Société des Naturalistes Luxembourgeois
Gesellschaft Luxemburger Naturfreunde

Association sans but lucratif

Les auteurs sont responsables de leurs publications. — Tous droits de reproduction et de traduction réservés.

Für Inhalt und Form der Beiträge tragen die Autoren selbst die Verantwortung. Nachdruck und Übersetzungsrecht vorbehalten.

N° 6 et 7. 28. 7. 1933.

Sommaire: Séance du mois de mai 1933. — *P. Medinger:* Der Zauber der Messung. — *Dr M. Lucius:* Die Grundlagen der Paläogeographie.

Séance du mois de mai 1933.

Lundi, le 1er mai 1933.

Président: M. P. MEDINGER.

Présents: 12 membres.

1) Lecture et approbation du rapport sur la séance du mois d'avril.

2) M. Medinger rapporte les méfaits des écureuils qui se plaisent au parc de la Ville à manger les œufs ou la nichée de sansonnets.

3) M. le docteur Bricher se plaint dans le même ordre d'idées des chiens qui dévastent les parterres et en particulier l'Alpinum du Parc de la Ville.

4) Les excursions suivantes sont proposées:

1. Les terrasses de la Moselle.
2. La pointe de Lipperscheid.
3. Excursion avec la Société botanique belge dans notre pays.
4. Visite de la T. S. F. de Junglinster.
5. Visite de „l'Idéal" de Wiltz.
6. Visite des casemates de Luxembourg.
7. Visite de l'Hospice du Rham.
8. Visite de la „Schleifmühl".
9. Excursion aux tourbières de Beaufort.
10. Excursion à Heisdorf, Dauschkaul, Kiém, Ringelbach, Spitzlay, les 6 Princesses, Geisterhaus, Staffelstein.
11. Excursion dans la Vallée de la Schlinder.
12. Visite au Musée d'Histoire naturelle à Luxembourg.

5) The Metropolitan Museum of Natural History, Academia Sinica, Nanking, China, ayant demandé l'échange des Publications, l'assemblée adhère au vœu de la Société.

6) M. le docteur Knaff fait une démonstration de psaligraphie.

7) M. le Président dépose un exemplaire d'une proposition de loi concernant les articles 348 - 353 du code pénal qui lui a été adressée par M. le député Vinand Hildgen avec prière de bien vouloir soumettre la proposition de loi aux délibérations de notre corporation.

Le secrétaire: Félix HEUERTZ.

Der Zauber der Messung.

Von Dipl. Ing. Chem. P. MEDINGER.

Das Feuer brennt so sehr,
Die Liebe noch viel mehr.

In uralter Zeit kam einmal ein armer Mann zu einem Weisen und fragte: Warum bin ich arm? — Der Weise schnitt aus einem Weidenstrauch einen langen geraden Stab, schnitt in gleichen Abständen Kerben hinein und gab ihn dem Armen und sprach:

Hier gebe ich dir das Zepter des Erfolges: einen Meßstab. Messen, schätzen und anpassen regiert die Welt. Eines muß zum andern passen, wie die Sandale zum Fuß. Gebrauche diesen Stock bei allem was du unternimmst. Messe richtig und du wirst Erfolg haben.

Drei Enden Schnur machen daraus eine Wage zum Wägen was du kaufst und verkaufst. Und so wäge auch wohl ab was du handelst, was du tust und was du sprichst. — Stelle den Stab aufrecht in die Sonne, damit er Zeit und Stunde messe, und passe dein Leben und Handeln dem Laufe seines Schattens an. Wenn im Frühling der Mittagsschatten kürzer wird, so ist es Zeit zum Säen. — Messe richtig, lerne schätzen und handle gerecht, so wirst du reich.

Also sprach der Weise in der Legende.

Heute regiert der Meßstab in allen Fragen des praktischen Lebens, des Handelns, der Technik, der Kunst und der Wissenschaft. Jeder Handel begreift 5 Maße: Menge, Qualität, Wert, Zeit und Ort. Alles wird gemessen: die Menge durch eine Zahl und eine Einheit, die Qualität durch Bestimmung der Eigenschaften, der Wert im Vergleich zu dem des Goldes, der Ort durch Längen- und Breitegrad und Meeresniveau, die Zeit bezogen auf die Erdumdrehung und ihre Umlaufzeit um die Sonne.

Durch genaue Messung der Biegung eines Glases wird der gemessene Defekt des Auges ausgeglichen. Zum Erfolg führt überall die Anpassung eines gemessenen Mittels an eine gemessene Notwendigkeit wie der Schuh zum Fuß, der Handschuh zur Hand, der Schlüssel zum Schloß. Mit Hilfe der Mikrometerschraube können wir Schlüssel und Schloß auf 1/100 mm genau einander anpassen. Andere Anpassungen brauchen keine Einheit: Ohne Vergleichseinheit paßt der Sänger seinen Ton dem des ihn begleitenden Klaviers an; ohne Maßeinheit verkürzt und verlängert der Violinspieler in richtigem Maße die Längen der Seiten.

Ein Schuhmacher im alten Peking macht genau passende Schuhe ohne Maßeinheit und ohne Maßstab. Er notiert einfach

die Fußmaße auf einem Papierstreifen, indem er seinen Daumennagel als Merkstift benutzt. Chinesen haben Maßeinheiten, die nach den Umständen verschieden im Werte sind. Ein chinesischer Tuchhändler verkauft seine Ware zum Einkaufspreis, da aber die Längeneinheit Tschi bei Einkauf länger ist als beim Verkauf, kommt er doch zu seinem Gewinn. Die chinesische Distanzeinheit Li ist länger auf ebenen Landstraßen und bergab, als auf schlechten und ansteigenden Straßen. Die chinesische Gewichtseinheit für Reis, das Catty, wird vom Reisfeld bis zum Detailhändler immer kleiner.

Mit steigender Kultur wurden die Messungen immer mehr verfeinert und die Meßskalen vergrößert. Und das vor allem auf den Gebieten der Technik und der Wissenschaft. Was heute alles gemessen wird: von der Masse des Photons 4.10^{-34} bis zu der der Sonne 2.10^{33} gr, mit Angström-Einheiten von einem zehnmillionstel mm bis zur Lichtjahreinheit von 1.000 000 000 000 Km. usw.

Mit der Einführung der Wage als Meßinstrument ins Laboratorium begründete Lavoisier die moderne Chemie. Und deren Fortschritte gehen parallel mit der Vermehrung und Verfeinerung der Meßapparate zum Messen der Temperatur, des Druckes, der Lichtbrechung, der Leitfähigkeit, des PH, der Potentiale, der Aktivität, der Spektrallinien, usw., usw. — Und das alles ist noch gar nicht so lange her: «Was Materie und Werkzeug man bedarf zu der Alchemie», so fragt Parazelsus vor 400 Jahren: «Man bedarf nichts besonders denn einer Herdstätt, Kohlen, Blasbalgs, Zangen, Hammer, Tiegel, Treibschirben und Cupelle von guter buchener Aschen.» 150 Jahre später behandelt Lemery die Wärmequellen, die «Grade des Feuers» für chemische Arbeiten:

Der erste Grad wird durch zwei oder drei kleine Kohlen erzeugt, für das Feuer zweiten Grades braucht man aber 3—4 Kohlen; der dritte Grad muß einen Topf mit 5 oder 6 Pinten (4,5—5,5 l.) Wasser zum Kochen bringen; für den vierten Grad nimmt man Kohle und Holz, und dann kommen die Feuer des Sandes, der Aschen und der Eisenfeile. Das waren die Energieabstufungen einst. — Und die Meßinstrumente? — Hundert Jahre nach Lemery mußte der schwedische Analytiker und Affinitätsforscher Bergmann (1782) noch öffentlich Klage erheben, daß «gewisse Chemiker die Thermometer und andere Meßinstrumente als Spitzfindigkeiten und lächerlichen Überfluß bezeichnen.»

Das alles ist heute ganz anders geworden: «Maß, Zahl und Gewicht als Grundmauern, neue Theorien und kühne Ideen als Denkmittel bestimmen den Baustil der neueren Wissenschaft.» (Walden).

Das Prinzip Galilei's «Alles messen was meßbar ist, und meßbar zu machen suchen, was es noch nicht ist», ist voll zur Geltung gekommen. Die beigefügten Tafeln, deren Werte z. T. einer von Prof. Ingo W. D. Hackh in Scientific monthly 1933 entnommen sind, geben einen Begriff der Grenzgebiete heutiger Meßkunst.

Längenwerte in Centimeter.

Fernster Spiralnebel	140 000 000	Lichtjahre =	$1{,}3.10^{26}$ ctm.
Andromedanebel	9 000 000	„	$8{,}5.10^{23}$
Durchm. der Milchstrasse	50 000	„	$4{,}3.10^{22}$
Fernster mit blossem Auge sichtbarer Stern	3 000	„	$2{,}8.10^{21}$
Ein Lichtjahr =	9 462 700 000 000	km.	$9{,}5.10^{17}$
Durchm. d. Sonnensystems	10 000 000 000	km.	1.10^{15}
Erde zur Sonne	149 000 000	km.	$1{,}5.10^{13}$
Sonnendurchmesser	692 000	km.	$6{,}9.10^{10}$
Erde zum Mond	384 000	km.	$3{,}8.10^{10}$
Erdumfang	40 070	km.	4.10^{9}
Durchmesser der Erde	12 754	km.	$12{,}7.10^{8}$
Durchmesser des Mondes	3 480	km.	$3{,}4.10^{8}$
Tiefster Ton (Wellenlänge)	16	Meter	$1{,}6.10^{3}$
Höchster Ton „	16	Millimeter	1,7
Ein Millimeter = 1 000 μ =	1 000 000	m μ	10^{-1}
Kleinstes sichtbares Teilchen	50	μ	5.10^{-3}
Zelle (Drosophila)	7—25	μ	$2{,}5.10^{-3}$
Zellkern „	5—15	μ	$1{,}5.10^{-3}$
Chromosom „	0,2— 3	μ	3.10^{-4}
Bakterie (Coccus)	2	μ	2.10^{-4}
Ein Mikron=(μ)=1 000 mμ=	1 000 000	μμ	10^{-4}
Rotes Blutkörperchen	800	m μ	8.10^{-5}
Rote Lichtwelle	770	m μ	$7{,}7.10^{-5}$
Kleinstes mikrosk. sichtb. Teilchen	300	m μ	3.10^{-5}
Grosses Colloid-Teilchen	100	m μ	10^{-5}
Kürzestes Ultraviolett (Wellenlänge)	13	m μ	$1{,}3.10^{-6}$
Dicke des Oelfilms auf Wasser	5	m μ	5.10^{-7}
Kleinstes ultramikrosk. Teilchen	4	m μ	4.10^{-7}
Molekul	0,2— 5	m μ	5.10^{-7}
Atomdurchmesser	100—600	μμ	6.10^{-8}
Distanz der Silberatome	400	μμ	4.10^{-8}
Weiche X-Strahlen (Wellenlänge)	136	μμ	$1{,}4.10^{-8}$
Ein Angström (A)=100 Micromicron)	(=100	μμ)	10^{-8}
Kürzeste Gammastrahlung	2	μμ	2.10^{-10}
Kürzeste kosm. Strahlung	0,04	μμ	4.10^{-12}
Durchmesser des Elektrons	0,038	μμ	$3{,}8.10^{-13}$
Kern des Goldatoms	0,0004	μμ	4.10^{-15}
Kern des Wasserstoffatoms	0,00002	μμ	2.10^{-16}

Masse-Werte in Gramm.

Milchstrasse (Gesamtgewicht ihrer Sterne)	$2{,}3\ 10^{55}$ gr.
Grosser Stern	1.10^{36}
Sonne (331950 × das Gewicht der Erde)	2.10^{33}
Kleiner Stern	10^{32}
Erde	6.10^{27}
Mond	$7{,}5.10^{24}$
Gesamt-Wasserbestand der Erde	$1{,}3.10^{24}$
Atmosphäre	$5{,}6.10^{21}$
Jährlicher Meteoritenfall	4.10^{10}
Ein Gamma (γ) =0,000 000 001 gr.	10^{-9}
Empfindlichkeit der Mikrowage 0,4 γ	4.10^{-10}
Natriumnachweis durch Flammenfärbung 0,07 γ	7.10^{-11}
Kolloidales Goldteilchen	2.10^{-14}
Eiweissmolekul (100 000 mal H.)	10^{-18}
Zuckermolekul	$5{,}7.10^{-22}$
Wassermolekul	3.10^{-23}
Wasserstoffmolekul	$1{,}66.10^{-24}$
Elektron	10^{-29}
Photon (gelbes Licht)	35.10^{-34}

III. Geschwindigkeiten in Centimeter pro Sekunde.

Licht 300 000 kms.	3.10^{10}
Elektronen in Kathodenstrahlen	10^{9} — 10^{10}
Anfangsgeschwindigkeit der Alphateilchen	$3{,}2.10^{9}$
Erde um die Sonne 29,5 kms.	$2{,}95.10^{6}$
Schallgeschwindigkeit in Eisen	5.10^{5}
Schallgeschwindigkeit im Wasser	$1{,}46.10^{5}$
Infanteriegeschoss, Mündungsgeschwindigkeit	9.10^{4}
Erdumdrehung am Aequator	$4{,}65.10^{4}$
Schallgeschwindigkeit in Luft	$3\ 32.10^{4}$
Mondumdrehung um die Erde	$1{,}63.10^{4}$
Kristallwachstum (Pikrinsäure)	1.43
Schnellstes Pflanzenwachstum 0,03 mm pro Sekunde	3.10^{-3}
Diffusion von Gold in Blei (0,002 mms)	$4{,}6.10^{9}$

IV. Temperaturen in Grad Celsius.

Sterninneres	40 000 000 °C.
Oberfläche heisser Sterne	23 000
Sonnenoberfläche	6 000
Gebläse mit atomarem Wasserstoff	4 200
Induktionsofen	4 000
Elektrischer Lichtbogen im Vacuum	3 000
Schmelzpunkt des Wolframs	2 970
Sauerstoff-Wasserstoff Gebläse	2 000

Heissestes Klima (Tripolis)	58
Grösste Kälte (Werchojansk Sibirien)	—68
Flüssige Luft	—195
Interstellarer Raum	—270
Niedrigste künstliche Temperatur	—272,38
Absoluter Nullpunkt	—273,13

V. Einheiten. Verschiedenes.

Ein Dyne = $1{,}0198.10^{-3}$ gr.
1 Gramm = 980,617 Dyne.
Ein Erg = $1{,}0198.10^{-8}$ mkgr. = 10^{-7} Joule.
1 Kilowatt = 10^{10} Erg.
1 Volt × 1 Coulomb = 1 Watt = 10^{7} Erg.
1 Kilowattstunde = 367 000 mkgr. = 36.10^{12} Erg.
1 Meterkilogramm = $9{,}806.10^{9}$ Erg, = 9,806 Joule, =
1 HPs. = $7{,}355\ 10^{9}$ Erg.
Elektr. Elementarquant (Lad. des Elektrons) = $4{,}774.10^{10}$ elektrostatische Einheiten
Elementar-Wirkungsquant (h) $6{,}545.10^{-27}$ erg. sec.
Lichtwellen:

	rot	gelb	blau	violett	ultrav.	äusserstes UV.
Wellenl. in A.	7 500	5 900	4 900	4 550	3 950	2 000
Frequenz × 10^{12}	400	508	612	659	759	1 500
Energie(νh) × 10^{12} erg	2,62	3,33	4,01	4,32	4,97	9,90

Lochschmitsche Zahl (Atome pro Grammatom) $6{,}06.10^{23}$
Empfindlichkeit d. menschl. Auges: 200 Quanten pro cm^2

Es kann nicht meine Absicht sein, über alle heutigen Meßmethoden und deren Ergebnisse zu referieren; ich will nur an einem Beispiel zeigen, was (nach Veröffentlichungen von J. J. Jeans und H. N. Russel) physikalische Messungen in der modernen Astronomie geleistet haben.

Der große französische Philosoph des letzten Jahrhunderts, Auguste Comte, war ein außerordentlich belesener und gelehrter Mann, aber er war es der irgendwo schrieb: «Es gibt Dinge, über die der Menschengeist ewig in Unwissenheit verharren muß, wie z. B. die chemische Zusammensetzung der Himmelskörper.» Jeder von uns weiß, daß dieses unerforschliche Problem heute praktisch vollkommen gelöst ist. Und das war möglich, als der Menschengeist in dem Spektroskop einen Hauptschlüssel fand, der nach und nach manche bisher verschlossene Türe öffnete, und so manch neue Gebiete zu erforschen gestattete. Mit dieser Erfindung wurde

die Zusammensetzung der Sterne ein offenes Buch, denn an der Wellenlängeskala war sie einfach abzulesen. Und so wissen wir heute, daß das ganze uns bekannte Universum aus denselben Stoffen besteht wie unsere alte Erde und wir selbst. Das weist zwingend auf eine gemeinsame Herkunft hin und auf die Einheit der ganzen Natur.

«Se kruten all aus engem Döpen.»

Es sind über 200 Jahre her, seit Newton durch ein Prisma die zusammengesetzte Natur des weißen Lichtes erkannte. Leider ließ Newton das Licht durch ein enges rundes Loch in einer dunklen Kammer in das Prisma treten, und so erhielt er zwar ein schönes Spektrum, aber keine Linien. Wäre ihm damals die Idee gekommen, statt des runden Loches einen engen Spalt zu nehmen, so wäre er es gewesen, der schon damals die Analysenmethoden der Gestirne erfunden hätte. Und Comte hätte obigen Ausspruch nimmer getan.

So waren es 120 Jahre später Kirchhoff und Bunsen, die, indem sie statt der runden Öffnung einen engen Spalt benutzten, und durch Linsen dem Licht eine parallele Richtung gaben, ein neues wissenschaftliches Gebiet von ungeahnter Bedeutung erschlossen. Man hat in der Folge erkannt, daß das Licht verschiedener Färbung, das die durch Wärme oder elektrische Entladung oder sonstwie erregten Atome und Molekule aussenden, deren Sprache und Geschichte darstellt, und diese Sprache hat man zu verstehen gelernt. Wie der Paleontologe aus einigen verstreuten Knochen eine Million Jahre alte Tierkörper rekonstruiert, so hat der Physiker aus den Farben des ausgestreuten Lichtes den Bau der Atome erschlossen.

Die spektroskopischen Apparate wurden weiter verbessert, insbesondere wurde das Prisma durch das Rowland'sche Gitter ersetzt, das in Bezug auf Auflösungsvermögen ungeahntes leistet, und von dem Russel sagt: Das interessanteste an ihm sind die Freude, der Neid und die Verzweiflung der Gelehrten: die Freude dessen, der eines besitzt, der Neid dessen, der keines besitzt, und die Verzweiflung dessen, der ein ähnliches oder ebensogutes schaffen will.

Mit Hilfe seiner Gitter hat Rowland jahrelang das Sonnenspektrum studiert und über 20 000 Spektrallinien, über 20 000 Farben identifiziert. Durch Ausdehnung ins infrarote und ins ultraviolette ist die Zahl der Linien heute bis an 4 000 000 gestiegen, von denen jede ihre Geschichte erzählt.

Die gewaltige Ausdehnung des infraroten Spektrums ist der Erfindung neuer infrarot empfindlicher photographischer

Emulsionen zu verdanken, sowie den unglaublich empfindlichen Wärmedetektoren, den Bolometern. Hat man doch solche konstruiert, die auf 13 km Entfernung auf die von einer Kerzenflamme ausgesandten Wärmewellen (infrarote Strahlen) reagieren! Wir haben hier ein deutliches Bild von der Kläglichkeit der Leistung unserer Sinne, speziell hier des Gefühles, gegenüber den modernen physikalischen Meßapparaten.

Leider steht uns zur Erforschung der Sternenwelt von diesen vier Millionen Farben nur ein beschränkter Anteil zur Verfügung. Für Wellenlängen unter 2900 A. ist unsere Atmosphäre leider so undurchlässig wie eine Steinmauer. Diese Begrenzung, die den Astronomen den interessantesten Teil des Spektrums hoffnungslos entzieht, stammt von einem geringen % Gehalt an Ozon der obersten Luftschichten, die es ausgeschlossen erscheint, je überfliegen zu können. — Sodann werden im infraroten Teil große Gebiete durch den Wasserdampf und die Kohlensäure der Luft verdunkelt. Unsere irdische Atmosphäre ist eben die «bête-noire» der Astronomen. Da die Hauptlinien mancher Atomspektren leider im uns abgedrosselten Ultraviolett liegen, ist es bisher nicht möglich gewesen, diese Elemente in den Sternen nachzuweisen. Von den auf Erden bekannten 90 Elementen hat man bisher 61 im Sonnenspektrum nachgewiesen. Von den übrigen 29 haben 13 ihre Hauptlinien in dem uns abgeriegelten Ultraviolett, während für weitere 12 die Spektrallinien nicht genügend genau festgelegt sind, um eine Identifizierung mit den entsp. Linien des Sonnenspektrums zu gestatten. So bleiben denn noch schließlich 4 Elemente: Holmium, Rhenium, Bismuth und Radium, deren Hauptlinien im gut sichtbaren Teil des Spektrums liegen, die aber doch noch nicht auf der Sonne gefunden wurden. Es muß dies liegen an der Seltenheit dieser Elemente auf der Sonne. Holmium ist die seltenste der seltenen Erden, auch Rhenium ist äußerst selten, und Radium muß wegen seiner kurzen Lebensdauer überall sehr selten sein.

In letzter Zeit hat man auch mehr und mehr Banden im Sonnenspektrum identifizieren können, also Molekulverbindungen, und zwar u, a. BO, SiF, NH, MgH, AlH, SiH, CaH, AlO, TiO, ZrO, CN, C_2. Diese Formeln kommen den Chemiker höchst zweifelhaft vor, aber sie sind eben die Folge abnorm hoher Temperaturen.

Man ist dann auch schließlich dazu übergegangen, aus der Intensität der einzelnen Linien eine quantitative Berechnung der Elemente auf den Sternen vorzunehmen. Nach diesen Berechnungen enthält z. B. (nach H. N. Russel) die Sonnenatmosphäre pro Quadratkilometer Fläche:

Magnesium	125	Tonnen	Nickel	5,2	Tonnen
Eisen	88	„	Cobalt	0,2	„
Silizium	53	„	Chrom	0,2	„
Natrium	35	„	Titan	0,07	„
Kalium	17	„	Vanadium	0,05	„
Calcium	17	„	Kupfer	0,05	„
Aluminium	5,2	„	Zink	0,03	„

Alle andern Elemente . . . . 0,007 Tonnen.

Diese Zahlen entsprechen ungefähr der relativen Häufigkeit dieser Elemente auf unserer Erde. Nur haben wir hier relativ mehr Silizium, Aluminium und Titan, und weniger Eisen, Nickel und Kobalt. Das kommt daher, weil unsere obere Erdschicht eine kieselsäurereiche Schlackenschicht ist, während der Kern, wie ja auch die Meteoriten zeigen, reicher an Eisen, Nickel u. Kobalt ist.

Die bei uns seltenen Metalle sind auch auf der Sonne selten. Platin zum Beispiel zeigt im Sonnenspektrum nur drei sehr schwache Linien. Aber um sie hervorzubringen, muß die Sonnenatmosphäre ca. 500 Millionen Tonnen des edlen Metalles enthalten. Das macht immerhin nur ca. 8 mgr pro Ar Oberfläche. Und wenn sich Platin in dieser Verdünnung auf die Erde niederschlagen würde, wäre es trotz des hohen Preises nicht rentabel, es zusammenzukehren.

In ähnlicher Weise hat man dann eine ganze Anzahl von Fixsternen analysiert mit dem merkwürdigen Ergebnis, daß auf allen dieselbe Verteilung der Elemente herrscht,

't kent alles aus demselwegten Döpen.

90 %, ja vielleicht 95 % aller Atome der Sonnenatmosphäre sind Wasserstoffatome. Vom Rest sind ca. $^2/_3$ Helium und Sauerstoff, und das letzte Drittel kommt auf alle andern Stoffe zusammen. Im Gewicht machen die Metalle ca. $^1/_4$ aus.

In den Kryptogrammen der Sternenspektren finden sich nicht nur die Linien der neutralen Atome, sondern daneben eine ganze Anzahl von Linien angeregter und ionisierter Atome. Letztere geben Spektra, wie wenn es ganz neue Elemente wären, und jede weitere Ionisierung führt zu neuen Spektren.

Die Elektronen im Atom haben die Fähigkeit, aus niedreren Energieniveaux in höhere zu steigen, unter Aufnahme von Energie. So kann ein Atom sich in einer ganzen Anzahl von angeregten Zuständen befinden, von denen jeder einem bestimmten Energiegehalt entspricht. Beim Rückfall in den normalen Zustand gibt es dann die aufgespeicherte Energie in Form von Strahlung wieder ab. So unterscheiden sich die niedrigsten Energieniveaux im Wasserstoffatom durch eine Energiedifferenz von 16.10^{-12} Erg. So wird ein schwach angeregtes Wasserstoffatom zu einem Energiereser-

voir, das gelegentlich 16.10^{-12} Erg ausstrahlt u. dadurch $1{,}9.10^{-32}$ gr an Masse verliert.

Wir können aber die 16.10^{-12} Erg dem Atom nicht einschütten. Wir können sie ihm zuführen als Strahlungsenergie, als Wärme oder als mechanische Energie. Das Atom nimmt nur Strahlungsenergie an von ganz bestimmter Frequenz oder Wellenlänge. Es ist eben selektiv, wie ein Automat, der nur auf Einfrankenstücke reagiert, und wenn wir ihm Energie in Form einer ihm nicht passenden Frequenz zuführen, so geht es uns wie dem Millionär, dessen ganzer Reichtum ihm keine Schachtel Zündhölzer aus dem Automat verschaffen kann, wenn er kein Frankenstück hat, oder wie dem Kinde, das keine Schokolade erhalten kann, weil es nur Sous hat.

Diese Selektivität der Atome ist durch Hunderte von Versuchen bewiesen, am besten wohl durch die Sternenspektra. Licht aller Frequenzen schießt aus dem Innern der Sterne im Weltall hinaus, und die Atome der Sternenatmosphäre saugen den ihnen passenden Teil (von der ihnen passenden Frequenz) heraus und lassen den Rest wandern. Auf diese Weise entsteht das mit schwarzen Linien durchsetzte Absorptionsspektrum. Allerdings geben die Atome der Sternenatmosphäre diese eingelagerte Energie gelegentlich auch wieder ab, aber das kann die Wirkung nicht ganz aufheben, denn die ursprüngliche Strahlung ging nur vom Stern hinweg in einer Richtung, während die nachträglich vom Atom wieder ausgestrahlte nach allen Richtungen hin verstrahlt. Wenn wir aber z. B. bei totaler Sonnenfinsternis nur das Spektrum der Sonnenatmosphäre aufnehmen, so erhalten wir ein reines Emissionsspektrum, bewirkt durch die angeregten Atome.

Jedes Atom, wie jedes andere elektrische Gebilde, nimmt also unter Umstellung seiner Elektronen Strahlungsenergie bestimmter Wellenlängen auf. Der Energiebetrag E, den das Atom absorbiert, ist abhängig von der Wellenlänge der Strahlung $E = \nu h = \frac{c}{\lambda} h$ (h ist das elementare Wirkungsquantum $= 6{,}54.10^{-27}$, E ist das Lichtquant der vom Atom ausgewählten Wellenlänge.) Diese Auswahl im Atom geschieht nach dem Prinzip, daß das Energiequant genügt, um ein Elektron in eine andere Bahn zu treiben, oder um ein Elektron ganz herauszuwerfen (Ionisation). Letzteres kann jeder Strahl, der über eine gewisse Frequenz ν hinausgeht.

Je kompakter ein elektrisches Gebilde ist, umso größer muß das Quant sein, umso kürzer also die Wellenlänge λ, um es zu zersprengen. Diese Leistung kommt im einfachsten Falle darauf hinaus, zwei elektrische Elementarladungen $+e$ und $-e$ zu tren-

nen. Die dazu nötige Energie ist gleich $\frac{e^2}{d}$ (d = Entfernung von +e und —e, also die Größe des Gebildes). Wenn λ die Wellenlänge der zur Trennung notwendigen Strahlung ist, so ist die bei Absorption dieser Strahlung wirksame Energie gleich νh oder $\frac{c}{\lambda}.h.$ (c = Lichtgeschwindigkeit = 3.10^{10}). Wir haben dann $\frac{e^2}{d} = \frac{c}{\lambda}.h.$ oder $\frac{e^2}{c} = \frac{h.d.}{\lambda}$. e, c und h sind Konstanten. Die Werte von h und c sind bereits angegeben worden. e = die Elementarladung = $4{,}77.10^{-10}$.

Setzen wir für e, c und h ihre Werte ein, so ergibt sich, dass $h = 860.\frac{e^2}{c}$. Also ist $\frac{e^2}{c} = \frac{h}{860}$ oder $\frac{h}{860} = \frac{h.d.}{\lambda}$ woraus sich ergibt $\lambda = 860.\ \mathbf{d}$. (J. Jeans)

Damit also ein elektrisches Gebilde, ein Atom z. B., durch Lichtquanten angebrochen wird, darf die Wellenlänge dieser Lichtquanten nicht größer sein als ca. der 860-fache Betrag der Dimension des Gebildes. — Kurz, blaues Licht wirkt auf die photographische Platte, und rotes Licht nicht, weil die Wellenlänge des blauen Lichtes kleiner ist als der 860-fache Durchmesser des Silberkorns, die des roten Lichtes aber größer. (Diese Berechnungen beziehen sich nicht auf komplexe Atomverbindungen, Molekule.)

Beim Rückfall in den Normalzustand gibt das Atom dann genau dasselbe Quant, also Strahlung von derselben Wellenlänge wieder ab. Daraus folgt, daß das durch irgendwelche elektrische Elementargebilde ausgestrahlte Licht eine Wellenlänge haben muß von ungefähr dem 850-fachen Durchmesser des Gebildes. So hat denn auch ultraviolettes Licht eine Wellenlänge ungefähr gleich dem 860-fachen Atomdurchmesser, und wir wissen, daß ultraviolettes Licht die Luft ionisiert, d. h. leitend macht. Um die innern Elektronen des Atomes zu beeinflussen, brauchen wir Wellenlängen, die viel kürzer sind, z. B. x-Strahlen. Und für die Atomkerne braucht es Strahlen von enormer Energie, d. h. von unendlich kleiner Wellenlänge, ähnlich der Wellenlänge der Strahlen, die die Kerne ausstrahlen, also der γ-strahlen. Wenn wir in den Automat für ein äußeres Elektron 1 Franken einwerfen, so müßten wir für den Kernautomaten mehrere Millionen Fr. einwerfen, sonst reagiert der Kern nicht. So hat denn auch der Traum der modernen Alchimisten, die Umwandlung der Atomkerne, recht wenig Aussicht auf praktischen Erfolg. Denn um ein Atom in ein anderes

umzuwandeln, müssen wir seinem Kern die Differenz der Atomgewichte an Energie zuführen oder entreißen. Aber das Gramm Energie kostet immens teuer; zu nur 1 fr. pro Kilowatt kostet 1 gr Energie ca. 25 000 000 Franken. Ein Gramm Gold aus Quecksilber hergestellt, würde unter obigen Bedingungen so ca. 325 000 Franken zu stehen kommen. Wenn also wirtschaftlich die Goldwährung gefährdet ist, chemisch-physikalisch steht sie fest.

Für jede Wellenlänge ist eine bestimmte Temperatur charakteristisch, bei welcher diese Wellenlänge von erhitzten Körpern maximal ausgestreut wird. Wir reden von Rotglut, von Gelbglut, wir könnten ebensogut reden von ultravioletter Glut und von Gammastrahlenglut, die wir allerdings auf unserer kalten Erde nicht kennen. Wellenlänge und Temperatur sind durch die bekannte Gleichung verbunden $\lambda . T = 0{,}2885$. ctm-Grad. Je höher die Temperatur, desto höher die Frequenz und desto hochwertiger nach Gleichung $e = \nu . h$. die ausgestrahlten Lichtquanten. Setzen wir in obiger Gleichung λ gleich dem Wert, den die Wellenlänge nicht übersteigen darf, um Ionisation des Atoms zu bewirken $= 860.d$, so ergibt sich $T = \frac{d}{3000}$ wobei T die Temperatur darstellt, die erfordert ist, um die Ionisation eines Atomes vom Durchmesser d zu bewirken.

Für die Atome von der durchschnittlichen Größe 10^{-8} ist demnach zur Ionisation eine Temperatur von mindestens 30.000° erfordert, Kerne vom Durchmesser 10^{-13} erfordern zu ihrem Zerfall 3 000 000 000 Grad. Gelbe Strahlung von der Wellenlänge 6000 Angström beginnt bei 4800° aufzutreten. Im Sonnenlicht ist diese Strahlung stark vertreten und rührt her von einer Umstellung der Calciumelektronen. Die Calciumatome unserer Erde sind und bleiben auf ihrem niedrigsten Energienveau. Wenn man angeregte Calciumatome von den heißen Gestirnen auf die Erde brächte, so würden sie sich hier ähnlich verhalten wie radioaktive Atome; sie würden unter Ausstrahlung der absorbierten Photonen von 6000 Angström wieder nach und nach in ihren hier üblichen Ruhezustand verfallen. Vergleichen wir nach Jeans diese angeregten Calciumatome mit den Kernen der radioaktiven Elemente. Die vom Uranatom ausgestrahlte höchste Frequenz entspricht einer Wellenlänge von $0{,}5.10^{-10}$ ctm. Das entspricht nach obiger Formel einer Temperatur von 5800 Millionen Grad. Diese Temperatur bedarf es, um in den Kernen des Uranatoms eine Umstellung hervorzurufen.

Eine solche Temperatur konnte aber bisher an den Sternen nicht festgestellt werden.

Man kann schließlich den Atomkern auch anregen durch Zufuhr von mechanischer Energie, durch Elektronenstoß. Wenn man das Elektron mit der Elementarladung e durch eine Spannung V beschleunigt, so erhält es die Energie E = e. V.

Nehmen wir nun wieder als Gradmesser der zur Anregung schwerer Atomkerne nötigen Energie die kürzeste Strahlung des Urans von der Wellenlänge $0{,}5.10^{-10}$ ($\nu = 6{,}10^{20}$), so muss die Energie des Elektrons gleich sein derjenigen des Quants dieser Strahlung, also νh = e. V. Daraus berechnet sich V zu 2,4 Millionen Volt. Also genau die Spannung, die Brasch und Lange zur Zertrümmerung des Bleikerns anwendeten.

* * *

Und das alles und unendlich viel mehr lesen wir ab an der Gradeinteilung der Mikrometerschraube des Spektroskops, am Galvanometerzeiger des Bolometers und auf der photographischen Platte, auf die die Photonen und Elektronen ihre Berichte schreiben.

Und davon erzählt uns ein alter Geselle, Uran genannt, der, (mit dem Thorium) im Joachimstal und an einigen seltenen Stellen der Erde einsam und zurückgezogen lebt als einziger Repräsentant der Atomgesellschaft, der noch zehrt und zu erzählen weiß von den gewaltigen Energien und Gluten, die in seiner Jugendzeit herrschten, damals vor Billionen Jahren, als die Erde noch nicht von der Sonne getrennt war.

Von der gewaltigen Energie. die er damals in sich aufgenommen, hat er noch einen kleinen Rest zurückbehalten, den er nach und nach verstrahlt. Er ist der letzte Repräsentant einer längst verschwundenen Gruppe von Riesenatomen, die in uralten Zeiten zu den häufigsten gehörten, und ist im Begriffe zu verschwinden, genau wie die Ungetüme der Vorzeit verschwunden sind. Und so vegetiert im Kreise seiner Abkömmlinge, Radium, Polonium usw. mit diesen das Uran dahin, und wenn dereinst in ca. einer Billion Jahren das letzte Atom Uran verstrahlt und verglüht ist, so bleiben als seine Asche von ihm übrig:

86,53 %	Blei
13,45 %	Helium
99,98 %	

Die übrigen 0,02 % sind verstrahlt und verflüchtet als Erinnerung früherer Gluten von 5800 Millionen Grad, die weit über die Feuer des dritten und vierten Grades Lemery's hinaus gehen, und weit über jede von uns in Technik und Laboratorium erzeugbare Temperatur. Und in der Weltliteratur findet sich nur noch eine bisher ungemessene, aber anscheinend außerordentlich hohe Temperatur, die der heimlichen Liebe:

Denn kein' Kohle und kein Feuer
Brennt so heiß, so ungeheuer
Wie solche Lieb, die keiner kennt!

Somit hätte dann vielleicht die heimliche Liebe des Urans ca. 5800 Millionen Grad, eine Spannung von 2,4 Millionen Volt und eine Wellenlänge von $0{,}5.10^{10}$?

So hat man aus dem sichtbaren Spektrum durch Messung und Berechnung gewaltiges gelernt. Und vor dem sichtbaren Spektrum fand man das infrarote Spektrum, und dahinter das ultraviolette, dann die x-Strahlen, die Gammastrahlen usw., usw. Und so konnte man einen immer größeren Teil der Erscheinungen messen und berechnen. Und so mißt man weiter im unendlich Kleinen und im unendlich Großen; man mißt Größe und Schwere der Protonen und der Himmelskörper, man mißt ihre Zusammensetzung, man mißt ihr Alter. — Man zählt die Zahl der Sterne und der Elektronen, und findet, daß der Durchmesser des Universums 2000 Millionen Lichtjahre beträgt, daß es 10^{24} Sterne enthält mit einer Gesamtmasse von 10^{57} gr, daß das Weltall 10^{78} Elektronen faßt, usw., usw.

Und wenn auch bei alldem das Wesen der Erscheinungen uns in den meisten Fällen noch Geheimnis ist, so sehen wir doch immer klarer in den Zusammenhang der Vorgänge hinein. Und die Essenz der modernen Wissenschaft ist ja die: Die letzten Elemente des Universums sind nicht Dinge, sondern Vorgänge.

Die Grundlagen der Paläogeographie*)

Von Dr M. LUCIUS.

Die Paläogeographie will auf Grund einer Summe von Einzeltatsachen zu einer Synthese gelangen, welche das geographische Bild der verschiedenen geologischen Perioden gibt. Dabei sollen aber auch die Entwicklungsvorgänge und die diese beherrschenden Gesetze der verschiedenen erdgeschichtlichen

*) Veranlassung zu diesem Aufsatze gaben Untersuchungen über die Grundzüge der Paläogeographie Anatoliens im Zusammenhang mit den Nachbargebieten. Bei der Ausarbeitung dieser Untersuchungen zeigte es sich wünschenswert, die heutigen Ansichten über die ursächlichen Zusammenhänge der Meeresverschiebungen im Laufe der geologischen Zeiträume mit den Grundtatsachen der Tektonik zusammenzustellen. Da diese Zusammenstellungen bei dem einen oder andern aus den naturwissenschaftlich gebildeten Kreisen der Mitglieder des V. L. N. Interesse finden dürften, seien sie hier mitgeteilt.