzlagerstätten bilden. Die normale Tiefenlage ist also nicht einfach durch die Dichte gegeben, sondern hängt vom Atomvolumen ab; diese Gesetzmäßigkeit ist auch auf Fig. 11 zu erkennen, wo allerdings die 2. und 3. Nebenreihe etwas überhöht sind.

Eine Reihe solcher Regelmäßigkeiten ist in den letzten Jahren gefunden worden, die deutliche Beziehungen zum Atombau zeigen (siehe z. B. Lit. 19 und 32). So treten z. B. bei Meteoriten fast nur Elemente mit gerader Atomnummer auf, was

übrigens auch aus Fig. 8—10 abgelesen werden kann.

In jüngster Zeit sind nun von V. M. GOLDSCHMIDT die ersten Hefte über fortlaufende großzünftig angelegte Bearbeitung der geochemischen Probleme erschienen (Lit. 26), in denen alle bisherigen Erfahrungen, insbesondere auch der Meteoritenkunde und Hüttentechnik, zusammengefaßt werden. Entsprechend den 4 Tiefenzonen Atmosphäre, Silicatmantel, Sulfid-Oxydzone, Metallkern, teilt GOLDSCHMIDT die Elemente ein in atmosphile, lithophile, chalkophile und siderophile, und er ordnet nun systematisch in sorgfältiger Arbeit jedes Element diesen Gruppen ein und zeigt die Beziehungen des Auftretens zum Atombau und

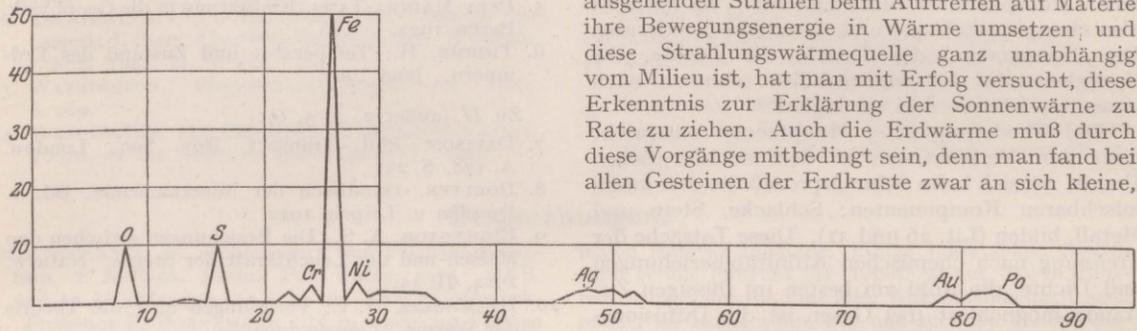


Fig. 10. Prozentuale Zusammensetzung der Sulfid-Oxyd-Schale.

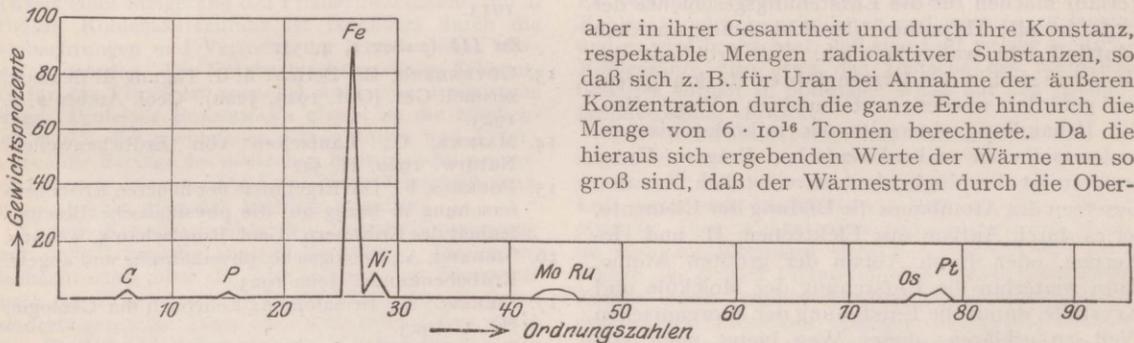


Fig. 11. Prozentuale Zusammensetzung des Metallkernes.

die Bedeutung der Isomorphiebeziehungen. Es ist, besonders klar in der Atomvolumenkurve der Elemente, deutlich zu erkennen, daß alle siderophilen Elemente solche mit kleinsten Atomvolumen sind, daß die lithophilen fast durchweg auf den absteigenden, die chalkophilen auf den aufsteigenden Ästen der Kurve liegen. Die Arbeiten bieten noch sehr viele interessante Einzelheiten.

V.

Die Bedeutung der Radioaktivität für die Geologie ist eine vierfache: 1. kosmogonisch, indem sowohl der Zerfall der Elemente als auch nach neueren Überlegungen (Lit. 36) der Aufbau schwerer Elemente aus leichten zum Zustand-

kommen des jetzigen Zustandes der Erde mitwirkten; 2. als Mittel zur Altersbestimmung der Erde (es sind ja die Helium-Blei-Methoden sowie die Methode der pleochroitischen Höfe bekannt); 3. für Probleme der Gebirgsbildung, die JOLY durch seine Überlegungen stark angeregt hat (Lit. 37); 4. für den Wärmehaushalt der Erde. Diese Seite ist es, die uns hier vor allem interessiert. Während HELMHOLTZ (Lit. 35), in der Erkenntnis, daß die rein chemische Verbrennungswärme als Wärmequelle bei der Sonne unzureichend sei, die Verdichtungswärme heranzog, zeigte sich später, daß auch diese nicht ausreicht, den gewaltigen Strahlungsverbrauch der Sonne zu decken. Seit man nun erkannte, daß die von radioaktiven Stoffen ausgehenden Strahlen beim Auftreffen auf Materie ihre Bewegungsenergie in Wärme umsetzen; und diese Strahlungswärmequelle ganz unabhängig vom Milieu ist, hat man mit Erfolg versucht, diese Erkenntnis zur Erklärung der Sonnenwärme zu Rate zu ziehen. Auch die Erdwärme muß durch diese Vorgänge mitbedingt sein, denn man fand bei allen Gesteinen der Erdkruste zwar an sich kleine,

aber in ihrer Gesamtheit und durch ihre Konstanz, respektable Mengen radioaktiver Substanzen, so daß sich z. B. für Uran bei Annahme der äußeren Konzentration durch die ganze Erde hindurch die Menge von $6 \cdot 10^{16}$ Tonnen berechnete. Da die hieraus sich ergebenden Werte der Wärme nun so groß sind, daß der Wärmestrom durch die Ober-

fläche nach außen etwa 100 mal größer sein müßte, oder die Temperatur im Innern rasch steigen müßte, was beides der Erfahrung widerspricht, so folgt daraus die schon oben erwähnte Tatsache, daß der Gehalt an radioaktiven Stoffen sich auf die äußere Kruste der Erde beschränkt oder nach innen vielleicht exponentiell abnimmt. Damit stimmen auch die Beobachtungen an Meteoriten, die für Steinmeteoriten einen der Erdkruste ähnlichen, für Eisenmeteoriten fast keinen oder keinen Gehalt an diesen Stoffen ergaben. Daß lokale Anreicherungen dieser Elemente eine wesentliche Temperatursteigerung erzeugen, ergab sich unzweifelhaft im Simplontunnel. Es ist somit sicher, daß für die Wärmewirtschaft der Erde die Radio-

aktivität eine wesentliche Rolle spielt, und die Goldschmidtsche Form des Temperaturverlaufes gewinnt damit sehr an Wahrscheinlichkeit.

VI.

Fassen wir nun zusammen, was wir an Tatsachen über den Bau der Erde erfahren haben. Wir haben einen schaligen Bau anzunehmen, derart, daß um einen im säkularflüssigen Zustand befindlichen Kern aus schweren Metallen sich zunächst eine Schale aus schweren Oxyden und Sulfiden, um diese wieder der Silicatmantel der Erde legt. Der letztere ist in sich differenziert in eine innere Schale komprimierter Silicate von höherer Dichte und eine äußere, spezifisch leichtere Lithosphäre, in Sima und Sial. Es herrscht also eine physikalische und chemische Sonderung. Die Temperatur, der Druck, die Dichte, die Festigkeit, die Inkompressibilität nehmen nach innen zu, letztere drei sprunghaft.

Die Gliederung in 3 Hauptzonen entspricht ganz den Verhältnissen in der metallurgischen Praxis, wo sich beim Schmelzprozeß die drei kaum mischbaren Komponenten: Schlacke, Stein und Metall, bilden (Lit. 26 und 31). Diese Tatsache der Trennung nach chemischen Affinitätsbeziehungen und Dichte, die wohl am besten im flüssigen Zustande möglich ist (bei Gasen ist die Diffusionsgeschwindigkeit zu groß, bei Festkörpern die innere Reibung), im Verein mit dem Temperaturverlauf machen für die Entstehungsgeschichte der Erde die alte Hypothese der Abkühlung aus dem Glutfluß sehr wahrscheinlich. Die Probleme der Geonomie sind in den letzten Jahren stark angeregt und gefördert worden; es stehen dazu 2 Wege offen: die Behandlung einerseits der mikrokosmischen, andererseits der makrokosmischen Fragen. Unter ersteren ist die Möglichkeit zu verstehen, aus den Gesetzen des Atombaus die Bildung der Elemente, sei es durch Aufbau aus Elektronen, H- und He-Kernen, oder durch Abbau der größten Atome, dann weiterhin die Entstehung der Moleküle und Krystalle, damit die Entstehung der anorganischen Welt zu erklären; dieser Weg bietet noch viel Arbeit, doch sind die vorhandenen Erfolge recht ermutigend.

Makrokosmisch dagegen kann die Geonomie dem großen Problem der Kosmogonie untergeordnet werden; auch hier ist, durch statistische Methoden in Verbindung mit spektroskopischen Untersuchungen einerseits, durch theoretische Erwägungen über Thermodynamik, Strahlungsdruck (Lit. 38, 39) usw. andererseits, schon viel geleistet worden, so daß der normale Verlauf einer Sternentwicklung in großen Zügen wohl bekannt ist (RUSSELL). Die sehr wichtige Arbeit von M. N. SAHA (Lit. 41) ergab übrigens das auch hier sehr interessante Resultat, daß wir keinen Hinderungsgrund für die Annahme haben, daß wohl alle Sterne aus den gleichen Elementen aufgebaut sind wie unsere Erde; dadurch wird das kosmogonische Bild recht wesentlich vereinheitlicht.

Benutzte Literatur:

Da der vorliegende Aufsatz keineswegs eine erschöpfende Behandlung, sondern nur einen gedrängten Überblick geben will, so kann auch das Literaturverzeichnis nur zur ersten Orientierung dienen. In vielen der Werke ist auf weitere Quellen verwiesen.

Zu I:

1. HAALCK, H., Über die Lagerung der Massen im Erdinnern usw. Zeitschr. f. angew. Geophysik 1, H. 9. 1924.
2. KAYSER, E., Lehrbuch der allgemeinen Geologie, Bd. I. Stuttgart 1912.
3. KOENIGSBERGER, J., In Salomons Lehrbuch der Geologie, Bd. 1. 1923.
4. MAINKA, C., Physik der Erdbebenwellen. Berlin 1923.
5. PREY-MAINKA-TAMS, Einführung in die Geophysik. Berlin 1922.
6. THIEME, H., Temperatur und Zustand des Erdinnern. Jena 1907.

Zu II (außer 2, 3, 5, 6):

7. DAVISON, Phil. Transact. Roy. Soc., London. A. 178, S. 231.
8. DOELTER, Handbuch der Mineralchemie, Bd. I. Dresden u. Leipzig 1912.
9. EDDINGTON, A. S., Die Beziehungen zwischen den Massen und der Leuchtkraft der Sterne. Naturw. 1924, H. 15.
10. HELMHOLTZ, H. v., Vorlesungen über die Theorie der Wärme. Leipzig 1903.
11. LINCK, G., Aufbau des Erdballs. Jena 1924.
12. WOLFF, F. v., Der Vulkanismus, Bd. I. Stuttgart 1913.

Zu III (außer 1, 4, 5):

13. GUTENBERG, B., Bericht ü. d. Tagung d. deutsch. seismol. Ges. (Okt. 1923, Jena). Geol. Archiv 2, 1. 1923.
14. MAINKA, C., Laufzeiten von Erdbebenwellen. Naturw. 1920, H. 51.
15. PÖCKELS, F., Die Ergebnisse der neueren Erdbebenforschung in bezug auf die physikalische-Beschaffenheit des Erdinnern. Geol. Rundschau 5, 5. 1910.
16. SIEBERG, A., Geologische, physikalische und angew. Erdbebenkunde. Jena 1923.
17. SIEBERG, A., In Salomons Lehrbuch der Geologie, Bd. 1. 1923.
18. TAMS, E., Der gegenwärtige Stand der Erdbebenforschung. Naturw. 1923, H. 4.

Zu IV (außer 12):

19. ASTON, F. W., Atomarten und ihr Vorkommen auf der Erde. Nature 113, S. 393 (nach Referat in „Chem. Zentralblatt“ 1924, 1).
20. BERG, G., Über das Zusammenvorkommen der Elemente usw. Zeitschr. f. angew. Chem. 37, H. 24, 1924.
21. CLARKE, F. W., Data of Geochemistry. Washington 1911.
22. ESKOLA, P., The mineral facies of rocks. Norsk. Geol. Tidsskr. 6. 1920.
23. GOLDSCHMIDT, V. M., Der Stoffwechsel der Erde. Zeitschr. f. Elektrochem. 1922, S. 411 und Videnskapselsk. Skr. M.-N. Kl. Nr. 11. Kristiania 1922.
24. GOLDSCHMIDT, V. M., Stammestypen der Eruptivgesteine. Kristiania 1922.
25. GOLDSCHMIDT, V. M., Über die Massenverteilung im Erdinnern usw. Naturw. 1922, H. 42.

26. GOLDSCHMIDT, V. M., Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. Videnskapsselsk. Skr. M.-N. Kl. 1923, H. 3, und 1924, H. 4 u. 5. Kristiania.
 27. NIGGLI, P., Die Gesteinsassoziationen und ihre Entstehung. Verhandl. d. Schweiz. Naturf. Ges. 1920.
 28. NIGGLI, P., Atombau und Krystalstruktur. Zeitschr. f. Kryst. 1921, 56, H. 1 u. 2.
 29. NIGGLI, P., Das Magma und seine Produkte. Naturwissenschaften 1921, H. 24.
 30. ROSEBUSCH, H., Über die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine. Tschem. Min. u. petr. Mitt. 11, 144. 1890.
 31. TAMMANN, G., Zur Analyse des Erdinnern. Zeitschr. f. anorg. und allg. Chem. 131, 96. 1923; 134, 269. 1924.
 32. TSCHIRWINSKY, P., Zur Frage über Gesetze der Genesis d. chem. Elemente im Weltraum. N. Jahrb. f. Min. 1923, II, S. 336.
 33. WASHINGTON, Smithsonian Report for 1920, S. 269.
 34. WASHINGTON, The Chemistry of the Earth's Crust. Journ. of the Franklin Inst. 190, 757. 1920.
- Zu V:
35. HELMHOLTZ, H. v., Entstehung des Planetensystems. Vortrag 1871.
 36. MEITNER, L., Die Bedeutung der Radioaktivität für kosm. Prozesse. Zeitschr. f. angew. Chem. 1923, 2.
 37. MÜLLER, J., Aus neueren Forschungen zur Physik und Chemie der Erde. Zeitschr. f. angew. Chem. 1924, 15.
- Zu VI (außer 11, 26, 31):
38. EDDINGTON, A. S., Das Strahlungsgleichgewicht der Sterne. Zeitschr. f. Physik 7, 351. 1921.
 39. EMDEN, R., Physikal. Zeitschr. 1922, S. 490.
 40. GRIMM u. HERZFELD, Die chemische Valenz als Energiefrage. Zeitschr. f. angew. Chem. 1924, 18.
 41. SAHA, M. N., Theorie der physikalischen Erscheinungen bei hohen Temperaturen. Zeitschr. f. Physik 6, H. 1. 1921.
 42. SCHEINER-GRAFF, Astrophysik. Berlin 1922.
 43. WEINBERG, A. v., Die Entstehung der anorgan. Welt. Ber. d. Senckenb. Ges. 53, Frankfurt 1923.
 44. WESTPHAL, W., Über das Vorkommen und den Zustand der Elemente in Sonne und Fixsternen (Ref. über SAHA). Naturwissenschaften 1921, H. 43.

Besprechungen.

BORNEMANN, F., **Kohlensäure und Pflanzenwachstum**. 2. Auflage. Berlin, Paul Parey, 1923. 318 S. und 12 Abbildungen. 15 × 23 cm. Preis 5 Goldmark.

Professor F. BORNEMANN gibt in einem im Verlage von PAUL PAREY erschienenen Buche eine Übersicht über das Problem der Kohlensäuredüngung. Die Möglichkeit einer Steigerung des Pflanzenwachstums durch erhöhte Kohlensäurezufuhr ist besonders durch die Beobachtungen und Versuche der letzten Jahre klar gestellt worden. Die Nutzbarmachung dieser Erkenntnis für die Praxis ist zunächst noch eine umstrittene Frage. Professor BORNEMANN glaubt an die Möglichkeit durch die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen die Erträge des deutschen Kulturlandes wesentlich heben zu können. Die Leser dieser Zeitschrift seien zunächst kurz über das Problem orientiert.

Unsere Kenntnisse über den Assimilationsvorgang sind verhältnismäßig jungen Ursprungs. Die ersten Beobachtungen über die Abscheidung von Sauerstoff durch die Pflanze wurden in der Mitte des 18. Jahrhunderts gemacht. Diese Beobachtungen stehen unter dem Einfluß der teleologischen Weltanschauung der damaligen Zeit und fassen in erster Linie die für den Menschen nützliche Reinigung der Luft durch die Pflanze ins Auge. INGENHOUSZ gelangt zum Resultat, daß von der Eiche bis zum Kraut keine Pflanze umsonst wächst und sogar die Giftpflanze, welche anscheinend keine besonderen Vorzüge besitzt, sich auch an der nützlichen Arbeit der Luftreinigung beteiligt. Die Rolle des Kohlendioxyds in diesem Prozeß wurde erst von LIEBIG, dem leidenschaftlichen Bekämpfer der alten Humustheorie, in ihrer vollen Bedeutung erkannt. Längere Zeit sah man die Bedingungen der Kohlensäureernährung als gegeben und nicht modifizierbar an. Gelegentlich wurden wohl Berechnungen angestellt über den Kohlensäurehaushalt der Natur, welche jedoch stets zu den beruhigenden Ergebnissen führten, daß die Pflanzen bei dem in der Luft vorhandenen Gehalt von 0,3⁰/₁₀₀ CO₂ nie Mangel an Kohlensäure leiden würden. PFEFFER war noch 1872 der Ansicht, daß die Pflanze durch kohlenstoffreichere Luft in ihrem Wachstum geschädigt werde, und einen anor-

malen Habitus annähme. Einige Jahre später freilich stellt gerade PFEFFER die Hypothese auf, daß in früheren Erdperioden die Luft aller Wahrscheinlichkeit nach reicher an Kohlensäure war und sucht in diesem Umstand die Erklärung für die üppige Flora vorgeschichtlicher Epochen, der wir unsere Kohlenlager verdanken. Es beginnen Versuche die Pflanzen unter höherem Kohlensäuredruck assimilieren und wachsen zu lassen und es wird beobachtet, daß eine Luft welche 5–10% Kohlensäure also etwa das roofache des normalen Gehaltes enthält in optimaler Weise auf den Assimilationsvorgang einwirkt.

Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre ist im allgemeinen keinen beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Er fällt selten unter 27 pro 100 000 Volumen Luft, steigt nicht häufig über 32, und beträgt im Mittel etwa 29. Dies ist nicht ohne weiteres erklärlich, denn im Kohlenstoffkreislauf steht dem wechselnden Verbrauch der grünen Pflanze eine gleichfalls wechselnde Zufuhr durch verschiedenartige Oxydationsprozesse organischer Substanzen entgegen. Tatsächlich haben Messungen ergeben, daß der Kohlensäuregehalt in der warmen Jahreszeit, über dichten Pflanzendecken im allgemeinen etwas niedriger ist, wie in der kalten Jahreszeit und über stark von Menschen oder Tieren bewohnten Plätzen. Durch die Verbrennung der aus früheren Erdperioden angehäuften Kohlenmassen wäre eine allmähliche Anreicherung unserer Atmosphäre an Kohlensäure denkbar, um so mehr als gleichzeitig ein Abbau der großen Moore vor sich geht. LAWES hat berechnet, daß z. B. über England der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre sich in 3 Jahren verdoppeln müßte, wenn nicht andere Umstände regulierend eingriffen. LAWES sucht die Erklärung für die Beständigkeit des Kohlensäuregehaltes in den Prozessen des tierischen und pflanzlichen Lebens in den Meeren. Die ältere Hypothese von SCHLÖSING sieht die Ursache in der abwechselnden Bildung von Carbonaten und Bicarbonaten in den Meeren, in Abhängigkeit von dem über demselben ruhenden Kohlensäuredruck. REINAU nimmt an, daß der verhältnismäßig konstante Kohlensäuregehalt der Luft vom Vegetationsprozeß abhängig

ist, so zwar, daß die Assimilationsgröße proportional ist nicht dem Gesamtgehalt der Luft an Kohlensäure, sondern der Differenz des Teildruckes der Kohlensäure in der dargebotenen Luft und des Druckes im Innern der Pflanze. Kleine Veränderungen des Außendruckes bewirken also eine stark erhöhte Assimilationstätigkeit, welche bei Gleichstellung des Außen- und Innendruckes zum Stillstand kommt. Zu welchen dieser Theorien man auch hinneigen möge, unzweifelhaft ist es, daß wir den Erdboden mit seinen sich dort abspielenden biologischen und chemischen Prozessen als hauptsächlichste Kohlensäurequelle anzusehen haben und daß die durch die Atmung der Tiere und Menschen und die Verbrennung von Kohlen entstehende Kohlensäure nur einen geringen Bruchteil der Gesamtkohlensäure der Luft ausmacht.

Professor BORNEMANN bringt eine Übersicht und Kritik älterer und neuerer Kohlensäuredüngungsversuche. Von letzteren seien diejenigen von FISCHER erwähnt, welche hauptsächlich an blühenden Garten- und Treibhauspflanzen in verschiedenen gärtnerischen Betrieben angestellt wurden. FISCHER besetzte die Glaskasten, in welchen die Pflanzen standen mit wechselnden Mengen von Kohlensäure und zwar gab er $0,3-1-2$ l CO_2 in die 360 l fassenden Glashäuschen. Die Trockensubstanz der mit Kohlensäure begasten Pflanzen erreichte das doppelte bis 3 fache Gewicht im Vergleich zu den in natürlicher Luft gewachsenen Pflanzen, auch entwickelten sich diese ersteren schneller, zeigten reicheren Blüten- und Fruchtansatz und erwiesen sich in besonderen Fällen auch widerstandsfähiger gegen Schädlinge. KLEIN und REINAU konnten ähnliche Beobachtungen machen bei Versuchen in einem Treibhaus in Steglitz, welches sie durch eine gasdichte Scheidewand in 2 gleichgroße und gleichbeschaffene Räume teilten. In einen dieser Räume wurde Kohlensäure eingeleitet bis zu einem Gehalte von $3,5-4,5\%$, während im unbegasten Raume den Pflanzen der nur $\frac{1}{10}$ betragende natürliche Gehalt der Luft an Kohlensäure zur Verfügung stand. Der Ertrag an Pflanzenmasse konnte durch die Kohlensäurezufuhr ums anderthalbfache bis doppelte gesteigert werden. Die Kohlensäure wurde bei diesen in geschlossenem Raume ausgeführten Versuchen meist Kohlensäurebomben entnommen.

BORNEMANN hat außer Gefäßversuchen auch Freilandversuche ausgeführt: in Gemüsebeeten wurden Röhrensysteme 5 cm tief eingegraben, welche aus einer Bombe unter Druck mit Kohlensäure gespeist wurden. Der Verfasser erzielte bei Weizen Mehrerträge von etwa 20%, bei Erbsen und Kartoffeln ca. 40%, bei Zwiebeln 210%. Für die Praxis des Feldversuchsbaues und der Gartenkultur verspricht sich BORNEMANN Erfolg von der Verwendung der aus Kalköfen entweichenden Kohlensäure. Von einer Benützung von Kohlensäurebomben für die Praxis kann natürlich des hohen Preises wegen keine Rede sein.

Freilandversuche größeren Stiles hat Ingenieur RIEDEL bei der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks-A.-G., Dortmund, unternommen, unter Benützung verbrannter und gereinigter Hochofengase. Die Hütten-gase wurden durch gelochte Rohrleitungen unmittelbar auf das Versuchsfeld geleitet. Durch Viereckanordnung konnte die Begasung bei jeder beliebigen Windrichtung erfolgen. Durch Kohlensäurezufuhr gelang es die Erträge von Gerste, Kartoffeln, Rüben, Lupinen, Spinat annähernd zu verdoppeln.

Es sei hier bemerkt, daß NERNST schon vor Jahren den Vorschlag machte die in den Polargegenden unverwertet liegende Steinkohle mittelst Luftschächten in Brand zu setzen und die entstehende Kohlensäure

zur Anreicherung in die Atmosphäre heraus zu treiben.

Zum Schlusse seines Buches versucht der Verfasser an Hand verschiedener Beispiele und Beobachtungen darzutun, daß ein großer Teil der Wirkung einer Stallmist- bzw. Gründüngung auf eine stärkere Kohlensäureerzeugung des gedüngten Feldes zurückzuführen ist. Um diese Kohlensäureproduktion möglichst wirksam zu gestalten schlägt BORNEMANN vor diese Düngermassen erst kurz vor der Bestellung, also möglichst spät dem Boden einzuverleiben und dieselben nicht tief unterzupflügen. Er empfiehlt Kopfdüngung mit zum Zwecke der Kohlensäureerzeugung hergestellten Düngern, welche seiner Ansicht nach neue Geräte und neue Anbaumethoden erforderlich machen werden. Der Verfasser spricht die Zuversicht aus, daß durch Anwendung vermehrter Kohlensäurezufuhr die Landwirtschaft neue Möglichkeiten zur Hebung der Erträge finden wird. Die optimistischen Erwartungen die der Verfasser hegt sind schon früher vielfach auf Zweifel und Widerspruch gestoßen. Auch das vorliegende Buch wird diesem Schicksal nicht entgehen. Bei einer Düngung steht wie bei jeder wirtschaftlichen Maßnahme die Rentabilität im Vordergrund. Diese wichtige Seite des Problems wird kaum behandelt. Auch wird kein endgültiger Beweis erbracht für die Behauptung, daß eine wesentliche Rolle bei der guten Wirkung einer Stallmist- und Gründüngung der vermehrten Kohlensäureentwicklung im Boden zukommt. Ein jedes Buch das Anregung bringt, wird auch zur Kritik herausfordern. Demjenigen der sich über die Frage der Kohlensäureernährung der Pflanze unterrichten will, sei es zur Lektüre empfohlen.

M. v. WRANGELL, Hohenheim.
TAMMANN, GUSTAV, **Lehrbuch der heterogenen Gleichgewichte**. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn A.-G. 1924. XII, 358 Seiten u. 336 Figuren im Text. $14,5 \times 22$ cm. Preis geh. 15, geb. 17 Goldmark.

Über die Vorgeschichte dieses Buches erfährt man aus der Vorrede, die der Verlag des grundlegenden Werkes von H. W. BAKHUIS ROOZEBOOM „Die heterogenen Gleichgewichte“, das nach dem frühzeitigen Tode des Verfassers von dessen Schülern und Landsleuten SCHREINEMAKERS, BÜCHNER und ATEN fortgesetzt, aber noch nicht vollendet wurde, an Herrn G. TAMMANN mit dem Ersuchen herangetreten ist, „das Werk ROOZEBOOMS und seiner Mitarbeiter neu zu bearbeiten“. „Eine Neubearbeitung des Werkes als Handbuch, wie es sich ROOZEBOOM vorgestellt hatte, ist zur Zeit kaum mehr möglich. Die Lehre vom heterogenen Gleichgewicht hat sich zu weit verzweigt, Seitenäste, wie die Metallographie und Silicatchemie getrieben, die für sich umfangreiche Gebiete bilden.“ Aus diesen Gründen konnte Herr TAMMANN zwar dem Wunsche des Verlegers nicht Folge leisten, da aber eine einfache, leicht zugängliche Darstellung dieses Gebietes fehlt, so hat er sich entschlossen, ein einführendes „Lehrbuch der heterogenen Gleichgewichte“ zu schreiben. Man darf hiernach wohl vermuten, daß das Roozeboomsche Handbuch, dessen erster Teil 1901 erschien, nicht mehr zu Ende geführt wird; doch mag darauf hingewiesen werden, daß dort die Systeme aus einem Stoff vollständig, die Systeme aus 2 und 3 Stoffen in ihren wichtigsten Teilen abgeschlossen vorliegen (vgl. auch die Besprechungen: Naturwissenschaften 1, 367. 1913 u. 6, 625. 1918.)

Die Blütezeit der Lehre vom heterogenen Gleichgewicht, etwa 1895–1905, fiel — nicht zufällig, sondern ursächlich bedingt — zusammen mit jener

Zeit, wo viele Chemiker, den Lehren OSTWALDS und MACHS folgend, sich von der Atomistik mißtrauisch abwandten, von einer Atomistik, deren Grundlagen damals allzu hypothetisch, deren Forschungswert erschöpft schien. Man suchte nach sicheren Grundlagen und fand sie in der Thermodynamik, die für die homogenen Gleichgewichte das Massenwirkungsgesetz, für die heterogenen die Phasenregel geliefert hatte. Bereits in der Mitte der siebziger Jahre hatte WILLARD GIBBS die Phasenregel aufgestellt; aber erst etwa 10 Jahre später wurde sie von BAKHUIS ROOZEBOOM zum Leben erweckt, der zeigte, wie mit ihrer Hilfe die verwickelten heterogenen Gleichgewichte sich übersichtlich ordnen lassen, und wie sie die experimentelle Aufklärung von anderweitig schwer zugänglichen Problemen ermöglicht. Mehrere holländische Chemiker haben sich zuerst der Entwicklung der Phasenlehre gewidmet; später fand sie besonders Beachtung und Förderung in den Vereinigten Staaten und in Deutschland. Auch VAN 'T HOFFS Untersuchungen über die ozeanischen Salzablagerungen sind auf ihrem Boden erwachsen. Der hingebende Eifer, mit dem die Jünger der Phasenlehre ihre theoretischen und experimentellen Forschungen betrieben, fand durchweg achtungsvolle Anerkennung; doch hat man auch über diese Arbeitsrichtung kritischen Worte gehört, die zwar die sachliche Zuverlässigkeit dieser Untersuchungen nicht bestritten, wohl aber gegen die Einseitigkeit der Problembehandlung Stellung nahmen. In der Tat war das nicht ganz unberechtigt; die Vertreter der Phasenlehre haben immer besonders hervorgehoben, daß ihre Grundlage von allen atomistischen und kinetischen Vorstellungen unabhängig sei, und daß der molekulare Zustand der Stoffe in den einzelnen Phasen deswegen die Folgerungen der Phasenregel nicht berühre. Das trifft in der Tat in den meisten Fällen zu; doch wird man dann auch nach dieser Betrachtungsweise aus dem Studium der heterogenen Gleichgewichte für die atomistische Auffassung, die doch nun einmal dem Chemiker so wichtig ist, nichts lernen können. Als später die Atomistik ihren an Erfolgen so überreichen und noch lange nicht abgeschlossenen Aufstieg begann, dem sich auch die ärgsten Zweifler nicht verschließen konnten, vollzog sich zwischen Atomistik und Phasenlehre eine Synthese; mit der Schöpfung einer umfassenden Metallographie, einer rationellen Silicatchemie und mit der Aufklärung zahlreicher technischer Probleme hatte die letzte sich im System der Forschung eine sehr starke Stellung erworben, die noch mehr befestigt wurde, als sich zeigte, daß die Verbindung der Lehre vom heterogenen Gleichgewicht mit der Atomistik zu neuen, auch für diese wertvollen Ergebnissen führte.

Für die Abfassung eines Lehrbuches der heterogenen Gleichgewichte, das diesen Gesichtspunkten Rechnung trägt, war wohl niemand geeigneter als GUSTAV TAMMANN, der mit gleicher Meisterschaft Thermodynamik und Atomistik, die Theorie und das Experiment beherrscht, der überdies auf wichtigen Gebieten der heterogenen Gleichgewichte (Metallographie und Polymorphie) bahnbrechend gewirkt und neuerdings zur Atomistik fester Stoffe wichtige Beiträge geliefert hat. Das Tammannsche Lehrbuch wendet sich an einen Leser, „der etwa Chemie und Wärmelehre kennt und der den guten Willen hat, sich in die geometrische Darstellung der beobachteten Erscheinungen hineinzudenken“. Freilich wird der gute Wille allein nicht ausreichen, wenn nicht ein gewisses Raumvorstellungsvermögen vorhanden ist. Denn in dem Hauptteil dieses Buches, der die Gleichgewichte der Systeme aus

einem, zwei, drei und vier Stoffen schildert, wird unter fast völligem Ausschluß mathematischer Entwicklungen nur von graphischen Methoden Gebrauch gemacht, und die räumlichen Gebilde, welche die Wechselbeziehungen der Zustandsvariablen darstellen, erfordern, besonders bei den Drei- und Vierstoffsystemen, volle Aufmerksamkeit und Hingabe des Lesers. In einem Schlußabschnitt, der aber zum Verständnis der vorangegangenen Teile nicht durchaus notwendig ist, wird als mathematische Ergänzung und Begründung der früheren Ableitungen „die Anwendung des thermodynamischen Potentials auf die Gleichgewichte in heterogenen Systemen“ auseinandergesetzt. Nach den obigen Andeutungen über das heutige Verhältnis von Phasenlehre und Atomistik ist es kaum erforderlich, noch zu betonen, daß jene in diesem Buch für die Behandlung der Probleme nicht allein maßgebend ist, daß vielmehr auch andere Methoden herangezogen werden, wo der Zusammenhang es erfordert, und wo die Thermodynamik allein den Gegenstand nicht genügend in das rechte Licht setzt.

Bei der Auswahl des Stoffes — der naturgemäß in einem kurzen Lehrbuch sehr eingeschränkt werden mußte — scheint der Verfasser sich von dem Wunsche haben leiten lassen, einerseits das Typische hervorzuheben und andererseits die bei Forschungen und technischen Vorgängen häufiger auftretenden Fälle darzustellen. Eine Vermehrung der Hinweise über die bereits erfolgte Anwendung der Gleichgewichtslehre auf industriell wichtige Prozesse oder über ihre mögliche Anwendbarkeit würde vermutlich das Interesse der Lernenden am Gegenstande noch erhöhen.

Wenn die Lehre vom heterogenen Gleichgewicht trotz ihrer Beherrschung großer Sondergebiete und trotz zahlloser Einzelerfolge in der anorganischen Chemie noch nicht die ihr gebührende Stellung einzunehmen scheint, so dürfte das zum Teil auf ihre eigene Vertreter zurückzuführen sein, die bei der Auswahl ihre Experimentaluntersuchungen häufig etwas weltfremd vorgehen. So sind viele Gleichgewichtsversuche ausgeführt worden, die den Problemen des wissenschaftlichen oder technischen Anorganikers sehr fern liegen, und die nur vom Standpunkte der Phasenlehre aus gesehen Interesse bieten. Technologie und reine anorganische Chemie umfassen zahllose Gebiete, die der Aufklärung durch die Lehren des heterogenen Gleichgewichtes dringend bedürftig sind; hier müßte die Experimentierkunst einsetzen und die Leistungsfähigkeit der Theorie immer aufs neue erweisen. Wenn das Tammannsche Lehrbuch auch nach dieser Richtung fördernd wirkte, so würde das dem Verfasser sicherlich erfreulich sein. — Wer die Literatur der letzten Jahrzehnte kennt, wird in diesem Lehrbuch — auch wo besondere Hinweise fehlen — überraschend häufig auf Gegenstände stoßen, die Tammann durch eigene Forschungen gefördert oder gar erst ans Licht gezogen hat. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der theoretischen und experimentellen Untersuchungen des Göttinger Meisters ist hier in neuem Zusammenhange dargestellt, und aus diesem Grunde wird das Tammannsche Werk auch den Kennern der heterogenen Gleichgewichte Freude bereiten. I. KOPPEL, Berlin-Pankow.

OPPENHEIMER-MATULA, *Kurzes Lehrbuch der Chemie*. Leipzig: Georg Thieme 1923. XX, 862 S. Preis geh. 25, geb. 29 Goldmark.

Erstauflagen zeigen in der Regel einige Konstitutionsfehler und erleben ihre Kinderkrankheiten, bevor sie allen Anforderungen einer vielgestaltigen Leserwelt im rechten Maße gerecht werden. Vom Verf. dieses Werkes weiß man aus den vielen Auflagen

seiner weitverbreiteten Grundrisse der anorganischen, organischen und physiologischen Chemie, daß er das Geschick einer knappen und doch klaren, anschaulichen Darstellungsweise in hohem Maße besitzt, als den Herausgeber des nun auch schon in zweiter Auflage erscheinenden vielbändigen Handbuches der Biochemie kennt man ihn als einen Gelehrten, der sich nicht nur zu den Problemen seines Faches von hoher Warte aus eine eigene Stellung verschafft hat, sondern dem auch die Fragen der Nachbargebiete in weiterem Umfang vertraut sind. Man geht also nicht mit geringen Erwartungen an das Studium dieses neuen Lehrbuches der Chemie heran. Und ist — um es gleich vorweg zu sagen — trotzdem erstaunt, wie gut dieser doch immerhin erste und von der ersten bis zur letzten Seite eigenartige Entwurf gelungen ist. Man glaubt es dem Verf. gern, daß er seit vielen Jahren den Plan zu diesem Buch in sich herumgetragen hat; gut Ding will Weile haben. Aber dafür kann er jetzt auch mit seinem Werk zufrieden sein. Es ist als ein Lehrbuch gedacht, das nicht trockene Tatsachen einfach aufzählt, es wendet sich in erster Linie an Nichtchemiker, an alle diejenigen, für welche die Beschäftigung mit der Chemie einen wesentlichen Teil ihre Berufstätigkeit ausmacht, also an die Biologen, Apotheker, Ärzte, Landwirte und die Lehrer aller Mittelschulen. Aber auch der Chemiker in praktischer Tätigkeit wird gern ein Buch zur Hand haben, in dem er die Dinge seines Faches findet, in denen er Nichtspezialist ist, und der Chemiestudierende soll seine Wissenschaft auch im allgemeinen, in ihren lebendigen Beziehungen zu den Nachbargebieten und zum praktischen Leben kennen lernen. Denn das ist das Eigenartige dieses Buches, es wählt aus den vielen Tatsachen diejenigen aus, die allgemeine Gesetzmäßigkeiten gut erkennen lassen und bevorzugt an Einzelheiten immer das, was mit Vorgängen in der Natur oder mit technischen Prozessen in inniger Berührung steht. Deshalb versteht gerade dieses Lehrbuch so gut das Interesse für die chemische Wissenschaft in dem weiten Leserkreis, für den es gedacht ist, zu erwecken und zu bewahren. Aus eigener Erfahrung weiß ich, wie ungen in der Regel der Medizinstudierende sich dazu bequemt, den spröden Stoff der chemischen Lehrbücher zu verarbeiten. Hier sieht er, wozu die Chemie gut ist und daß er ihr nicht ausweichen kann, überall, auf Schritt und Tritt auf ihre Errungenschaft stößt und sie braucht. Und nicht nur das. Die harte Zeit der Abschneidung vom weltwirtschaftlichen Verkehr hat jedem Gebildeten klargemacht, wie sehr wir vom Ausland abhängen. Welche Länder sind uns Lieferanten, in welchem Umfang, worin, wie und bis zu welchem Grade haben wir Ersatz gesucht und gefunden, lohnt sich eine Wiedergewinnung des verarbeiteten Stoffes, das alles sind Fragen, von denen wir im Kriege gehört haben — und hier die Antwort finden. Vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus sparen, am rechten Ort, soweit es sich lohnt; leben und leben lassen, wirtschaftliche do-ut-des-Politik treiben, der verständige Leser findet viel Wissen aufgespeichert, schöpft viel aus diesem doch nur „kurzen“ Lehrbuch. Kurz darf der Verf. es trotz seines Umfanges von etwa 1100 Seiten, bei dem gewaltigen Stoff, den es bringt, nennen. OPPENHEIMER selbst hat die zwei Teile anorganische und organische Chemie geschrieben, MATULA eine Einführung in die allgemeine Chemie (255 Seiten). Zu einer Kritik dieses Abschnittes fühle ich mich nicht berufen, didaktisch besonders geschickt scheint er mir angepackt zu sein. Zum Beweis führe ich die Einteilung des Stoffes an: Einleitung (Chemie und Physik, Erhaltung der Masse,

Energie und Arbeit, Energie und Wärme). *Elemente, Atome und Moleküle*. 2. Die stöchiometrischen Gesetze. 3. Das periodische System. 4. Die radioaktiven Erscheinungen. 5. Der Atombau. *Der Aggregatzustand*. 6. Die Formzustände und ihre Übergänge. 7. Die Kristalle. 8. Die Lösungen. 9. Die Kolloide. *Die Konstitution*. 10. Die Verbindungen. 11. Die Valenzkräfte. 12. Molekülbau und physikalische Eigenschaften. *Der Verlauf chemischer Reaktionen*. 13. Die Reaktionsgeschwindigkeit. 14. Das chemische Gleichgewicht. *Die Wandlungen der chemischen Energie*. 15. Thermochemie. 16. Elektrochemie. 17. Photochemie. Der zweite Hauptteil, der die anorganische Chemie behandelt, folgt der üblichen Darstellung. Dagegen sind im dritten, der organischen Chemie gewidmeten Hauptteil didaktisch wieder sehr geschickt einzelne allgemeine Gesichtspunkte in einem besonderen Abschnitt vorweggenommen. Es finden sich hier nicht nur Fragen zur Nomenklatur, über Zusammensetzung und Untersuchung organischer Verbindungen, sondern auch die einzelnen Körperklassen mit ihren typischen Reaktionen geschildert. Es werden hier schon die Isomerieerscheinungen, der Zusammenhang zwischen Konstitution und Eigenschaften abgehandelt und damit die Darstellung der organischen Verbindungen nicht immer wieder von neuem durch mehr lehrhafte Tatsachenaufzählung unterbrochen, bei der Wiederholungen doch unvermeidlich wären. Ein Abschnitt, der den Proteinen, Fermenten und Antigenen gewidmet ist, fehlt wohl meist den Lehrbüchern der organischen Chemie, hier findet er sich folgerichtig und schließt das Werk. Er allein erinnert mich in seiner Kürze an den Grundriß mit seiner trockenen Aufzählung der Tatsachen. Aber vielleicht bin gerade ich hier befangener als bei den „rein“ chemischen Abschnitten. Es scheint mir ganz sicher, daß das Buch Erfolg haben und bald eine 2. Auflage erleben wird; ihr möchte ich wünschen, daß beim Nennen von Autoren etwas gleichmäßiger verfahren wird. Die beiden letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts scheinen mir etwas zu kurz gekommen zu sein, wenn man in einem Lehrbuch überhaupt über den Rahmen des schon der Geschichte Angehörigen hinaus zitieren will.

K. THOMAS, Leipzig.

MECKLENBURG, WERNER, *Kurzes Lehrbuch der Chemie*. Zweite Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1924. XVI, 793 Seiten und 100 Figuren im Text. 14 × 20 cm. Preis geh. 20, geb. 23 Goldmark.

Durch die gute Aufnahme, die die erste Auflage des kurzen Lehrbuches der Chemie gefunden hat, ist die allgemeine Anlage des Werkes und die gewählte Darstellungsart als zweckmäßig erwiesen worden. Bei der Bearbeitung der neuen Auflage waren daher nur Ungenauigkeiten zu verbessern, Fehler auszumerzen und Lücken auszufüllen. Diese Aufgabe hat zu zahlreichen kleineren und größeren Veränderungen des Textes geführt, einige ganz neue Abschnitte sind eingefügt, einige Dinge, die entbehrlich erschienen, aber auch gestrichen worden. Bei dieser Arbeit wurden die in der Fachpresse erschienenen Besprechungen sorgfältig berücksichtigt. Sehr wesentlich, ja bei der Neubearbeitung mancher Abschnitte entscheidend wurde der Verfasser auch durch zahlreiche mündliche und briefliche Hinweise von Fachgenossen unterstützt.

(Aus dem Vorwort).

TRIER, GEORG, *Chemie der Pflanzenstoffe*. Berlin: Gebr. Borntraeger 1924. VIII, 605 Seiten. 17 × 26 cm. Preis 30 Goldmark.

Der große Stoff ist durch eine übersichtliche Einteilung gegliedert, die sofort die Gründlichkeit der

Bearbeitung verrät und das Nachschlagen und Studium bequem gestaltet, wozu ein ausführliches Inhaltsverzeichnis und Register viel beitragen.

Die Einleitung bildet eine vortreffliche geschichtliche Entwicklung der Pflanzenchemie. Es wird gezeigt, wie eng die Chemie der Pflanze und ihres Stoffwechsels mit den Fortschritten der organischen und physikalischen Chemie verknüpft ist und wie sie durch die Erfolge der synthetischen Chemie befestigt wird.

Es folgt eine allgemeine Übersicht zur Einführung in die notwendigen Grundbegriffe der Chemie.

Die erste große Gruppe bilden nun die einfachen Pflanzenstoffe, die eingeteilt werden in aliphatische, cyclische und solche unbekannter Konstitution.

Die 2. große Gruppe enthält die zusammengesetzten Pflanzenstoffe. Die Substanzen werden eingeteilt in: Glucosidische Verbindungen: die Kohlenhydrate der Zellwand und des Zellinhalts und ihre Glucoside — esterartige Verbindungen: Ester und Säureamide — und schließlich in komplizierter zusammengesetzte Verbindungen: Cerebroside, Nucleinsäuren und die verschiedenen Arten der Proteide.

Den Schluß bilden Pflanzenstoffe unbekannter Art, worunter Verfasser die Toxine und Antigene, Vitamine und Enzyme zusammenfaßt.

Mit dem Erscheinen dieses Buches erfüllt Verfasser einen dringenden Wunsch aller physiologisch arbeitenden Chemiker und aller derjenigen Botaniker, denen die Chemie zu einer unentbehrlichen Hilfswissenschaft geworden ist, nämlich ein abgeschlossenes Werk der Chemie der Pflanzenstoffe zu besitzen, das ihn zwar von dem Gebrauch der Handbücher nicht unabhängig macht, ihm aber einen weiten Überblick über das außerordentlich große Gebiet gibt. Eine Fortsetzung soll das Werk in einer „Chemie des pflanzlichen Stoffwechsels“ erfahren, was allseitig lebhaft begrüßt werden wird, so daß man sich dem vom Verfasser im Vorwort ausgedrückten Wunsch, daß ihm „die Verhältnisse die Vollendung der Chemie des pflanzlichen Stoffwechsels nicht verunmöglichen mögen“, gern anschließt.

ERICH SCHMIDT, München.

BRUCE, C. G., **Mount Everest. Der Angriff 1922.** Deutsches von W. RICKMER RICKMERS. Basel: Benno Schwabe & Co. 1924. VII, 199 S., 35 Bilder und 2 Karten. 17 × 24 cm. Preis 10 Goldmark.

Das Buch bringt in seinem ersten Teil den allgemeinen Reisebericht des Generals BRUCE, im zweiten und vierten Teil den Bericht des Herrn LEIGH-MALLORY, des Hauptsteigers, und im dritten den des Hauptmanns FINCH, des Sachverständigen für Sauerstoffapparate. Dazugefügt sind einige Aufsätze von allgemeiner Bedeutung, und vorangestellt ist ein Vorwort von SIR FRANCIS YOUNGHUSBAND.

Das Vorwort berichtet über die Entstehung des Planes, den Mount Everest zu besteigen, und über die Wahl der Mitglieder der Expedition. Nicht jedes Mitglied war für den Gipfelsturm bestimmt, General BRUCE z. B., der Leiter, ein Mann von großer alpinistischer Erfahrung und tüchtiger Kenner der Bergvölker des Himalaya, kam nur bis zu einer Höhe von 6000 m in Frage. Seine Hauptarbeit war die Leitung der Transporte von Lebensmitteln und Steigerausrüstungen zu den immer höher hinaufgeschobenen Lagern der Sturmtruppe.

Der erste Teil ist vielleicht der unterhaltendste, im humorvollen Ton des alten Angloindiens geschrieben. Wir bekommen ein anschauliches Bild von der Größe der Aufgabe, den höchsten Berg der Erde zu besteigen, und von den Versuchen, sie zu lösen. Abgesehen von den Schwierigkeiten des Arbeitens und Kletterns in

bedeutenden Höhen, die sich auch anderswo finden, behindert der Mount Everest seine Überwindung durch Unwetter während des größten Teils des Jahres. Im Winter ist das Gebiet jenes Berges überhaupt unzugänglich, und während der Monsune kann man sich nur in den Tälern ringsherum aufhalten. Langjährige Erfahrungen haben ergeben, daß an ein Aufsteigen nur zu denken ist während des Mai und der ersten Tage des Juni. Da das Heranbringen von Nahrungsmitteln und Ausrüstungsstücken in jene abgelegenen und unfreundlichen Gegenden sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, bleibt nur ein Zeitraum von wenigen Wochen für die eigentlichen Gipfelangriffe übrig. Selbst während dieser kurzen Zeitspanne ist das Wetter nicht immer günstig, und auch an den besten Tagen gibt's noch Gelegenheit genug zum Erfrieren von Zehen, Fingern, Ohren usw. Gegen zweihundert Eingeborene mit ihren Tieren mußten aufgeboden werden, um den Verkehr zwischen den Hochlagern und den bewohnten Ortschaften einigermaßen aufrechtzuerhalten. Und da viele von ihnen bald auf Nimmerwiedersehen verschwanden, galt es, Tag für Tag neue Kräfte anzuberufen.

Im zweiten und vierten Teil gibt GEORGE H. LEIGH-MALLORY¹⁾, einer der Gipfelstürmer, einen eigenen Bericht. Ich bin ja allerdings in der Alpinistenliteratur nicht zu Hause; aber ich hatte durchweg den Eindruck, hier einer neuen Literaturgattung zu begegnen. Ich habe noch nie etwas gelesen, was diesem eingehenden Bericht, der Beobachtung des eigenen Körpers durch einen Bergsteiger, gleichkommt. Die Sorge, daß die Kräfte etwa abnehmen könnten, begleitet MALLORY beständig auf dem mehrwöchigen Anstieg von Darjeeling aus und drängt zu fortwährenden Experimenten auf dem Weg. Menschen, die wochenlang nur ihren Gesundheitszustand im Auge behalten, müßten eigentlich Hypochonder werden. Diese nervöse Sorge um die eigene Kraft wird aber verständlich, wenn man hört, daß ein Zusammenbruch in jenen Höhen gleich so gründlich ist, daß der Betroffene sofort zur schweren Bürde für seine Kameraden wird. Nur 2—4 Mann konnten gleichzeitig für die Gipfelangriffe in Frage kommen, und jeder Zusammenbruch eines einzelnen konnte das Vordringen der kleinen Truppe zum Abschluß bringen. Trotz aller Mühwaltung bei der Vorbereitung brachte der Aufenthalt in jenen bedeutenden Höhen, 6000—8000 m, noch Qualen genug für die Bergsteiger. In den leichten Zelten blieb die Temperatur arktisch. Eines Abends war man sogar genötigt, nach schwerer Arbeit, bei brennendem Durst, in den Schlafsack zu kriechen, ohne einen Tropfen warmen Getränkes auftreiben zu können. Nicht nur die körperliche Verfassung leidet dort oben eine unerwünscht schnelle Einbuße an Kraft. Auch die Seele leidet in solchem Maße, daß es dem Steiger fast unmöglich wird, Gedanken und Willen auf ein klares Ziel zu richten. Trotz aller Hemmungen wurde aber von LEIGH-MALLORY und NORTON gleich beim ersten Ansturm die Höhe von 8225 m erreicht.

Auf den ersten Angriff folgte ein zweiter, den Hauptmann FINCH in einem besonderen Kapitel beschreibt. Er war ausgezeichnet durch die Anwendung von Sauerstoffapparaten; und nach den Zeugnissen der Teilnehmer scheint es auf dieselben zurückzuführen zu sein, wenn dieses Mal eine noch bedeutendere Höhe, 8300 m, erreicht wurde. Gefährlich sind aber diese Sauerstoffapparate; denn wenn sie plötzlich in der

¹⁾ Wie die Zeitungen gemeldet haben, gehört MALLORY zu den Opfern der Expedition von 1924.

Höhe versagen, gefährden sie das Leben des Benutzers.

Der dritte Aufstieg wurde entschieden zu spät unternommen, nämlich zur Zeit des ausbrechenden Monsuns. Er führte zu einem schweren Lawinunglück, bei welchem sieben Eingeborene den Tod fanden. Aber wichtig war es, daß man einmal aus nächster Nähe zu sehen bekam, was der Monsun in jenen Höhen anrichtet. Die warmen Winde schmolzen Eis und Schnee in kürzester Zeit, und kleine Rinnsale verwandelten sich in wenigen Stunden in breite Ströme, die ungeheure Massen von Felsen und Steinen in die Tiefe rissen. Das ganze Gebirge schien sich aufzulösen, und man fragt sich bang, wie viele Jahre lang der Himalaya wohl noch stehenbleiben kann.

Aus den Schlußbetrachtungen scheint sich zu ergeben, daß zu einem schließlichen Gelingen der Besteigung es nötig sein wird, kleine geschützte Lager bis über eine Höhe von 8000 m hinaufzutreiben und bei den letzten Vorstößen Sauerstoffapparate zu verwenden. Aber auch dann wird gutes Wetter noch der wichtigste Faktor für das Gelingen sein. Fast ohne Unterbrechung ist der Gipfel des höchsten Berges von heftigsten Winden, die das Vordringen oft unmöglich machen, umtost.

In drei Beigaben spricht HOWARD-SOMERVELL über Gewöhnung an große Höhen, über Farbe in Tibet und tibetische Kultur. Durch tibetisches Gebiet, von Norden her, mußte der Anstieg gemacht werden, da die Südhänge des Mount Everest von fast lotrechter Steilheit sind. Im Abschnitt über die tibetische Kultur wird uns nicht etwa der Lamismus vorgeführt. Wir finden dort eine Würdigung der tibetischen Baukunst und Musik. Letztere benutzt, wie die Musik der Schotten, Chinesen usw., die Tonleiter der schwarzen Tasten des Klaviers.

Der letzte Abschnitt, von Dr. LONGSTAFF, beschäftigt sich mit der naturgeschichtlichen Ausbeute des Everestgebietes. Um Materialien zu sammeln, war es natürlich nicht notwendig, die Spitze des Mount Everest zu erklimmen, da organisches Leben (nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch) schon weit unterhalb von 8300 m, der bis jetzt erreichten Höhe, zu Ende kommt. Auch ist nicht zu erwarten, daß das Everestgebiet viele Arten von Pflanzen und Tieren enthält, die sich in den umliegenden Gegenden nicht finden. LONGSTAFF ist, wie wir aus seinen Ausführungen ersehen, in erster Linie Vogelkenner. Doch hat er ein gutes Auge für alle Arten von lebenden Wesen, die sich im heiligen Gebiet des höchsten Berges aufhalten. Kein Tier durfte aber dort gejagt werden; kein Schuß durfte fallen. Nicht einmal ein Schmetterlingsnetz durfte gezeigt werden. So ist die Ausbeute der Expedition erklärlicherweise gering, wenn sich auch unter den gefangenen Insekten einige neue Arten finden. Gut war's, daß LONGSTAFF schon früher einmal

das westliche Tibet bereist hatte. Er konnte darum immer wieder auf die Übereinstimmung der Flora und Fauna im östlichen und westlichen Tibet hinweisen. Alle Funde sind Spezialisten zur Bearbeitung übergeben worden, und deren Arbeiten werden wohl im Laufe der Zeit in Fachzeitschriften erscheinen.

A. H. FRANCKE, Berlin.

HETTNER, ALFRED, Grundzüge der Länderkunde.

I. Bd.: Europa. 2. gänzlich umgearbeitete Auflage. Leipzig: B. G. Teubner 1923. VII, 373 S., 4 Tafeln und 197 Karten. 16 × 26 cm. Preis 6 Goldmark.

Aus der Erweiterung und Umarbeitung des Textes, den der Verf. 1895 für die Rückseiten der Karten in Spamers Handatlas schrieb, sind 1907 die Grundzüge der Länderkunde von Europa hervorgegangen, die in der 2. Aufl. vorliegen. Gegenüber der ersten Auflage ist das Buch von 45 auf 25 Bogen verkürzt. Zum Teil entspricht die Kürzung einer Forderung der Zeit nach Sparsamkeit, in der Hauptsache aber dem allgemeinen Bedürfnis nach einem Lehr- und Lernbuch für Lehrer und Studierende. Das Resultat dieser Neugestaltung hat wieder fast den gleichen Umfang wie der Atlaxtext; aber zwischen beiden Ausarbeitungen liegen 30 Jahre intensiver methodischer Arbeit und akademischer Lehrtätigkeit. Das Charakteristicum der Auflage von 1907, die starke landschaftliche Gliederung, ist trotz der großen Knappheit beibehalten. Dies war nur bei genauester Überlegung jedes Wertes möglich. Die Streichungen haben vor allem topographische Angaben, nicht inhaltliche Aussagen betroffen. In der neuen Form der Grundzüge tritt die architektonische Struktur der länderkundlichen Methode noch deutlicher hervor.

Die nordischen Inseln, die in der ersten Auflage fehlen, sind neu hinzugekommen und Abschnitte über Geschichte der Entdeckung und Kenntnis des Erdteils und der einzelnen Länder.

Die Einteilung Europas erfolgt nach dem räumlichen Prinzip, das durch die Absonderung durch Meere und Hochgebirge die großen Natureinheiten schafft. In der Gliederung der Einzellandschaften tritt das tektonische Prinzip stärker hervor.

Eine Übersicht über den ganzen Erdteil ist vorausgeschickt, in dem die gemeinsam über das Ganze sich erstreckenden Züge behandelt werden. Ebenso beginnt ein jedes Land mit einer solchen Übersicht.

Mensch und Natur sind gleichmäßig behandelt, aber das Hauptgewicht liegt doch auf dem Antropogeographischen Teile. Dies ist gerade für den Naturwissenschaftler von Bedeutung; denn er findet hier in einfacher Klarheit die verwickelten Zusammenhänge in Wirkung und Wechselwirkung zwischen Mensch und Natur dargelegt.

Von den 197 Figuren (meist Kärtchen) im Texte sind viele für die neue Auflage frisch gezeichnet.

H. SCHMITTHENNER, Heidelberg.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Eine fundamentale Schwierigkeit für die elektromagnetische Theorie der Masse.

Die elektromagnetische Masse eines Elektrons oder Protons beruht auf der Wechselwirkung der Elemente ihrer elektrischen Ladung, die über einen endlichen Raum verteilt gedacht wird. Genauer: sie beruht auf dem Term der Wechselwirkung, der der Beschleunigung proportional (und umgekehrt proportional zum Abstand) ist. Diese Definition der elektromagne-

tischen Masse fällt praktisch, wenn auch nicht exakt mit der allgemeinen Definition der Relativitätstheorie zusammen, nach welcher die elektromagnetische Masse eines beliebigen Systems seiner elektromagnetischen (also für kleine Geschwindigkeiten seiner elektrostatischen) Energie proportional ist.

Die Masse eines Elektrons (m) ist rund 200mal kleiner als die eines Protons (M). Betrachtet man die gesamte Masse als elektromagnetische, so hat man dem Elektron eine entsprechend größere Ausdehnung zu-

zuschreiben — d. h. einen rund 200mal größeren „Radius“, wenn man annimmt, daß beide Teilchen Kugeln mit Oberflächen- oder Volumladung sind. Fingieren wir nun für den Augenblick ein System bestehend aus einem Proton und einem Elektron starr miteinander verbunden. Die Masse eines solchen Systems ist kleiner als die Summe der Massen beider Partikel einzeln genommen ($M + m$), um einen Betrag μ , der von ihrer Wechselwirkung, oder ihrer wechselseitigen Energie abhängt und also desto größer ist, je kleiner ihr Abstand voneinander. Man kann aber leicht zeigen, daß diese „wechselseitige Masse“ oder dieser „Massendefekt“ niemals größer sein kann als zweimal die Masse des geometrisch größeren Teilchens, d. h. des Elektrons. Dieser Maximaldefekt würde vorliegen, falls das Proton im Zentrum des Elektrons ruhte. Um dies einzusehen, hat man zu berücksichtigen, daß dann z. B. für ein Elektron mit Oberflächenladung, die Felder des Protons und Elektrons im Außenraume einander vernichten würden.

Betrachten wir nun den einfachsten Fall eines Systems von Protonen und Elektronen mit einem beträchtlichen genau gemessenem Massendefekt: die vier Protonen und zwei Elektronen, die den Heliumkern zusammensetzen. Setzt man wie gewöhnlich für das Wasserstoffatom oder was für unsere Zwecke völlig erlaubt ist für das Proton $M_H = 1,008$ und also für den Heliumkern $M_{He} = 4,00$, so ergibt sich der Massendefekt $\mu = 0,008 \times 4 = 0,032$. Wie wir gesehen haben, kann die Wechselwirkung (oder wechselseitige Energie) von jedem Paar Proton-Elektron keinesfalls einen Massendefekt größer als $2m = 0,001$ geben. Danach würde der Massendefekt des Heliumkerns keinesfalls den Wert $8 \times 2m \cong 0,008$ übertreffen können, was 4mal kleiner als der gemessene Massendefekt ist. Diese Schätzung fällt noch ungünstiger aus, wenn man berücksichtigt 1°, daß die Wechselwirkung (oder wechselseitige Energie) von gleichgeladenen Teilchen 2° die kinetische Energie des Systems eine Massen-

vermehrung also weitere Herabsetzung der oberen Grenze des Massendefektes liefern.

Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei anderen Atomkernen vor: der Massendefekt per Proton bleibt immer wie beim Helium 0,008, d. h. 16mal die Masse m eines Elektrons.

Ich sehe keinen Ausweg aus dieser fundamentalen Schwierigkeit als vollständig die übliche Auffassung aufzugeben, daß die Masse eines Elektrons oder Protons die wechselseitige Masse ihrer „Elemente“ ist. Da in der Erfahrung niemals eine Teilung dieser Partikel vorliegt, ist ja auch ihre Aufteilung in Elemente ein rein fiktiver Prozeß. In den Experimenten haben wir allein zu tun mit der Wirkung von Protonen oder Elektronen aufeinander und nicht auf sich selber. Nur in der Theorie der elektromagnetischen Masse wurde diese „Eigenkraft“ in den Vordergrund gerückt, um die Bewegungsgleichung des Elektrons aus der Forderung abzuleiten, daß die äußere Kraft auf das Elektron durch diese Eigenkraft in jedem Augenblick im Gleichgewicht gehalten wird. Man kann aber die Bewegungsgleichung der Partikel gemäß der Relativitätstheorie ableiten, wobei die Masse eines Elektrons oder Protons kurzweg als das konstante Verhältnis zwischen den vierdimensionalen Vektoren der Kraft und der Krümmung der Weltlinie definiert wird. Wir können dann — einer schon alten Auffassung folgend — die Protonen und Elektronen als Kraftzentren ohne jede räumliche Ausdehnung betrachten und sie weiter in den Atomkernen so dicht aufeinandergepackt denken, als dies durch die gemessenen Massendefekte verlangt wird. Allerdings wird damit eine Umformung in der Theorie der Energie elektromagnetischer Felder unvermeidlich, da z. B. die magnetische Energie in der Umgebung eines bewegten punktförmigen Elektrons unendlich groß sein würde.

Leningrad, Phys.-Techn.
Röntgeninstitut, August 1924.

J. FRENKEL.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Spektre im extremen Ultraviolett. Seit mehreren Jahren hat MILLIKAN zusammen mit BOWEN und SAWYER mit großem Erfolg Versuche gemacht, auf optischem Wege weiter im Ultraviolett vorzudringen und so die zwischen den kürzesten, optisch erreichbaren Wellen und den längsten Röntgenstrahlen bestehende Lücke zu überbrücken. Bekanntlich hat HJALMAR die Röntgenspektroskopie bis zu 13,8 AE. bei Thorium (Übergang von O_1 nach N_2) ausgedehnt, während LYMAN und FRICKE optisch bis herunter zu 585 AE. bei Helium gelangt sind.

Wir besitzen allerdings Kenntnisse über das zwischen diesen Werten liegende Gebiet durch die Bestimmungen des Erregungsspannungen nach der Elektronenstoßmethode, welche Wellenlängen von etwa 1000—20 AE. zu erkennen gestattet. Es ist aber daran zu erinnern, daß hierbei unter Zugrundelegung der Einsteinschen Gleichung aus dem Schwellenwert, bei dem die Emission erfolgt, die Wellenlängen berechnet werden. Daher ist es möglich, daß die Wellenlängen auf diese Weise zu klein heraus kommen. Eine andere Methode hat KOSSEL begründet durch Anwendung seines Kombinationsprinzips auf die Messungen der K-Serie von HJALMAR. Da in dem genannten Gebiet die Fortsetzung der Röntgenlinien für leichtere Elemente liegt, so sind die Millikanschen Messungen, welche bis 136 AE. führten, von besonderer Bedeutung.

Im Astrophys. Journal 52, S. 47 und 286. 1920 und 53, 150—160. 1921 ist die Versuchsanordnung beschrieben, in den Proc. of National Acad. of Sciences 7, 289—294. 1921 sind vorläufige, in Phys. Rev. 1924, S. 1—34 die neuesten Resultate angegeben.

Die Anordnung bestand in einem Vakuumspektrographen mit etwa 10^{-4} mm Druck. Im Vakuum war die Funkenstrecke untergebracht, welche mit stark kondensierten Funken betrieben wurde, und ein Konkavgitter von etwa 83 cm Fokallänge. Es wurden umfangreiche Versuche angestellt über die Anforderungen, die an das Gitter zu stellen sind. Das beste der für Messungen im sichtbaren Gebiet vorhandenen Gitter versagt bei den kurzen Wellen. Die Furchen solcher Gitter sind so tief geritzt, daß sie aneinander stoßen, so daß von der ursprünglichen polierten Fläche nichts übrigbleibt. Durch die Form der Furchen kann man es erreichen, daß die größte Menge des abgebeugten Lichtes in höhere Ordnungen geworfen wird. Für kurze Wellen überlappen sich aber die Spektren derart, daß nur die erste Ordnung brauchbar ist. In dieser muß also die größte Intensität sein. Daher wurden Gitter mit derselben Strichzahl von 500—1000 pro Millimeter, aber viel weniger tiefen Furchen hergestellt, was dadurch erreicht wurde, daß der Diamant mit nur sehr geringem Druck die Fläche berührte. Bei den geringen Beugungswinkeln konnten die Spektren als normale angesehen

werden, so daß lineare Interpolation gestattet war. Die Eichung geschah mit den bekannten Linien 1854,7 und 1862,7 des Aluminiums.

Es wurden im Gebiet von 136–1840 AE. insgesamt 5000 Messungen an etwa 800 Linien ausgeführt mit einer durchschnittlichen Genauigkeit von 0,1 AE. Um die Identifizierung der Linien in diesem noch unerforschten Gebiet zu erleichtern, benutzte man nicht die größtmögliche Auflösung, um an Intensität zu gewinnen. Trotzdem bereitete die Identifikation Schwierigkeiten. Man ging hierbei davon aus, daß reinstes Mg und Al zwischen 330 und 1000 AE. identische Spektren gaben. Daraus wurde geschlossen, daß keine dieser Linien den beiden Stoffen angehört, sondern dem Sauerstoff. In der Tat erschien dasselbe Spektrum bei allen oxydablen Elementen, am schwächsten bei Silber. Nachdem so in die Spektren von Mg, Al und O Klarheit gebracht war, konnten im Spektrum der Kohle die diesen 3 Elementen zugehörigen Linien ausgeschieden und der Rest der Kohle zugeschrieben werden.

Die Spektren der leichteren Elemente wurden vorwiegend unter dem Gesichtspunkt betrachtet, daß sich in dem beobachteten Gebiet Linien der L-Serie finden müssen. Bezeichnet man den Übergang des Elektrons von M_I nach L_I mit L_α , so versucht MILLIKAN, die stärksten Linien mit L_α zu identifizieren.

Wie erwähnt, sind über die L_α -Linien nach zwei anderen Methoden Aussagen gewonnen. Einmal hat KOSSEL (1920) das Kombinationsprinzip, welches in diesem Fall lautet: $L_\alpha = K_\beta - K_\alpha$, auf die Messungen von K_β und K_α von HJALMAR angewendet und so bis herab zum Na die L_α -Linien bestimmt. Andererseits sind in den Messungen mittels Elektronenstoß Bestimmungen dieser Linien enthalten. Obwohl die von MILLIKAN gefundenen Spektren verwickelter sind als sie sein sollten, wenn sie nur die Röntgenserien enthielten, scheint die Identifikation der stärksten Linien mit L_α zum Erfolge zu führen. Bei den schwereren der untersuchten Stoffe gibt das Kombinationsprinzip erwünschte Prüfungen. In der folgenden Tabelle und Abbildung sind die Resultate zusammengestellt. Die Abbildung unterscheidet sich von derjenigen der Millikanschen Veröffentlichung insofern, als außer den wirklich beobachteten Linien (x) die Resultate der beiden anderen genannten Methoden mit ● und ○ hinzugefügt sind. Die Wasserstofflinie gehört dem K-Spektrum an. Die Linie 6708 ist die wohlbekannte rote Li-Linie, welche KOSSEL dem L-Spektrum zuordnete. Die ausgezogene Linie K zeigt nach den für höhere Ordnungszahlen beobachteten Werten der K-Serie.

Tabelle I.

	λ	$\sqrt{\nu/R} \cdot 10^4$
1 H	1215,7	0,866
2 He	—	—
3 Li	—	—
4 Be	3131	0,56
5 B	1624	0,749
6 C	1335	0,867
7 N	1085	0,919
8 O	834	1,095
9 F	656	1,19
10 Ne	—	—
11 Na	372,3	1,681
12 Mg	231,6	2,073
13 Al	162,4	2,48

Die Resultate der drei Methoden stimmen gut überein und zeigen deutlich den Knick bei Neon, der von KOSSEL aufgedeckt wurde und damit zusammenhängt, daß unterhalb Neon die L -Schale nicht mehr voll besetzt ist.

Bei höheren Ordnungszahlen als 13 sind die L -Linien für die optische Messung zu kurzweilig, doch werden die Spektren immer reicher an Linien. Es gelingt, eine Anzahl in die Serien einzuordnen.

Hierbei ist es von besonderem Interesse, daß mehrere Linien höheren Ionisationszuständen zugeschrieben werden können. Bekanntlich hat PASCHEN 1923 im Spektrum des Aluminiums Linien gefunden, welche dem doppelt ionisierten Atom zugehören. Im Spektrum seines Vakuumfunken findet MILLIKAN diese als sehr starke Linien. Bei Na^+ ist die L -Schale gerade voll besetzt. Daher ist zu erwarten, daß die Spektren von Na^+ , Mg^{++} , Al^{+++} , Si^{++++} und P^{++++} sich entsprechen. Bei allen diesen Ionisierungszuständen sind nur noch in der L -Schale Elektronen vorhanden.

Von den beobachteten Linien gehören an: Dem Al^{++} : 1721, 1725, 1760, 1764 und 1768. Dem Al^{+++} : 696, 856,9, 1353, 1379, 1384, 1606, 1612, 1854,7, 1862,7.

Dem Si^{++++} : 361,6, 457,7, 815,0, 818,0, 1066,7, 1122,6, 1128,4, 1228,1, 1393,9, 1403,0, 1533,4.

Dem P^{++++} : 871,3, 877,4, 1117,9, 1127,8. Die Spektren von Schwefel, Chlor, Kalium, Calcium, Chrom und Kupfer sind sehr linienreich und werden ausführlich angegeben. Bei Cu sind z. B. zwischen 155 und 900 AE. 157 Linien gemessen worden.

F. STUMPF.

Änderung des Torsionsmoduls der Metalle beim Drahtziehen. Nach G. B. DEODHAR¹⁾ nimmt der Torsionsmodul eines Drahtes aus einer Kupfer-Nickellegierung mit fortschreitender Kaltreckung (Herunterziehen auf geringere Durchmesser) gemäß folgender Tabelle logarithmisch ab:

Radius des Drahtes	Torsionsmodul
0,0912 cm	$5,81 \cdot 10^{11}$ Dyn/cm ²
0,086 "	$5,65 \cdot 10^{11}$ "
0,075 "	$5,53 \cdot 10^{11}$ "
0,0625 "	$5,50 \cdot 10^{11}$ "
0,051 "	$5,43 \cdot 10^{11}$ "

DEODHAR weist darauf hin, daß dieses Resultat mit früheren Arbeiten über Platin-Iridium und Wolfram übereinstimmt.

Bekanntlich steigt der Dehnungsmodul durch Kaltreckung. Es erscheint sehr auffallend, daß der Torsionsmodul sich anders verhält. Eine Deutung ist zur Zeit noch kaum möglich. Ein eingehenderes Studium des Torsionsmoduls im Zusammenhang mit dem Dehnungsmodul wäre für die Erkenntnis des elastischen Verhaltens der Metalle von großem Interesse. Unterzeichneter beabsichtigt dahingehende Versuche aufzunehmen.

G. MASING.

