

I. Allgemeiner Teil.

Die Materie ist kein einfacher Körper; die Bemühungen, welche darauf abzielten, sie in ihre Urbestandteile zu zerlegen, haben bis jetzt etwa 75 mit Sicherheit bekannte Grundstoffe oder Elemente ergeben, aus welchen sich die Materie zusammensetzt. „Ein Element ist ein solcher Körper, welcher beim jeweiligen Stande der chemischen Wissenschaft in einfachere nicht zerlegt werden kann.“ Mit dieser Erklärung des Wortes Element ist der Begriff desselben für alle Zeiten festgelegt. Sollten auch, was nicht unmöglich, ja sogar wahrscheinlich ist, im Verlaufe der Zeit einige der gegenwärtig noch für Elemente geltenden Stoffe als zusammengesetzte erkannt werden, so würden sie eben nach dieser Erklärung aus der Reihe der Elemente gestrichen, und ihre einfacheren Bestandteile würden an ihre Stelle aufgenommen werden.

Die Elemente bestehen aus Atomen.

Verschiedenartige Gründe haben mit Notwendigkeit zu der Annahme geführt, daß die Teilbarkeit der Materie eine Grenze haben müsse, daß man bei fortgesetzter Teilung schließlich einmal zu Massenteilchen gelangen muß, welche sich als nicht mehr teilbar erweisen. Diese Körperchen heißen Atome (von α priv. und τέμνω schneide). Wir stellen sie uns vor als außerordentlich klein, als ausgestattet mit chemischer Energie oder Verbindungsfähigkeit, und nehmen vorläufig an, daß nach der Anzahl der bekannten Elemente 75 verschiedene Arten von Atomen existieren. Die Elemente setzen sich nur aus gleichartigen Atomen zusammen, und auf der den Atomen inwohnenden Individualität beruhen die besonderen Eigenschaften bzw. Verschiedenheiten der Elemente.

Durch Vereinigung gleichartiger Atome miteinander entstehen also die Elemente; so bilden z. B. Wasserstoffatome das Element Wasserstoff, Chloratome das Element Chlor, Schwefelatome das Element Schwefel, u. s. w. Durch Vereinigung verschiedenartiger Atome entstehen die chemischen Verbindungen. So geben Wasserstoffatome und Chloratome die chemische Verbindung Chlorwasser-

stoff, Wasserstoffatome und Schwefelatome die Verbindung Schwefelwasserstoff, Chloratome und Silberatome die Verbindung Chlorsilber u. s. w. Umgekehrt können wir nun definieren:

Ein Element ist ein solcher Körper, der nur aus gleichartigen Atomen besteht, eine chemische Verbindung ist ein solcher Körper, der aus ungleichartigen Atomen besteht. Die Atome, so nehmen wir an, sind im freien Zustande nicht existenzfähig; sie haben das Bestreben, sich zu größeren Atomgruppen, zu Molekülen (von *molecula*, dem Diminutiv von *moles* = Masse) zu vereinigen, welche letztere dann im freien Zustande existenzfähig sind. Vereinigen sich nun gleichartige Atome zu solchen Atomgruppen, so erhalten wir die Moleküle der Elemente; tritt dagegen eine Vereinigung ungleichartiger Atome ein, so erhalten wir die Moleküle der chemischen Verbindungen.

Wir müßten mit der Definition dieser Begriffe umso mehr uns eingehend beschäftigen, als es für den Anfänger etwas schwierig ist, sich in diese Verhältnisse hineinzudenken, und weil ohne ihre genaue Kenntnis das Verständnis für chemische Tatsachen kaum möglich ist.

Element:

*Stoff, der sich mit
anderen Stoffen
unveränderlich
aufeinander
verbindet.*

Unter einem Molekül verstehen wir „diejenige geringste Menge eines Elementes oder einer chemischen Verbindung, welche im freien Zustande existierend gedacht werden kann“. Es läßt sich z. B. annehmen, daß die geringste, frei existenzfähige Menge Chlor einer Formel Cl_2 entspricht, mit anderen Worten aus zwei Atomen Chlor besteht; desgleichen können wir annehmen, daß die geringste, frei existierende Menge Wasserstoff der Formel H_2 entspricht. Wir drücken damit aus, daß weniger als 2 H-Atome, also beispielsweise ein H-Atom, im freien Zustande nicht vorkommen können. Noch schärfer prägt sich dies bei den Molekülen der chemischen Verbindungen aus; wir nehmen gegenwärtig an, daß die geringste, im freien Zustande existenzfähige Menge Salzsäure der Formel HCl entspricht, d. h. daß das Molekül der Salzsäure aus je einem Atom Wasserstoff und Chlor besteht, welche beide sich zu einem Molekül Chlorwasserstoff oder Salzsäure vereinigt haben. Wollte man diesem Atomkomplex eines der Atome entziehen, so würde dadurch die Verbindung Chlorwasserstoff zu existieren aufhören, denn die geringste Menge dieses Körpers besteht eben aus 1 Atom Chlor und 1 Atom Wasserstoff, und dem Molekül Chlorwasserstoff (HCl) kann kein Atom entzogen werden, ohne daß es eben aufhört Chlorwasserstoff (HCl) zu sein.

Das Molekül des Wassers denken wir uns zusammengesetzt aus 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff und schreiben ihm damit die Formel H_2O zu; wollten wir diesem Molekül eines der Atome entziehen, so würde die Verbindung eben aufhören, Wasser zu sein, da jedes Molekül Wasser unter allen Umständen aus 2 Wasserstoffatomen und 1 Sauerstoffatom bestehen muß.

Die hier angeführten Beispiele werden vorläufig zum Verständnis genügen; übrigens wird auf diesen Gegenstand im weiteren Verlaufe wiederholt zurückgegriffen werden. — Es wirft sich nun die Frage auf: was sind im Gegensatze zu den Molekülen die Atome?

Wir hatten vorhin bemerkt, daß die Atome im freien Zustande als nicht existenzfähig gedacht werden müssen, daß dieselben vielmehr das Bestreben haben, sich untereinander zu größeren Atomkomplexen zu vereinigen und auf diese Weise die im freien Zustande existenzfähigen Moleküle geben. „Ein Atom ist demnach diejenige kleinste Menge eines Elementes, welches im stande ist, eine chemische Verbindung einzugehen.“ Unter dem Zeichen Cl verstehen wir z. B. die kleinste Menge Chlor, welche mit anderen Elementaratomen zu einer Verbindung sich vereinigen kann, z. B. mit einem Atom Wasserstoff zu Chlorwasserstoff. — Es erscheint an dieser Stelle mit Rücksicht auf den Anfänger nicht überflüssig, besonders hervorzuheben, daß man von Molekülen sowohl bei Elementen als auch bei chemischen Verbindungen sprechen kann; daß aber Atome einzig und allein von Elementen sich herleiten. Ein Atom einer chemischen Verbindung, z. B. ein Atom Wasser, ist nach den gegenwärtig geltenden Anschauungen aus dem Grunde nicht denkbar, weil die einfachste Verbindung mindestens schon aus zwei (ungleichartigen) Atomen bestehen muß. Es wäre deshalb ein grober Verstoß und würde auf mangelndes Verständnis schließen lassen, wollte jemand z. B. von einem Atom Salzsäure oder Schwefelsäure oder irgend einer anderen chemischen Verbindung reden.

Die chemische Nomenklatur.

Wie wir sahen, entstehen die chemischen Verbindungen durch Vereinigung ungleichartiger Elementaratome zu Molekülen. — Als zu Anfang dieses Jahrhunderts durch die bahnbrechenden Arbeiten von *Lavoisier, Scheele, Priestley, Berzelius* und anderer die chemische Forschung lebhaftere Anregung erfahren hatte, als im Verlaufe kurzer Zeit die Zahl der neu dargestellten Körper beständig anwuchs, als man begann, die chemischen Prozesse schrittweis zu verfolgen und von einheitlichen Gesichtspunkten aus zu betrachten, da stellte sich das Bedürfnis heraus, diejenigen Vorgänge, welche man bei den Arbeiten im Laboratorium beobachtet hatte, auch durch Schriftzeichen darzustellen. — Dieses Bedürfnis stand im engsten Zusammenhange mit den am Ende des 18. Jahrhunderts erhaltenen Aufklärungen über die Natur der Materie: daß dieselbe aus einfachen Grundstoffen oder Elementen bestehe, welche ihrerseits aus Atomen sich zusammensetzen, daß endlich die chemischen Verbindungen durch Zusammentreten von ungleichartigen Atomen entstehen.

Schon einige Jahrhunderte früher hatten sich die Alchimisten bei ihren Arbeiten gewisser kabbalistischer Zeichen bedient, auf deren Grundlage nun eine Art chemischer Zeichenschrift entstand. Jedes Elementaratom erhielt ein eigenes Zeichen, und durch Zusammenstellung der Zeichen der betreffenden Elementaratome drückte man schließlich auch die Zusammensetzung der chemischen Verbindungen aus. Indessen war diese Zeichensprache immer noch eine sehr unvollkommene und schwerfällige, wie nachstehende Zusammenstellung der graphischen Symbole einiger Elemente und chemischer Verbindungen zeigen wird.

Atomzeichen		Atomzeichen ¹⁾	
Sauerstoff	○	Wasser	○ ○
Wasserstoff	⊙	Ammoniak	⊙ ⊙
Stickstoff	⊕	Kohlensäure	● ○ ●
Kohlenstoff	●	Salpetersäure	○ ⊕ ○
			○

Obgleich diese Symbole der Atome uns gegenwärtig etwa wie eine alte Keilschrift vorkommen, so stellten sie doch einen wesentlichen Fortschritt dar; immerhin aber muß ihre Benützung eine sehr schwerfällige gewesen sein, namentlich als die Zahl der bekannten Elemente gegen Anfang des 19. Jahrhunderts sehr rasch wuchs (*Lavoisier*, 1743 bis 1794, kannte nur 17 Elemente).

Da machte um das Jahr 1818 der schwedische Chemiker *Berzelius* den Vorschlag, als Symbole für die Elemente die Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Benennungen zu wählen; in denjenigen Fällen, in welchen zwei Elemente den nämlichen Anfangsbuchstaben haben, sollte zu ihrer Unterscheidung außerdem noch der zweite, dritte oder vierte Buchstabe hinzugefügt werden. Es sollte also symbolisch geschrieben werden

für Hydrogenium = H	für Baryum = Ba
„ Oxygenium = O	„ Magnesium = Mg
„ Nitrogenium = N	„ Mangan = Mn
„ Carboneum = C	„ Stannum = Sn.

Diese Schreibweise fand bald allgemein Anklang und ist auch die noch heute gebräuchliche.

Gleichzeitig fand noch eine Ausdehnung in der Anwendung dieser symbolischen Schriftzeichen statt. Es war seit *Benj. Richter* und *Lavoisier* mit Sicherheit erwiesen worden, daß die chemischen Verbindungen stets nach ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen entstehen, daß ferner bei Zerlegung von Verbindungen die erhaltenen einfacheren Körper in ebenfalls ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen auftreten.

¹⁾ Damals wurde ein Unterschied zwischen Atom und Molekül noch nicht gemacht, ebenso hatte man auch von der Zusammensetzung vieler Verbindungen nicht ganz zutreffende Ansichten.

So vereinigen sich z. B. 200 Gewichtsteile Quecksilber mit 16 Gewichtsteilen Sauerstoff zu 216 Gewichtsteilen Quecksilberoxyd, und diese 216 Gewichtsteile Quecksilberoxyd zerfallen beim Erhitzen wiederum in 200 Gewichtsteile Quecksilber und 16 Gewichtsteile Sauerstoff. Da entsprechende Verhältnisse bei allen Elementen ermittelt wurden, so einigte man sich dahin, daß die Symbole gleichzeitig diejenigen relativen Gewichtsverhältnisse ausdrücken sollten, in denen die Elemente sich untereinander verbinden.

Wenn man aber eine Anzahl verschiedener Größen miteinander vergleichen (d. h. messen) will, so bedarf man hierzu zunächst eines bestimmten Maßstabes, d. h. einer Maßeinheit.

Als Maßeinheit wurde eine lange Reihe von Jahren ausschließlich der Wasserstoff ($H = 1$) benützt. Es drückt also das Symbol Cl diejenige Menge Chlor aus, welche sich mit einer Gewichtseinheit Wasserstoff verbindet, und da diese Menge = 35,5 Einheiten beträgt, so ist das Verbindungsgewicht des Chlors mithin 35,5.

Es verbinden sich also die Elemente untereinander nach gewissen, ein für alle Male feststehenden Gewichtsverhältnissen. Dies war das Resultat der auf *Lavoisiers* und Anderer Arbeiten fundierten Forschungen. Was lag näher, als zugleich diese Gewichtsmengen mit den Atomen zusammenzuwerfen und anzunehmen, jede so gefundene Verbindungszahl entspreche einem Elementaratom? Indessen erwies sich diese Annahme doch bald als unhaltbar, da es sich zeigte, daß ein und dasselbe Element sich mit verschiedenen Mengen eines anderen vereinigen könne, welche allerdings untereinander in einfachen Verhältnissen stehen. So verbinden sich 32 Gewichtsteile Schwefel mit 32, aber auch mit 48 Gewichtsteilen Sauerstoff. 28 Gewichtsteile Stickstoff vereinigen sich mit 16, oder 32, oder 48, oder 80 Gewichtsteilen Sauerstoff.

Eine einfache Betrachtung zeigt, daß alle diese Zahlen untereinander in einfachen Verhältnissen stehen. 32 Gewichtsteile Schwefel z. B. verbinden sich mit 2×16 oder 3×16 Gewichtsteilen Sauerstoff, 28 Gewichtsteile Stickstoff vereinigen sich mit 1×16 , oder 2×16 , oder 3×16 oder 5×16 Gewichtsteilen Sauerstoff. Man fand sich daher genötigt, das oben angeführte Gesetz etwas zu modifizieren; es erhielt seinen weiteren Ausbau in dem schon 1807 von *Dalton* aufgestellten „Gesetze der multiplen Proportionen“. Dasselbe lautet: „Die Elemente verbinden sich untereinander nach bestimmten, konstanten Gewichtsverhältnissen (d. h. nach ihren Atomgewichten) oder nach den Multiplen derselben.“

Auf diesen Grundlagen hat sich allmählich die gegenwärtig gültige, sogenannte atomistische Molekulartheorie entwickelt. Dieselbe nimmt für jedes Elementaratom ein Verbindungsgewicht an, welches ihm sozusagen angeboren ist und welches man bemüht ist, durch immer erneute Forschung

Atomgewicht (Molekulargewicht) kleinste Gewichtsteil eines Elementes, findet in einer gewissen Verbindung vor.

Verbindungsverhältnisse. *Relative Gewichtsteile, bezogen auf O = 16,00*

Atomgewicht: möglichst sicher festzustellen. Als Atomgewicht wird diejenige kleinste Menge eines Elementes angenommen, welche man bisher — den Wasserstoff als 1 (bezw. den Sauerstoff als 16,0) angenommen — in irgend einer Verbindung aufgefunden hat.

Molekulargewicht: Es drücken also die Atomgewichte diejenigen relativen Gewichtsmengen aus, nach welchen sich die Elemente untereinander verbinden. So vereinigt sich 1 Gewichtsteil Wasserstoff $H = 1$ mit 35,5 Gewichtsteilen Chlor, $Cl = 35,5$; es resultieren dabei 36,5 Gewichtsteile der Verbindung Chlorwasserstoff. — 23 Gewichtsteile Natrium vereinigen sich mit 35,5 Gewichtsteilen Chlor zu 58,5 Gewichtsteilen der Verbindung Chlornatrium. Und gerade so, wie die Vereinigung der Elemente nach feststehenden Gewichtsverhältnissen vor sich geht, so sind auch die relativen Gewichtsmengen der entstehenden chemischen Verbindungen immer konstante.

Formelgewicht: 1 Gewichtsteil Wasserstoff und 35,5 Gewichtsteile Chlor geben immer 36,5 Gewichtsteile Chlorwasserstoff; 23 Gewichtsteile Natrium und 35,5 Gewichtsteile Chlor geben immer 58,5 Gewichtsteile Chlornatrium.

Die im vorstehenden mitgeteilten Beispiele ergeben sich unter Zugrundelegung der sogenannten „abgerundeten Atomgewichte“. In diesen ist vorausgesetzt, daß der Formel $H_2 + O$ entsprechend sich 2,00 Gewichtsteile Wasserstoff mit 16,00 Gewichtsteilen Sauerstoff verbinden. Diese Annahme ist indessen nach den genaueren Bestimmungen der letzten Jahre nicht aufrecht zu erhalten. Es hat sich vielmehr gezeigt, daß 2 Gewichtsteile Wasserstoff sich mit 15,88 Gewichtsteilen Sauerstoff verbinden. Nimmt man also das Atomgewicht des Wasserstoffs zu 1,00 an, so ist dasjenige des Sauerstoffs = 15,88. Setzt man dagegen als Atomgewicht des Sauerstoffs die ganze Zahl 16,00 ein, so ist das Atomgewicht des Wasserstoffs, wie jeder leicht berechnen kann, = 1,01. Aehnliche Verhältnisse ergeben sich auch für die anderen Elemente. Man erhält also, je nachdem man als Maßeinheit $H = 1$ oder $O = 16$ einsetzt, zwei untereinander merklich verschiedene Zahlenreihen.

Die gegenwärtig angenommenen Atomzahlen mit internationaler Gültigkeit gehen von der Maßeinheit $O = 16,00$ aus.

Geschichtliches. Als Maßeinheit wurde zunächst der Sauerstoff ($O = 1$) aufgestellt. Diese Maßeinheit wurde indes bald wieder verlassen, weil die so erhaltenen Zahlen für viele Elemente nur Bruchteile einer ganzen Zahl und aus diesem Grunde unbequem waren. Man wählte deshalb später den Wasserstoff als Maßeinheit ($H = 1$), und dieser Maßstab hat sich fast ein Jahrhundert lang in Geltung erhalten. Die unter Zugrundelegung dieses Maßstabes ($H = 1$) erhaltenen Zahlen waren deswegen sehr bequem, weil sie sämtlich Multiple der Zahl 1 und, von wenigen Ausnahmen abgesehen, auch ganze Zahlen waren (die sog. „abgerundeten Atomgewichte“).

Seit den letzten 20 Jahren hat sich in dieser Beziehung eine Wandlung vollzogen: die mit verbesserten Methoden ausgeführten „Revisionen der Atomgewichte“ haben gezeigt, daß auch unter Zugrundelegung des Maßstabes ($H = 1$) die genauen Verhältniszahlen für die meisten der Elemente nicht ganze Zahlen, sondern Bruchzahlen sind.

relatives Gewicht bezogen auf O = 16,00
Molekulargewicht
Formelgewicht
in H₂SO₄
2,00 H = 2,00
16,00 O = 16,00
18,00 H₂SO₄
in H₂O
2,00 H = 2,00
8,00 O = 8,00
10,00 H₂O

Von der
Rechnung
Die hier
Aluminium
Antimon
Argon
Arsen
Baryum
Beryllium
Blei
Bor
Brom
Caesium
Calcium
Cerium
Chlor
Chrom
Eisen
Erbium
Fluor
Gallium
Germanium
Gold
Helium
Indium
Iridium
Jod
Kadmium
Kalium
Kobalt
Kohlenstoff
Kupfer
Lanthan
Lithium
Magnesium
Mangan
Molybdän
Natrium
Neodym

nächst
Wert
Atom
nicht
Zusammen
schen
Atom
den
praktisch
das

Tabelle der Atomgewichte.

Von der internationalen Atomgewichtskommission aufgestellt. Für alle praktischen Rechnungen zu benützen. Auf das Atomgewicht des Sauerstoffs ($O = 16$) bezogen. Die hier aufgeführten Atomgewichte stimmen mit denjenigen des Deutschen Arzneibuchs, IV. Ausgabe von 1900, überein.

Element	Atomzeichen (Symbol)	Atomgewicht	Element	Atomzeichen (Symbol)	Atomgewicht
Aluminium	Al	27,1	Neon	Ne	20
Antimon	Sb	120	Nickel	Ni	58,7
Argon	A	40	Niobium	Nb	94
Arsen	As	75	Osmium	Os	191
Baryum	Ba	137,4	Palladium	Pd	106
Beryllium	Be	9,1	Phosphor	P	31
Blei	Pb	206,9	Platin	Pt	194,8
Bor	B	11	Praseodym	Pr	140
Brom	Br	79,96	Quecksilber	Hg	200,3
Caesium	Cs	133	Rhodium	Rh	103
Calcium	Ca	40	Rubidium	Rb	85,4
Cerium	Ce	140	Ruthenium	Ru	101,7
Chlor	Cl	35,45	Samarium	Sa	150
Chrom	Cr	52,1	Sauerstoff	O	16
Eisen	Fe	56	Scandium	Sc	44,1
Erbium	Er	166	Schwefel	S	32,06
Fluor	F	19	Selen	Se	79,1
Gallium	Ga	70	Silber	Ag	107,93
Germanium	Ge	72	Silicium	Si	28,4
Gold	Au	197,2	Stickstoff	N	14,04
Helium	He	4	Strontium	Sr	87,6
Indium	In	114	Tantal	Ta	183
Iridium	Ir	193	Tellur	Te	127
Jod	J	126,85	Thallium	Tl	204,1
Kadmium	Cd	112	Thorium	Th	232
Kalium	K	39,15	Titan	Ti	48,1
Kobalt	Co	59	Uran	U	239,5
Kohlenstoff	C	12	Vanadin	V	51,2
Kupfer	Cu	63,6	Wasserstoff	H	1,01
Lanthan	La	138	Wismut	Bi	208,5
Lithium	Li	7,03	Wolfram	W	184
Magnesium	Mg	24,36	Ytterbium	Yb	173
Mangan	Mn	55	Yttrium	Y	89
Molybdän	Mo	96	Zink	Zn	65,4
Natrium	Na	23,05	Zinn	Sn	118,5
Neodym	Nd	144	Zirkonium	Zr	90,6

Dies führte zur Aufstellung der sog. „revidierten Atomgewichte“, bei denen zunächst wiederum der Wasserstoff ($H = 1$) als Maßeinheit beibehalten worden war.

Seit 1898 hat man wieder auf den Sauerstoff als Maßeinheit, aber mit dem Werte $O = 16$ (nicht $O = 1$), zurückgegriffen. Der Grund dafür lag darin, daß die Atomgewichtszahlen der meisten Elemente aus deren Sauerstoffverbindungen und nicht aus deren Wasserstoffverbindungen erschlossen worden sind, also im engsten Zusammenhang mit dem Sauerstoff stehen. Von dem Vorstand der Deutschen Chemischen Gesellschaft wurde eine internationale Kommission eingesetzt, welche eine Atomgewichtstafel mit internationaler Gültigkeit ausgearbeitet hat, die einer dauernden Kontrolle unterliegt. Die in dieser Tafel enthaltenen Atomgewichte sind allen praktischen Berechnungen zu Grunde zu legen und sind auch diejenigen, welche das Deutsche Arzneibuch für seine Berechnungen anzuwenden vorgeschrieben hat.

Diese sog. internationalen Atomgewichte werden in diesem Buche bei allen wirklichen Rechnungen benützt werden, während bei den bisher gemachten didaktischen Ausführungen im Interesse des Anfängers die abgerundeten Atomzahlen benützt worden sind.

Wie wir gesehen haben, besitzen die Atome die Neigung, sich miteinander zu verbinden und zu Molekülen zusammenzutreten; bei diesem Vorgange behalten sie eine ihrer wichtigsten Eigenschaften, nämlich ihr Gewicht, und die Summe der Atomgewichte der das Molekül bildenden Atome ist gleich dem Molekulargewicht. — Auch das Molekulargewicht ist, wie das Atomgewicht, eine feststehende Zahl. Man erhält das Molekulargewicht durch Addition der in einem Molekül enthaltenen Atomgewichte. So ist z. B. das Molekulargewicht des Wassers = 18,02, dasjenige der Schwefelsäure = 98,08.

Wasser H ₂ O	Schwefelsäure H ₂ SO ₄
H ₂ = 2,02	H ₂ = 2,02
O = 16,00	S = 32,06
18,02	O ₄ = 64
	98,08

Das Molekulargewicht kann in den meisten Fällen auch experimentell ermittelt werden. Wie dies geschieht, gehört nicht in den Rahmen dieses Leitfadens, es muß deshalb auf diese Erörterung verzichtet werden.

Wertigkeit der Elemente.

Die „chemischen Verbindungen“ entstehen durch Vereinigung von ungleichartigen Elementaratomen. Indessen verhalten sich bei dem Verbindungsprozeß nicht alle Atome gleich, vielmehr ist dabei eine gesetzmäßige Verschiedenheit zu konstatieren. So gibt es nämlich Elemente, von denen ein Atom hinreicht, um mit einem Atom eines anderen eine chemische Verbindung zu bilden; andererseits aber gebraucht ein Atom des einen Elementes zwei, drei, auch vier Atome eines anderen Elementes, um eine chemische Verbindung zu bilden. Man hat dies dadurch ausgedrückt, daß man sagt: die Elementaratome haben verschiedene Wertigkeit.

Wollen wir nun die Elemente nach ihrer Wertigkeit oder, besser gesagt, Bindungsfähigkeit klassifizieren, so gelangen wir¹⁾ zu nachstehender Wertigkeitstabelle, in welcher wir die bekannteren und geläufigeren Elemente in fünf Hauptgruppen zusammengestellt haben. Die fettgedruckten Elemente sind die für jede Gruppe typischen.

¹⁾ In anderen Lehrbüchern finden sich abweichende Angaben über die Wertigkeit der Elemente. Diese Verschiedenheiten beruhen indessen nur auf rein theoretischen Anschauungen und haben auf das praktische Studium keinen Einfluß. Die hier gemachten Angaben über die Wertigkeit bezwecken, das Studium der chemischen Verbindungen möglichst zu vereinfachen.

1wertige	2wertige	3wertige	4wertige	3- u. 5wertige
H	O	N	C	N
F Cl Br J	S Se T	P As Sb Bi	Si Sn Pt	P As Sb
Na K Li	Ba Sr Ca Mg	B Au	Fe Mn Ni Co	Bi
Ag	Hg Cu Pb Cd Zn		Al Cr	
HCl	H ₂ O	NH ₃	CH ₄	PCl ₅

Die „Wertigkeit“, auch „Valenz“ oder „Affinität“ genannt, gibt an, in welcher Weise die Elementaratome sich untereinander verbinden.

Um die Wertigkeit der Elemente messen oder vergleichen zu können, muß man vor allen Dingen einen Maßstab haben; als solcher ist jetzt allgemein die Bindungsfähigkeit des Wasserstoffatoms angenommen und diese = 1 gesetzt worden. Wir nennen daher ein einwertiges Element ein solches, von welchem ein Atom mit einem Atom Wasserstoff (oder eines anderen einwertigen Elementes) eine chemische Verbindung gibt, z. B. $H + Cl = HCl$, ferner $Ag + J = AgJ$.

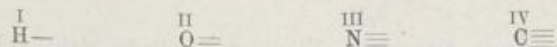
Zweiwertig sind diejenigen Elemente, von denen ein Atom, um eine chemische Verbindung einzugehen, zwei Atome Wasserstoff oder eines anderen einwertigen Elementes erfordert, z. B. $O + H_2 = H_2O$, $Ba + Cl_2 = BaCl_2$.

Dreiwertig ist ein Element, wenn ein Atom desselben im stande ist, mit drei Atomen eines einwertigen Elementes sich zu verbinden, z. B. $N + H_3 = NH_3$, $As + Cl_3 = AsCl_3$.

Vierwertig wird ein Element genannt, von welchem ein Atom im stande ist, mit vier einwertigen oder zwei zweiwertigen Elementaratomen eine chemische Verbindung einzugehen, z. B. $C + H_4 = CH_4$.



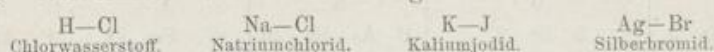
Um beim Schreiben der Formeln eine bessere Uebersichtlichkeit zu erzielen, hat man sich daran gewöhnt, die einzelnen Bindungseinheiten der Elementaratome (auch „Verwandtschaften“ oder „Affinitäten“ oder „Valenzen“ genannt) durch Striche oder Zahlen zu markieren, z. B.



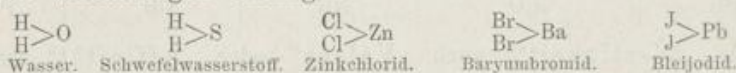
Die chemischen Verbindungen denkt man sich theoretisch dadurch entstanden, daß die einzelnen Bindungseinheiten (Valenzen oder Affinitäten) durch die Bindungseinheiten anderer Atome gesättigt werden. Und zwar ist eine chemische Verbindung im allgemeinen erst dann als möglich zu betrachten, wenn alle ihre Affinitäten gesättigt sind; man spricht daher auch von „gesättigten“ Verbindungen.

Lägen die Verhältnisse nun wirklich so einfach, wie sie eben dargestellt wurden, so würde das richtige Schreiben der Formeln eine höchst einfache Sache sein: die Vertrautheit mit den 4 Spezies würde hinreichen, um allen Verbindungen die richtigen Formeln erteilen zu können.

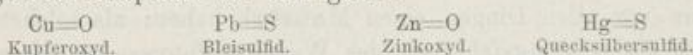
Es würden sich z. B. einwertige Elemente untereinander in der Weise verbinden, daß zwei verschiedenartige einwertige Atome zusammentreten. Wir erhalten so die Verbindungen:



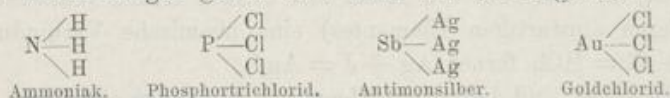
Zweiwertige Elemente würden sich mit 1wertigen nach Art der folgenden Verbindungen vereinigen:



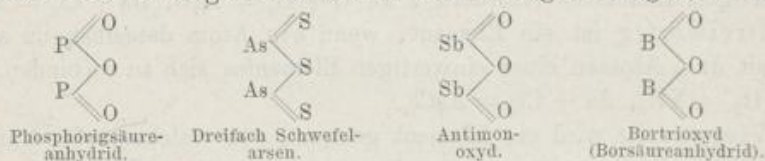
Die Verbindungen der 2wertigen Elemente untereinander würden nach folgenden Beispielen vor sich gehen:



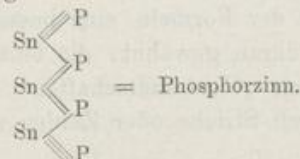
Ein Atom eines 3wertigen Elementes würde mit drei Atomen eines 1wertigen Verbindungen geben etwa nach Art der folgenden:



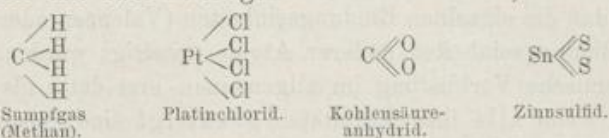
Verbänden sich dagegen 3wertige Elemente mit 2wertigen, so würden drei Atome des 2wertigen zwei Atome des 3wertigen sättigen, z. B.:



Bei der Vereinigung von 3- und 4wertigen Elementen würden vier 3wertige Atome mit drei 4wertigen zusammentreten müssen, wie nachfolgende Verbindung zeigt:



Ein Atom eines 4wertigen Elementes würde sich endlich mit vier 1wertigen oder mit zwei 2wertigen Atomen verbinden, z. B.:



Die Reihe dieser Beispiele, welche sämtlich wirklich existierende Verbindungen darstellen, könnte noch recht weit ausgedehnt werden und, wie leicht einzusehen, fügen sie sich recht gut der oben angeführten Wertigkeitstabelle. Indessen gibt es doch eine große Anzahl von Verbindungen, welche scheinbar von dieser Wertigkeitstabelle abweichen. — So existiert

z. B. eine Verbindung des Quecksilbers mit Chlor von der Zusammensetzung $HgCl_2$, welche allerdings mit der Wertigkeitstabelle übereinstimmt. Andererseits aber ist eine zweite Verbindung von Quecksilber mit Chlor von der Formel Hg_2Cl_2 bekannt, es sind ferner zwei Verbindungen des Eisens mit Chlor von der Formel Fe_2Cl_4 und Fe_2Cl_6 bekannt, welche scheinbar mit den angegebenen Wertigkeiten des Quecksilbers und Eisens bzw. des Chlors im Widerspruch stehen. (Der Lernende mache sich auf dem Papier klar, worin der Widerspruch besteht!) Ferner scheint es bei einigen Verbindungen, z. B. bei der Schwefelsäure, welche die Zusammensetzung H_2SO_4 hat, auf den ersten Blick fast unmöglich, ihre Formeln mit den angegebenen Wertigkeiten in Einklang zu bringen. Indessen doch nur scheinbar!

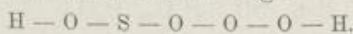
Es haben nämlich die Elementaratome die Fähigkeit, ihre Verwandtschaften (Valenzen, Affinitäten) zum Teil gegen gleichartige Atome auszutauschen. So treten z. B. in der Verbindung Hg_2Cl_2 zwei 2wertige Quecksilberatome mit je einer Affinität aneinander, so daß jedes Atom nur noch eine Affinität übrig behält, welche dann durch je ein Chloratom gesättigt werden kann. Wir können daher jene auffallende Tatsache auf Grund der Zweiwertigkeit des Quecksilbers ungezwungen erklären, indem wir die beiden Quecksilberchloride wie folgt schreiben:



Ebenso lassen sich die beiden Chlorverbindungen des Eisens vom 4wertigen Eisen recht gut dadurch ableiten, daß wir annehmen, zwei Eisenatome treten in dem einen Falle mit je zwei, im anderen Falle mit je einer Affinität aneinander, so daß nur 4 resp. 6 Affinitäten übrig bleiben, welche durch Chlor gesättigt werden können:



Und die Zusammensetzung der Schwefelsäure erklären wir in ähnlicher Weise durch die Annahme, daß ein Sauerstoffatom an das andere sich anlagert, wie nachstehende Formel zeigt:



Wir sehen also, daß wir mit der hier angegebenen Wertigkeit der Atome die Formeln der Verbindungen recht gut konstruieren können.

Zwei Körper, deren Formeln wir auf Grund dieser Wertigkeit nicht erklären können, das Stickoxyd NO und das Kohlenoxyd CO , sollen später besprochen werden.