

# 1 Chemische Elemente und chemische Grundgesetze

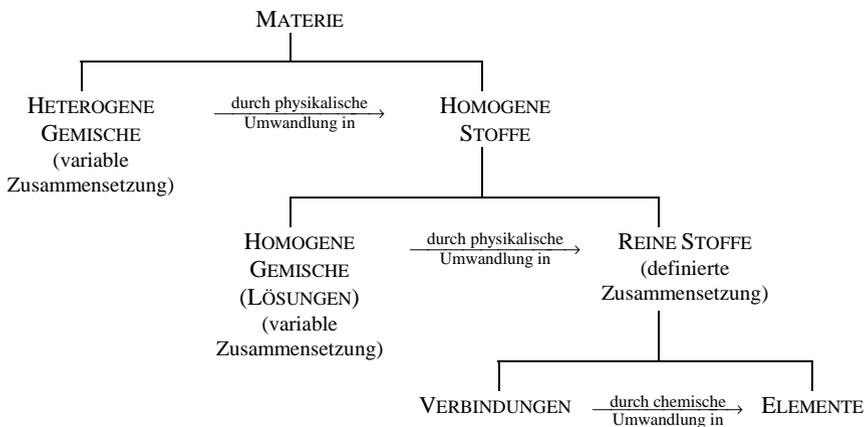
Die Chemie ist eine naturwissenschaftliche Disziplin. Sie befasst sich mit der Zusammensetzung, Charakterisierung und Umwandlung von Materie. Unter Materie wollen wir dabei alles verstehen, was Raum einnimmt und Masse besitzt. Hierzu gehören auch die Organismen.

Die übliche Einteilung der Materie zeigt Abb. 1-1.

**Die chemischen Elemente (Abb. 3-4) sind Grundstoffe, die mit chemischen Methoden nicht weiter zerlegt werden können.**

Die *Elemente* lassen sich unterteilen in *Metalle* (z.B. Eisen, Aluminium), *Nichtmetalle* (z.B. Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel) und sog. *Halbmetalle* (z.B. Arsen, Antimon), die weder ausgeprägte Metalle noch Nichtmetalle sind.

Zurzeit kennt man etwa 117 chemische Elemente. Davon zählen 20 zu den Nichtmetallen und 7 zu den Halbmetallen, die restlichen sind Metalle. Bei 20°C sind von 92 natürlich vorkommenden Elementen **11 Elemente** gasförmig (Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Chlor, Fluor und die 6 Edelgase), **2 flüssig** (Quecksilber und Brom) und **79 fest**. Die Elemente werden durch die Anfangsbuchstaben ihrer



**Abb. 1-1.** Einteilung der Materie

latinisierten Namen gekennzeichnet. *Beispiele:* Wasserstoff H (Hydrogenium), Sauerstoff (Oxygenium), Gold Au (Aurum).

### Verbreitung der Elemente

Die Elemente sind auf der Erde und in Organismen sehr unterschiedlich verbreitet. Einige findet man häufig, oft jedoch nur in geringer Konzentration. Andere Elemente sind weniger häufig, treten aber in höherer Konzentration auf.

Eine Übersicht über die Häufigkeit der Elemente auf der Erde und im menschlichen Körper als Beispiel für einen Organismus zeigt Tabelle 1-1.

Ein **Organismus** braucht zum Leben etwa 25 chemische Elemente. **Kohlenstoff** (C), **Sauerstoff** (O), **Wasserstoff** (H) und **Stickstoff** (N) machen etwa 96 % der Masse eines lebenden **Organismus** aus. Der Rest besteht aus Phosphor (P), Schwefel (S), Calcium (Ca), Kalium (K) und einigen weiteren Elementen.

Die **Spurenelemente** wie Cu, Co, Cr, Fe, F, I, Mo, Si, Sn, Zn, Se, Mn werden nur in winzigen Mengen und je nach Art des Organismus in sehr unterschiedlichen Mengen benötigt.

**Tabelle 1-1**

Elemente	in Luft, Meeren und zugänglichen Teilen der festen Erdrinde	im menschlichen Körper
Massenanteil in %		
<b>Sauerstoff</b>	49,4	65,0
<b>Silizium</b>	25,8	<b>Kohlenstoff</b> 18,5
Summe:	<u>75,2</u>	
Aluminium	7,5	
Eisen	4,7	
Calcium	3,4	1,5
-----		
Natrium	2,6	0,2
Kalium	2,4	0,4
Magnesium	1,9	0,1
Summe:	<u>97,7</u>	
Wasserstoff	0,9	9,5
Titan	0,58	
Chlor	0,19	
Phosphor	0,12	0,2
Kohlenstoff	0,08	1,0
Stickstoff	0,03	3,3
Summe:	<u>99,6</u>	
alle übrigen Elemente	<u>0,4</u>	
Summe:	<u>100</u>	

## Chemische Grundgesetze

Schon recht früh versuchte man eine Antwort auf die Frage zu finden, in welchen Volumen- oder Massenverhältnissen sich Elemente bei einer chemischen Umsetzung (Reaktion) vereinigen.

Die quantitative Auswertung von Gasreaktionen und Reaktionen von Metallen mit Sauerstoff ergab, dass bei chemischen Umsetzungen die Masse der Ausgangsstoffe (Edukte) gleich der Masse der Produkte ist, dass also die Gesamtmasse der Reaktionspartner im Rahmen der Messgenauigkeit erhalten bleibt.

- Das **Gesetz von der Erhaltung der Masse** wurde 1785 von *Lavoisier* ausgesprochen. Die Einsteinsche Beziehung  $E = m \cdot c^2$  zeigt, dass das Gesetz ein Grenzfall des Prinzips von der Erhaltung der Energie ist.

Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Produkte gleich der Masse der Ausgangsstoffe (Edukte).

Weitere Versuchsergebnisse sind das Gesetz der konstanten Proportionen (*Proust*, 1799) und das Gesetz der multiplen Proportionen (*Dalton*, 1803).

- **Gesetz der konstanten Proportionen:** Chemische Elemente vereinigen sich in einem konstanten Massenverhältnis.

Wasserstoffgas und Sauerstoffgas vereinigen sich bei Zündung stets in einem Massenverhältnis von 1 : 7,936, unabhängig von der Menge der beiden Gase.

- **Gesetz der multiplen Proportionen:** Die Massenverhältnisse von zwei Elementen, die sich zu verschiedenen chemischen Substanzen vereinigen, stehen zueinander im Verhältnis einfacher ganzer Zahlen.

*Beispiel:* Die Elemente Stickstoff und Sauerstoff bilden miteinander verschiedene Produkte ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ;  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ;  $\text{N}_2\text{O}_5$ ). Die Massenverhältnisse von Stickstoff und Sauerstoff verhalten sich in diesen Substanzen wie 1:1; 1:2; 2:1; 2:3; 2:5.

Auskunft über Volumenänderungen gasförmiger Reaktionspartner bei chemischen Reaktionen gibt das von *Gay-Lussac* (1808) formulierte:

- **Chemische Volumengesetz:** Das Volumenverhältnis gasförmiger, an einer chemischen Umsetzung beteiligter Stoffe lässt sich bei gegebener Temperatur und gegebenem Druck durch einfache ganze Zahlen wiedergeben.

Ein einfaches *Beispiel* liefert hierfür die Elektrolyse von Wasser (Wasserzersetzung). Es entstehen **zwei** Volumenteile Wasserstoff auf **ein** Volumenteil Sauerstoff. Entsprechend bildet sich aus zwei Volumenteilen Wasserstoff und einem Volumenteil Sauerstoff Wasser (Knallgasreaktion).

- Ein weiteres aus Experimenten abgeleitetes **Gesetz** wurde von *Avogadro* (1811) aufgestellt:

**Gleiche Volumina „idealer“ Gase enthalten bei gleichem Druck und gleicher Temperatur gleich viele Teilchen.**

(Zur Definition eines idealen Gases s. S. 114.)

Wenden wir dieses Gesetz auf die Umsetzung von Wasserstoff mit Chlor zu Chlorwasserstoff an, so folgt daraus, dass die Elemente Wasserstoff und Chlor aus zwei Teilchen bestehen müssen, denn aus je einem Volumenteil Wasserstoff und Chlor bilden sich zwei Volumenteile Chlorwasserstoff (Abb. 1-2).

Auch Elemente wie Fluor, Chlor, Brom, Iod, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff oder z.B. Schwefel bestehen aus mehr als einem Teilchen.

Eine einfache und plausible Erklärung dieser Gesetzmäßigkeiten war mit der 1808 von *J. Dalton* veröffentlichten Atomhypothese möglich. Danach sind die chemischen Elemente aus kleinsten, chemisch nicht weiter zerlegbaren Bausteinen, den sog. **Atomen**, aufgebaut.

Ein Atom ist die kleinste Masseneinheit, die noch die chemischen und physikalischen Eigenschaften des betreffenden Elements aufweist.

Die Symbole z.B. H, C kennzeichnen sowohl das Element, als auch ein Atom dieses Elements.

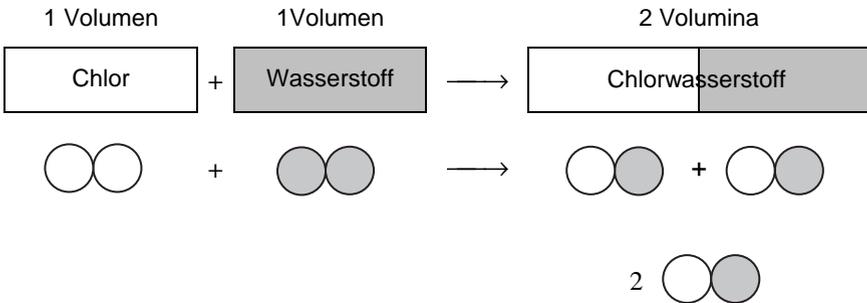


Abb. 1-2

## 2 Aufbau der Atome

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war aus Experimenten bekannt, dass **Atome** aus mindestens zwei Arten von Teilchen bestehen, aus negativ geladenen **Elektronen** und positiv geladenen **Protonen**. Über ihre Anordnung im Atom informierten Versuche von *Lenard* (1903), *Rutherford* (1911) u.a. Danach befindet sich im Zentrum eines Atoms der **Atomkern**. Er enthält den größten Teil der Masse (99,95 - 99,98 %) und die gesamte positive Ladung des Atoms. Den Kern umgibt die **Atomhülle**. Sie besteht aus Elektronen = **Elektronenhülle** und macht das Gesamtvolumen des Atoms aus.

Der **Durchmesser** des Wasserstoffatoms beträgt ungefähr  $10^{-10}$  m (=  $10^{-8}$  cm = 0,1 nm = 100 pm = 1 Å). Der Durchmesser eines Atomkerns liegt bei  $10^{-12}$  cm, d.h. er ist um ein Zehntausendstel kleiner. Die Dichte des Atomkerns hat etwa den Wert  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>.

### 2.1 Atomkern

Nach der Entdeckung der Radioaktivität durch *Becquerel* 1896 fand man, dass aus den Atomen eines Elements (z.B. Radium) Atome anderer Elemente (z.B. Blei und Helium) entstehen können. Aus vielen Beobachtungen bzw. Experimenten erkannte man, dass die Kerne aus *subatomaren* Teilchen aufgebaut sind. Die Physik kennt mehr als 100 davon. Tatsächlich bestehen die Kerne aller Atome aus den gleichen für die *Chemie* und *Biologie* wichtigen Kernbausteinen = **Nukleonen**, den **Protonen** und den **Neutronen**. Diese vereinfachte Darstellung genügt für unsere Zwecke. Beim kompletten Atom kommen noch die **Elektronen** der Elektronenhülle hinzu.

Aus den Massen von Elektron und Proton sieht man, dass das Elektron nur den 1/1837 Teil der Masse des Protons besitzt. (Über die Bedeutung von u s. S. 9 und S. 41.)

**Tabelle 2-1.** Wichtige Elementarteilchen (subatomare Teilchen)

	Symbol	Ladung	Relative Masse	Ruhemasse
Elektron	e	-1 (-e)	$10^{-4}$	0,0005 u; $m_e = 9,110 \cdot 10^{-31}$ kg
Proton	p	+1 (+e)	1	1,0072 u; $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg
Neutron	n	0 (elektrisch neutral)	1	1,0086 u; $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$ kg (Die Massen sind in der 3. Stelle nach dem Komma aufgerundet)