



BAND 4

# Chemie

SEHEN | HÖREN | MITMACHEN



# Inhalt

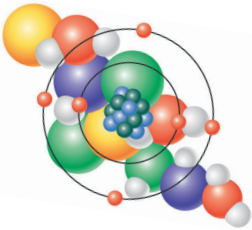


## Vom Feuer zur chemischen Industrie

- Was sind chemische Vorgänge? 4  
Was ist eine chemische Reaktion? 6  
Was nützt uns die Chemie? 6

- Seit wann nutzen Menschen die Chemie? 7  
Welche Geheimrezepte kannten die ägyptischen Priester? 8  
Welche Erklärungen hatten die alten Griechen für die Stoffvielfalt? 9  
Wonach suchten die Alchemisten? 10  
Welche Bedeutung hatten die Alchemisten für die moderne Chemie? 12  
Wie entstand die chemische Industrie? 13

## Atome und Moleküle



- Was sind Elemente? 14  
Wie unterscheiden sich Gemisch und Verbindung? 15  
Was ist ein Atom? 16  
Wie sind Atome aufgebaut? 17

- Wie unterscheiden sich die Atome unterschiedlicher Elemente? 17  
Was ist das Periodensystem der Elemente? 18  
Was sind Moleküle? 20  
Wodurch halten Moleküle zusammen? 21  
Was ist eine chemische Formel? 22  
Wie groß können Moleküle werden? 22  
Warum gibt es feste, flüssige und gasförmige Stoffe? 23  
Was geschieht bei einer chemischen Reaktion? 24  
Was ist ein Katalysator? 24

## Chemische Elemente – Grundstoffe der Welt

- Was geschieht bei einer Verbrennung? 26  
Aus welchen Gasen besteht die Luft? 28  
Welche Elemente formen die Erdkruste? 28

- Wonach stinken faule Eier? 30  
Wie wird Eisen gewonnen? 30  
Was ist der Unterschied zwischen Eisen und Stahl? 31  
Was haben Ruß und Diamanten gemeinsam? 33  
Wie sind Kohle und Erdöl entstanden? 33

## Die Chemie der Lebewesen

- Woraus bestehen unsere Nahrungsmittel? 36  
Welche ist die wichtigste chemische Reaktion? 38  
Woraus besteht unser Körper? 39

## Chemie bestimmt die Welt



- Was trägt die Chemie zu unserer Ernährung bei? 40  
Was machen Chemiker? 42  
Was sind Pflanzenschutzmittel? 43  
Hilft uns die Chemie, gesund zu bleiben? 44  
Woraus bestehen Kunststoffe? 45  
Wie gefährlich ist die Chemie? 46

## Glossar

48





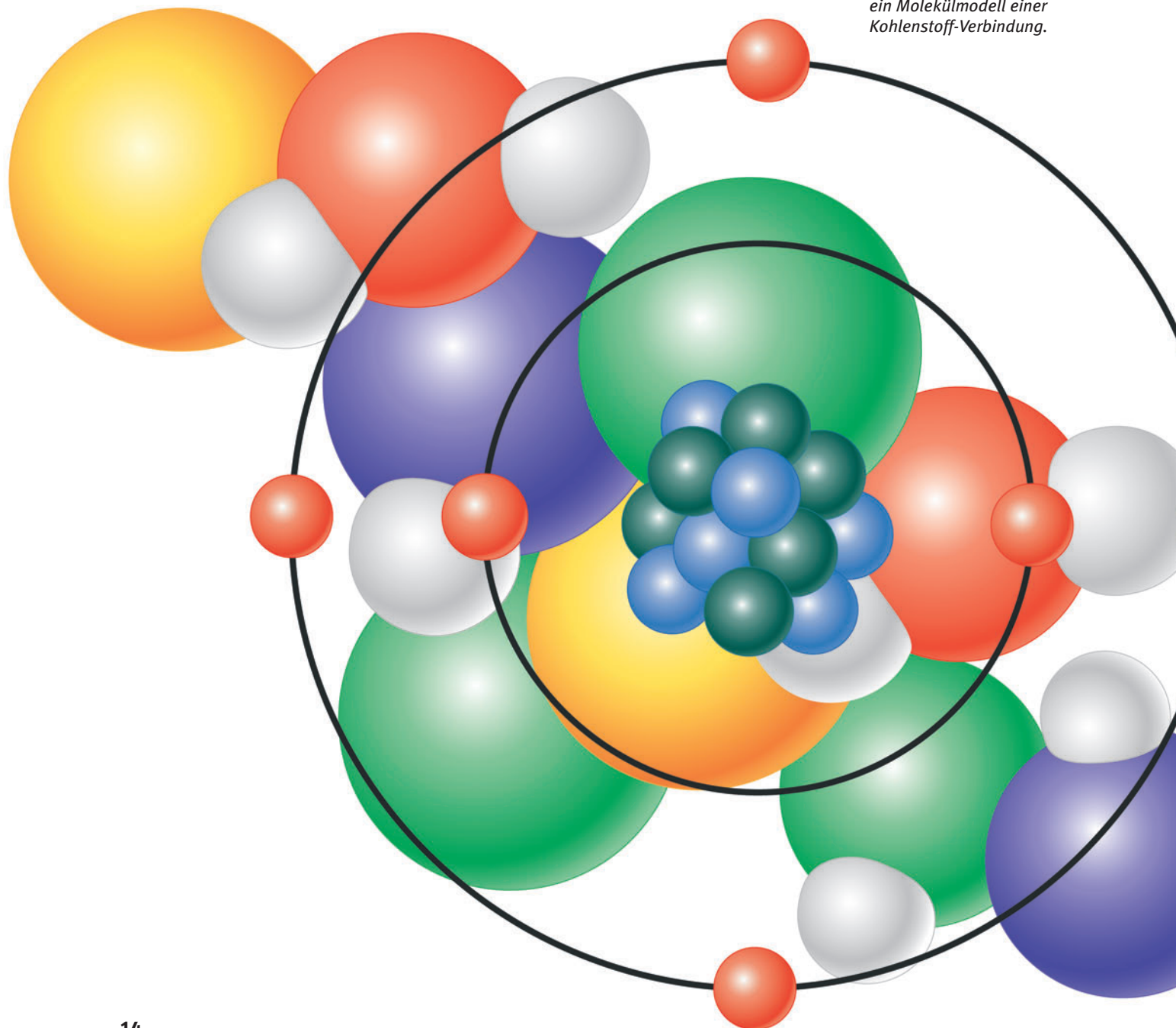
# Atome und Moleküle

Schon die griechischen Gelehrten der Antike hatten angenommen, dass die Vielfalt der stofflichen Welt aus wenigen Ursubstanzen oder Elementen zusammengesetzt sei. Aber je mehr die Chemiker der Neuzeit von der Umwandlung der Stoffe wussten, desto unwahr-

scheinlicher wurde diese Vorstellung. Sowohl Erde als auch Luft ließen sich in mehrere Bestandteile zerlegen, ebenso wie Mineralien und viele andere bekannte Stoffe. Um 1800 gelang das auch beim Wasser: Leitete man elektrischen Strom hindurch, trennte er die Flüssigkeit in zwei Gase auf, die Wasserstoff und Sauerstoff genannt wurden.

Aber die Metalle Gold, Silber,

*Das Kohlenstoffatom mit seinen sechs Elektronen. Dahinter ein Molekülmodell einer Kohlenstoff-Verbindung.*



## ELEMENTARES

Bei normalen Temperaturbedingungen sind zwei der natürlich vorkommenden Elemente flüssig: Quecksilber und Brom. Elf sind Gase, nämlich Argon, Chlor, Fluor, Helium, Krypton, Neon, Radon, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Xenon. Der Rest ist fest. Drei Viertel aller Elemente gehören zu den Metallen. Einige sind, wie man vor gut hundert Jahren entdeckte, radioaktiv. Insbesondere die künstlich hergestellten Elemente existieren oft nur Bruchteile von Sekunden und zerfallen dann, wobei sie radioaktive Strahlen aussenden.



Zwei Gemische: Milch ist eine Mischung von Fetttropfchen und Wasser (eine Emulsion). Feinste Wassertröpfchen in Luft (rechts) nennt man Nebel.



Kupfer, Eisen, Blei oder Quecksilber und Nicht-Metalle wie Schwefel und Phosphor widerstanden allen Versuchen, sie aufzuspalten. Tatsächlich handelt es sich bei diesen Stoffen um echte Elemente – die Grundbausteine der Materie.

Mit der Zeit wurden immer mehr dieser Grundstoffe entdeckt. Heute kennen wir insgesamt 118 Elemente, von denen allerdings nur 90 in der Natur zu finden sind. Die anderen wurden künstlich hergestellt, manche davon nur in winzigsten Mengen.

Unsere Welt ist also nur aus 118 (bisher bekannten) unterschiedlichen Bausteinen aufgebaut. Aus ihnen setzen sich die Millionen von Stoffen zusammen.

Ein einfaches Experiment zeigt, wie das vor sich geht: Eisen und Schwefel sind Elemente; sie lassen sich mit keinem chemischen Mittel in weitere Bestandteile zerlegen. Wenn man Eisenspäne und fein gepulverten Schwefel gründlich mischt, sieht das Produkt wie eine einheitliche, graue Substanz aus. Aber es ist kein neuer Stoff entstan-

den. Beide Elemente existieren noch unverändert, sie sind nur vermischt: Hält man einen Magneten an das Pulver, zieht er das Eisen heraus, der Schwefel bleibt zurück.

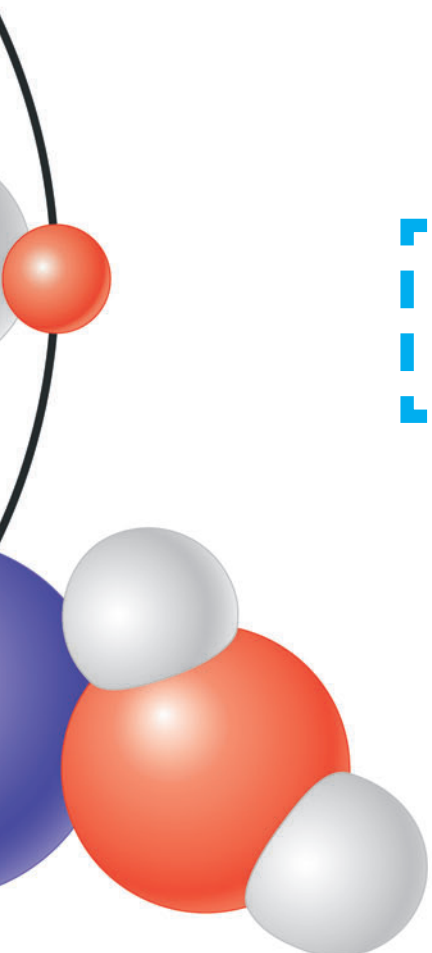
Auch beim Auflösen von Salz in Wasser entsteht ein Gemisch, in diesem Fall nennt man es eine Lösung. Lässt man das Salzwasser in einem Teller an der Luft stehen, verdunstet das Wasser, und das Salz bleibt als weiße Kruste zurück.

Solche Gemische oder Gemenge von mehreren verschiedenen Stoffen sind im Alltag recht häufig. Luft zum Beispiel ist ein Gemisch aus verschiedenen Gasen, Milch enthält Wasser, Fetttropfchen und Eiweiß, Nebel besteht aus Luft und Wasser.

Das Kennzeichen von Gemischen ist, dass man sie immer wieder trennen kann. Die Chemie hat Dutzende von Trennverfahren für Gemische entwickelt. Dabei erhält man die unveränderten Ausgangsstoffe zurück.

Ganz anders ist es mit chemischen Verbindungen: Wenn man an das Eisen-Schwefel-Gemisch einen heißen Draht hält, glüht nach und nach die ganze Masse auf und schmilzt zu einem blaugrauen Brocken zusammen. Er reagiert nicht mehr auf den Magneten und zeigt auch sonst ganz andere Eigenschaf-

**Wie unterscheiden sich Gemisch und Verbindung?**







Wenn Wunderkerzen abbrennen, findet eine chemische Reaktion zwischen den feinen Eisenspänen und weiteren Stoffen in der Masse statt – es werden Wärme und Licht freigesetzt.

ten als Eisen, Schwefel oder ein Gemisch dieser beiden Stoffe. Beim Aufglühen hat hier eine Stoffumwandlung, also eine chemische Reaktion, stattgefunden: Die Elemente Eisen und Schwefel haben sich miteinander zu einem neuartigen, einheitlichen Stoff verbunden: zu Eisensulfid.

Wie weit kann man ein Stück eines Stoffes, zum Beispiel einen Würfel aus dem Element Eisen, in immer kleinere Teile teilen? Gelangt man schließlich zu einem Teilchen, das sich nicht weiter zerlegen lässt? Oder geht es unbegrenzt weiter?




Die Idee, dass alle Stoffe aus unteilbaren kleinsten Bausteinen bestehen, hatten griechische Denker schon vor mehr als 2 000 Jahren. Sie konnten diese Behauptung nicht beweisen. Aber heute wissen wir: Sie hatten im Grunde recht, und von dem griechischen Wort „atomos“ (deutsch: unteilbar) leitet sich der heutige Name für die Bausteine der Elemente ab: Atome.

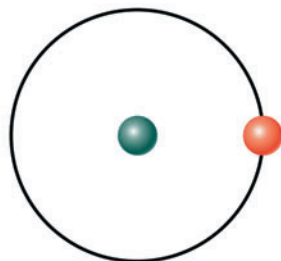
### GEMISCHTE

haben je nach Art der Bestandteile einige Spezialbezeichnungen: Zwei an sich nicht mischbare Flüssigkeiten (etwa Essig und Öl in der Salatsoße) bilden eine Emulsion. Gas und Flüssigkeit gemischt geben ein Aerosol oder einen Nebel, feste Stoffe und Flüssigkeiten bilden eine Suspension, feste Stoffe in Gasen heißen Rauch. Wenn mehrere Metalle zusammengeschmolzen werden, heißt das Gemisch Legierung. Und wenn sich ein Stoff in einer Flüssigkeit vollständig auflöst, entsteht eine Lösung.

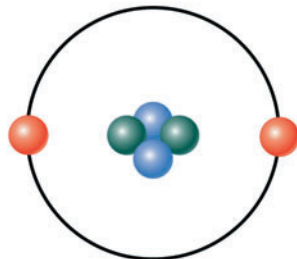


Zwischen dem Atomkern und der Atomhülle ist unglaublich viel leerer Raum. Durch einen Vergleich kann man sich diese Größenverhältnisse leichter vorstellen: Auf dem Atlantischen Ozean schwimmt ein Motorboot (Atomkern). Ein Flugzeug fliegt auf einem Kreisbogen (Atomhülle), der einen Durchmesser von New York bis Paris hat, um das Schiff. So viel „Leere“ ist im Inneren eines Atoms.

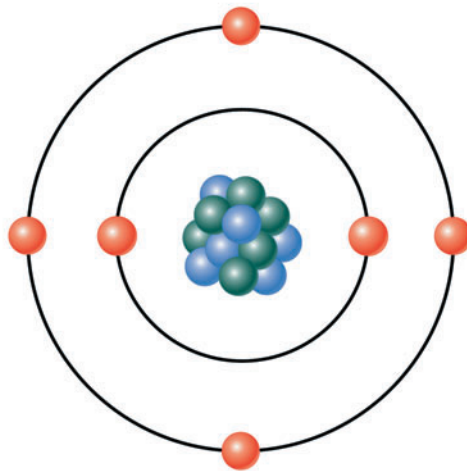
 ELEKTRON (-)  
 NEUTRON  
 PROTON (+)



Wasserstoff-Atom

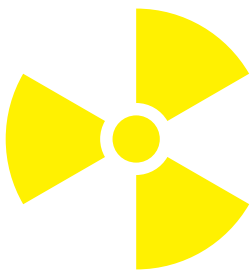


Helium-Atom



Kohlenstoff-Atom

**RADIOAKTIVE STRALUNG** – 1896 entdeckte der französische Physiker Antoine Henri Becquerel, dass Uransalze eine unsichtbare Strahlung aussenden. Die französischen Physiker Marie und Pierre Curie fanden 1898 die radioaktiven Elemente Polonium und Radium. Die Strahlung entsteht dadurch, dass die Kerne radioaktiver Atome Masse- und Energieportionen mit hoher Geschwindigkeit aussenden. Hohe Strahlenmengen führen in kurzer Zeit zum Tod, geringere Belastung kann (oft erst nach Jahren) Krankheiten erzeugen.



Dieses Symbol bedeutet: Vorsicht, radioaktive Strahlung!

Jedes Element besteht aus einer bestimmten Sorte von Atomen. Es gibt also so viele Atomsorten, wie es Elemente gibt.

Die Atome sind so unvorstellbar klein, dass man nur mit Vergleichen eine gewisse Vorstellung von ihrer Größe bekommt. Wenn man 5 Millionen Eisen-Atome wie Perlen auf einer Schnur aufreihen könnte, dann würden sie zusammen gerade erst eine Strecke von einem Millimeter Länge ergeben. Und ein zuckerwürfelgroßes Stück Eisen enthält rund 100 000 000 000 000 000 000 000 Eisen-Atome – eine Zahl mit 23 Nullen nach der Eins.

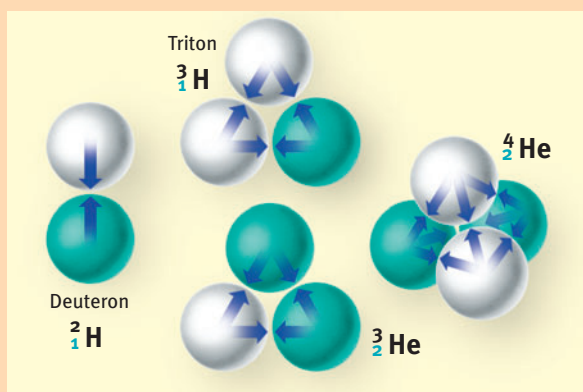
Physiker haben zu Anfang des Jahrhunderts herausgefunden, dass selbst die winzigen Atome wieder aus noch kleineren Teilen bestehen: Atomkern und Atomhülle. Den Kern bilden elektrisch positiv geladene Teilchen, die Protonen, und elektrisch ungeladene (neutrale) Teilchen, die Neutronen. Um den Kern kreisen mit hoher Geschwindigkeit elektrisch negativ geladene Elektronen. Der Bereich, in dem sie sich bewegen, heißt Elektronenhülle.

Nach außen hin ist ein Atom im Allgemeinen elektrisch neutral, weil die Zahl der negativen Elektronen in der Hülle gleich der Zahl der positiven Protonen im Kern ist. Die einzelnen Elemente unterscheiden sich nun darin, wie viele Protonen und damit Elektronen ihre Atome besitzen.

Das am einfachsten gebaute Atom ist das des Elements Wasserstoff: Es enthält nur ein einziges Proton im Kern und dementsprechend ein Elektron in der Elektronenhülle. Beim Element Helium sind es schon 2 Protonen und 2 Elektronen, beim Kohlenstoff je 6 und beim Eisen je 26. Das Uranatom, eines der schwersten Atome, das in der Natur vorkommt, enthält dagegen 92 Protonen und 92 Elektronen.

Die Atome der verschiedenen Elemente besitzen auch unterschiedliche Gewichte. Das „leichteste“ Atom ist das des Wasserstoffs mit nur einem Proton im Kern. Die Zahl der





Der Kern des gewöhnlichen Wasserstoffatoms besteht aus einem Proton. Die Illustration zeigt noch weitere Wasserstoffatome, die sich vom „einfachen“ in der Anzahl der Neutronen im Kern unterscheiden. Das Deuterium (schwerer Wasserstoff) hat ein Proton und ein Neutron im Kern, das Tritium ein Proton und zwei Neutronen. Beim nächsthöheren Element Helium besteht der Kern aus 2 Protonen und 2 Neutronen. Es gibt aber auch Helium mit 2 Protonen und einem Neutron im Kern. Chemiker nennen diese Atome desselben Elements mit unterschiedlicher Neutronenzahl Isotope.

ganz ähnliche Eigenschaften haben: Sie verbinden sich in ähnlicher Weise mit anderen Elementen und bilden dabei Stoffe mit vergleichbaren Eigenschaften. Im Jahre 1869 kamen zwei Chemiker unabhängig voneinander auf die Idee, die damals bekannten Elemente nach ihrem Atomgewicht aufzulisten: der Russe Dmitrij Mendelejew (1834-1907) und der Deutsche Lothar Meyer (1830-1895). Dabei machten sie eine erstaunliche Beobachtung: Es gab offenbar „verwandte“ Elemente mit ähnlichen Eigenschaften und Verhalten, die in bestimmten Abständen, also periodisch, auftraten.

### ALKALIMETALLE

Die Alkalimetalle Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium sind so weich, dass man sie mit einem Messer schneiden kann. Sie reagieren sehr heftig mit Sauerstoff und Wasser. Mit den Elementen Fluor, Chlor, Brom und Iod, den „Halogenen“, bilden sie weiße, wasserlösliche Salze. Die weitaus häufigste Verbindung dieser Art auf der Erde hat sich aus Natrium und Chlor gebildet; die Chemiker nennen sie daher Natriumchlorid. Bekannter ist sie unter dem Namen Kochsalz.

Protonen im Atomkern wird von den Fachleuten Kernladungszahl genannt. Nach der Kernladungszahl kann man eine Reihenfolge der Elemente bestimmen.

Die wirklichen Gewichte der Atome sind so klein, dass man mit diesen Zahlen nur schwer rechnen kann. Daher bezieht man die Gewichte auf das leichteste Atom, gibt also an, um wie viele Male schwerer ein Atom ist als ein Wasserstoffatom. Das ergibt dann zum Beispiel für Helium das Atomgewicht 4, für Kohlenstoff das Atomgewicht 12, für Eisen 56, Silber 108, Uran 238 und so weiter.

Die Metalle Lithium, Natrium und Kalium zum Beispiel stehen an dritter, elfter und neunzehnter Position. Ab der dritten Stelle ist jedes achte Element ein Metall, das leicht ist und so weich, dass man es mit einem Messer schneiden kann, und das sich in Kontakt mit Wasser rasch zu einer seifigen Lösung zersetzt. Man nennt diese Metalle zusammengefasst „Alkalimetalle“. Eine andere

Fluor, Chlor, Brom, IOD – diese vier Elemente sind übel riechende, chemisch sehr reaktionsfreudige Stoffe. Sie bilden mit Metallen wasserlösliche Verbindungen. Eine davon ist das Kochsalz, gebildet aus Natrium und Chlor; nach ihm werden alle ähnlichen Verbindungen dieser Elemente als Salze und diese vier Elemente daher als Halogene (griechisch: Salzbildner) bezeichnet. Allerdings zeigen sich auch Unterschiede: So ist Fluor ein farbloses und Chlor ein gelbgrünes Gas. Brom ist eine tiefbraune Flüssigkeit, die bereits bei Raumtemperatur orangebraune Dämpfe entwickelt, und Iod ist ein metallisch glänzender Feststoff, der beim Erhitzen in ein violettes Gas übergeht.

### FLUOR, CHLOR, BROM, IOD

– diese vier Elemente sind übel riechende, chemisch sehr reaktionsfreudige Stoffe. Sie bilden mit Metallen wasserlösliche Verbindungen. Eine davon ist das Kochsalz, gebildet aus Natrium und Chlor; nach ihm werden alle ähnlichen Verbindungen dieser Elemente als Salze und diese vier Elemente daher als Halogene (griechisch: Salzbildner) bezeichnet. Allerdings zeigen sich auch Unterschiede: So ist Fluor ein farbloses und Chlor ein gelbgrünes Gas. Brom ist eine tiefbraune Flüssigkeit, die bereits bei Raumtemperatur orangebraune Dämpfe entwickelt, und Iod ist ein metallisch glänzender Feststoff, der beim Erhitzen in ein violettes Gas übergeht.



Chlor-Gewinnung in einer chemischen Fabrik mithilfe des elektrischen Stroms

Lange bevor die Chemiker den Atomaufbau kannten, machten sie sich Gedanken darüber, ob die Elemente irgendwie geordnet sind. Sie hatten bereits so viele davon entdeckt, dass man sehen konnte, dass manche von ihnen

# Glossar

## Aggregatzustand

Ein und derselbe Stoff kann in drei verschiedenen Aggregatzuständen vorkommen: fest, flüssig oder gasförmig. Durch Änderung der Temperatur und/oder des Drucks lässt sich der Stoff in einen anderen Aggregatzustand überführen.

## Atom

Atome sind die Grundbausteine aller Stoffe. Meist sind sie zu Molekülen verbunden, nur Elemente bestehen aus gleichartigen Atomen. Man kennt derzeit 118 verschiedene Arten von Atomen, die sich durch Masse, Größe und Anzahl der Protonen und Elektronen unterscheiden.

## Atombindung

Wenn sich Nichtmetallatome verbinden, überlappen sich die Elektronenhüllen der beteiligten Atome. Dabei entstehen in sich abgeschlossene Moleküle. In den Molekülen werden die Atome durch elektrische Anziehungskräfte zusammengehalten.

## Chemische Formeln

nutzt der Chemiker, um die Zusammensetzung von Stoffen einfach auszudrücken. Bei der Summenformel werden einfach die Atome im Molekül aufgezählt, wobei jedes Element eine bestimmte Abkürzung hat; eine kleine Ziffer rechts unten gibt die Zahl der jeweiligen Atome an. So besteht ein Gipsmolekül mit der Formel  $\text{CaSO}_4$  aus einem Calciumatom (**Ca**), einem Schwefelatom (**S**) und vier Sauerstoffatomen (**O**). Die Strukturformel eines Stoffes gibt darüber hinaus an, wie die Atome und Atomgruppen innerhalb eines Moleküls verbunden sind, zeigt also den räumlichen Bau des Moleküls.

## Chemische Reaktion

Bei einem chemischen Vorgang erfolgt eine Stoffumwandlung. Aus den Ausgangsstoffen entstehen neue Stoffe mit anderen Eigenschaften.

## Chemische Bindung

Es gibt vier Arten von Bindung, durch die Atome und Moleküle aufeinander wirken.

1. *die Atombindung oder kovalente Bindung.* Sie ist die häufigste Art der chemischen Bindung. Dabei teilen sich mehrere Atome ein oder mehrere Elektronen.

2. *die Ionen- oder Salzbindung.* Hier geben bestimmte Atome Elektronen an Nachbar-Atome ab, mit der Folge, dass positiv und negativ geladene Atome (Ionen) entstehen. Man nennt die so entstandenen Stoffe Salze; das bekannteste ist Natriumchlorid (Kochsalz). Die Salze bilden leicht Kristalle, in denen die Ionen sehr regelmäßig angeordnet sind. Meist lösen sie sich auch leicht in Wasser.

3. *die Metallbindung.* In einem Metall bilden die Atomkerne eine regelmäßige räumliche Anordnung, ein Metallgitter. Die Elektronen dagegen können sich relativ frei zwischen diesen Atomkernen bewegen. Daher leiten Metalle sehr gut die Wärme und den elektrischen Strom, nämlich durch die Bewegung dieser Elektronen.

4. *die Wasserstoffbrückenbindung.* Sie wirkt nicht nur innerhalb der Moleküle, sondern vor allem auch zwischen ihnen. So wäre Wasser mit der Strukturformel **H-O-H** bei Zimmertemperatur ein Gas, wenn nicht zwischen den Sauerstoffatomen jedes Moleküls und den Wasserstoffatomen der Nachbarmoleküle Wasserstoffbrückenbindungen existierten, die die Moleküle aneinanderbinden und so den Siedepunkt des Stoffes kräftig erhöhen. Ähnliche Bindungen spielen auch in vielen Naturstoffen, etwa Proteinen, eine wichtige Rolle. Mit steigender Temperatur nimmt die Stärke dieser Bindungsart aber rasch ab.

## Chemische Verbindung

nennt man einen reinen Stoff, dessen Moleküle jeweils aus mindestens

zwei verschiedenen Atomen aufgebaut sind. Zurzeit kennt man über 10 Millionen verschiedene chemische Verbindungen; die weitaus meisten enthalten das Element Kohlenstoff.

## Element

Elemente sind die Grundstoffe der Natur. Ein Element besteht aus Atomen der gleichen Art. Zurzeit sind etwa 118 Elemente bekannt, von denen in der Natur allerdings nur etwa 90 vorkommen; weitere haben die Physiker künstlich hergestellt (zum Teil nur wenige Atome).

## Moleküle

sind die kleinsten Bestandteile von chemischen Verbindungen. Sie bestehen ihrerseits aus Atomen, zwischen denen chemische Bindungen wirken.

## Periodensystem der Elemente

nennt man das übliche Ordnungsschema der chemischen Elemente. Sie sind darin nach steigender Protonenzahl aufgereiht, wobei die Elemente mit ähnlichen chemischen Eigenschaften jeweils in Spalten untereinanderstehen.

## Physikalischer Vorgang

Bei einem physikalischen Vorgang findet im Gegensatz zur chemischen Reaktion keine Stoffumwandlung statt. Beispielsweise kann man Stoffe schmelzen, verdampfen, erstarren lassen. Egal ob fest, flüssig oder gasförmig, es handelt sich immer um den gleichen Stoff.

## Verbrennung

Eine Verbrennung ist eine chemische Reaktion, bei der sich der brennende Stoff mit Sauerstoff verbindet. Die Verbrennungsprodukte sind schwerer als die Ausgangsstoffe. Es gibt aber auch Reaktionen mit Sauerstoff, die ohne Flammerscheinung ablaufen. Dazu gehört beispielsweise das Rosten oder die „Verbrennung“ der Nährstoffe im Körper, die man auch als „stille“ Verbrennung bezeichnet.