Warum haben die Elemente der lebenden Materie niedrige Atomgewichte?

Von Prof. Dr. **Leo Errera** in Brüssel[1]).

Zwischen der fast unbegrenzten Mannigfaltigkeit der Gestalten, welche die Natur uns bietet, und der kleinen Zahl der chemischen Elemente, aus denen jene aufgebaut sind, besteht ein auffallender Gegensatz. Und überdies sind von den etwa 70 einfachen Körpern, auf welche die Chemie uns alles zurückführen gelehrt hat, viele sehr selten, so dass die Zahl der Elemente für den gewöhnlichen Gebrauch auf ungefähr vierzig sich vermindert. Nirgends indess tritt dieser Gegensatz so deutlich hervor, wie bei den lebenden Wesen. Denn es bestehen alle miteinander, so verschieden sie auch gestaltet sein mögen, von einem Ende der Formenleiter bis zum andern, im wesentlichen nur aus etwa zehn einfachen Körpern, und man denkt dabei an die Worte des Lukrez (I, 820):

> Namque eadem coelum, mare, terras, flumina, solem
> constituunt, eadem fruges, arbusta, animantes. . . . . .
> Tantum elementa queunt permutato ordine solo.

In den höhern Pflanzen sind die zehn als unentbehrlich bekannten Stoffe, wie wir wissen, folgende: Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Magnesium, Phosphor, Schwefel, Kalium, Calcium und Eisen; die niedern Pilze scheinen sogar der letztgenannten beiden entbehren zu können[2]), und die andern Elemente, welche man sonst häufig in den Pflanzen antrifft, sind nur zufällige Vorkommnisse, oder allermindestens von einer viel untergeordneteren Bedeutung: so das Natrium, Chlor, Silicium, und in den Meergewächsen Brom und Jod. Hinsichtlich der Tiere sind unsere Kenntnisse weniger vorgeschritten, weil es schwerer ist, ihnen während ihres ganzen Lebens eine chemisch genau festgestellte Nahrung zu geben. Aber sicherlich weicht die Liste der Stoffe, welche notwendig und ausreichend für sie ist, kaum von derjenigen ab, welche wir soeben für die höhern Pflanzen anführten; wahrscheinlich muss man derselben noch Chlor und Natrium anfügen; vielleicht auch für gewisse Arten Fluor, Mangan und Kupfer[3]).

Hat man somit die wenigen Körper bestimmt, welche die Zusammensetzung der lebenden Materie ausmachen (um lange Umschreibungen zu vermeiden, nennen wir sie die „biogenen"), so fragt man alsbald weiter. Man will wissen, ob diese merkwürdige Eigentümlichkeit nicht zu erklären ist, das heißt, ob sie nicht auf andere allgemeinere physische und chemische Eigentümlichkeiten zurückgeführt werden kann; denn etwas erklären heißt ja im ganzen genommen nichts Anderes, als das Einzelne dem Allgemeinen unterzuordnen.

1) Malpighia, 1886, I. 1.
2) Nägeli, Sitzungsb. d. bayr. Akad., Juli 1879.
3) Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie, 1877, S. 28.

Unter den biogenen Elementen bildet der Kohlenstoff den hervorragendsten und bezeichnendsten Teil der Trockensubstanz der Lebewesen; er stellt gewissermaßen das Gerüst ihrer Molekeln dar. Schon lange haben in dieser Hinsicht die Chemiker die Fähigkeit hervorgehoben, welche den Kohlenstoffatomen zukommt, nämlich sich zu häufen „in einem und demselben Molekül, sich gewissermaßen aneinander zu schweißen“ [1]). Mit geringer Affinität ausgestattet für die meisten andern Elemente, zeigt der Kohlenstoff vielmehr Affinität für sich selbst.

Nebenbei sei darauf hingewiesen, dass, während der Kohlenstoff so recht eigentlich das Element der Lebewesen ist, das Silicium dasjenige des Bodens und der Gesteine darstellt. Das Silicium ist in dem periodischen System von Mendelejeff gleich das höhere Homologon vom Kohlenstoff. Wie dieser ist es vierwertig; wie er hat es fast nur für den Sauerstoff eine ausgesprochene Affinität, und zwar so, dass die Kieselsäure mit der Kohlensäure zu den am schwersten zu zersetzenden Verbindungen gehört; wie der Kohlenstoff kann das Silicium seine Atome in den Molekeln anhäufen und sehr verwickelte Zusammensetzungen bilden; nach dem Kohlenstoff ist es derjenige Körper, dessen Verbindungen am zahlreichsten und am verschiedenartigsten sind. Mit einem Wort, das Silicium ist der Kohlenstoff der anorganischen Welt.

Neben dem Kohlenstoffe sind Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff die wesentlichsten biogenen Elemente. Im Anfange seiner „Principles of Biology“ hat Herbert Spencer die Vereinigung dieser drei vollkommen gasförmigen Elemente mit einem festen, nicht flüchtigen Körper hervorgehoben und einige geistreiche und eingehende Betrachtungen darüber angestellt. Mögen dieselben hier wiederholt werden. An einer Stelle, welche seine Gedanken kurz zusammenfasst [2]), sagt er: „Einmal, wäre die äußerst starke molekulare Beweglichkeit, welche drei von den vier Hauptelementen der organischen Materie besitzen, nicht vorhanden, und fände sich diese molekulare Beweglichkeit nicht bei ihren einfacheren Verbindungen wieder, so würde die rasche Ausstoßung der durch den Lebensprozess gebildeten Abfallstoffe nicht stattfinden können und dieser fortwährende Stoffwechsel, welchen die Lebensthätigkeit erheischt, nicht bestehen. — Anderseits, fände nicht die Vereinigung dieser äußerst beweglichen Elemente zu höchst komplizierten Verbindungen statt, mit verhältnismäßig großen Molekülen, welche ihre Trägheit vergleichsweise unbeweglich macht, so würden die Teile des lebenden Gewebes nicht jene mechanische Festigkeit haben, welche sie verhindert mit den Auswurfsprodukten fortzudiffundieren, die durch die Zersetzung des Gewebes entstehen“.

---

1) Wurtz, Chimie moderne, 1867—1868, S. 382.

2) Princ. of Biol., p. 22.

Was wir eben über die Eigentümlichkeit des Kohlenstoffes und die molekulare Beweglichkeit des Sauerstoffes, Wasserstoffes und Stickstoffes sagten, sind nur stückweise Bemerkungen ohne Zusammenhang, welche sich nur auf das eine oder andere Element beziehen und bilden kein abgerundetes Ganzes. Wir möchten aber ein Gesamtbild von den Eigenschaften aller biogenen Elemente erhalten.

Der italienische Chemiker Sestini hat kürzlich eine solche Verallgemeinerung versucht. Er bemerkt, dass alle einfachen Körper, aus denen die höhern Pflanzen zusammengesetzt sind, das gemeinsam haben, zu den ersten vier Reihen des periodischen Systemes von Mendelejeff zu gehören. Das bedeutet aber, da ja dieses System nach den Atomgewichten der Elemente zusammengestellt ist, dass alle einfachen in Rede stehenden Körper verhältnismäßig leichte Atome und niedrige Atomgewichte besitzen: keines von letztern ist größer als sechsundfünfzig. — Folgende Tabelle, von Sestini[1]), veranschaulicht diese Thatsache.

		Unentbehrliche	Nützliche
Elemente	elektronegative	{C = 12, N = 14, O = 16, P = 31, S = 32}	{Si = 28, Cl = 35,5}
	elektropositive	{H = 1, Mg = 24, K = 39, Ca = 40, Fe = 56}	{Na = 23, Mn = 55}

Die notwendigen Erläuterungen über die Einzelheiten dazu sind folgende, wenn wir die vier ersten Reihen des periodischen Systemes betrachten; in denselben sind diejenigen Elemente, welche für das Leben als notwendig erkannt wurden, fett gedruckt:

1	**Be** = 1						
2	Li = 7	Gl = 9,2	B = 11	C = 12	**N** = 14	**O** = 16	Fl = 19
3	Na = 23	**Mg** = 24	Al = 27	Si = 28	**P** = 31	**S** = 32	Cl = 35,5
4	K = 39	Ca = 40	Sc = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52,4	Mn = 55 und
					Fe = 56, Ni = 58,8, Co = 58,8.		

Abgesehen von Wasserstoff, welcher allein in einer Reihe steht, treten je drei Elemente, welche zur Bildung der Organismen notwendig, in jeder der drei folgenden Reihen auf, und alle haben niedrige Atomgewichte.

Wenn man alle Elemente derart auf einer graden Linie ordnet, dass die Entfernung eines jeden vom Anfangspunkte seinem Atomgewichte proportional sei, so bemerkt man, dass sämtliche Elemente der lebenden Materie auf dem ersten Viertel dieser Linie stehen; oder, wenn man die Thatsache mitberücksichtigen will, dass die Elemente am Anfang einer solchen Linie dichter aneinander gereiht sein würden als am Ende, so finden sich alle zehn für die lebende Materie wesentlichen Grundstoffe unter den dreiundzwanzig ersten Elementen der Reihe, während unter den übrigen fünfundvierzig keines derselben vorkommt.

1) Gazz. chimica XV p. 107.

Unser Thema lässt sich also auf folgendes zurückführen: „Warum besitzen die biogenen Elemente nur niedrige Atomgewichte?“ Sestini begnügt sich damit, über diesen Gegenstand zwei Hypothesen aufzustellen, deren Wert nicht abzuschätzen, da er dieselben auf keines Weise begründet. Er sagt: „Man könnte z. B hypothetisch annehmen, dass nur die chemischen Grundstoffe, welche in ihren Atomen nur eine kleine Menge Materie kondensiert enthalten und infolge dessen ein geringes Atomgewicht haben, die notwendige Beweglichkeit besitzen oder auch befähigt sind, eine Summe von aktueller Energie allmählich zu entwickeln, welche genügt, den langsamen und fast stetigen Stoffwechsel in den Organismen zu bewerkstelligen und die lebendige Kraft, welche sich in den neu entstandenen organischen Produkten aufhäuft, abzugeben“. — Dann fügt er sogleich hinzu: „bis jetzt wohl gibt es kein Mittel, die oben angeführten Beziehungen zu erklären“.

Ich glaube indess, dass wirklich bekannte Thatsachen, wenn dieselben auch nicht dieses Verhalten vollkommen aufklären, uns wenigstens berechtigen, die biogenetische Rolle der Elemente mit niederem Atomgewicht mit andern, allgemeineren Eigentümlichkeiten derselben in Zusammenhang zu bringen. —

II.

Wir können das Thema weiter präzisieren und brauchen nur, da die Entwicklungstheorie der Gebilde uns lehrt, dass alle von sehr einfachen Organismen sich ableiten, die Entstehung dieser Primordialformen zu betrachten und uns die Frage vorzulegen, warum bildeten bei allen Kombinationen, welche möglich, Elemente mit leichten Atomen die ersten Lebewesen? — mit andern Worten: erklären die bekannten Eigenschaften der Elemente mit leichten Atomgewichten die Thatsache, dass dieselben besonders geeignet, die ersten Lebenskeime zu bilden?

Wir dürfen hier vorausschicken, dass die seltenern, auf der Erdoberfläche wenig verbreiteten Stoffe nicht das Leben zu unterhalten im stande sind. Nehmen wir auch für einen Augenblick an, es könne einmal eine Verbindung, welche jene komplizierten Eigentümlichkeiten besitzt, die wir Leben nennen, durch Zusammentritt gewisser seltener Elemente entstehen, so würde doch ein derart gebildeter Organismus weder im stande sein sich fortzupflanzen, noch selbst zu leben fortfahren können, da ihm die Ernährungsstoffe bald fehlen würden. Unter allen Organismen, welche theoretisch möglich, sind nur diejenigen wirklich lebens- und entwicklungsfähig, die fast überall und in großer Menge die ihre Substanz zusammensetzenden Elemente finden. — Wollte man auf die chemischen Elemente einen Begriff ausdehnen, welcher nur bei Organismen zutreffend ist, so könnte man sagen, dass im Kampfe um die Erzeugung von Leben notwendigerweise die am meisten verbreiteten Elemente über die seltneren den Sieg davon tragen mussten.

Wohlverstanden, behaupte ich nicht, dass alle häufig in der Natur vorkommenden Körper unbedingt zur Bildung von lebender Materie zusammentreten müssen; aber augenscheinlich müssen sich unter diesen Stoffen die biogenen Elemente befinden.

Seit 1869[1]) nun hat Mendelejeff gezeigt, dass fast alle Elemente mit geringem Atomgewicht, nur wenige ausgenommen, allgemein verbreitet sind. Die Ursache eines solchen Zusammentreffens kennen wir allerdings nicht, die Thatsache aber ist unzweifelhaft, dass in der Reihe von dem Wasserstoff, mit dem Atomgewicht 1, bis zum Calcium, mit dem Atomgewicht 40, nur das Lithium, Beryllium und Bor seltene Elemente sind, und diese drei Körper gehören eben auch nicht zu den biogenen Substanzen. — Das am allgemeinsten verbreitete Element, dessen Atomgewicht das des Calciums übersteigt, ist das Eisen, und es bildet dasselbe einen notwendigen Bestandteil der meisten Organismen. Als erste Erklärung der von Sestini angedeuteten Beziehungen haben wir also anzuführen: dass die Körper mit niedrigem Atomgewichte auch die auf der Erdoberfläche am meisten verbreiteten sind.

III.

Im allgemeinen sind die einfachern Verbindungen aus leichten Atomen in Wasser löslich. Diese Thatsache hat vom biogenetischen Gesichtspunkte aus Wichtigkeit, denn sie erklärt, warum die leichten Atome geeigneter als die schweren sind, die Aufnahme der Ernährungsstoffe und die Abgabe der Ausscheidungsprodukte, wovon Spencer in der oben von uns angeführten Stelle spricht, zu erleichtern.

IV.

Noch andere fundamentale Eigenschaften der leichten Atome lassen sich angeben, um ihre biogenetische Rolle zu verstehen; aber die Erklärungen, welche wir von denselben ableiten können, sind nicht, wie die eben ausgeführten, frei von jeglicher Einschränkung. Sie zeigen nur, dass bei gleichem Gewichte die aus leichten Atomen gebildeten Verbindungen geeigneter als die andern sind, die Lebenserscheinungen hervorzurufen. — Dieses eben nun möchten wir zu begründen versuchen. Es ist klar, dass bei gleichen Gewichtsmengen der Materie die Verbindungen leichter Atome eine größere Anzahl Elementaratome einschließen, als solche schwerer Atome. Nun sind auch die komplizierten Erscheinungen des Lebens nur in selbst komplizierten Massenteilchen, welche aus einer größern Anzahl verschiedener Atome gebildet sind, denkbar.

Wir fügen dieser auf der Hand liegenden Bemerkung eine andere mehr hypothetischer Natur noch hinzu. Die einer gasförmigen Masse

1) Zeitschr. f. Chemie, N. F., V, 1869, S. 405; Lothar Meyer, Mod. Theor. d. Chem., 4. Aufl., S. 185.

mitgeteilte Wärme wird nur zum Teile zu ihrer Temperaturerhöhung verwandt; zum Teile dient sie zur Ueberwindung des äußern Druckes, der sich der Ausdehnung des Gases entgegensetzt; zum Teile endlich, bei mehratomigen Molekülen, die Bewegung der Atome im Molekül zu vergrößern. Je größer die Zahl der Atome im Molekül, um so bedeutender ist auch derjenige Bruchteil der Wärmemenge, welche durch die Arbeit der intramolekularen Verschiebung oder der „Disgregation", wie Clausius es nennt, gebunden wird[1]). — Obwohl die Wärmetheorie inbezug auf feste und tropfbar flüssige Körper weit weniger ausgebildet ist, als bei den Gasen, so findet bei jenen, namentlich bei den tropfbarflüssigen Körpern, höchst wahrscheinlich nicht weniger als bei diesen eine Absorption der Wärme durch intramolekulare Disgregation[2]) statt; und von der gesamten empfangenen Wärmemenge stellt die Disgregationswärme im allgemeinen einen um so größern Teil dar, je größer die Anzahl der Atome im Molekül ist. Die Elemente mit geringem Atomgewichte bewirken also durch die Anhäufung einer großen Anzahl von Atomen in einem Molekül bei der Absorption von Wärme eine starke Erschütterung, aber eine geringe Temperaturerhöhung des Moleküls.

Man erkennt leicht, wie sehr solche Verhältnisse die fortwährende Beweglichkeit der Atome und die chemische Umsetzung begünstigen, welche uns als wesentliche Erscheinungen des Lebens erscheinen.

Wir fügen noch hinzu, was auch für die biogenetische Rolle der Elemente mit niedrigem Atomgewichte spricht, dass ein und dieselbe Wärmemenge, zur Disgregation angewandt, um so wirksamer zur Vermehrung der intramolekularen Bewegung ist, je weniger Masse die einzelnen Atome haben. — Auf der Meeres-Fläche schaukeln schon kleine Wellen eine leichte Barke; das große Schiff aber bleibt unbeweglich.

V.

Das Gesetz oder, wenn man es vorzieht zu sagen, die empirische Regel von Dulong und Petit führt uns eine andere allen leichten Atomen gemeinsame Eigenschaft an und bietet eine neue Erklärung für ihre biogenetische Rolle.

Damit die Organismen ihre wesentlichen Eigentümlichkeiten unverändert trotz der fortwährend auf sie einwirkenden wechselnden Einflüsse erhalten, müssen sie für letztere leicht empfindlich, langsam aber ihnen zugänglich sein. Die erstere dieser Fähigkeiten hängt von dem labilen Gleichgewichtszustande der lebenden Massenteilchen, von dem eben die Rede war, ab. Ihr Studium gehört in das Gebiet der Reizbarkeit und passt daher nicht in den Rahmen dieser Arbeit. Die zweite Fähigkeit aber hat ihren Ursprung in einer physikalisch-

1) O. E. Meyer, Kinet. Theorie der Gase, 1877, S. 83 ff. u. S. 98; Mousson, Physik, 1880, Bd. II, S. 99.

2) Mousson l. c. p. 124.

chemischen Eigenschaft der Atome, und wir werden dieselbe daher näher ins Auge fassen und im besondern die Einwirkung betrachten, welche bei Temperaturwechsel des umgebenden Mediums stattfindet. —

Wenn man erwägt, welch großen Einfluss die Wärme auf chemische Reaktionen ausübt, wird man im voraus erklärlich finden, dass der labile Zustand, der für das Leben charakteristisch, sich nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen aufrecht erhalten kann. Hierfür liefert uns die Beobachtung, dass in der Kälte das Protoplasma erstarrt, in der Hitze koaguliert, seine Funktionen aber nur bei einer gewissen mittlern Temperatur, welche in der Botanik Optimum heißt, vollkommen zu erfüllen im stande ist, den Beweis. Der Organismus darf sich also bei Temperaturwechsel nicht zu leicht erhitzen oder erkalten. Dazu muss er erstens ein schlechter Wärmeleiter sein, zweitens viele Wärmeeinheiten aufnehmen oder abgeben können, ehe seine Temperatur merklich erhöht oder erniedrigt werde, das heißt, seine spezifische Wärme muss bedeutend sein. Die lebende Materie nun besitzt als hervorragende Eigentümlichkeiten nur schwaches Leitungsvermögen und große spezifische Wärme [1]).

Das schwache Leitungsvermögen schreibt sich zum großen Teile von der enormen Menge Wasser [2]) her, welches der Organismus enthält. Die spezifische Wärme steht in naher Beziehung mit dem geringen Atomgewicht der Elemente, eben dem Gegenstande unserer Betrachtung.

Ein lebender Organismus besteht 1) aus festen zusammengesetzten Stoffen, 2) aus wässerigen Lösungen. — Die spezifische Wärme von Lösungen steht in engem Zusammenhange mit der des lösenden und des gelösten Körpers (Marignac), die spezifische Wärme von Verbindungen mit der ihrer Komponenten (Neumann, Regnault, Kopp), und es ist schließlich die spezifische Wärme der einfachen Körper annähernd umgekehrt proportional ihrem Atomgewichte (Dulong und Petit).

Spricht man von einem mittlern Atomgewichte — unter mittlerem Atomgewichte verstehn wir die Zahl, welche das Mittel aus den Atomgewichten aller in einer Verbindung oder einem Gemenge enthaltenen Atome angibt — so kann man die Regeln von Dulong und Petit, von Regnault, Kopp und Marignac zusammenfassend ausdrücken: „Die spezifische Wärme ist im allgemeinen um so größer, je kleiner das mittlere Atomgewicht ist“ [3]).

1) Wir haben uns hier nicht mit dem Mechanismus zu beschäftigen, der den warmblütigen Tieren eigen, welcher auf der Ausgleichung der erzeugten und verbrauchten Wärme beruht, und der durch das Nervensystem gleichsam als von einem Thermoregulator geregelt wird.

2) Die meisten Organismen bestehen aus $^2/_3$ bis $^3/_4$ Wasser. Siehe Lothar Meyer l. c. S. 164, 544, 547 über die noch unaufgeklärte Beziehungen zwischen der Leitungsfähigkeit und dem Atomgewicht.

3) Sei es eine Verbindung irgend welcher Art, bestehend aus n Atomen, deren Atomgewicht a ist, aus n' Atomen, deren Atomgewicht a'

Nach dieser Ausführung also muss die lebende Materie, um eine hohe spezifische Wärme zu haben, aus Atomen mit niederem Atomgewichte zusammengesetzt sein. Bemerkenswert ist, dass das Wasser, welches den überwiegenden Teil der lebenden Materie bildet, auch von allen bekannten Körpern (mit alleiniger Ausnahme des freien Wasserstoffes, dessen spezifische Wärme mit konstantem Volumen 2,4 beträgt) die größte spezifische Wärme besitzt. Es rührt dieses von dem geringen Atomgewichte des Wasserstoffes und Sauerstoffes her. Auch alle andern Bestandteile des Organismus haben gleicherweise wegen ihres geringen Atomgewichtes hohe spezifische Wärme[1]). —

Folgende Tabelle, in der ich die spezifische Wärme einiger organischer und mineralischer Substanzen zusammengestellt, zeigt uns dieses klar (die Zahlen sind der „Physik von Mousson" und der „Chemie von Beilstein" entlehnt).

Organische Substanzen.		Mineralische Substanzen.	
Tannenholz	0,654	Feldspat	0,1911
Eichenholz	0,570	Kalkspat	0,2046
Rohrzucker	0,301	Quarz	0,1883
Alkohol	0,5987	Schwerspat	0,1088
Eisessig	0,4587	Bleisulfat	0,05086
Buttersäure	0,503	Quecksilber (flüssig) . .	0,03332

Die in diesem Abschnitte ausgeführten Betrachtungen können in dem einen Satze zusammengefasst werden: „Bei gleichem Gewichte verändern die aus leichten Atomen gebildeten Substanzen ihre Temperatur schwieriger, als die mit schweren Atomen". Dank dieser Eigentümlichkeit kann die Temperatur innerhalb hinreichend weiter Grenzen wechseln, ohne das Leben zu gefährden. Und wenn eine dem Organismus ungünstige Temperatur längere Zeit anhält, kann sie sich wenigstens dem Organismus nur langsam mitteilen, wodurch derselbe Zeit hat, entweder sich zu schützen, oder allmählich seine Funktionen einzustellen, wie es die Pflanzen in der Winterruhe, die Tiere im Winterschlafe thun.

VI.

Die große spezifische Wärme der biogenen Elemente und ihrer Verbindungen hat noch eine andere und nicht weniger wichtige Bedeutung. — Bei gleichem Gewichte und derselben Temperatur ent-

ist, aus n'' Atomen, deren Atomgewicht a'' ist, so ist das mittlere Atomgewicht: $A = \frac{na + n' a' + n'' a''}{n + n' + n''}$ oder, was auf das Gleiche hinauskommt, wenn man mit N die Gesamtzahl der in einer Molekel der Verbindung enthaltenen Atome bezeichnet und mit M ihr Molekulargewicht, so ist $A = \frac{M}{N}$.

1) Alle biogenen Elemente, vom Wasserstoff bis zum Eisen, feste oder gasförmige, haben eine spezifische Wärme $> 0{,}1$.

halten die Substanzen von bedeutender Wärmekapazität augenscheinlich mehr Wärmeeinheiten, als andere, bei denen diese Voraussetzung nicht zutrifft. Diese Wärmeenergie kann nun nach dem Prinzipe der Umwandlung der Kräfte und der Erhaltung der Energie in Gestalt von Wärme oder in anderer Form wie Bewegung, Arbeit, Licht, Elektrizität, chemische Energie, Nerventhätigkeit u. s. w. auftreten. Die aus leichten Atomen zusammengesetzten Körper haben also bei gleichem Gewichte und derselben Temperatur im Vergleich zu andern größere Energie angehäuft; unter gleichen Bedingungen schließen sie, wenn man es so ausdrücken will, ein Maximum von Energie in einem Minimum der Masse ein. Diese Erkenntnis hat nach meiner Ansicht um so größere Bedeutung, als die Lebewesen, mit ihren zu den Reizursachen in keinem Verhältnis stehenden Reizwirkungen, vom dynamischen Standpunkte aus betrachtet, nichts Anderes als explosive Körper sind.

Die eben angeführte Schlussfolgerung wurde wahrscheinlich von Sestini an der von mir §. I angeführten Stelle gemutmaßt, doch spricht er darüber wie von einer unbestimmten Annahme, welche man in keiner Weise durch bekannte Gesetze begründen könne, und deren Berechtigung daher unmöglich zu ermessen ist. —

VII.

Ziehen wir kurz einen Schluss aus der Summe unserer Betrachtungen, so sehen wir, dass die Elemente, welche die lebenden Wesen bilden, die biogenen Elemente, alle niedriges Atomgewicht haben, welches 56 nicht überschreitet, wie Sestini zuerst angegeben hat. — Welches ist der Grund dieser Erscheinung? —

Wir haben versucht zu zeigen, dass dieses Zusammentreffen kein zufälliges. Unschwer erkennt man, dass das niedere Atomgewicht dieser Elemente in engem Zusammenhange steht mit einer Reihe von Eigentümlichkeiten, welche für die Organismen von Wichtigkeit sind. Die Elemente mit niederem Atomgewichte sind also bei allen Kombinationen, welche möglich, um diese Vereinigung von komplizierten Erscheinungen, welche wir „Leben“ nennen, darzustellen und die ersten Lebewesen zu bilden, die geeignetsten.

Die Elemente mit niedrigem Atomgewichte sind die auf der Erdoberfläche verbreitetsten; ihre einfachsten Verbindungen sind im allgemeinen entweder gasförmig oder in Wasser löslich, woraus sich die leichte Zuführung von Ernährungsstoffen in den Organismus und die Ausscheidung der Abfallstoffe erklärt. Die meisten sind schlechte Leiter der Wärme und Elektrizität[1]), und alle besitzen nach den Regeln von Dulong und Petit, Regnault, Kopp und Marignac hohe spezifische Wärme. Es wird dadurch dem Organismus erleich-

1) Ueberdies vermindert, wie schon bemerkt, die große Menge Wassers, welche die Organismen enthalten, ihre Leitungsfähigkeit fast auf Null, denn Flüssigkeiten sind schlechte Leiter.

tert, bei relativ wenig Masse Temperatur- und Elektrizitätswechsel des äußern Mediums zu ertragen und für dieselben nur allmählich zugänglich zu sein, auch eine große Menge von Energie abzugeben, ohne seine Temperatur merklich zu erniedrigen.

Dieses sind Thatsachen und keine Mutmaßungen. — Schließlich haben wir gezeigt, dass es nach der mechanischen Wärmetheorie wahrscheinlich ist, dass die leichten Atome, indem sie sich in sehr großer Zahl anhäufen, Moleküle bilden, welche durch Wärme stark erschüttert, aber wenig erhitzt werden. Es ist das ein wesentlicher Faktor dieser chemischen Unbeständigkeit, welche das lebende Protoplasma charakterisiert.

Man könnte vielleicht eines Tages beweisen, dass der eine oder der andere Stoff mit höherem Atomgewichte dem einen oder andern Organismus notwendig ist, z. B. das Brom oder das Jod den Seepflanzen, das Kupfer den Cephalopoden, doch wird es den Wert der Bemerkung Sestini's und der Betrachtungen, welche wir daran geknüpft, nicht vermindern, weil es sich in einem solchen Falle um Ausnahmen handelt, und selbst hier behaupten die Elemente mit niedern Atomgewichten stets unbestreitbar die erste Stelle.

Man könnte vielleicht weiter zu fragen versucht sein, warum die leichten Atome solche Besonderheiten, welche wir der Besprechung unterzogen, besitzen? — Die Beantwortung solcher Fragen aber würde der Hypothese einen zu weiten Spielraum geben müssen. Beschränken wir uns damit darauf hinzuweisen, dass die mechanische Wärmetheorie uns wenigstens einen Anknüpfungspunkt zwischen dem Atomgewichte und der spezifischen Wärme gibt. Inbetreff des häufigen Vorkommens der Elemente mit niederem Atomgewichte auf der Erdoberfläche möge noch bemerkt sein, dass die Spektralanalyse mehrere dieser Körper auch auf der Oberfläche der Sonne und Sterne feststellen ließ — vielleicht weil dieselben im allgemeinen flüchtig sind oder wenigstens flüchtige Verbindungen wie Kohlenoxyd und Kohlensäureanhydrid bilden, sodass sie leichter die Oberfläche der Himmelskörper, welche selbst noch im feurigflüssigen Zustande sind, erreichten.

Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften.

59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Berlin.

Sektion für Hygieine.

Letzte Sitzung. Herr K. B. Lehmann (München) berichtet über Versuche über die Wirkung von Chlor und Brom auf den tierischen Organismus, die er in weiterer Verfolgung seiner Studien über die hygieinische Bedeutung technisch-wichtiger Gase angestellt hat. In seiner Versuchsanordnung mischt sich einem durch eine Glaskammer mit Hilfe des kleinen Respirationsapparats gesaugten reinen Luftstrom konstant ein zweiter schwächerer bei, aus Luft bestehend, die vorher durch Chlor- bezw. Bromwasser gepresst war. Luftproben, durch Quecksilberpumpen zu verschiedenen Versuchszeiten dem Apparat entnommen, zeigten fast stets eine sehr befriedigende Konstanz der Luftzusammensetzung in der Tierkammer. (Bestimmung durch

Organismus gegeben, wie hätten wir uns dieselbe vorzustellen? Allerdings giebt es eine Theorie, derzufolge einige Autoren (Kohlrausch z. B.) annehmen, die Eiweißteilchen könnten nach ihrer Zersetzung nochmals zu Eiweiß werden, doch müssen, damit dies möglich werde, wenigstens frische Kohlenhydrate mit der Speise zugeführt werden. Wir können uns aber den Vorgang noch auf die Art vorstellen, dass ein und dasselbe Gewebe bei verschiedenen Menschen nicht ganz äquivalent sei, dass z. B. die Muskeln des einen weniger Substanz daranzusetzen brauchen, um eine Intensität der Kontraktion zu erzielen, zu welcher die Muskeln eines andern mehr verbrauchen müssen. Der Vergleich verschiedener Tierklassen lässt wenigstens raten, dass das Verhältnis von Stoffumsatz zur Kontraktionsenergie in ihren Muskeln sehr verchieden ausfällt. Vergleichen wir z. B. den ungeheuren Unterschied zwischen der verhältnismäßigen Muskelkraft eines Flohs und eines Menschen, so müssen wir schlechterdings annehmen, dass eine gegebene Gewichtsmenge von Floh- und Menschen-Muskeln nicht eine und dieselbe Kraftmenge entwickeln könne, d. h. dass die des Flohs unendlich mehr davon besäße. Flöhe, welche ich in einer Kaserne, einige Tage nach dem Ausmarsch der Bewohner, fangen ließ und in einer leeren, mit Gaze verdeckten Flasche aufbewahrte, machten nach 6—8 Hungertagen noch Sprünge, welche ihre Körperlänge gewiss 100 mal übertrafen. Wir kennen das eigentliche Wesen der Muskelkontraktion noch nicht, wir wissen aber, dass es gewisse Maschinen giebt, welche infolge einer vollkommneren Einrichtung, bei weniger Heizmaterial, dieselbe oder selbst größere Arbeit verrichten, als andere. (Schluss folgt.)

Berichtigung.

Von **L. Errera.**

In einem hier vor kurzem veröffentlichten Aufsatz[1]) versuchte ich zu erklären, warum sämtliche biogenen Elemente niedrige Atomgewichte besitzen. Ich bezeichnete Sestini (1885) als denjenigen, der diese Thatsache zuerst hervorhob. Meine Aufmerksamkeit wurde seitdem auf verschiedene Stellen aus Preyer's Schriften gelenkt, in welchen schon vor längerer Zeit auf diese Eigentümlichkeit der lebenden Materie hingedeutet wurde. Bereits in einer Anmerkung seiner Rede „Ueber die Erforschung des Lebens" (Leipzig, 1873, S. 48) sagte Preyer: „Bemerkenswert ist, dass von den im Jahre 1872 bekannten 63 Elementen nur 22 ein niedrigeres Atomgewicht als 56 haben und die 14 organischen Urstoffe sämtlich in die Gruppe gehören". Zu wiederholten malen ist er dann auf dieses interessante Verhältnis zurückgekommen[2]), ohne jedoch eine Erklärung dafür vorzuschlagen.

1) Biol. Centralbl., Bd. VII, Nr. 1.

2) Deutsche Rundschau, April 1875, S. 76; Naturwissensch. Thatsachen und Probleme, 1880, S. 62, 305; Elem. der allg. Physiologie, 1883, S. 101. — In letzterem Buche zeigt der Verf., dass die organischen Elemente zugleich die verbreitetsten anorganischen Elemente sind. Er sucht jedoch nicht diese Eigenschaft mit dem Atomgewicht in Zusammenhang zu bringen.

Verlag von Eduard Besold in Erlangen. — Druck von Junge & Sohn in Erlangen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1887-1888

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Errera Leo

Artikel/Article: Warum haben die Elemente der lebenden Materie niedrige Atomgewichte? 22-31