

Über Metallwandlung.

Von

Rudolf Benedikt.

Vortrag, gehalten den 25. Februar 1891.

Hermann Kopp beginnt seine „Alchemie“*) mit den Worten: „Über anderthalb Jahrtausende hindurch ist behauptet und geglaubt worden, dass Gold und Silber künstlich hervorgebracht werden können, und ist das Streben Unzähliger darauf gerichtet gewesen, zu wissen, in welcher Weise das zustande zu bringen: die sogenannte Alchemie mit Erfolg zu betreiben sei.“ Schon die alten Ägypter, dann die Griechen und Araber haben nach den Präparaten gesucht, welche die Umwandlung unedler Metalle in edle bewirken sollten, und gar Mancher hat sich gerühmt, im Besitz des „Steines der Weisen“, des „Elixirs“, der „Tinctur“ oder des „Magisteriums“ zu sein. Im vorigen Jahrhundert blühte die Alchemie noch kräftig, ja bis in unser Jahrhundert und bis zum heutigen Tage ziehen sich vereinzelt alchemische Betreibungen hin.

Alle chemischen Prozesse haben die Phantasie stets mächtig angeregt. Wer erinnert sich nicht aus seiner eigenen Jugendzeit des Eindruckes, den ein che-

*) Heidelberg 1886.

misches Experiment auf ihn gemacht hat. Kann es etwas Wunderbareres und Erstaunlicheres geben, als dass beim Zusammengießen zweier farbloser Flüssigkeiten, also in den Augen des Laien von Wasser, die schönsten rothen, blauen oder grünen Niederschläge entstehen? Wenn man Wasser in rothe Farbe verwandeln kann, warum sollte man dann die beiden einander so ähnlichen Metalle Silber und Gold nicht in einander überführen können?

Noch vor wenigen Jahrzehnten war jedoch fast die gesammte chemische Welt geneigt, diese Frage geradewegs zu verneinen. Die Überführung eines chemischen Elementes in ein anderes wurde für ganz unmöglich gehalten. Aber schon heute hat sich wieder ein Umschwung in den Anschauungen vollzogen, und es wird gegenwärtig nicht viele Chemiker geben, welche nicht die Möglichkeit einer solchen Umwandlung zugeben. Freilich geschieht dies nicht auf Grund der geheimnisvollen, verworrenen und unentwirrbaren Experimente der alten Alchemisten, sondern von Erfahrungen und streng wissenschaftlichen Speculationen.

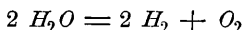
Die Frage nach der Möglichkeit der Metallwandlung hängt unmittelbar mit jener nach dem Wesen der Atome zusammen.

Es sei mir erlaubt, Ihnen in Erinnerung zu bringen, was wir unter Molecülen (Molekeln) und Atomen verstehen. Die kleinsten Theilchen eines Körpers, welche noch dieselben Eigenschaften besitzen wie der

Körper selbst, heißen Molecüle. Das Wasser besteht aus Wassermolecülen, das Eisen aus Eisenmolecülen.

Die Molecüle lassen sich durch chemische Mittel meist weiter zerlegen, sie bestehen aus noch kleineren Theilen, den Atomen. Die Atome sind somit die heute noch nicht weiter zerlegbaren Bestandtheile der Molecüle.

Die chemische Forschung hat festgestellt, dass ein Molecül Wasser aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff besteht, weshalb wir sein Molecül durch die Formel H_2O ausdrücken. Zerlegen wir Wasser durch den elektrischen Strom, so zerfällt dasselbe in Wasserstoff und Sauerstoff, wobei aber die Atome nicht in Freiheit bleiben, sondern sich zu je zweien sofort zu Molecülen Wasserstoff und Sauerstoff verbinden:



Ein Körper, dessen Molecüle nur gleichartige Atome enthalten, heißt chemisches Element, sind dagegen die das Molecül zusammensetzenden Atome ungleichartig, so liegt eine chemische Verbindung vor.

Die Atome sind als die heute noch nicht weiter zerlegbaren Theile der Molecüle erklärt worden, und daraus folgt schon, dass die verschiedenen Atome bisher auch nicht in einander überführbar sind. Wir wollen nun sehen, ob uns die Wissenschaft denn gar keine Hoffnung lässt, dass die Theilbarkeit der Materie auch bei den Atomen noch nicht aufhört.

Die Atome sind so außerordentlich klein, dass wir sie natürlich in keiner Weise zur Anschauung bringen können, und doch hat man schon erstaunlich viel über sie in Erfahrung gebracht. Vor allem hat man sie gemessen und gewogen. Ein Molecül Wasserstoff wiegt z. B. annähernd $0\cdot000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 004 = 4/10^{21}$ mgr.

Um sich eine Vorstellung von der Größe eines solchen Molecüls zu machen, denke man sich nach Thomson einen Regentropfen vergrößert bis zur Größe der Erde. Die darin enthaltenen Molecüle würden in demselben Maße vergrößert etwa die Größe einer Billardkugel haben.

Den Wegen zu folgen, welche der menschliche Geist wandern musste, um diese von vorneherein als kaum lösbar scheinende Aufgabe zu überwältigen, bleibt mir heute versagt, indem das vorgesteckte Ziel ein anderes ist.

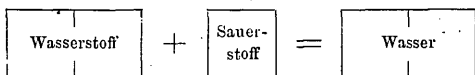
Für uns ist die absolute Größe und das absolute Gewicht eines Atomes vorläufig nebensächlich, dagegen müssen wir dem relativen Gewichte der Atome oder dem „Atomgewicht“ mehr Aufmerksamkeit schenken.

Schließen wir uns mit der allergrößten Zahl der jetzt lebenden Chemiker der Hypothese an, dass alle Körper in der That aus kleinsten Theilchen, Atomen, bestehen, so können wir auf Grund des Experimentes die relativen Atomgewichte zweier, mehrerer und schließlich aller Elemente bestimmen.

Wir wollen uns darauf beschränken, das relative Atomgewicht von Wasserstoff, Sauerstoff und Kupfer zu ermitteln.

Die moderne Gastheorie lehrt uns, dass in gleichen Volumtheilen verschiedene Gase stets die gleiche Anzahl Molecüle enthalten ist. Ein Liter Wasserstoffgas enthält ebensoviel Molecüle wie ein Liter Sauerstoff oder Kohlensäure oder Wasserdampf von derselben Temperatur und unter demselben Druck.

Der Versuch zeigt nun, dass sich zwei Volumen Wasserstoff mit einem Volumen Sauerstoff zu zwei Volumen Wasserdampf vereinigen. Dies können wir uns durch folgendes Schema versinnbildlichen:



Es sind also z. B. aus 2000 Molecülen Wasserstoff und 1000 Molecülen Sauerstoff 2000 Molecüle Wasser geworden. Jedes Molecül Wasser enthält somit ein ganzes Molecül Wasserstoff und ein halbes Molecül Sauerstoff. Das Molecül Sauerstoff ist somit theilbar, es besteht aus zwei Atomen, in jedem Molecül Wasser ist ein Atom Sauerstoff neben einem Molecül Wasserstoff enthalten. Aus ganz ähnlichen Versuchen wissen wir aber, dass auch das Molecül Wasserstoff in zwei Theile, in zwei Atome getheilt werden kann.

Ein Molecül Wasser besteht somit aus einem Atom Sauerstoff und zwei Atomen Wasserstoff.

Wir erhitzen nun eine gewogene Menge Kupferoxyd in einem Kugelrohr, welches wir einerseits mit dem Entbindungsrohr eines Wasserstoffentwicklungsapparates, andererseits mit einem Chlorcalciumrohr in Verbindung gebracht haben. Das mit Chlorcalcium gefüllte Rohr ist vorher gewogen. Leiten wir nun Wasserstoff über das Kupferoxyd und beginnen wir dasselbe nach einiger Zeit zu erhitzen, so beobachten wir, dass es sich nach und nach in metallisches Kupfer verwandelt, während sich Wasser in der Kugel des Chlorcalciumrohres ansetzt. Ist alles Kupferoxyd reducirt, so lassen wir erkalten, saugen den Wasserstoff aus den Gefüßen aus und wägen.

10 *gr* Kupferoxyd haben bei einem solchen Versuch 7·9823 *gr* Kupfer geliefert, wogegen das Chlorcalciumrohr 2·2698 *gr* Wasser aufnahm.

Das Kupferoxyd hat somit $10 - 7·9823 = 2·0177$ *gr* Sauerstoff abgegeben, das entstandene Wasser besteht demnach aus 2·0177 *gr* Sauerstoff und $2·2698 - 2·0177 = 0·2521$ *gr* Wasserstoff.

Nun verhalten sich aber

$$2·0177 : 0·2521 = 8 : 1$$

Im Wasser sind also 8 Gewichtstheile Sauerstoff mit 1 Gewichtstheil Wasserstoff verbunden.

Da nun ein Molecül Wasser ein Atom Sauerstoff und 2 Atome Wasserstoff enthält, so muss ein Atom Sauerstoff 16mal so schwer sein als ein Atom Wasser-

stoff. Nimmt man das Atomgewicht des Wasserstoffes, wie das gebräuchlich, als Einheit an, so ist das Atomgewicht des Sauerstoffes gleich 16.

Da 10 *gr* Kupferoxyd 7·9823 *gr* Kupfer und 2·0177 *gr* Sauerstoff enthalten, so finden wir die Menge Kupfer, welche sich mit 16 Theilen Sauerstoff verbindet, aus der Proportion:

$$7\cdot9823 : 2\cdot0177 = x : 16$$

und x , d. i. das Atomgewicht des Kupfers gleich 63·3, wobei wir allerdings die unschwer zu beweisende Annahme machen, dass sich ein und nicht zwei oder drei Atome Kupfer mit einem Atom Sauerstoff zu Kupferoxyd vereinigen. Wir haben nun auf einem natürlich lang nicht erschöpfenden Wege die Atomgewichte von Wasserstoff, Sauerstoff und Kupfer bestimmt.

In ähnlicher Weise sind die Atomgewichte sämtlicher Elemente ermittelt worden.

Mendelejeff hat nun im Jahre 1869 die merkwürdige Entdeckung gemacht, dass sich die Eigenschaften der Elemente als periodische Functionen der Atomgewichte darstellen.

Dies tritt sehr klar hervor, wenn man die Elemente nach ihren Atomgewichten in folgender Weise anordnet.

Das Element mit dem kleinsten Atomgewicht, der Wasserstoff, ist in die Tabelle nicht einbezogen.

	I	II	III			IV	V	VI	VII	VIII		
1	<i>Li</i> 7·01	<i>Be</i> 9·3	<i>B</i> 11			<i>C</i> 12	<i>N</i> 14	<i>O</i> 16	<i>F</i> 19			
2	<i>Na</i> 23	<i>Mg</i> 24	<i>Al</i> 27·3			<i>Si</i> 28	<i>P</i> 31	<i>S</i> 32	<i>Cl</i> 35·4			
3	<i>K</i> 39·1	<i>Ca</i> 40	<i>Sc</i> 45			<i>Ti</i> 48	<i>V</i> 51·2	<i>Cr</i> 52·1	<i>Mn</i> 54·8	<i>Fe</i> 55·9	<i>Ni</i> 58·6	<i>Co</i> 58·7
4	<i>Cu</i> 63·3	<i>Zn</i> 65·3	<i>Ga</i> 69·9			<i>Ge</i> 72	<i>As</i> 74·9	<i>Se</i> 78·9	<i>Br</i> 80			
5	<i>Rb</i> 85·2	<i>Sr</i> 87·2	<i>Y</i> 88	<i>X</i> 88·5	<i>X</i> 89	<i>Zr</i> 90·4	<i>Nb</i> 94	<i>Mo</i> 96	<i>?</i> 99	<i>Ru</i> 103·5	<i>Rh</i> 104	<i>Pd</i> 106
6	<i>Ag</i> 108	<i>Cd</i> 111·6	<i>In</i> 113·4			<i>Sn</i> 118·8	<i>Sb</i> 122	<i>Te</i> 126·3	<i>J</i> 127			
7	<i>Cs</i> 132	<i>Ba</i> 137	<i>La</i> 139	<i>Di</i> 140	<i>Ce</i> 141	<i>?</i> 142	<i>?</i> 143	<i>?</i> 144	<i>?</i> 146	<i>?</i> 147	<i>?</i> 148	<i>?</i> 149
8	<i>?</i> 150	<i>?</i> 150	<i>?</i> 158			<i>?</i> 160	<i>?</i> 162	<i>?</i> 164	<i>?</i> 165			
9	<i>?</i> 172	<i>?</i> 173	<i>Yb</i> 174	<i>X</i> 176	<i>X</i> 176	<i>?</i> 180	<i>Ta</i> 182	<i>W</i> 184	<i>?</i> 187	<i>Os</i> 191	<i>Ir</i> 192·7	<i>Pt</i> 194·5
10	<i>Au</i> 196·8	<i>Hg</i> 200	<i>Tl</i> 203·6			<i>Pb</i> 207	<i>Bi</i> 210	<i>?</i> 212	<i>?</i> 213			
11	<i>?</i> 222	<i>?</i> 227	<i>X</i> 229	<i>X</i> 231	<i>X</i> 232	<i>?Th</i> 234	<i>?</i> 238	<i>U</i> 240				

Die in den Verticalreihen stehenden Elemente zeigen zum Theil sehr große Ähnlichkeit mit einander. So stehen z. B. alle Alkalimetalle, nämlich Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Caesium in der ersten Reihe. Daneben enthält diese erste Reihe allerdings noch einige Schwermetalle, wie Kupfer, Silber und Gold, diese sind aber wieder untereinander nahe verwandt und zeigen auch bestimmte Ähnlichkeiten mit den Alkalien. Für die zweite Reihe sind die Metalle der alkalischen Erden charakteristisch, in der dritten stehen die Metalle der Erden, in der vierten die nahe verwandten Elemente Kohlenstoff, Silicium, Titan u. s. w. Die fünfte Reihe enthält die Elemente der Stickstoffe und Phosphorgruppe u. s. w.

Wohin man auch blickt, wird man die einander ähnlichen Elemente stets in einer Verticalreihe stehen sehen. So in der sechsten Reihe Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur, in der siebenten Fluor, Chlor, Brom und Jod.

Da X an der Stelle einiger zwar bekannter aber noch wenig studierter Elemente steht, deren Atomgewicht noch nicht genau ermittelt ist, so ergibt sich aus der Tabelle, dass erst das vierzigste Glied der Reihe, oder wenn man den Wasserstoff mit dem Atomgewicht = 1 hinzurechnet, das einundvierzigste völlig unbekannt ist. Es findet sich innerhalb dieses Intervalls keine Lücke mehr, in welche ein heute noch unbekanntes Element eingesetzt werden könnte.

Im Jahre 1869, als Mendelejeff das periodische Gesetz aufstellte, war dem nicht so. Die Elemente mit

den Atomgewichten 45, 70 und 72 waren noch nicht bekannt. Mendelejeff sah aber auf Grund seiner Tabelle ihre Existenz voraus, bezeichnete sie als Ekabor, Ekaaluminium und Ekasilicium und beschrieb ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften auf Grund des Verhaltens der vier ihnen benachbarten Elemente im System.

Der Zufall wollte es, dass schon im Jahre 1875 von Lecoq de Boisbaudran ein neues Metall Gallium entdeckt wurde, welches Mendelejeff sofort als das von ihm vorhergesagte Ekaaluminium ansprach. 1879 wies Cleve nach, dass das von ihm und Nilson entdeckte Scandium mit dem Ekabor identisch sei und in jüngster Zeit hat Clemens Winkler das Ekasilicium aufgefunden und Germanium benannt.

Die Entdeckung des Galliums ist nicht unpassend mit der des Neptuns verglichen worden, dessen Bahn von Leverrier aus gewissen Störungen im Laufe der anderen Planeten vorher berechnet wurde.

Das periodische Gesetz zeigt uns also deutlich, dass die Eigenschaften der Elemente von dem Gewicht ihrer Atome abhängig sind. Es liegt nun der Gedanke nahe, dass die Materie, aus welcher die Atome bestehen, nicht qualitativ verschieden sei, sondern dass die verschiedenen Atome nur wechselnde Quantitäten ein und derselben Materie enthalten. Diese Materie wäre dann der Urstoff.

Diese Meinung ist schon im Beginn des Jahrhunderts von Prout ausgesprochen worden, welcher den

Wasserstoff direct als den Urstoff ansah und alle anderen Atome durch Verschmelzung von mehreren Wasserstoffatomen zu einem größeren Atom entstanden dachte. Diese Hypothese hat sich als nicht stichhaltig erwiesen, weil sonst die Atomgewichte aller Elemente Multipla des Atomgewichtes des Wasserstoffes sein müssten. Sehr genaue Untersuchungen, namentlich von Stas, haben aber ergeben, dass dies nicht der Fall ist. Chlor hat z. B. das Atomgewicht 35·4, ein Atom Chlor kann somit nicht durch Verschmelzung von Wasserstoffatomen entstanden sein, da zu seiner Bildung eben 35 ganze und noch 4 Zehntel Wasserstoffatome nothwendig wären, das Wasserstoffatom selbst also wieder getheilt gedacht werden müsste.

Wir müssen uns also auch schon das Wasserstoffatom als aus einer großen Anzahl kleinster Theilchen des Urstoffes zusammengesetzt denken.

Geben wir nun zu, dass alle Materie einheitlich und nur in verschiedener Quantität zu Atomen vereinigt sei, so ist die Möglichkeit nicht a priori abzusprechen, dass es der Chemie nicht gelingen wird, auch die Atome zu spalten oder mehrere Atome zu einem einzigen zu verschmelzen und auf diesem Wege ein Element in das andere überzuführen. Bisher haben wir allerdings noch gar keine Vorstellung davon, was für Mittel derartige Veränderungen der Atome zustande bringen könnten. Die höchsten uns erreichbaren Hitzegrade, die Elektrizität, hoher Druck u. s. w. haben sich als unwirksam erwiesen.

So müssen wir uns vorläufig damit begnügen, die Abhängigkeit der Elemente von ihren Atomgewichten nachgewiesen und damit sicher die Grenzen menschlicher Erkenntnis wieder um ein gutes Stück hinausgerückt zu haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Benedikt Rudolf

Artikel/Article: [Über Metallwandlung. 443-456](#)