

das Beben in Norden und Nordwesten, Hüttenberg, Obervellach, Kleblach völlig ausklingen. In Südost Kärntens gehört das Erdbeben zu den stärksten, deren sich die ältesten Leute erinnern, und bildet ein kleines Seitenstück zu den verderblichen Katastrophen vom Jahre 1348, wo der südliche Theil der Villacher Alpe in die Tiefe sank; vom Jahre 1870, wo das Istrianer Beben und vom Jahre 1880, wo das große Agramer Erdbeben schreckliche Verheerungen anrichtete.

Zu beklagen ist es übrigens, daß man in Kärnten noch immer nicht die materiellen Mittel aufzubringen weiß, um ein ordentliches selbstregistrierendes Seismometer (Erdbebenmesser) anzuschaffen, welches so leicht im Souterrain des Rudolfsinum aufgestellt werden könnte. Dasselbe wäre, nachdem Klagenfurt einmal an der Drauspalte liegt und nicht selten Erdbeben verzeichnet, für die Wissenschaft und Praxis von gleich großem Nutzen; da man nur so der Erdbebenchronik mit genauen Angaben und Ziffern dienen kann, welche man sonst nur durch mühevollles Sammeln und meist nur unvollständig zusammenbringt. Gewiß würden wir mit dem Seismometer über die zahlreichen Nachbeben, welche vom 15. bis heute dem Hauptstoße folgten, ein klares Bild haben, auf das wir ohne denselben verzichten müssen.

## Ueber das Wesen der chemischen Elemente und Atome.

Vortrag, gehalten im naturhistorischen Museum am 15. Februar 1895 vom Fabriks-Director Ludwig Zahne.

Ein „trockener Gegenstand“, ein „schwer zu behandelndes Gebiet für einen gemeinverständlichen Vortrag“ — so dürfte das Urtheil mancher lauten, welche den Titel meines Vortrages lasen. Während es nun richtig ist, daß dieses Thema nicht im leichten Plauderton behandelt werden kann, sondern gespannte Aufmerksamkeit erbittet, so möchte ich doch die „Trockenheit“ in Abrede stellen. Gilt es doch, Fragen zu beleuchten, welche nicht nur den typischen, in seinem Gesichtskreise verschrumpften Gelehrten emsig beschäftigen, sondern auch den mit Phantasie begabten Forscher mächtig erregen. Es ist ja das Streben, die uns umgebende Natur in ihren letzten Ursachen zu ergründen, oder diesen wenigstens so weit nachzuspüren, als unsere Sinne und unser Fassungsvermögen es vermag.

Was sind „chemische Elemente“, was sind chemische Atome, was wissen wir von ihren Wesen? — Jeder Mittelschüler mit halbvollendeten Studien wird die Worterklärungen für diese Begriffe geläufig im Kopfe haben — während „das Wesen“ den Forschern selbst dunkel erscheint und die Behandlung desselben daher am besten dem einfachen Unterrichte fern bleibt.

Unter „Elementen“ versteht man in der Chemie jene Stoffe, die sich durch irgend welche mechanische oder chemische Mittel nicht weiter zerlegen lassen. „Atome“ sind die kleinsten, nur durch chemische Mittel von einander trennbare Theilchen dieser Elemente und daher untheilbar. — So etwa lauten die Erklärungen dieser Begriffe. Wenn wir jedoch ein bißchen in die Coulissen dieses wissenschaftlichen Theaters blicken, so ist zu bemerken, daß noch viel Unaufgeklärtes und Ungewisses in diesen Begriffen steckt. Entsprechen jene Stoffe, welche wir heute Elemente nennen, wirklich dieser Erklärung, lassen sie sich nicht weiter zerlegen, oder können wir sie nur noch nicht weiter zerlegen? Besteht die Materie wirklich aus Atomen von bestimmten Eigenschaften und wie gelangte man zu diesem Begriff? —

Diese Fragen sollen uns jetzt beschäftigen und zu ihrer Beantwortung gelangen wir wohl am besten an der Hand der Geschichte, die uns zeigt, aus welcher einfachen Grundlagen das heute so gewaltige Gebäude der Chemie aufgerichtet wurde.

An der Wiege der Chemie standen nun die beiden alten Gegner, welche die Geschicke der Menschheit leiten, Selbstsucht und Idealismus. Ihr Einfluss ist auch in der Geschichte der Chemie bemerkbar; als Gewinnsucht bei dem einen Grübler, als idealer Forschertrieb bei dem andern. Ein Unhold und ein Genius brachten das erste Licht in das dunkle Gebiet. Im Alterthume war der Begriff „chemische Zusammensetzung“ unbekannt, man wußte wohl einzelne Thatsachen, suchte aber deren Zusammenhang nicht. Von Aristoteles stammt bekanntlich die Lehre von den „vier Elementen“, welche er sich aber nicht als Grundstoffe im heutigen Sinne, sondern als Träger von Eigenschaften dachte, und zwar die Erde als das trockene und kalte Princip, das Wasser als feucht und kalt, das Feuer als trocken und warm und die Luft oder den Dampf als feucht und warm.

Nun vergiengen Jahrhunderte, in denen kein Fortschritt in dieser Erkenntnis eintrat, sondern das Streben auf die Erzeugung edler

Metalle, auf die Kunst, Gold und Silber zu machen, gerichtet war. — In Egypten schon beschäftigt man sich damit und der im 8. Jahrhundert lebende Araber Geber hat seine Erfahrungen in lateinischer Sprache aufgezeichnet. Er kannte bereits verschiedene chemische Operationen und unterschied mittelst derselben bereits Alaun, Salpeter, Salmiak, ja Salpetersäure und Königswasser. Nach seiner etwas unklar gegebenen Ansicht bestehen die Metalle aus Quecksilber und Schwefel und enthalten diese Stoffe mehr oder minder rein, feiner oder gröber, fix oder flüchtig und von verschiedenen Farben. — Diese Meinung blieb mit einigen Abänderungen durch etliche Jahrhunderte bestehen. — Der im 14. Jahrhunderte lebende Basilus Valentinus betrachtete Quecksilber, Schwefel und Salz als die Bestandtheile aller Körper, und bezeichnete als „Salz“ das beim Verbrennen Zurückbleibende.

Im 16. Jahrhundert entfaltet sich die Chemie als eine Hilfswissenschaft der Medicin und Theophrastus Paracelsus (1493—1541) ist der Begründer dieser Richtung. Auch er hält an den genannten drei Grundstoffen fest und meint, auch der menschliche Körper sei daraus zusammengesetzt. Doch fasste man diese drei Bestandtheile wohl auch damals mehr als Träger von Eigenschaften auf und nicht als die darunter bekannten Stoffe.

Eine große Entdeckung machte Van Helmont (1577—1644), indem er fand, daß das Gewicht gewisser Körper beim Eingehen in eine Verbindung und Wiederaustrreten aus derselben unverändert bleibe, womit zum erstenmale ein Hauptgrundsatz der Chemie, die Unzerstörbarkeit der Materie, zum Bewußtsein kommt. Dieser Forscher hält nur Luft und Wasser für wahre Elemente.

So wechseln die unklaren Ansichten, bis endlich Boyle (1627 bis 1691) den Grundstein zur Chemie als eigene Wissenschaft legt, indem er erkennt, es gebe Stoffe, welche sich nicht weiter zerlegen lassen, aus denen man irgend eine Substanz aber wieder zusammenfügen kann, womit er den Begriff „chemische Verbindung“ feststellt. Er vermuthet die Existenz einer Urmaterie, welche aus „kleinsten Theilchen“ besteht. —

Die Entwicklung des menschlichen Geistes geht jedoch nicht in gerader Linie vor sich, sondern im Zickzack und so kam es, daß die Erkenntnis dieses bedeutenden Mannes nicht von raschen Erfolgen

begleitet war, sondern mancher Irrthum sich zunächst in unsere Wissenschaft einschlich.

An der Hochschule zu Halle wirkte Stahl (1660—1734), der Begründer der Phlogistonlehre. Er studierte die Verbrennungsvorgänge und fand ganz richtig, daß sie gleichartig wären mit der „Verfälschung“ der Metalle. Zur Erklärung der Erscheinungen nahm er aber das Vorhandensein eines hypothetischen Stoffes an — das „Phlogiston“.

Schwefel bestand nach seiner Auffassung aus „Vitriolsäure“ und Phlogiston; erstere bildet sich beim Verbrennen des Schwefels mit Salpeter, letzteres entweicht. Die Metalle wären zusammengesetzt aus Metallkalk (unseren heutigen Oxyden) und Phlogiston, und bei der Umwandlung der Metalle in ihre Kalke entweiche das Phlogiston! —

Diese Lehre beherrschte fast durch ein Jahrhundert die chemische Welt, sie traf auf Gegner, aber auf viel mehr Anhänger, welche sie mit größter Zähigkeit vertheidigten. Man übersah dabei handgreifliche Thatsachen, so z. B., daß ein Metall bei der Verfälschung ja nicht an Gewicht verliere, sondern zunehme, somit unmöglich etwas abgeben könne.

In der Folge wurden viele chemische Verbindungen entdeckt und studiert, aber jede neue Erscheinung vom Standpunkte der Phlogistontheorie betrachtet. So studierte Priestley den Vorgang der Athmung und der Verbrennung und gab als Ursache, warum die Luft im abgeschlossenen Raume weder zum Athmen, noch zum Brennen tauglich werde, als „Beladung mit Phlogiston“ an. — Er erhitzte rothes Quecksilberoxyd und bekam eine eigene Luftart — den Sauerstoff — welche er „dephlogistierte Luft“ nannte. — Cavendish (1731—1810) ließ verdünnte Schwefelsäure auf Zink und Eisen wirken und erhielt ein sehr leichtes, brennbares Gas, die „brennbare Luft“ (den Wasserstoff), welche er für das Phlogiston der Metalle hält. Wasser erklärte er als „dephlogistierte Luft und Phlogiston“. — Also Phlogiston an allen Ecken und Enden, aber niemand dachte daran, diesen vielgenannten Körper auch darzustellen.

Da brachte ein genialer Kopf Licht in das Dunkel — der große Lavoisier (1743—1794). Es ist wohl nicht richtig, daß Lavoisier der alleinige Begründer der Chemie als Wissenschaft ist und daß er zuerst die chemischen Vorgänge mit der Waage in der Hand verfolgte, jedoch war er es, welcher erkannte, wie wichtig es sei, die Gewichtsverhältnisse festzustellen, unter welchen die chemischen Verbindungen vor

sich gehen. Er studierte die Zusammensetzung der Luft und des Wassers und erklärte anfangs (1777) die Annahme eines so räthselhaften Stoffes wie Phlogiston für unnöthig, später (1783) verwarf er diesen Körper völlig und nannte das Phlogiston einen Deus ex machina, der alles erklären soll und nichts erkläre, sondern die Chemie nur verdunkle. Er entdeckte selbständig und fast gleichzeitig von Priestley und Scheele den Sauerstoff (die „dephlogistirierte Luft“ Priestleys) und erkannte seine Rolle bei der Athmung und Verbrennung. Er zeigte, daß die Verkalkung der Metalle auf eine Aufnahme von Sauerstoff zurückzuführen ist und trieb damit das sagenhafte Phlogiston aus der Wissenschaft aus.

Nun war für die chemische Erkenntnis eine neue Grundlage gegeben und immer mehr Anhänger wandten sich der neuen Lehre Lavoisiers zu.

Ueber den Begriff „chemische Elemente“ äußert sich Lavoisier, daß darunter nicht jene Stoffe zu verstehen seien, die wir nicht mehr zerlegen können, sondern welche überhaupt nicht mehr zu zerlegen sind und die aus einfachen, untheilbaren Molekülen bestehen. Er selbst unterschied 33 einfache Stoffe, nämlich:

Lichtstoff	Radical der Salzsäure	Gold	
Wärmestoff	Radical der Flußsäure	Platin	
Sauerstoff	Radical der Boraxsäure	Zink	
Stickstoff	Antimon	Zinn	Kalk
Wasserstoff	Silber	Eisen	Magnesia
Schwefel	Arfen	Mangan	Baryt
Phosphor	Wismuth	Quecksilber	Thonerde
Kohlenstoff	Cobald	Molebdän	Kieselerde.
	Kupfer	Nickel	

Er nahm also zwei hypothetische Stoffe, den Lichtstoff und den Wärmestoff, an, die bald darauf aus der Liste gestrichen wurden, während einige andere Elemente, wie Kalk und die folgenden, später als Verbindungen besonderer Stoffe mit Sauerstoff erkannt wurden.

Eine weitere wichtige Entdeckung machten zu Anfang dieses Jahrhunderts Proust und Dalton — das Gesetz der chemischen Proportionen.

Dalton (1766—1844) bestimmte die Zusammensetzung verschiedener Stoffe und fand, daß ihre Bestandtheile in ganz bestimmten,

festbleibenden Verhältnissen zu einander stehen. So ergab sich z. B. für das sogenannte ölbildende Gas

85·7% Kohlenstoff und 14·3% Wasserstoff,

für das Sumpfgas 75·0% " " 25·0% "

Versuchte er für die Procentzahlen einfachere Zahlen zu setzen, so erhielt er

85·7 : 14·3 = 6 : 1 und

75·0 : 25·0 = 6 : 2 oder 3 : 1.

Er untersuchte dann das Kohlenoxydgas und die Kohlensäure und bei ersterem stets 42·86% Kohlenstoff und 57·14% Sauerstoff, bei letzterem 27·27% Kohlenstoff und 72·73% Sauerstoff. — Die Proportion ergab dann wieder:

42·86 : 57·14 = 6 : 8 und

27·27 : 72·73 = 6 : 16.

Dalton dehnte diese Untersuchung auf sehr viele Körper aus und fand bei allen, daß die einzelnen Stoffe sich stets im Verhältnis von einfachen Zahlen miteinander verbinden, also wie 1 : 2, wie 1 : 3, wie 2 : 3 u. s. f. — Dies ist das Gesetz der chemischen Proportionen oder der Multipeln und damit war ein höchwichtiges Naturgesetz gefunden, wichtig für Theorie und Praxis, denn darauf beruhen ja alle Berechnungen in der chemischen Analyse, sowie bei den großen chemischen Processen der Fabrikspraxis. Sonderbarer Weise fand diese neue Entdeckung nicht sofort allgemeine Zustimmung; ein bedeutender Chemiker, Berthollet, wollte den Nachweis erbringen, daß dies Verhältnis der Zusammensetzung sich ändern, je nachdem geringe Mengen oder große Massen auf einander wirken. Er unterlag jedoch mit seiner Ansicht.

Nun galt es eine Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung zu finden und diese versuchte Dalton mit seiner Atomtheorie. — Er sagte: Alle Stoffe bestehen aus winzig kleinen Theilchen, den Atomen (sogenannt, weil sie nicht mehr theilbar sind), welche ein bestimmtes, unveränderliches Eigengewicht haben. Er sagte ferner: ermitteln wir die relativ kleinste Gewichtsmenge eines jeden Körpers, welche mit anderen eine chemische Verbindung einzugehen vermag und schaffen wir dadurch ein Maß, indem wir die kleinste Menge des uns bekannten leichtesten Körpers = 1 setzen. Dieser leichteste Körper ist der Wasserstoff. — Wenn nun z. B. das Wasser aus 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheilen Sauerstoff besteht und ein geringeres Verhältnis zwischen diesen beiden Elementen nicht bekannt ist, so

denken wir uns 1 Atom, ein winziges Theilchen Wasserstoff, mit dem Eigengewicht = 1 und 1 Atom Sauerstoff mit dem Eigengewicht = 8. Das Kohlenoxyd bestünde dann aus 1 Atom Kohlenstoff mit dem Gewicht = 6 und 1 Atom Sauerstoff mit dem Eigengewichte 8, die Kohlen Säure aus 1 Atom Kohlenstoff = 6 und 2 Atomen Sauerstoff von je 8 Gewichtstheilen u. s. w.

Mittels Methoden, welche hier nicht näher besprochen werden können, wurden für alle einfachen Körper diese „Atomgewichte“, auch „Verbindungsgewichte“ genannt, ermittelt, wobei Wasserstoff als Einheit galt. Andere Forscher nahmen den Sauerstoff als Grundlage einer solchen Tabelle und stellten sein kleinstes relatives Gewicht = 100 ein.

Diese Atomtheorie fand natürlich wieder Anhänger und Gegner.

Der bekannte Forscher Berzelius (1799—1848) bildete sie in einer Weise aus, indem er nicht nur die Gewichtsverhältnisse beobachtete, sondern auch die Volumen, unter denen einfache Körper chemische Verbindungen eingehen. Freilich mußte er sich dabei zunächst auf die Gase beschränken. Doch über die Eigenschaften der Gase waren zu jener Zeit die wichtigen Entdeckungen durch Gay Lussac gemacht worden, daß sie sich stets in Volumverhältnissen von einfachen Zahlen verbinden, also wie 1:2, 1:3 u. s. w.

Wenn man einen elektrischen Strom in Wasser leitet, so wird dieses zerlegt und es scheidet sich am positiven Pol Sauerstoffgas, am negativen Wasserstoff aus. Fängt man diese Gase durch geeignet vorbereitete Röhrchen auf, so erhält man doppelt so viel Wasserstoff als Sauerstoff, also 2 Volumen Wasserstoff und 1 Volumen Sauerstoff.

1811 stellte Avogadro gestützt auf längere Speculation die Hypothese auf: in gleichen Volumen zweier oder mehrerer Gase sind bei gleichen Druck- und Temperatur-Verhältnissen gleich viel Atome enthalten.

Ist das richtig, dann wären in jenem Röhrchen mit Sauerstoff dieselbe Menge Atome als in der Hälfte des anderen — oder die Gesamtmenge des erhaltenen Wasserstoffes enthalte die doppelte Menge Atome, als die erhaltene Menge Sauerstoff. Es wäre also ein Verhältnis wie 2:1 oder das Wasser besteht aus 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atomen Sauerstoff.

Nun wissen wir aber von früher, daß das Gewichtsverhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff im Wasser 1:8 ist. Wenn in der entwickelten Menge 2 Atome Wasserstoff angenommen werden, so müßte

jedes nun  $\frac{1}{2}$  wiegen. Des besseren Ausdrucks wegen multiplicieren wir mit 2 und erhalten für Wasserstoff = 1, für Sauerstoff  $8 \times 2 = 16$ .

So gelangte man, kurz geschildert, zu den Atomgewichten, welche heute allgemeine Geltung haben. Die ganze Begründung dieser Ansicht beruht aber auf der erwähnten Hypothese Avogadros, die sehr wahrscheinlich ist und deren Annahme der Wissenschaft vielen Vortheil bringt. Fast nichts spricht gegen sie\*) und darum mag sie gelten.

Oft wird der Wissenschaft ein Vorwurf gemacht, dass sie sich der Hypothesen bediene und gesagt, solche Hypothesen wären Dogmen und als solche zu betrachten. Das ist nun entschieden falsch. Ein kirchliches Dogma irgend einer Confession beruht stets auf willkürlichen Annahmen und kümmert sich um keine logische Begründung. Es ist da und muß geglaubt werden, heute und für alle Zeiten. Eine wissenschaftliche Hypothese stützt sich auf einzelne Beobachtungen, lebt aber nur so lange, bis sie nicht durch eine andere, richtigere Beobachtung gestürzt wird. Sie ist also nur ein Hilfsmittel für bestimmte Zeit, ein Baugerüst — und wenn sich einzelne Baumeister allzulange an dies Gerüst klammern, so ist dies eben eine menschliche Schwäche, denn niemand sieht gern ein Werk vernichten, an welchem er die besten Jahre seines Lebens hindurch gearbeitet.

Die damalige chemische Welt fand auch nun keinen Gefallen, weder an Daltons Atomtheorie, noch an Berzelius Volumeneinheiten. Sie fand es gewagt, hypothetische Annahmen zu machen und wollte lieber auf dem sicheren Boden der Erfahrung bleiben und dachte damit auszukommen. — So schlug Wollaston vor, ohne weitere Theorie, die schon erwähnten Gewichtverhältnisse der einzelnen Stoffe als Grundlage zu setzen und dafür den Namen „Äquivalente“ zu gebrauchen. Er nahm den Sauerstoff als Grundlage, später kehrte man zum Wasserstoff als Einheit zurück und blieb bei diesen „Äquivalenten“ bis zum Anfange der Sechziger Jahre.

Ganz anders war es aber, als auf dem Gebiete der organischen Chemie große Entdeckungen gemacht wurden, als man eine Fülle von Verbindungen fand, welche alle aus denselben wenigen Stoffen, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff zusammengesetzt waren. Da genügte es nun nicht mehr, bloß die Gewichtsverhältnisse anzugeben, sondern man mußte zur Atomtheorie zurückkehren, mittelst welcher

\*) Einige Ausnahmen existieren wohl, können hier aber nicht erörtert werden.

num glänzende Erfolge errungen wurden. Ich müßte hier viele Namen als verdienstvoll nennen, erwähne als begründend aber nur die Franzosen Gerhardt und Laurent und den Deutschen Kekulé.

Nun zur Frage — wie können wir uns diese „Atome“ denken? Haben sie außer ihrem Gewichte eine räumliche Ausdehnung und welche? Manche Forscher nahmen die Atome unendlich klein an, andere wollten sie nur als „Kraftcentren“ auffassen, also als mathematische Punkte, in denen gewisse Kräfte wirken. Die Mehrzahl der heutigen Chemiker denkt sich die Atome doch von einer bestimmten Größe und der Engländer Thomson berechnete, daß die Atome bei gasförmigen Verbindungen in ihrem Durchmesser nicht kleiner als  $\frac{1}{50.000.000}$  mm seien.

Welche Gestalt haben wohl die Atome? — Berzelius hielt die Kugelform für wahrscheinlich und daß sich nicht mehr als 12 zu einem Molekül vereinigen, da nicht mehr als 12 Kugeln sich berühren können. Diese Beschränkung ist falsch, denn wir kennen heute organische Verbindungen, die bis 100 Atome vereinigen.

Ich habe den Ausdruck Molekül, besser Molekel, gebraucht und muß ihn erläutern. Wir nehmen an, daß die Atome sich zu Verbindungen vereinigen und nennen solch einen Atomcomplex Molekül. Moleküle sind also die kleinsten Theilchen, welche sich — der Annahme nach — noch mechanisch von einander trennen lassen. Zur Zerreißung eines Moleküle in einzelne Atome, dazu gehören chemische Kräfte. Wir haben zwingende Gründe zur Annahme, daß Atome nie frei existieren, sondern sofort sich zu verbinden trachten; ist kein Atom eines anderen Körpers da, so vereinigen sie sich mit einem der gleichen Art. Somit besteht ein Molekül zum mindesten aus zwei Atomen. Diese chemischen Moleküle können identisch betrachtet werden mit dem mechanischen Molekül der Physiker, denen diese sich bei ihren Berechnungen bedienen. Wir sprechen also von einem Molekül Wasser, Kohlensäure, Zucker u. s. w., aber es ist nach dieser Darlegung unsinnig, zu sagen, ein Atom Wasser, Kohlensäure oder Zucker, wie das in gemeinverständlich sein sollenden Schriften zuweilen vorkommt.

Von Berzelius stammt unsere chemische Zeichensprache, indem er zuerst ein Atom eines jeden Elementes mit einem bestimmten Buchstaben bezeichnete, dem dann das erläuterte bestimmte Gewicht zukam. Also für Wasserstoff  $H = 1$ , für Sauerstoff  $O = 16$ , für Schwefel  $S = 32$ . Diese Bezeichnungen erfuhren zwar mehrfache Ab-

änderungen und heute construirt man frisch und fröhlich die compliciertesten Verbindungen durch Zusammenstellung solcher Atomzeichen. Der denkende Chemiker weiß aber, daß dies nur schematische Darstellungen sind und wenn sie auch noch so sehr ihre Begründung haben — sie geben ja nur ein Bild des betreffenden Moleküls in der Ebene, während sie ja doch Körper vorstellen. Sie verhalten sich also etwa ähnlich wie eine Weltkarte nach Mercators Projection. — Es fehlte bisher nicht an Versuchen, die Moleküle plastisch durch irgendwelche Körperfigur auszudrücken, doch ist diese „Stereochemie“ noch ein sehr unsicheres Gebiet.

Wenn ich noch weiteres über das Wesen der Atome ausführen soll, so muß ich zu der anfangs aufgeworfenen Frage zurückkehren: sind die jetzt angenommenen Atome wirklich untheilbar, sind unsere jetzt bekannten Elemente wirklich nicht weiter zerlegbar? —

Wir kennen heute 66 einfache Stoffe, die wir nicht weiter zerlegen können und daher „Elemente“ nennen. Es wäre nun gar nicht zu erklären, warum die Welt gerade aus so viel eigenartigen Materien zusammengesetzt sein sollte! Das Forschen nach einer Lösung ist wohl keine müßige Grübeleie, wie jene der alten Schulphilosophen, welche sich den Kopf darüber zerbrachen, warum z. B. die Welt erschaffen sei.

Das Vorhandensein einer einzigen Urmaterie wurde schon früh vermuthet, ist zwar sehr wahrscheinlich, es fehlte jedoch der Beweis dafür. Der französische Chemiker Dumas vermuthet 1837, daß sich die Atome noch in Atome letzter Ordnung zerlegen lassen.

1815 stellte nun Proust die Hypothese auf, der Wasserstoff sei diese Urmaterie und die anderen Elemente wären aus ihm zusammengesetzt, nachdem deren Atomgewichte ja alle Vielfache des Wasserstoffes seien. Diese Ansicht kann widerlegt werden mit dem Hinweise auf die Thatfache, daß die Atomgewichte durchaus nicht Vielfache des Wasserstoffes in ganzen Zahlen sind, sondern nur annähernd dem entsprechen.

Anfangs der Sechziger Jahre führte der französische Chemiker Stas Bestimmungen der Atomgewichte mit einem Aufwand von Mitteln und Geistesstärke aus, daß diese Arbeit als classisch allgemeines Aufsehen erregte. Er fand, daß Sauerstoff nicht den Wert 16, sondern 15.96 habe, Schwefel nicht 32, sondern 31.98, Kohlenstoff nicht 12, sondern 11.97 u. s. w. Von Beobachtungsfehlern kann hier keine Rede sein, denn die ermittelten Zahlen sind bis auf  $\frac{1}{10000}$

genau. — Es fehlte nicht an Erklärungen dieses Umstandes, indem man auf den Lichtäther verwies, welcher angeblich alle Körper durchdringt und möglicherweise auch das Atomgewicht beeinflusst. Jedenfalls ist die große Annäherung an das Vielfache des Wasserstoffes kein bloßer Zufall.

Ich möchte nun auf einige Gesetzmäßigkeiten verweisen, die sich ergeben, wenn man die Atomgewichte der einzelnen Elemente untereinander vergleicht.

Eines der längstbekanntesten auffallenden Thatsachen ist das Gesetz von Dulong und Petit, nach welchem die spezifische Wärme jedes Elementes multipliziert mit seinem Atomgewichte bei einer Reihe von Stoffen im Mittel dieselbe Zahl gibt, nämlich 6·25, bei einer Reihe anderen 12·8. Z. B.:

	a	Sp. W.	
Silber	107·66	× 0·057	= 6·14,
Zink	64·88	× 0·0955	= 6·20,
Kupfer	63·18	× 0·0952	= 6·10.

Es ist mir hier nicht möglich, näher auf diese Sache einzugehen.

Gmelin machte schon 1826 auf gewisse Regelmäßigkeiten aufmerksam, welche Döbreyner „Triaden“ nannte und die darin bestehen, daß das Mittel aus dem Atomgewichte zweier verwandter Körper das Atomgewicht des dritten verwandten fast genau ergibt, z. B.:

Chlor 35·5	Lithium 7·01	Schwefel 31·98
Jod 127	Kalium 39·03	Tellur 125
162·5 : 2 = 81	46·04 : 2 = 23·02	156·98 : 2 = 78·49
Brom = 80	Natrium = 23	Selen = 78·87

Was ist die Ursache dieser Erscheinung? Wir wissen es nicht, sie deutet aber auf eine weitere Zusammensetzung der Elemente.

Ich füge hier ein, daß wiederholt versucht wurde, die Elemente nach irgend einem System zu ordnen. So Berzelius nach ihrer elektrischen Leitungsfähigkeit. Die Unterscheidung in Metalle und Nichtmetalle war der Uebergänge wegen nicht haltbar und so begnügte man sich meist damit, nach ähnlichen Eigenschaften gewisse Gruppen zu bilden, z. B. die Alkalien, die alkalischen Erden, die Haloide, die Schwefelgruppe und Ähnliches.

Großes Aufsehen erregte das sogenannte „natürliche System der Elemente“ des russischen Chemikers Mendelejeff. Er ordnete die Atomgewichte, mit dem niedersten, also Wasserstoff, beginnend und

auffsteigend bis zum höchsten jetzt bekannten. An bestimmten Stellen brach er aber seine Reihen ab und schrieb die Fortsetzung in die 2., 3., 4. — Zeile, wobei sich ganz Ueberraschendes ergab. Es kommen nämlich dabei die verwandten Elemente, d. h. solche von ähnlichen Eigenschaften in je eine Verticalreihe, dazwischen schieben sich wohl auch andere ein, welche für den ersten Blick nicht verwandt erscheinen; so steht z. B. Silber und Gold zwischen den Alkalien. Das Auffallendste ist die regelmäßige Differenz, welche sich zwischen den Reihen der Atomgewichte ergibt, nämlich zwischen der 1. und 2. Reihe 16 oder fast 16, dann zwischen der 2. und 4. Reihe 45, zwischen der 3. und 5. nahezu 45, zwischen der 8. und letzten Reihe um 88 bis 90 u. s. w. Es sei hier bloß ein Theil der Reihe wiedergegeben:

	Li = 7, Be = 8,
Differenz	16      16
B = 11, C = 12, N = 14, O = 16, Fe = 19, Na = 23, Mg = 24,	
Differenz	16      16      16      16      16      16      16
Al = 27, Si = 28, P = 30, S = 32, Cl = 35, K = 39, Ca = 40.	

Man kann also die Atomgewichte hier auffassen als zusammengesetzt aus einem Grundgewicht und einem Vielfachen von 16, dem Atomgewichte des Sauerstoffes, nach der Formel  $A = a + n \times 16$ . Also

Aluminium	$27 = 11 + 1 \times 16,$
Silicium	$28 = 12 + 1 \times 16,$
Phosphor	$30 = 14 + 1 \times 16,$
Calcium	$40 = 8 + 2 \times 16,$

32

Vorsicht ist jedoch hier geboten und man darf nicht bloß vermutheten Regelmäßigkeiten halber die Atomgewichte abändern, wie das einzelne Chemiker in ähnlichen Zusammenstellungen thaten.

Es ist aber nicht zu leugnen, dass die Familien, welche sich in diesen Reihen ergeben, eine Uebereinstimmung zeigen in den Verhältnissen, in denen sich Sauerstoff, Wasserstoff und Chlor mit den Elementen verbindet. So steigt z. B. die Quantität Sauerstoff von Glied zu Glied um ein (relativ genommen) halbes Atom.

Diese Tabelle ist nicht vollständig, an einzelnen Stellen befinden sich Striche, denn dahin gehören Elemente, die wir noch nicht kennen. Aus der Stelle dieser Lücke lässt sich aber ein Schluss auf die Eigenschaften des erst zu entdeckenden Elementes ziehen. Es ist bekannt, dass einst ein Planet aus verschiedenen Störungen im Um-

laufe anderer Planeten vorher gesagt und berechnet wurde. Es war dies der Neptun, der kurze Zeit später zum großen Staunen der Laienwelt wirklich entdeckt wurde. Einen ähnlichen Triumph hatte Mendelejeff zu verzeichnen, indem seine noch unbekannt Elemente mit dem hypothetischen Atomgewicht 44, 70 und 72 im Laufe der Jahre wirklich entdeckt wurden, und zwar in den Metallen Scandium, Germanium und Gallium.

Aus dieser Thatsache geht hervor, dass die hier besprochenen Reihen keine theoretische Spielerei mit Ziffern sind, sondern auf reeller Wirklichkeit beruhen. Wir werden aber auch wieder zu dem Schlusse gedrängt, dass unsere heutigen Elemente keine Grundstoffe sind, sondern noch zerlegt werden können.

Auch andere Forscher haben gewisse Beziehungen zwischen den Atomgewichten festgestellt. Ich will nur die interessante Arbeit von Lothar Mayer über das „Atomvolumen“ erwähnen. Wenn wir uns die Atome als Körper, wenn auch winzig klein denken, so müssen sie doch einen Raum einnehmen — das „Atomvolum“, welches aber nicht bei allen Elementen gleich groß zu sein braucht. Das Volumen jedes Körpers ist zu berechnen, wenn man sein absolutes Gewicht durch sein specifisches dividirt. Das Atomvolum können wir daher relativ ermitteln durch Division des Atomgewichtes durch das specifische Gewicht,  $V = \frac{a}{s}$ . Das gibt z. B. bei Lithium  $V = \frac{7.01}{0.53} = 11.9$ . D. h. 7.01 gr Lithium füllen einen Raum von 11.9 *cem* aus. Vergleicht man nun die Atomvolumen der einzelnen Elemente, so ergeben sich wieder verschiedene Regelmäßigkeiten, sie sind für verwandte Stoffe annähernd gleich, z. B. für Cl Br J = 26; für Mn Te Co N = 7. Bei einigen Elementen wächst es in bestimmten Verhältnisse, wie bei den Alkalien

$$\text{Li} = 11.9, \text{Na} = 23.7, \text{K} = 45.4, \text{Rb} = 51.1$$

$$1 \quad \quad \quad : \quad 2 \quad \quad \quad : \quad 4 \quad \quad \quad : \quad 5$$

Lothar Mayer trug in bekannter Weise Atomgewichte und Atomvolumen der einzelnen Elemente auf einem Coordinatensystem auf und erhielt so eine mehrfach gebrochene, bald aufsteigende, bald fallende Linie, an deren Ecken die fünf Alkalien stehen. Es ist nun höchst eigenthümlich, dass die Stellung der übrigen Elemente auf dieser Linie charakteristisch ist für verschiedene Eigenschaften derselben, wie Dehnbarkeit, Schmelzbarkeit, Flüchtigkeit, optisches Brechungsvermögen, specifische Wärme und elektrisches Leitungsvermögen. Diese Thatsache

lehrt, daß die chemischen oder physikalischen Eigenschaften vom Atomvolumen eines Elementes abhängig sind.

Eine wichtige Entdeckung hat 1880 Professor Ciamician, damals noch Student in Wien, gemacht, als er die Veränderungen untersuchte, welche die Spectren von Gasen unter Druck erleiden. Das Wesen der Spectralanalyse bekannt voraussetzend, erinnere ich daran, daß jeder glühende Körper im Spectralapparat ein ganz bestimmtes Bild von farbigen Linien und Streifen gibt, deren Lage genau gemessen werden kann. Leichtflüchtige Körper lassen sich in einer Weingeistflamme vergasen, Metalle muß man durch den elektrischen Strom verflüchtigen.

Ciamician untersuchte nun eine große Zahl von Elementen unter erhöhtem Druck und Vergasung mittels des elektrischen Stromes und fand, daß je höher der Druck steigt, desto ähnlicher die Spectralbilder der einzelnen Stoffe werden. Er nennt diese Ähnlichkeit „homolog“, ein Begriff, der in der Chemie oft gebraucht wird und den ich noch erkläre.

Ciamician stellt die Hypothese auf, die Elemente lassen sich auffassen als Verbindungen einiger Grundelemente allein, oder mit ein oder mehreren Atomen Sauerstoff, wobei er sich auf die bekannten gleichen Differenzen der Mendelejeff'schen Reihe beruft.

Demnach bestünde Kohlenstoff, Bor und Magnesium aus der gleichen Materie in verschiedenen Condensationsstufen. Magnesium =  $2 \times 12$  (d. i. 2 Kohlenstoff) = 24. Silicium und Aluminium haben homologe Spectren.

$$\text{Silicium} = (\text{C} = 12) + (\text{O} = 16) = 28.$$

$$\text{Aluminium} = (\text{Bor} = 11) + 16 = 27.$$

$$\text{Calcium} = \text{Magnesium (d. i. } 2 \times 12) + 16 = 40.$$

$$\text{Stroncium} = 24 + 4 \times 16 = 88, \text{ in Wirklichkeit } 87.$$

$$\text{Barium} = 24 + 7 \times 16 = 136, \text{ in Wirklichkeit } 137.$$

$$\text{Schwefel} = 2 \times 16 = 32.$$

$$\text{Selen} = 5 \times 16 = 80, \text{ in Wirklichkeit } 79.$$

$$\text{Tellur} = 8 \times 16 = 128, \text{ in Wirklichkeit } 125.$$

$$\text{Chlor} = (\text{Fluor} = 19) + 16 = 35.$$

$$\text{Brom} = 19 + 4 \times 16 = 83.$$

$$\text{Jod} = 19 + 7 \times 16 = 131, \text{ in Wirklichkeit } 127.$$

$$\text{Phosphor} = (\text{Stickstoff} = 14) + 16 = 31.$$

$$\text{Arsen} = 14 + 4 \times 16 = 78, \text{ in Wirklichkeit } 75.$$

$$\text{Antimon} = 14 + 7 \times 16 = 126, \text{ in Wirklichkeit } 120.$$

Diese Zahlen stimmen nicht völlig mit den sonst angenommenen Atomgewichten, doch es ist ja bekannt, daß deren Bestimmung oft noch viel an Genauigkeit zu wünschen übrig läßt.

Ciamician weist, wie Mendelejeff auf die „homologen“ Reihen hin, welche in der organischen Chemie längst bekannt sind. So z. B.

Methan  $\text{CH}_4$

Ethan  $\text{C}_2\text{H}_6$  Die Verbindungen haben also dieselbe Differenz,

Propan  $\text{C}_3\text{H}_8$   $\text{CH}_2$  und ähnliche Verhältnisse können möglicher-

Butan  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  weise ja auch bei den Elementen herrschen.

u. s. w.

Ciamician schließt, daß sich wahrscheinlich sämtliche heutige Elemente auf die typischen Urstoffe, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Fluor zurückführen lassen, welche aber auch nicht unzerlegbar zu sein brauchen.

Wir ist nicht bekannt, ob diese Beobachtungen Ciamicians von andern Forschern bestätigt wurden. Eine Beobachtung des Astronomen Lockyer kommt seiner Anschauung jedoch zu Hilfe. Dieser fand, daß die Fixsterne mittelst des Spectral-Apparates desto weniger Elemente erkennen lassen, je weißer ihr Licht sei oder je heißer sie sind. — So wurde im Lichte des Sirius nur Wasserstoff und Magnesium gefunden. — In den kälteren Sternen waren wohl Metalle, aber keine Nichtmetalle, wie Chlor, Jod, Brom nachzuweisen. — Ferner je gelber ein Stern ist, desto älter ist er, und desto mehr verschwindet in seinem Spectrum die Linie des Wasserstoffes, welcher in unserer Atmosphäre überhaupt nicht mehr frei vorkommt. Lockyer nimmt nun an, daß die Elemente durch die ungeheueren Temperatur auf den Gestirnen zerlegt wurden.

Einen hochinteressanten Beweis für die Zerlegbarkeit der Elemente erbrachte in den letzten Jahren der Holländer Groshans auf mathematischem Wege durch Aufstellung der sogenannten „Densitätszahl“.

Er zählt die Anzahl der Atome, welche in einem Molekül einer Verbindung enthalten sind und nennt diese Summe „Densitätszahl“.

z. B. Wasser  $\text{H}_2\text{O}$  . . . . 3 Atome,

Methylalkohol  $\text{CH}_4\text{O}$  . . . . 6 „

Aethylalkohol  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  . . . . 9 „

Groshans fand nun das Ueberraschende, daß sich mittelst dieser Zahlen andere bekannte physikalische Werte von Verbindungen aus-

rechnen lassen, wie das specifische Gewicht, der Schmelzpunkt, die latente Verdampfungswärme, die Verbrennungswärme und Ähnliches. Er hat dazu eine Fülle von mathematischen Beweisen erbracht, daß an der Wichtigkeit dieser Thatsache nicht gezweifelt werden kann. Da aber in jeder Gleichung jedes Glied zur Unbekannten und berechnet werden kann, so war es auch wieder möglich, aus den bekannten Zahlen, wie specifisches Gewicht u. s. w. die „Densitätszahl“ zu berechnen — und das gelang. Mit der gleichen Formel kann man aber auch die „Densitätszahl“ von Stoffen berechnen, welche wir „Elemente“ nennen und so fand Groshans beifolgende Werte: Für Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff 1, Lithium, Berillium und Schwefel 2, Stickstoff, Phosphor und Bor 3, Fluor, Chlor und Natrium 4, Kalium und Magnesium 5, Calcium und Selen 7, Arsen 8, Brom, Mangan, Eisen und Chrom 9, Kupfer, Zink, Kobalt und Nickel 11, Strontium 13, Zinn und Jod 14, Cadmium und Silber 16, Barium 19, Quecksilber 26 und Blei 29.

Man sieht nun, Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff haben die Densitätszahl 1, bei den anderen Elementen beträgt sie mehr, ist aber stets eine ganze Zahl. Daraus könnte man nun vermuthen, daß nur Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff einfache Elemente sind, alle anderen aber aus Partikeln bestehen, deren Menge die Densitätszahl angibt. — Ich wiederhole, auch die Densitätszahl ist keine Zahlenspielerei, denn wo das schwere Geschütz der Mathematik auffährt und spricht, muß alles andere schweigen.

So stünde also die Frage, ob unsere heutigen Elemente wirklich einfache Körper oder zerlegbare Stoffe sind.

So lange wir die Elemente nicht wirklich zerlegen können, dürfen wir die Frage nicht mit Ja beantworten, obwohl schon heute sehr viele Umstände dafür sprechen. Ich will auch noch einen Wahrheitsgrund anführen. Nach der Kant-Laplace'schen Theorie haben sich bekanntlich alle Weltkörper durch Verdichtung aus planetarischen Nebeln gebildet. Diese Nebel haben aus bestimmten Gründen aber nur in ihrem Innern eine hohe Temperatur während sie am Rande bis zur Temperatur des Weltraumes, d. i.  $-60^{\circ}$  C. abgekühlt sein dürften. Bei so niederer Temperatur kann aber Eisen, Chrom, Kohlenstoff oder Silicium nicht gasförmig vorhanden sein. Haben wir aber solche Stoffe später darin beobachtet, so können sie nur durch Verdichtung einer Urmaterie entstanden sein.

Die Frage, ob es uns gelingen wird, die Elemente noch weiter zu zerlegen, läßt sich heute weder bejahen, noch verneinen. Eine Unmöglichkeit ist heute nicht zu erkennen und ebenso wenig wissen wir, welche neue Hilfsmittel die Wissenschaft finden wird. Können wir Elemente zerlegen, dann vermögen wir sie aber auch wieder zusammen zu setzen und dann gienge der alte von der heutigen Wissenschaft verlassene Traum der Alchymisten in Erfüllung, die Umwandlung wertloser Stoffe in edle Metalle, welche dann allerdings an Wert sehr verlieren möchten.

Doch mit solchen Phantasien brauchen wir uns vorläufig nicht zu beschäftigen und wenn ich am Eingang meines Vortrages sagte: ein Unhold und ein Genius standen an der Wiege der Chemie, so wollen wir hoffen, daß nur der Genius, nämlich die ideale Forschung, ihre Wege für die Zukunft weise. Die Männer der Forschung sind aber sehr vorsichtig geworden in der Annahme neuer Hypothesen und die Geschichte der Wissenschaft lehrt, daß sie wohl daran thun. Nur das durch Thatfachen Begründete und durch logische Schlüsse zu Vertheidigende darf als sicher in der Wissenschaft angenommen werden, sonst geräth sie auf bedauerliche Irrpfade. Allzugroße Aengstlichkeit ist aber auch nicht richtig, ebenso wenig die Sorge, daß nicht völlig Ausgegohrenes ins Publicum komme. Ich bin entschieden für das „öffentliche Verfahren“ und glaube, das gebildete Publicum hat ein Recht zu hören, welche Fortschritte die Wissenschaft macht. Von diesem Standpunkte aus erlaubte ich mir heute Ihnen Mittheilungen über einige Hypothesen vorzutragen und wünsche, es wäre mir gelungen, in die Trockenheit des Gegenstandes jenen Saft zu träufeln, den man Interesse nennt.

## Jahresbericht des naturhistorischen Landes- museums von Kärnten 1894.

Das Museum hat im verflossenen Jahr die Aufgabe übernommen, für das von Herrn Oberlercher nach seinen Vermessungen und Aufnahmen möglichst naturgetreu ausgeführte Relief des Großglockners die Mittel aufzubringen, um die Vervielfältigung desselben im Ganzen oder einzelner Abtheilungen und die belehrendste Aufstellung desselben zu ermöglichen. Es konnte sich an diese Aufgabe machen, nachdem ihm von verschiedenen und maßgebenden Seiten die nöthige Unterstützung zugesagt oder doch in sichere Aussicht gestellt war. Zur Vervielfältigung der Negativabgüsse mußte der Sommer verwendet werden, wenn das Werk nicht Schaden leiden sollte und damit noch im Mai begonnen werden, d. i. zu einer

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [85](#)

Autor(en)/Author(s): Jahne Ludwig

Artikel/Article: [Über das Mesen der chemischen Elemente und Atome \(Vortrag am 15.2.1895 von Ludwig Jahne\) 98-114](#)