

		13 26,98 1,5 Al Aluminium		
	20 40,08 1,0 Ca Kalzium			21 44,96 1,3 Sc Skandium
29 63,54 1,9 Cu Kupfer		30 65,37 1,6 Zn Zink	31 69,72 1,6 Ga Gallium	32 72,59 1,8 Ge Germanium
	38 87,62 1,0 Sr Strontium			39 88,91 1,3 Y Yttrium
		48 112,40 1,7 Cd Kadmium	49 114,82 1,7 In Indium	50 118,69 1,8 Sn Zinn
				57 * 138,91 1,1 La Lanthan

Chemie in Übersichten



**Wo finde ich
was**

Grundbegriffe der Chemie
Seite 5

1

Bau der Stoffe – Periodensystem
Seite 17

2

Chemische Reaktionen
Seite 43

3

Chemisches Rechnen
Seite 59

4

Elemente und anorganische Verbindungen
Seite 67

5

Organische Verbindungen und makromolekulare Stoffe
Seite 91

6

Chemische Experimente
Seite 115

7

Chemische Technologie
Seite 135

8

Anhang
Seite 157

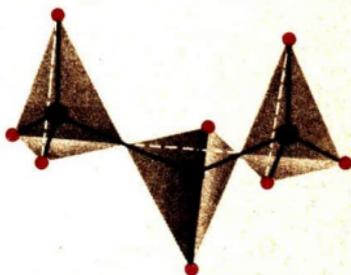
A

Register
Seite 161

R

Chemie in Übersichten

Wissensspeicher für die Klassen 9 und 10



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1970

Autor: Klaus Sommer

**Veränderte und ergänzte Fassung der Ausgabe 1963 des Buches.
Bei der Bearbeitung einzelner Textstellen wurden
die bisher erschienenen Lehrbücher
für das Fach Chemie zugrunde gelegt.**

**Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik
als Schulbuch bestätigt**

1. Auflage

Ausgabe 1970

Lizenz Nr. 203 · 1000/69 (SN)

ES 11 H

Redaktionelle Bearbeitung: Edward Gutmacher

Zeichnungen: Fritz Hampel

Ausstattung: Günter Runschke

Gesetzt aus der Mono-Grotesk

Satz und Druck: Interdruck, Leipzig (III/18/97)

Redaktionschluß: 12. Dezember 1969

Bestell-Nr. 030902-1

Preis: 2,50

Zur Einführung

Das vorliegende Buch faßt das Wissen und Können, das im Chemieunterricht der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule vermittelt wird, in knapper und übersichtlicher Form zusammen. Es enthält außerdem Zahlenwerte und Angaben, die häufig gebraucht werden.

Das Wissen ist, unabhängig von der Reihenfolge der Behandlung im Unterricht, nach Sachgebieten zusammengefaßt und zahlreichen Stichworten zugeordnet. Alle Stichworte sind hervorgehoben und werden erläutert. Beispiele sind durch ein rotes Quadrat ■ gekennzeichnet.

Bei der Benutzung des Buches ist eine schnelle Orientierung wichtig. Dazu dient eine besondere Leiteinrichtung. Einen Überblick über die Hauptabschnitte 1 bis 8 erhält man auf dem vorderen Innendeckel des Buches.

Die weitere Untergliederung ist jeweils auf der ersten Seite jedes Hauptabschnittes angegeben.

In der äußeren oberen Ecke jeder Buchseite wird durch einen Pfeil auf die Nummer des jeweiligen Abschnitts des Buches hingewiesen. Dadurch lassen sich die Abschnitte besser auffinden (➡ 113). Die Überschriften jedes Abschnitts sind durch rote Schrift hervorgehoben.

Will man sich umfassend über ein bestimmtes Sachgebiet informieren, so sind dazu oftmals mehrere Stichworte erforderlich. Auf entsprechende Seiten wird bei solchen Stichworten durch einen schräg stehenden Pfeil (↗) hingewiesen.

Außer der Leiteinrichtung enthält das Buch ein alphabetisch geordnetes Register, nach dem man sich ebenfalls schnell orientieren kann.

Am Schluß des Buches befindet sich eine mehrfarbige Darstellung des Periodensystems der Elemente.

1

Grundbegriffe der Chemie

Seite

6 1|1

7 1|2

11 1|3

Chemie und ihre Teilgebiete

Einteilung der Stoffe

Chemische Zeichensprache

1.1. Chemie und ihre Teilgebiete

Chemie

Wissenschaft von den Stoffen, ihrem Aufbau, ihren Eigenschaften und den Reaktionen, die zu anderen Stoffen führen.

Die Chemie wird in Teilgebiete untergliedert, die sich in ihrem Aufgabebereich und ihren Arbeitsmethoden unterscheiden, zwischen denen es aber Übergänge und Grenzgebiete gibt.

Wichtige Teilgebiete

Tellgebiet	Untersuchungsgegenstand
Anorganische Chemie	Elemente und ihre Verbindungen (mit Ausnahme der in der organischen Chemie erfaßten Kohlenstoffverbindungen)
Organische Chemie	Kohlenstoffverbindungen (mit Ausnahme der Oxide des Kohlenstoffs, der Kohlensäure und ihrer Salze sowie einiger anderer einfacher Kohlenstoffverbindungen)
Theoretische, allgemeine und physikalische Chemie	Aufbau der Stoffe, physikalische Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten der chemischen Reaktionen
Chemische Technologie	Arbeitsmethoden zur Durchführung chemischer Reaktionen und Herstellung chemischer Produkte in technischem Maßstab
Analytische Chemie	Qualitative und quantitative Bestimmung der Stoffe
Präparative Chemie	Darstellung der Stoffe
Biochemie und physiologische Chemie	Chemische Vorgänge im lebenden Organismus

1.2. Einteilung der Stoffe

Übersicht über die Stoffe



Stoffe

Materialien, aus denen die Körper bestehen.

Reiner Stoff

Stoff, der aus den Teilchen eines einzigen Stoffes besteht.

- Kohlendioxid besteht nur aus Kohlendioxidmolekülen.

Stoffgemisch

Stoff, der aus Teilchen verschiedener Stoffe besteht.

- Glukoselösung besteht aus Glukosemolekülen und Wassermolekülen.

Chemisches Element

Stoff, dessen sämtliche Atome die gleiche Kernladungszahl haben.

- Alle Atome des chemischen Elements Kohlenstoff haben die Kernladungszahl 6.

↗ Seite 22...27, 68...70, Schluß des Buches

Metall

Element, das als charakteristische Eigenschaften gutes Wärmeleitvermögen, gutes elektrisches Leitvermögen und metallischen Glanz besitzt. Metalle lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen:

Einteilungsprinzip	Einteilung	
Dichte	Leichtmetalle (Dichte $< 5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) ■ Natrium (0,97 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) Magnesium (1,74 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) Aluminium (2,70 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	Schwermetalle (Dichte $> 5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) ■ Chrom (7,19 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) Eisen (7,86 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) Gold (19,3 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
Schmelztemperatur	leichtschmelzende Metalle (Schmelztemperatur $< 1000 \text{ }^\circ\text{C}$) ■ Kalium (63,5 $^\circ\text{C}$) Zinn (232 $^\circ\text{C}$) Blei (327 $^\circ\text{C}$)	schwerschmelzende Metalle (Schmelztemperatur $> 1000 \text{ }^\circ\text{C}$) ■ Kupfer (1083 $^\circ\text{C}$) Eisen (1535 $^\circ\text{C}$) Platin (1773 $^\circ\text{C}$)
chemische Beständigkeit	edle Metalle (können aus Säuren keinen Wasserstoff freisetzen) ■ Silber Gold Platin	unedle Metalle (können aus Säuren Wasserstoff freisetzen) ■ Natrium Kalium Kalzium

↗ Seite 32

Nichtmetall

Element, das keine oder nur einzelne der metallischen Eigenschaften besitzt.

- Chlor, Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff, Phosphor, Kohlenstoff, Wasserstoff.

↗ Seite 32

Chemische Verbindung

Stoff, in dem mindestens zwei Elemente miteinander verbunden sind, und zwischen deren Massen ein bestimmtes stöchiometrisches Verhältnis besteht.

Eine Verbindung entsteht aus Elementen, Verbindungen oder Elementen und Verbindungen durch eine chemische Reaktion und hat andere Eigenschaften als ihre Ausgangsstoffe.

↗ Seite 44

■ Einige Arten anorganischer Verbindungen

Art	Name	Formel
Oxid	Aluminiumoxid	Al_2O_3
Säure	Schwefelsäure	H_2SO_4
Base	Kalziumhydroxid	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Salz	Natriumchlorid	NaCl

↗ Seite 71 ... 74

■ Einige Arten organischer Verbindungen

Art	Name	Formel
Kohlenwasserstoff	Äthan	C_2H_6
Alkohol	Methanol	CH_3OH
Aldehyd	Äthanal (Azetaldehyd)	CH_3CHO
Karbonsäure	Methansäure (Ameisensäure)	HCOOH

↗ Seite 96 ... 100

Oxid

Chemische Verbindung, die aus einem Element und Sauerstoff besteht.

■ säurebildendes Oxid:

Nichtmetalloxid,

das mit Wasser eine Säure bildet:

Kohlendioxid CO_2

basenbildendes Oxid:

Metalloxid,

das mit Wasser eine Base bildet:

Kalziumoxid CaO

amphoteres Oxid:

Oxid, das sich in wässriger Lösung gegenüber

einer Säure wie eine Base und gegenüber

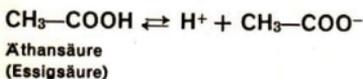
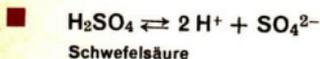
einer Base wie eine Säure verhält:

Aluminiumoxid Al_2O_3

↗ Seite 32, 33, 71, 72

Säure

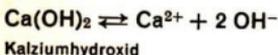
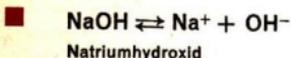
Chemische Verbindung, die in wässriger Lösung in frei bewegliche, elektrisch positiv geladene Wasserstoff-Ionen und elektrisch negativ geladene Säurerest-Ionen dissoziiert.



↗ Seite 73, 74

Base

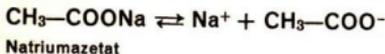
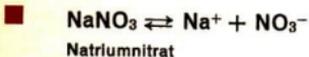
Chemische Verbindung, die in wässriger Lösung in frei bewegliche, elektrisch positiv geladene Metall-Ionen und elektrisch negativ geladene Hydroxid-Ionen dissoziiert.



↗ Seite 73

Salz

Chemische Verbindung, die in wässriger Lösung in frei bewegliche, elektrisch positiv geladene Metall-Ionen (bzw. Ammonium-Ionen) und elektrisch negativ geladene Säurerest-Ionen dissoziiert.



↗ Seite 73, 74

1.3. Chemische Zeichensprache

Symbol

Zeichen für ein chemisches Element.

Aussage eines Symbols	■ S
▶ Ein chemisches Element	Das Element Schwefel
▶ 1 Atom eines chemischen Elements	1 Atom Schwefel
▶ 1 mol eines chemischen Elements ($6 \cdot 10^{23}$ Teilchen)	1 mol Schwefel ($6 \cdot 10^{23}$ Teilchen)

Da alle Teilchen eine Masse besitzen, hat das Symbol außerdem die Bedeutung einer Masse.

↗ Seite 22...27, 68...70

Schreibweisen des Symbols

	■ Chloratom	■ Chlorid-Ion
Ohne Angabe der Außenelektronen	Cl	Cl ⁻
Mit Angabe der Außenelektronen (Elektronenschreibweise)	:Cl·	[:Cl:] ⁻

Formel

Zeichen für eine chemische Verbindung und auch für ein chemisches Element, dessen Moleküle aus mindestens zwei Atomen besteht; ist aus Symbolen zusammengesetzt.

An einem Symbol können durch hochgestellte oder tiefgestellte Zahlen vier verschiedene Angaben vermerkt sein: Massenzahl, Protonenzahl, Ionenladung, Anzahl der Atome.

■	Symbol für Kohlenstoffatome	Symbol für Kalzium-Ionen	Formel für Sauerstoffmoleküle
Massenzahl	→ ¹² C	Ca ²⁺ ← Ionenladung	O ₂ ← Anzahl der Atome
Protonen- anzahl	→ ₆ C		

Aussage einer Formel	■ CO ₂
▶ Eine chemische Verbindung unter Angabe der Elemente, aus denen sie zusammengesetzt ist, oder ein Element	Die Verbindung Kohlendioxid, zusammengesetzt aus Kohlenstoff und Sauerstoff
▶ 1 Molekül einer chemischen Verbindung oder eines Elements unter Angabe der Anzahl von Atomen, die in diesem Molekül enthalten sind	1 Molekül Kohlendioxid, zusammengesetzt aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atomen Sauerstoff (Zahlenverhältnis 1 : 2)
▶ 1 mol einer chemischen Verbindung oder eines Elements (6 · 10 ²³ Teilchen)	1 mol Kohlendioxid (6 · 10 ²³ Moleküle)

Da alle Teilchen eine Masse besitzen, hat die Formel außerdem die Bedeutung einer Masse.

↗ Seite 63, 64

Bei Verbindungen mit Ionenbeziehung gibt die Formel das Zahlenverhältnis der Ionen an.

- Die Formel CaCl₂ gibt an, daß in der Verbindung Kalziumchlorid Kalzium-Ionen und Chlorid-Ionen im Verhältnis 1 : 2 vorhanden sind.

Schreibweisen der Formel

	■ Wasserstoff	■ Natriumchlorid
Ohne Angabe der Außenelektronen	H ₂	NaCl
Mit Angabe der Außenelektronen (Elektronenschreibweise)	H:H oder H—H	[Na] ⁺ [:Cl:] ⁻

Arten von Formeln

Summenformel: einfachste Art der Formel, gibt die Zusammensetzung eines Stoffes an, enthält aber keine Aussagen über die Bindungsart zwischen den Atomen oder Ionen.

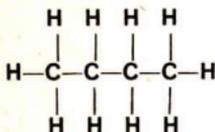
- CaCl₂
Summenformel für Kalziumchlorid

C₃H₈
Summenformel für Propan

Strukturformel: Formel, die für Stoffe mit Atombindung verwendet wird; gibt Zusammensetzung und Aussagen über die Struktur des Moleküls einer Verbindung an, stellt jedoch nicht die räumliche Anordnung der Atome dar.

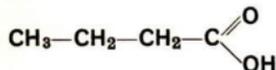
■ H—H

Strukturformel für Wasserstoff



Strukturformel für Butan

vereinfachte Strukturformel: vereinfachte Schreibweise der Strukturformel, wird vor allem bei höhermolekularen organischen Verbindungen verwendet.



vereinfachte Strukturformel für Butansäure

Aufstellen von Formeln (Schrittfolge)

Für Verbindungen aus zwei Elementen, wenn die Atome bei jedem der beiden Elemente in gleicher stöchiometrischer Wertigkeit vorliegen:

Teilschritte	■ Aufstellen der Formel für Aluminiumoxid
1. Ermitteln der Symbole der Elemente, aus denen die Verbindung besteht	Al O
2. Feststellen der Wertigkeit der Elemente, aus denen die Verbindung besteht	Al ^{III} O ^{II}
3. Errechnen des kleinsten gemeinsamen Vielfachen der Wertigkeiten	6
4. Feststellen, wie oft die Wertigkeiten im kleinsten gemeinsamen Vielfachen enthalten sind. Diese Zahlen geben an, aus wieviel Atomen jedes Elements ein Molekül der Verbindung besteht.	2mal 3mal 2 Atome 3 Atome Aluminium Sauerstoff
5. Zusammenstellen der Formel	Al ₂ O ₃

Für Salze:

Teilschritte	■ Aufstellen der Formel für Aluminiumsulfat	
1. Ermitteln der Zeichen der Ionen, aus denen die Verbindung besteht	Al^{3+}	SO_4^{2-}
2. Feststellen der Wertigkeit (Anzahl der Ladungen) der Ionen, aus denen die Verbindung besteht	III Al	II SO_4
3. Errechnen des kleinsten gemeinsamen Vielfachen der Wertigkeiten	6	
4. Feststellen, wie oft die Wertigkeiten im kleinsten gemeinsamen Vielfachen enthalten sind. Diese Zahlen geben an, aus wieviel Ionen jeder Art die Verbindung im Verhältnis zusammengesetzt ist.	2mal 2 Alu- minium- Ionen	3mal 3 Sulfat- Ionen
5. Zusammenstellen der Formel	$Al_2(SO_4)_3$	

Reaktionsgleichung

System von Zeichen, das die qualitativen und quantitativen Änderungen bei einer chemischen Reaktion veranschaulicht.

Aussage einer Reaktionsgleichung	■ $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$
▶ Die Reaktion von Ausgangsstoffen zu Reaktionsprodukten	Methan reagiert mit Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser
▶ Die kleinstmögliche Anzahl von Teilchen (Atomen, Ionen und Molekülen) der Stoffe, die reagieren und nach der Reaktion vorliegen	1 Molekül Methan reagiert mit 2 Molekülen Sauerstoff zu 1 Molekül Kohlendioxid und 2 Molekülen Wasser
▶ Die Anzahl Mol der Stoffe, die reagieren und nach der Reaktion vorliegen	1 mol Methan reagiert mit 2 mol Sauerstoff zu 1 mol Kohlendioxid und 2 mol Wasser

Da alle Teilchen eine Masse besitzen, hat die Reaktionsgleichung auch die Bedeutung von Massen, die reagieren und nach der Reaktion vorliegen.

↗ Seite 63... 65

Aufstellen von Reaktionsgleichungen (Schrittfolge)

(Nur möglich bei einfachen Gleichungen für Reaktionen, bei denen alle Atome jedes der beteiligten Elemente in gleicher stöchiometrischer Wertigkeit vorliegen.)

Teilschritte	■ Oxydation von Methan														
1. Aufstellen der chemischen Zeichen (Symbole, Formeln) für die Ausgangsstoffe und die Reaktionsprodukte	$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$														
2. Ausgleichen durch Auffinden von Faktoren (Auffinden der kleinstmöglichen Anzahl Atome beziehungsweise Moleküle der Stoffe, die an der Reaktion teilnehmen) Überprüfen, ob auf jeder Seite der Gleichung die gleiche Anzahl Atome vermerkt ist	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">1 Atom Kohlenstoff in 1 Molekül Methan</td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">1 Atom Kohlenstoff in 1 Molekül Kohlendioxid</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">4 Atome Wasserstoff in 1 Molekül Methan</td> <td style="padding: 5px;">2 Atome Wasserstoff in 1 Molekül Wasser</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">Schlussfolgerung:</td> <td style="padding: 5px;">$2 \cdot 2 = 4$ Atome Wasserstoff</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">2 Atome Sauerstoff in 1 Molekül Sauerstoff</td> <td style="padding: 5px;">4 Atome Sauerstoff in 1 Molekül Kohlendioxid und 2 Molekülen Wasser</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">Schlussfolgerung:</td> <td style="padding: 5px;">$2 \cdot 2 = 4$ Atome Sauerstoff</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </table>	1 Atom Kohlenstoff in 1 Molekül Methan	1 Atom Kohlenstoff in 1 Molekül Kohlendioxid	4 Atome Wasserstoff in 1 Molekül Methan	2 Atome Wasserstoff in 1 Molekül Wasser	Schlussfolgerung:	$2 \cdot 2 = 4$ Atome Wasserstoff	$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$		2 Atome Sauerstoff in 1 Molekül Sauerstoff	4 Atome Sauerstoff in 1 Molekül Kohlendioxid und 2 Molekülen Wasser	Schlussfolgerung:	$2 \cdot 2 = 4$ Atome Sauerstoff	$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	
1 Atom Kohlenstoff in 1 Molekül Methan	1 Atom Kohlenstoff in 1 Molekül Kohlendioxid														
4 Atome Wasserstoff in 1 Molekül Methan	2 Atome Wasserstoff in 1 Molekül Wasser														
Schlussfolgerung:	$2 \cdot 2 = 4$ Atome Wasserstoff														
$\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$															
2 Atome Sauerstoff in 1 Molekül Sauerstoff	4 Atome Sauerstoff in 1 Molekül Kohlendioxid und 2 Molekülen Wasser														
Schlussfolgerung:	$2 \cdot 2 = 4$ Atome Sauerstoff														
$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$															
3. Zusammenstellen der Reaktionsgleichung	$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$														

Die Faktoren (Teilschritt 2) können auch mit Hilfe des kleinsten gemeinsamen Vielfachen ermittelt werden:

Teilschritte	■ Oxydation von Aluminium
1. Aufstellen der chemischen Zeichen für die Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte	$\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$

Teilschritte	■ Oxydation von Aluminium
2. Ausgleichen durch Auffinden der Faktoren mit Hilfe des kleinsten gemeinsamen Vielfachen	$ \begin{array}{ccc} & 2 & 3 \\ & \text{Sauerstoffatome} & \text{Sauerstoffatome} \\ & \boxed{\text{k.g.V. : 6}} & \\ \text{Schlußfolgerung: } & 2 \cdot 3 = 6 & 3 \cdot 2 = 6 \\ & \text{Sauerstoffatome} & \text{Sauerstoffatome} \\ \text{Al} + & 3 \text{O}_2 & \rightarrow & 2 \text{Al}_2\text{O}_3 \\ 1 & & & 4 \\ \text{Aluminiumatom} & & & \text{Aluminiumatome} \\ & \boxed{\text{k.g.V. : 4}} & & \\ \text{Schlußfolgerung:} & & & \\ 1 \cdot 4 = 4 & & & \\ \text{Aluminiumatome} & & & \\ 4 \text{Al} + & 3 \text{O}_2 & \rightarrow & 2 \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} $
	3. Zusammenstellen der Reaktionsgleichung

Dissoziationsgleichung

System von Zeichen, das die qualitativen und quantitativen Änderungen bei der Dissoziation eines Stoffes veranschaulicht.



Aufstellen von Dissoziationsgleichungen (Schrittfolge)

Teilschritte	■ Dissoziationsgleichung für Kalziumchlorid
1. Aufstellen der Formel für die chemische Verbindung	CaCl_2
2. Ermitteln der Anzahl der Kationen und der Ionenladung des Kations	Ca^{2+}
3. Ermitteln der Anzahl der Anionen und der Ionenladung des Anions	2Cl^-
4. Zusammenstellen der Dissoziationsgleichung	$\text{CaCl}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$

2

Bau der Stoffe – Periodensystem

Seite

18	2 1	Bausteine der Stoffe
30	2 2	Periodensystem der Elemente
35	2 3	Chemische Bindung
39	2 4	Wertigkeit

2.1. Bausteine der Stoffe

Atommodelle

Veranschaulichungen des Baus der Atome, da sie der Beobachtung nicht direkt zugänglich sind. Atommodelle geben das in der Natur existierende Atom in ausgewählten, wesentlichen Eigenschaften wieder. Sie dürfen nicht mit der Wirklichkeit gleichgesetzt werden. Atommodelle berücksichtigen einmal die komplizierte Bewegung und den Aufenthaltsraum der Elektronen, zum anderen die Energieverhältnisse in der Atomhülle.

Atome

Teilchen, aus denen die chemischen Elemente aufgebaut sind. Sie können bei chemischen Reaktionen nicht zerlegt werden. Alle Atome eines Elements haben bestimmte gleiche Eigenschaften. Atome bestehen aus dem Atomkern und aus der Atomhülle. Im Atom ist die Anzahl der Elektronen (elektrisch negativ geladen) in der Atomhülle gleich der Anzahl der Protonen (elektrisch positiv geladen) im Atomkern. Das Atom ist nach außen hin elektrisch neutral.

Atomkern

Masseteilchen, das sich im Zentrum des Atoms befindet und elektrisch positiv geladen ist; vereinigt in sich fast die ganze Masse des Atoms; enthält Protonen und Neutronen. Die Summe der Anzahl der Protonen und der Neutronen eines Atoms heißt **Massenzahl**.

Protonenanzahl + Neutronenanzahl = Massenzahl

■ Massenzahl des Chlorisotops $^{35}_{17}\text{Cl}$

17	+	18	=	35
Protonen- anzahl		Neutronen- anzahl		Massen- zahl

Protonen

Elektrisch positiv geladene Masseteilchen (relative Masse rund 1) im Atomkern. Die Protonenanzahl ist für jedes Element charakteristisch. Durch sie ist die Kernladungszahl (Anzahl der elektrisch positiven Ladungen) bestimmt. Durch die Protonenanzahl ist auch die Stellung der Elemente im Periodensystem festgelegt. Die Protonenanzahl ist der Ordnungszahl gleich.

Protonenanzahl = Kernladungszahl = Ordnungszahl

Neutronen

Elektrisch neutrale Masseteilchen (etwa gleiche Masse wie Protonen) im Atomkern. Die Neutronenanzahl kann für die Atomkerne des gleichen Elements unterschiedlich sein.

↗ Seite 20, 22 ... 27

Elektronen

Elektrisch negativ geladene Masseteilchen (Masse etwa $\frac{1}{1800}$ der des Protons) in der Atomhülle, die sich mit sehr großer Geschwindigkeit um den Atomkern bewegen. Die Anzahl der Elektronen in der Atomhülle ist der Protonenanzahl des Atomkerns gleich. Für Atome gilt:

Protonen- = **Kernladungs-** = **Elektronen-** = **Ordnungs-**
anzahl **zahl** **anzahl** **zahl**

Atomhülle

Enthält alle zu einem Atomkern gehörenden Elektronen. Die Elektronen sind in bestimmten Räumen der Atomhülle am häufigsten anzutreffen, den Räumen größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit.

- Raum größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons beim Wasserstoffatom

↗ Seite 22 ... 27



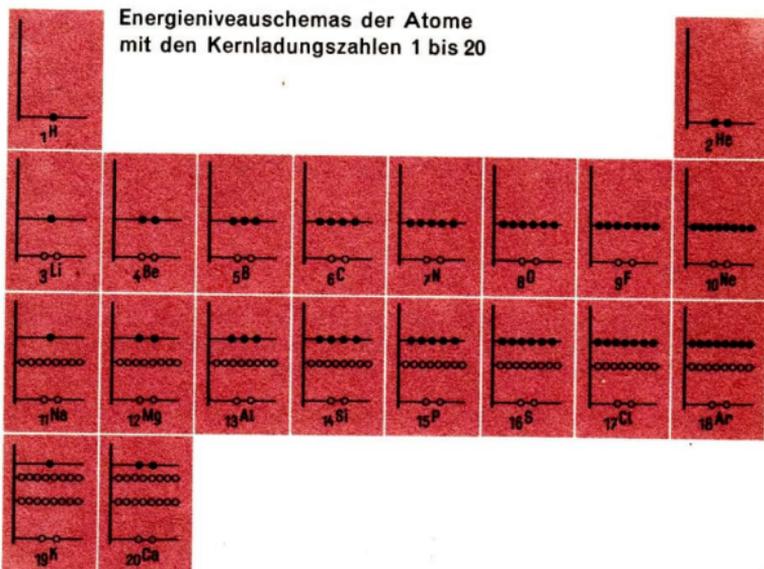
Elektronenschalen

Räume größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen mit annähernd gleicher Energie und die ihnen entsprechenden Energieniveaus.

Dem Raum größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Elektrons entspricht seine Energie. Elektronen mit annähernd gleicher Energie werden zu **Energieniveaus** zusammengefaßt, die in **Energieniveauschemas** dargestellt werden können.

In jeder Elektronenschale beziehungsweise jedem Energieniveau kann eine bestimmte größte Anzahl von Elektronen vorgefunden werden.

Energieniveaus	Bezeichnung der Elektronenschalen	Höchstanzahl der Elektronen: $2n^2$
1	1. oder K-Schale	$n = 1; 2 \cdot 1^2 = 2$
2	2. oder L-Schale	$n = 2; 2 \cdot 2^2 = 8$
3	3. oder M-Schale	$n = 3; 2 \cdot 3^2 = 18$
4	4. oder N-Schale	$n = 4; 2 \cdot 4^2 = 32$



Außenelektronen

Elektronen in der **Außenschale** eines Atoms. Sie bestimmen weitgehend die chemischen Reaktionen der Elemente.

Isotope

Atomarten eines chemischen Elements, die bei gleicher Protonenzahl verschiedene Neutronenzahlen haben. Isotope eines Elements besitzen daher unterschiedliche Massenzahlen.



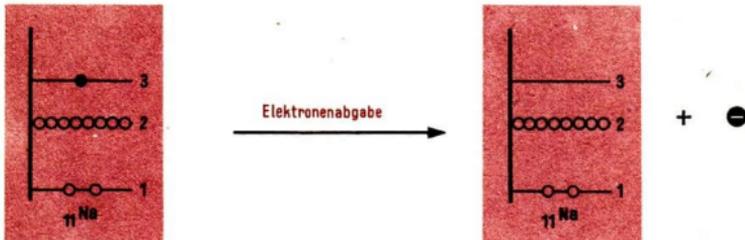
- Kohlenstoff $^{12}_6\text{C}$: 6 Protonen 6 Neutronen 6 Elektronen
- Kohlenstoff $^{13}_6\text{C}$: 6 Protonen 7 Neutronen 6 Elektronen

↗ Seite 19, 22...27

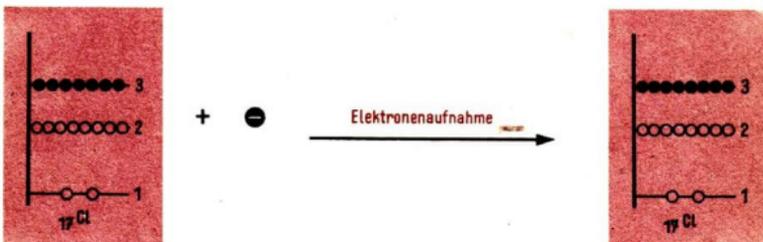
Ionen

Elektrisch positiv oder negativ geladene Teilchen; sind in wässrigen Lösungen der Säuren, Basen und Salze frei beweglich. Ionen entstehen aus Atomen durch Aufnahme beziehungsweise Abgabe von Elektronen.

■ Ionenbildung durch Elektronenabgabe

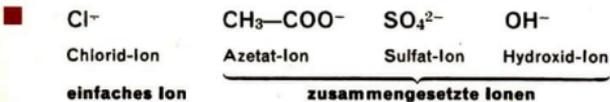


■ Ionenbildung durch Elektronenaufnahme



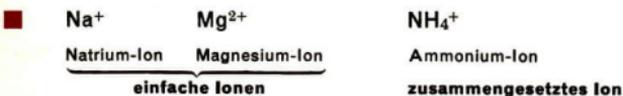
Anionen

Elektrisch negativ geladene Ionen.



Kationen

Elektrisch positiv geladene Ionen.



Atomaufbau der Elemente

Periode	Element	Symbol	Protonenanzahl = Ordnungszahl	Neutronenanzahl ¹ (häufig auftretende)
1	Wasserstoff	H	1	0; 1
	Helium	He	2	2; 1
2	Lithium	Li	3	4; 3
	Beryllium	Be	4	5
	Bor	B	5	6; 5
	Kohlenstoff	C	6	6; 7
	Stickstoff	N	7	7; 8
	Sauerstoff	O	8	8; 10; 9
	Fluor	F	9	10
	Neon	Ne	10	10; 12; 11
3	Natrium	Na	11	12
	Magnesium	Mg	12	12; 13; 14
	Aluminium	Al	13	14
	Silizium	Si	14	14; 15; 16
	Phosphor	P	15	16
	Schwefel	S	16	16; 18; 17
	Chlor	Cl	17	18; 20
	Argon	Ar	18	22; 18; 20
4	Kalium	K	19	20; 22
	Kalzium	Ca	20	20; 24; 22; 28; 23
	Skandium	Sc	21	24
	Titan	Ti	22	26; 24; 25; 27; 28
	Vanadin	V	23	28; 27
	Chrom	Cr	24	28; 29; 26; 30
	Mangan	Mn	25	30
	Eisen	Fe	26	30; 28; 31; 32
	Kobalt	Co	27	32
	Nickel	Ni	28	30; 32; 34; 33; 36
	Kupfer	Cu	29	34; 36
	Zink	Zn	30	34; 36; 38; 37; 40
	Gallium	Ga	31	38; 40
	Germanium	Ge	32	42; 40; 38; 41; 44
Arsen	As	33	42	

¹ Die Neutronenanzahlen sind nach prozentualem Anteil geordnet.

Elektronenanzahl

1. Schale	2. Schale	3. Schale	4. Schale	5. Schale	6. Schale	7. Schale
1 2						
2 2 2 2 2 2 2	1 2 3 4 5 6 7 8					
2 2 2 2 2 2 2	8 8 8 8 8 8 8	1 2 3 4 5 6 7 8				
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	8 8 8+1 8+2 8+3 8+4 8+5 8+6 8+7 8+8 8+9 8+10 18 18 18	1 2 2 2 2* 2 2 2 2 2 2* 2 3 4 5			

* Abweichungen in der Anordnung der neu hinzukommenden Elektronen bzw. Anordnung derselben nicht gesichert.

Atomaufbau der Elemente (Fortsetzung)

Periode	Element	Symbol	Protonenanzahl = Ordnungszahl	Neutronenanzahl ¹ (häufig auftretende)
	Selen	Se	34	46; 44; 42; 48; 43
	Brom	Br	35	44; 46
	Krypton	Kr	36	48; 50; 47; 46; 44
5	Rubidium	Rb	37	48; 50
	Strontium	Sr	38	50; 48; 49; 46
	Yttrium	Y	39	50
	Zirkon	Zr	40	50; 54; 52; 51; 56
	Niob	Nb	41	52
	Molybdän	Mo	42	56; 53; 50; 54; 58
	Technetium	Tc	43	56
	Ruthenium	Ru	44	58; 60; 57; 55; 56
	Rhodium	Rh	45	58
	Palladium	Pd	46	60; 62; 59; 64; 58
	Silber	Ag	47	60; 62
	Kadmium	Cd	48	66; 64; 63; 62; 65
	Indium	In	49	66; 64
	Zinn	Sn	50	70; 68; 66; 69; 67
	Antimon	Sb	51	70; 72
	Tellur	Te	52	78; 76; 74; 73; 72
	Jod	J	53	74
	Xenon	Xe	54	78; 75; 77; 80; 82
6	Zäsium	Cs	55	78;
	Barium	Ba	56	82; 81; 80; 79; 78
	Lanthan	La	57	82; 81
	Zer	Ce	58	82; 84; 80; 78
	Praseodym	Pr	59	82
	Neodym	Nd	60	82; 84; 86; 83; 85
	Promethium	Pm	61	86
	Samarium	Sm	62	90; 92; 85; 87; 86
	Europium	Eu	63	90; 88
	Gadolinium	Gd	64	94; 96; 92; 93; 91
	Terbium	Tb	65	94
	Dysprosium	Dy	66	98; 96; 97; 95; 94
	Holmium	Ho	67	98
	Erbium	Er	68	98; 100; 99; 102; 96

¹ Die Neutronenanzahlen sind nach prozentualem Anteil geordnet.

Elektronenanzahl						
1. Schale	2. Schale	3. Schale	4. Schale	5. Schale	6. Schale	7. Schale
2	8	18	6			
2	8	18	7			
2	8	18	8			
2	8	18	8	1		
2	8	18	8	2		
2	8	18	8+1	2		
2	8	18	8+2	2		
2	8	18	8+3	2*		
2	8	18	8+4	2*		
2	8	18	8+5	2		
2	8	18	8+6	2*		
2	8	18	8+7	2*		
2	8	18	8+8	2*		
2	8	18	8+9	2*		
2	8	18	8+10	2		
2	8	18	18	3		
2	8	18	18	4		
2	8	18	18	5		
2	8	18	18	6		
2	8	18	18	7		
2	8	18	18	8		
2	8	18	18	8	1	
2	8	18	18	8	2	
2	8	18	18	8+1	2	
2	8	18	18+1	8+1	2	
2	8	18	18+2	8+1	2	
2	8	18	18+3	8+1	2*	
2	8	18	18+4	8+1	2*	
2	8	18	18+5	8+1	2*	
2	8	18	18+6	8+1	2*	
2	8	18	18+7	8+1	2	
2	8	18	18+8	8+1	2	
2	8	18	18+9	8+1	2	
2	8	18	18+10	8+1	2	
2	8	18	18+11	8+1	2	

* Abweichungen in der Anordnung
der neu hinzukommenden Elektronen bzw. Anordnung derselben nicht gesichert.

Atom Aufbau der Elemente (Fortsetzung)

Periode	Element	Symbol	Protonenanzahl = Ordnungszahl	Neutronenanzahl ¹ (häufig auftretende)
	Thulium	Tm	69	100
	Ytterbium	Yb	70	104; 102; 103; 101; 106
	Lutetium	Lu	71	104; 105
	Hafnium	Hf	72	108; 106; 105; 107; 104
	Tantal	Ta	73	108
	Wolfram	W	74	110; 112; 108; 109; 106
	Rhenium	Re	75	112; 110
	Osmium	Os	76	116; 114; 113; 112; 111
	Iridium	Ir	77	116; 114
	Platin	Pt	78	117; 116; 118; 120; 114
	Gold	Au	79	118
	Quecksilber	Hg	80	122; 120; 119; 121; 118
	Thallium	Tl	81	124; 122
	Blei	Pb	82	126; 124; 125; 122
	Wismut	Bi	83	126
	Polonium	Po	84	126; 127; 128; 130; 131
	Astat	At	85	130; 133; 134
	Radon	Rn	86	133; 134; 136
7	Franzium	Fr	87	136
	Radium	Ra	88	135; 136; 138; 140
	Aktinium	Ac	89	138
	Thorium	Th	90	142
	Protaktinium	Pa	91	140
	Uran	U	92	146; 143; 142
	Neptunium	Np	93	144
	Plutonium	Pu	94	148
	Amerizium	Am	95	148
	Kurium	Cm	96	151
	Berkelium	Bk	97	150
	Kalifornium	Cf	98	153
	Einsteinium	Es	99	155
	Fermium	Fm	100	153
	Mendelevium	Md	101	155
	Nobelium	(No)	102	152
	Lawrenzium	Lr	103	154
	Kurtschatovium	(Ku)	104	156

¹ Die Neutronenanzahlen sind nach prozentualem Anteil geordnet.

Elektronenanzahl						
1. Schale	2. Schale	3. Schale	4. Schale	5. Schale	6. Schale	7. Schale
2	8	18	18+12	8+1	2*	
2	8	18	18+13	8+1	2*	
2	8	18	18+14	8+1	2	
2	8	18	32	8+2	2	
2	8	18	32	8+3	2	
2	8	18	32	8+4	2	
2	8	18	32	8+5	2	
2	8	18	32	8+6	2	
2	8	18	32	8+7	2	
2	8	18	32	8+8	2*	
2	8	18	32	8+9	2*	
2	8	18	32	8+10	2	
2	8	18	32	18	3	
2	8	18	32	18	4	
2	8	18	32	18	5	
2	8	18	32	18	6	
2	8	18	32	18	7	
2	8	18	32	18	8	
2	8	18	32	18	8	1
2	8	18	32	18	8	2
2	8	18	32	18	8+1	2
2	8	18	32	18+1	8+1	2*
2	8	18	32	18+2	8+1	2*
2	8	18	32	18+3	8+1	2*
2	8	18	32	18+4	8+1	2*
2	8	18	32	18+5	8+1	2*
2	8	18	32	18+6	8+1	2*
2	8	18	32	18+7	8+1	2*
2	8	18	32	18+8	8+1	2*
2	8	18	32	18+9	8+1	2*
2	8	18	32	18+10	8+1	2*
2	8	18	32	18+11	8+1	2*
2	8	18	32	18+12	8+1	2*
2	8	18	32	18+13	8+1	2*
2	8	18	32	18+14	8+1	2*
2	8	18	32	32	8+2	2*

* Abweichungen in der Anordnung
der neu hinzukommenden Elektronen bzw. Anordnung derselben nicht gesichert.

Moleküle

Kleinste Teilchen chemischer Verbindungen oder Teilchen eines Elements; bestehen aus mindestens zwei Atomen. Sie können bei chemischen Reaktionen in ihre Bestandteile zerlegt werden.

Makromoleküle

Moleküle, die aus vielen (bis zu mehreren tausend) gleichen oder unterschiedlichen Grundmolekülen zusammengesetzt sind; ihre relative Molekülmasse ist > 10000 .

Makromolekulare Stoffe sind Gemische ähnlicher Makromoleküle unterschiedlicher Molekülgröße, die als einheitliches Ganzes reagieren.

■ **Natürliche makromolekulare Stoffe:**

Polysaccharide,
Polypeptide,
Naturkautschuk

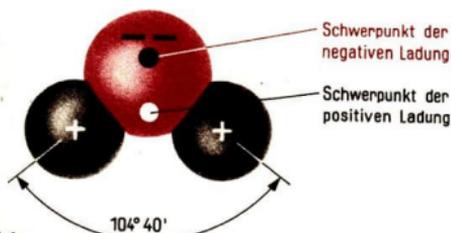
Synthetische makromolekulare Stoffe:

Plaste,
Elaste,
Chemiefaserstoffe

Dipol

Nach außen elektrisch neutrales Molekül, dessen positiver und negativer Ladungsschwerpunkt getrennt sind.

■ Wassermolekül als Dipol

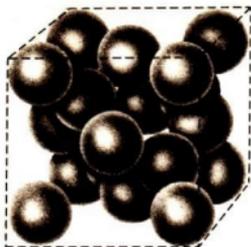


Struktur

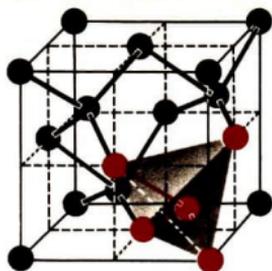
Aufbau eines Stoffes; **Strukturmerkmale** sind die räumliche Anordnung der Teilchen und die Bindungsverhältnisse zwischen den Teilchen.

Die Teilchen fester Stoffe sind meist in **Gittern** angeordnet. Elemente können in unterschiedlichen Erscheinungsformen, den **Modifikationen**, auftreten, die durch unterschiedliche Anordnung der Atome im Gitter bedingt sind.

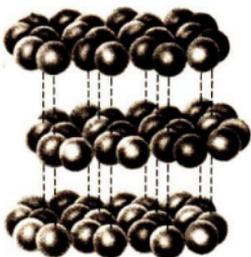
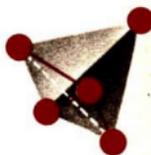
Atomgitter



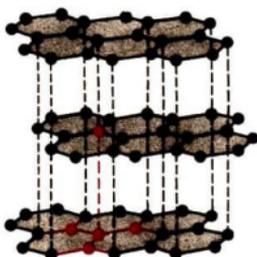
räumliche Anordnung
der Kohlenstoffatome
im Atomgitter des Diamants



vereinfachtes Modell
des Atomgitters beim Diamant



räumliche Anordnung
der Kohlenstoffatome
im Atomgitter des Graphits

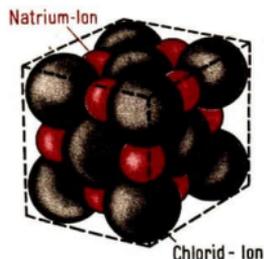


vereinfachtes Modell
des Atomgitters beim Graphit

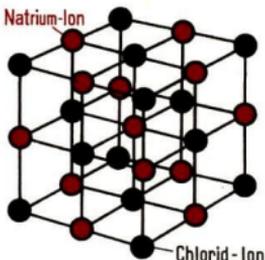


↗ Seite 35

Ionengitter



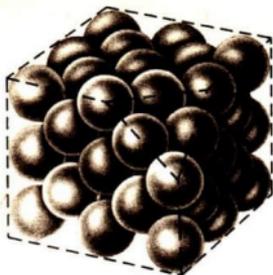
räumliche Anordnung
der Ionen
im Ionengitter des Natriumchlorids



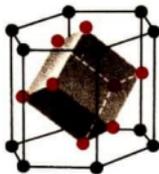
vereinfachtes Modell
des Ionengitters beim Natriumchlorid

↗ Seite 36

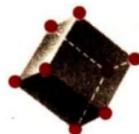
■ Metallgitter



räumliche Anordnung der Kupfer-Ionen im Metallgitter des Kupfers



vereinfachtes Modell des Metallgitters beim Kupfer



↗ Seite 38

2.2. Periodensystem der Elemente

Gesetz der Periodizität

Gesetz, auf dem das Periodensystem der Elemente beruht (Mendelejew 1869):

Der periodischen Änderung im Bau der Atomhülle der Elemente entspricht die periodische Änderung der Eigenschaften der Elemente.

Periodensystem der Elemente

Übersicht, in der die chemischen Elemente auf der Grundlage ihres Atombaus geordnet sind; enthält für jedes Element charakteristische Angaben.

■ Angaben für jedes Element im Periodensystem der Elemente dieses Buches.

Ordnungszahl	7	14,007	
Elektronegativität	3,0	N	relative Atommasse
Name	Stickstoff		Symbol

↗ Schluß des Buches

Ordnungszahl

Zahl, die die Reihenfolge der Elemente im Periodensystem kennzeichnet. Dabei gilt:

Ordnungs- = **Kernladungs-** = **Protonen-** = **Elektronen-**
zahl = **zahl** = **anzahl** = **anzahl**

↗ Seite 22...27, 68...70, Schluß des Buches

Perioden

Waagerechte Reihen im Periodensystem.

Elemente, deren Atome dieselbe Anzahl besetzter Schalen haben, stehen in derselben Periode.

Anzahl der besetzten Schalen $\hat{=}$ **Bezeichnung der Außenschale** $\hat{=}$ **Nummer der Periode**

Gruppen

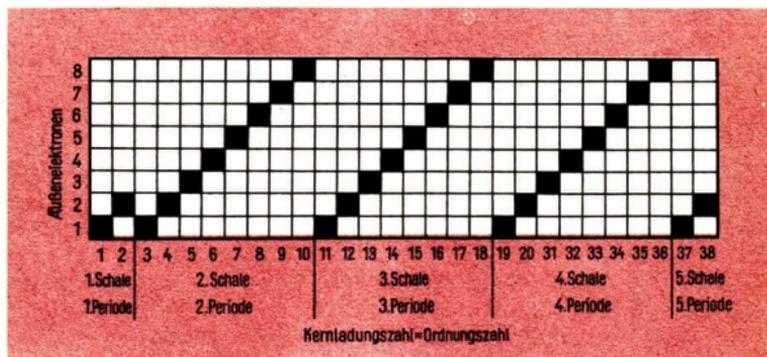
Senkrechte Reihen im Periodensystem. Jede Gruppe ist in eine **Hauptgruppe** und in eine **Nebengruppe** unterteilt. Alle Elemente der Perioden 1 bis 3 sind Hauptgruppenelemente. In den Perioden 4 bis 7 gibt es neben Hauptgruppenelementen auch Nebengruppenelemente.

Hauptgruppenelemente, deren Atome die gleiche Anzahl Außenelektronen besitzen, stehen in derselben Hauptgruppe.

Anzahl der Außenelektronen $\hat{=}$ **Hauptgruppennummer**

Periodische Änderung des Baus der Atomhülle

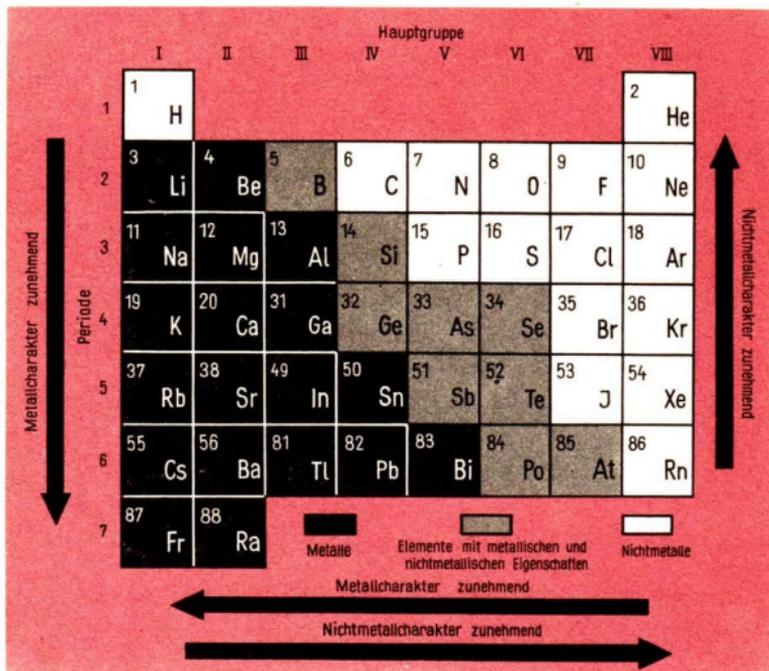
In der Periode ändert sich der Atombau der Hauptgruppenelemente mit steigender Kernladungszahl allmählich. Beim Übergang von einer Periode zur nächstfolgenden ändert sich der Atombau immer sprunghaft.



Die Anzahl der Außenelektronen ändert sich bei den Hauptgruppenelementen mit steigender Kernladungszahl periodisch.

Metalle und Nichtmetalle

In den Hauptgruppen nimmt mit steigender Ordnungszahl der Metallcharakter zu, der Nichtmetallcharakter ab. In den Perioden nimmt mit steigender Ordnungszahl der Metallcharakter ab, der Nichtmetallcharakter zu.



Charakter der Oxide der Hauptgruppenelemente

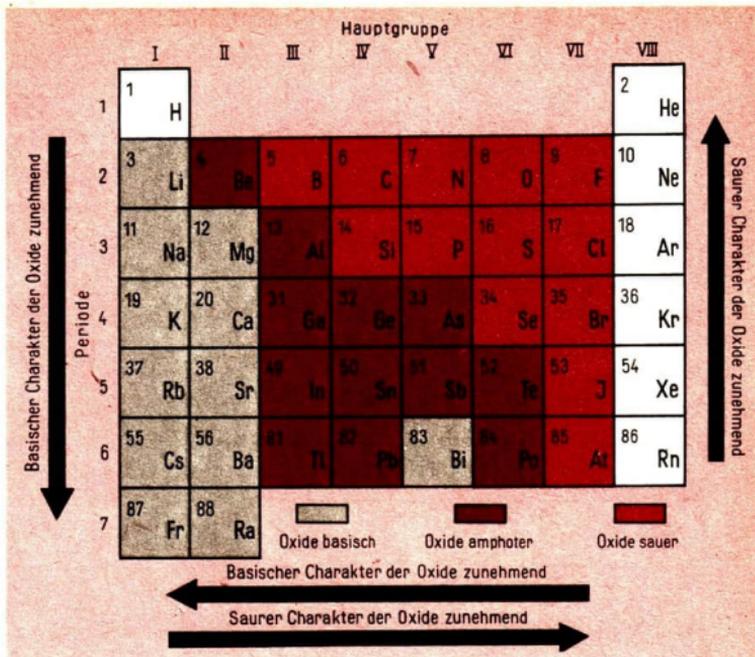
Bei den Hauptgruppenelementen wird mit steigender Ordnungszahl der basische Charakter der Oxide innerhalb jeder Periode (mit Ausnahme der 1.) schwächer. Dagegen verstärkt sich der saure Charakter der Oxide.

In jeder Hauptgruppe (mit Ausnahme der VIII.) nimmt mit steigender Ordnungszahl der Elemente der basische Charakter der Oxide zu, der saure dagegen ab.

In der II. bis VI. Hauptgruppe treten auch Elemente mit **amphoteren Oxiden** auf.

Amphotere Verbindungen haben saure und basische Eigenschaften. Je nachdem, ob diese Verbindungen mit einer Base oder mit einer Säure reagieren, verhalten sie sich wie eine Säure beziehungsweise wie eine Base.

✂ Schluß des Buches



Hauptgruppennummer und stöchiometrische Wertigkeit

Hauptgruppennummer	I	II	III	IV	V	VI	VII
■ Sauerstoffverbindung	Na_2O	CaO	Al_2O_3	CO_2	N_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
(höchste) stöchiometrische Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	I	II	III	IV	V	VI	VII
■ Wasserstoffverbindung	NaH	CaH_2	AlH_3	CH_4	NH_3	SH_2 (H_2S)	ClH (HCl)
stöchiometrische Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	I	II	III	IV	III	II	I

Periodizität chemischer und physikalischer Eigenschaften

Eigenschaft	Änderungen	
	in den Hauptgruppen	in den Perioden
Metallcharakter	↓ zunehmend	← zunehmend
Nichtmetallcharakter	↑ zunehmend	→ zunehmend
höchste stöchiometrische Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	gleichbleibend	I VII → zunehmend
stöchiometrische Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	gleichbleibend	I IV I → ← zunehmend
Kernladungszahl	↓ zunehmend	→ zunehmend
Elektronegativitätswert	↑ im allgemeinen zunehmend	→ zunehmend
Dichte	↓ im allgemeinen zunehmend	I IV VII ← → zunehmend
Schmelz- und Siedetemperatur der Metalle	↑ im allgemeinen zunehmend	—
Schmelz- und Siedetemperatur der Nichtmetalle	↓ im allgemeinen zunehmend	—

Periodensystem und Atombau

Die Stellung jedes Elements im Periodensystem ist im Atombau begründet. Für alle Hauptgruppenelemente gelten:

	■ Schwefel		■ Schwefel
Ordnungszahl	16	= Protonenzahl = Kernladungszahl = Elektronenzahl	16 16 16
Nummer der Hauptgruppe	VI	≙ Anzahl der Außenelektronen	6
Nummer der Periode	3	≙ Anzahl der Elektronenschalen	3

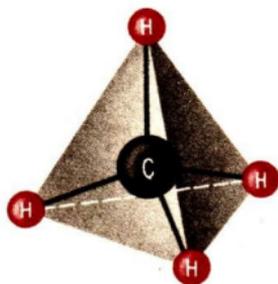
2.3. Chemische Bindung

Atombindung

Chemische Bindung, die durch gemeinsame Elektronenpaare gekennzeichnet ist; kann sowohl zwischen gleichartigen als auch verschiedenartigen Atomen auftreten. Sie liegt hauptsächlich zwischen Nichtmetallatomen vor. Stoffe mit Atombindung sind oft aus Molekülen aufgebaut. Bei Stoffen mit Atombindung, die aus Molekülen aufgebaut sind, liegt ein **Molekülgitter** vor. Bei Stoffen mit Atombindung, die nicht aus Molekülen aufgebaut sind, liegt ein **Atomgitter** vor.

↗ Seite 29

■ Einfachbindungen



Räumliche Anordnung der Atome im Methanmolekül (Tetraedermodeles)

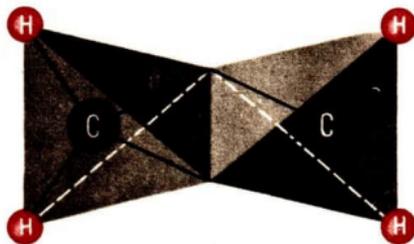


Modell des Methanmoleküls



Formel des Methans

■ Doppelbindung und Einfachbindungen



Räumliche Anordnung der Atome im Äthenmolekül (Tetraedermodeles)

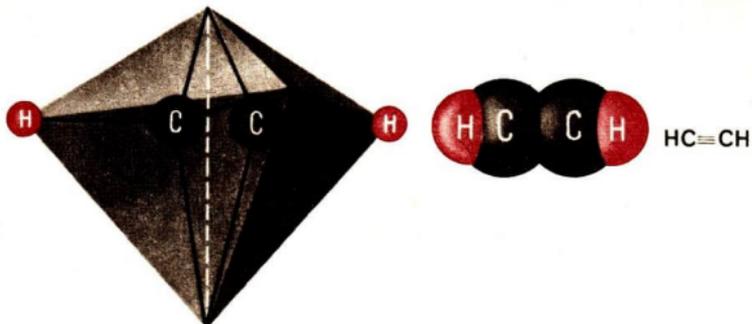


Modell des Äthenmoleküls



vereinfachte Strukturformel des Äthens

■ Dreifachbindung und Einfachbindungen

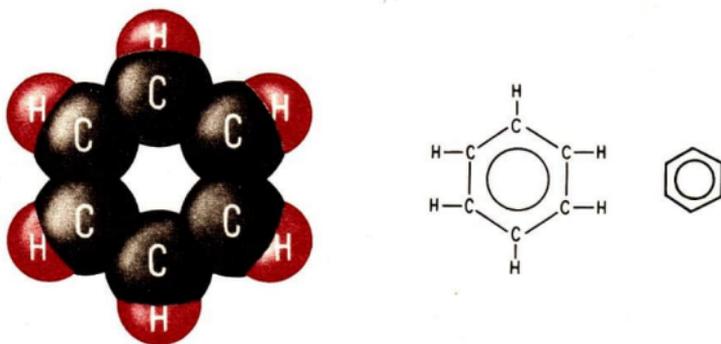


Räumliche Anordnung der Atome im Äthinmolekül (Tetraedermodell)

Modell des Äthinmoleküls

vereinfachte Strukturformel des Äthins

■ Elektronensextett und Einfachbindungen



Modell des Benzolmoleküls

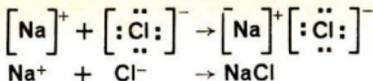
Strukturformel des Benzols

vereinfachte Strukturformel des Benzols

Ionenbeziehung

Chemische Bindung, die auf elektrischer Anziehung entgegengesetzt geladener Ionen beruht. Sie liegt hauptsächlich in Verbindungen zwischen **Metall** und **Nichtmetall** vor. Die festen Körper, die aus Ionen aufgebaut sind, bezeichnet man als **Ionenkristalle**.

Die räumliche Anordnung der Ionen im Ionenkristall wird als **Ionengitter** bezeichnet.



↗ Seite 29

Atombindung mit teilweise Ionencharakter

Übergangsform zwischen Atombindung und Ionenbeziehung; kommt durch den Unterschied in den Anziehungskräften der beteiligten Atome auf die bindenden Elektronen zustande; Moleküle der Verbindungen mit teilweise Ionencharakter sind häufig Dipole.

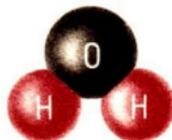


Modell des Chlorwasserstoffmoleküls

(+) (-)



Formel des Chlorwasserstoffmoleküls in Elektronenschreibweise mit Angabe der Ladungsschwerpunkte

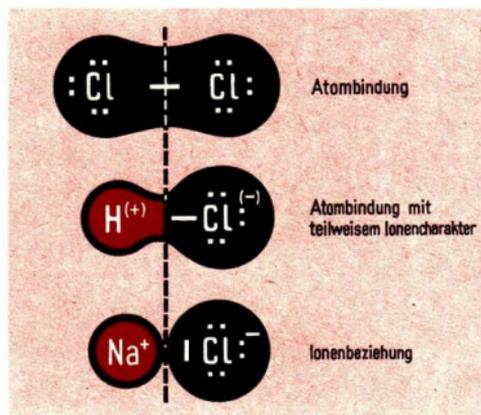


Modell des Wassermoleküls



Formel des Wassermoleküls in Elektronenschreibweise mit Angabe der Ladungsschwerpunkte

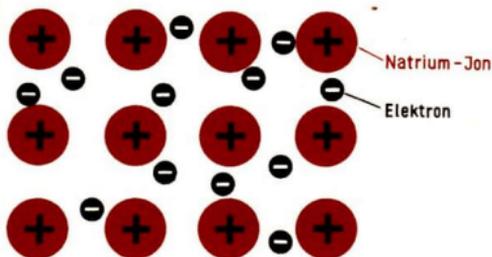
Übergang von der Atombindung zur Ionenbeziehung (Schema):



Metallbindung

Chemische Bindung, die durch elektrische Anziehung zwischen Metall-Ionen und frei beweglichen Elektronen bewirkt wird. Die frei beweglichen Elektronen bedingen die elektrische Leitfähigkeit der Metalle. Die Metall-Ionen sind in einem **Metallgitter** angeordnet.

↗ Seite 30



Modell der Metallbindung beim Natrium

Vergleich der Arten der chemischen Bindung

	Atombindung	Atombindung mit teilweisem Ionencharakter	Ionenbeziehung	Metallbindung
Merkmale	gemeinsame Elektronenpaare	gemeinsames Elektronenpaar ist zu einem Atom hin verlagert	Anziehung zwischen entgegengesetzt geladenen Ionen	Anziehung zwischen Metall-Ionen und frei beweglichen Elektronen
am Aufbau der Stoffe beteiligte Atome oder Ionen	Nichtmetallatome	unterschiedliche Nichtmetallatome oder Metallatome und Nichtmetallatome	Metall-Ionen und Nichtmetall-Ionen	Metall-Ionen und frei bewegliche Elektronen
Aufbau der Stoffe	Molekül	Molekül (häufig Dipol)	Ionenkristall (Iongitter)	Metallkristall (Metallgitter)
■	$:\ddot{\text{Cl}}-\ddot{\text{Cl}}:; \text{Cl}_2$	$\text{H}-\ddot{\text{Cl}}:; \text{HCl}$	$\text{Na}^+\text{Cl}^-; \text{NaCl}$	Na

Atombindung, Ionenbeziehung und Metallbindung sind Arten der chemischen Bindung. Zwischen diesen Grenzfällen der chemischen Bindung gibt es Übergangsformen (z. B. Atombindung mit teilweise Ionencharakter). Mit Hilfe der **Elektronegativitätstabelle** kann man den Charakter der chemischen Bindung in einer chemischen Verbindung zwischen zwei Elementen beurteilen.

↗ Schluß des Buches

Aus der Differenz der Elektronegativitätswerte der beiden Elemente ergibt sich:

Differenz $< 1,7$ bedeutet überwiegend Atombindung,

Differenz $> 1,7$ bedeutet überwiegend Ionenbeziehung.

Name der chemischen Verbindung	Formel; Differenz der Elektronegativitätswerte	vorherrschende Art der chemischen Bindung	Aufbau der Verbindung
Chlorwasserstoff	H Cl 2,1 3,0 0,9	Atombindung	Moleküle
Wasser	H ₂ O 2,1 3,5 1,4	Atombindung	Moleküle
Natriumchlorid	Na Cl 0,9 3,0 2,1	Ionenbeziehung	Ionenkristall
Kalziumoxid	Ca O 1,0 3,5 2,5	Ionenbeziehung	Ionenkristall

2.4. Wertigkeit

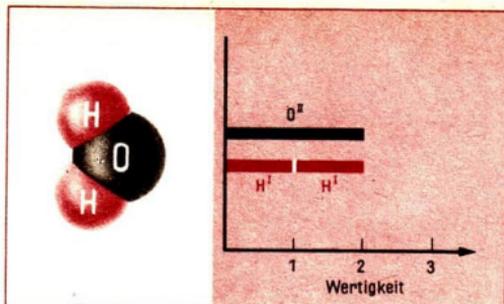
Stöchiometrische Wertigkeit

Zahl, die angibt, wieviel Wasserstoffatome ein Atom eines Elements binden oder in einer Verbindung ersetzen kann.

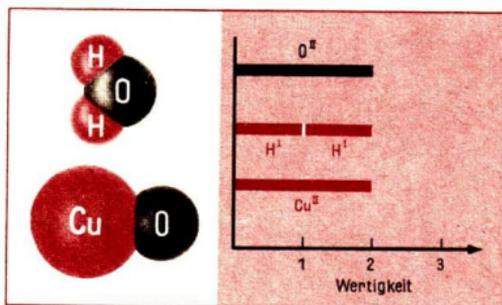
↗ Seite 33,40,42,68...70

Die stöchiometrische Wertigkeit kann durch eine hochgestellte römische Zahl angegeben werden.

- Na^I einwertiges Natriumatom
- Fe^{III} dreiwertiges Eisenatom



In der Verbindung Wasser ist Sauerstoff zweiwertig, denn ein Sauerstoffatom bindet zwei Wasserstoffatome.

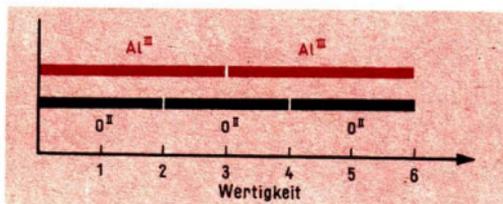


In der Verbindung Kupferoxid ist Kupfer zweiwertig, denn ein Kupferatom ersetzt zwei Wasserstoffatome.

Die Wertigkeit eines Elements kann aus chemischen Formeln ermittelt werden, wenn die Wertigkeiten der anderen Elemente bekannt sind. Bei Verbindungen, die nur aus zwei Elementen bestehen, ist das einfach.

■ Die Wertigkeit des Aluminiums im Aluminiumoxid Al_2O_3 soll ermittelt werden. Sauerstoff ist zweiwertig. Man geht wie folgt vor:

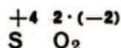
1. In der Verbindung Aluminiumoxid sind 3 Sauerstoffatome gebunden, die insgesamt 6 Wertigkeiten ($3 \cdot 2 = 6$) haben.
2. Die Verbindung Aluminiumoxid enthält 2 Aluminiumatome. Diese müssen insgesamt ebenfalls 6 Wertigkeiten haben, da sich die Wertigkeiten aller Atome im Aluminiumoxid ausgleichen.
3. Aluminium ist folglich dreiwertig ($6 : 2 = 3$).



Im Aluminiumoxid gleichen sich die Wertigkeiten des Aluminiums und die Wertigkeiten des Sauerstoffs aus.

Oxydationszahl

Angabe von Art und Anzahl der Ladungen von freien oder in Verbindungen enthaltenen Elementen, wobei jedes einzelne Teilchen der Elemente als Ion betrachtet wird. Die Oxydationszahlen können als arabische Ziffern mit positivem oder negativem Vorzeichen über dem Symbol angegeben werden.



Festlegungen beim Bestimmen von Oxydationszahlen

Teilchen	Festlegung zur Oxydationszahl	■
Atome oder Moleküle von Elementen	Oxydationszahl = ± 0	± 0 Cu ± 0 Cl ₂
Atome in Verbindungen — Metalle — Wasserstoff — Sauerstoff	Oxydationszahl $\hat{=}$ Wertigkeit Oxydationszahl = + 1 Oxydationszahl = - 2	+2 -2 Cu O 2 · (+1) -2 H ₂ O
einfache Ionen	Oxydationszahl $\hat{=}$ elektrische Ladung	+1 Na ⁺ -1 Br ⁻
zusammengesetzte Ionen	Summe aller Oxydationszahlen $\hat{=}$ elektrische Ladung	-3 4 · (+1) N H ₄ ⁺
Moleküle von Verbindungen ¹	Summe aller Oxydationszahlen = 0	+4 2 · (-2) C O ₂
gedachte Atomgruppen organischer Verbindungen	Summe aller Oxydationszahlen = 0	-3 3 · (+1) -C H ₃

¹ Bei Verbindungen mit Ionenbeziehung wird entsprechend der Formel das Zahlenverhältnis der Ionen zugrunde gelegt.

Ionenladung und Wertigkeit

Die Anzahl der elektrischen Ladungen des Ions stimmt mit der (stöchiometrischen) Wertigkeit der Atome des entsprechenden Elements überein.

Symbol der Elemente	Na	Mg	Al	S	Cl
Anzahl der elektrischen Ladungen der Ionen	1	2	3	2	1
Schreibweise der Ionen	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	S ²⁻	Cl ⁻
Wertigkeit der Atome dieser Elemente	I	II	III	II	I
Angabe der Wertigkeit	Na ^I	Mg ^{II}	Al ^{III}	S ^{II}	Cl ^I

3

Chemische Reaktionen

Seite

44	311	Grundlagen chemischer Reaktionen
48	312	Verlauf chemischer Reaktionen
53	313	Katalyse
54	314	Arten chemischer Reaktionen
57	315	Dissoziation

3.1. Grundlagen chemischer Reaktionen

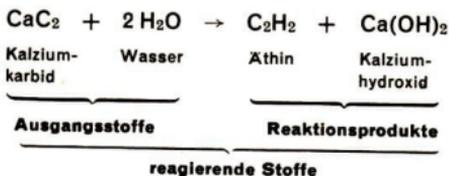
Physikalischer Vorgang

Vorgang, bei dem sich Form, Aggregatzustand oder Lage eines Körpers ändert, der Stoff aber erhalten bleibt.

Vorgang	Änderung bei dem Vorgang	Stoff	
		vor dem Vorgang	nach dem Vorgang
Zerkleinern von Schwefelbrocken zu Pulver	Form	Schwefel	Schwefel
Schmelzen von Bleiwürfeln	Aggregatzustand, Form	Blei	Blei
Werfen einer PVC-Kugel	Lage	PVC	PVC

Chemische Reaktion

Vorgang, bei dem sich Stoffumwandlungen vollziehen; dabei entstehen neue Stoffe mit anderen Eigenschaften. Die Stoffe, die vor der Reaktion vorliegen, heißen **Ausgangsstoffe**. Die Stoffe, die nach der Reaktion vorliegen, heißen **Reaktionsprodukte**. Alle an der Reaktion teilnehmenden Stoffe bezeichnet man als **reagierende Stoffe**.



Das **Wesen chemischer Reaktionen** besteht

- ▶ in der Umordnung von Atomen und Ionen oder in der Umwandlung dieser Teilchen ineinander;
- ▶ meist auch in dem Umbau der chemischen Bindung.

Dabei findet oft eine Umgruppierung von Elektronen statt.

Bei chemischen Reaktionen erfolgen auch energetische Veränderungen. Der Energieinhalt der Stoffe ändert sich.

Reaktion	$2 \text{Na} + \text{:}\ddot{\text{Cl}}-\ddot{\text{Cl}}\text{:} \longrightarrow 2 [\text{Na}]^+ [\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}]^-$		
Teilchen	Atome (Ionen im Metallgitter)	Moleküle	Ionen im Ionengitter
Art der chemischen Bindung	Metallbindung	Atombindung	Ionenbeziehung
Verteilung der Außen-elektronen	je 1 frei bewegliches Elektron in der 3. Schale je Atom	neben je 6 Elektronen in der 3. Schale 2 weitere Elektronen im gemeinsamen Elektronenpaar	kein Elektron in der 3. Schale (8 Elektronen in der 2. Schale) der Natrium-Ionen und 8 Elektronen in der 3. Schale der Chlorid-Ionen

Reaktion	$\cdot\text{Zn}\cdot + 2 \text{H}-\ddot{\text{Cl}}\text{:} \longrightarrow [\text{Zn}]^{2+} [\text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}]_2^- + \text{H}-\text{H}$			
Teilchen	Atome (Ionen im Metallgitter)	Moleküle	Ionen im Ionengitter	Moleküle
Art der chemischen Bindung	Metallbindung	Atombindung mit teilweisem Ionencharakter	Ionenbeziehung	Atombindung
Verteilung der Außen-elektronen	zwei frei bewegliche Elektronen in der 4. Schale je Atom	neben 6 Elektronen in der 3. Schale je Chloratom 2 weitere Elektronen im gemeinsamen Elektronenpaar je Molekül	kein Elektron in der 4. Schale (18 Elektronen in der 3. Schale) des Zinkions und je 8 Elektronen in der 3. Schale der Chlorid-Ionen	gemeinsames Elektronenpaar zwischen den Wasserstoffatomen

System

Einheit von Teilchen und ihren Wechselwirkungen bei einer chemischen Reaktion. Die chemische Reaktion als System ist eine Stoffansammlung aus Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten und die zwischen diesen Stoffen vorhandenen Wechselwirkungen.



Das System Jodwasserstoffbildung besteht, sobald die Reaktion begonnen hat, aus Wasserstoff-, Jod- und Jodwasserstoffmolekülen sowie aus den zwischen ihnen auftretenden Wechselwirkungen, die durch Entstehung, Lösung oder Veränderung chemischer Bindungen zum Ausdruck kommen, und den damit verbundenen Prozessen der Energieumwandlung (z. B. Wärmeabgabe).

Aktivierungsenergie

Energie, die zum Auslösen einer chemischen Reaktion benötigt wird.

↗ Seite 49, 50

Reaktionswärme

Bei chemischen Reaktionen aufgenommene oder abgegebene Wärmemenge. Die Reaktionswärme Q wird in Kilokalorien angegeben. Sie bezieht sich auf die Stoffmengen, die durch die Gleichung angegeben sind.

Endotherme Reaktionen sind chemische Reaktionen, die unter Wärmeaufnahme verlaufen. Energieinhalt der Ausgangsstoffe ist kleiner als der der Reaktionsprodukte.

Exotherme Reaktionen sind chemische Reaktionen, die unter Wärmeabgabe verlaufen. Energieinhalt der Ausgangsstoffe ist größer als der der Reaktionsprodukte.

chemische Reaktion	Angabe der Reaktionswärme Q	■
endotherm	$Q = +n \text{ kcal}$	$CO_2 + C \rightarrow 2 CO; Q = + 41,2 \text{ kcal}$
exotherm	$Q = -n \text{ kcal}$	$C + O_2 \rightarrow CO_2; Q = -94,0 \text{ kcal}$

Reaktionsbedingungen

Bedingungen, von denen der Ablauf einer chemischen Reaktion abhängig

ist; werden in Form von Zustandsgrößen ausgedrückt: **Temperatur, Druck, Konzentration.**

Zustandsgrößen kennzeichnen die augenblickliche Beschaffenheit der Stoffe.

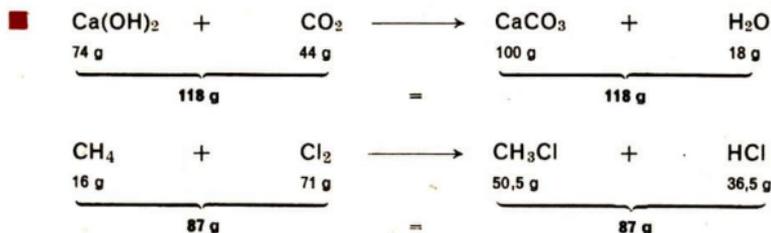
Eine chemische Reaktion kommt zustande, wenn die Ausgangsstoffe in bestimmten Zuständen vorliegen.

Zustandsgröße	Erläuterung
Temperatur	kennzeichnet die mittlere kinetische Energie aller Teilchen
Druck	Quotient aus Druckkraft und gedrückter Fläche: $p = \frac{F}{A}$
Konzentration	Quotient aus Stoffmenge und Volumen: $c = \frac{n}{V}$

↗ Seite 50...52

Gesetz von der Erhaltung der Masse

Bei jeder chemischen Reaktion ist die Gesamtmasse der Ausgangsstoffe gleich der Gesamtmasse der Reaktionsprodukte (Lomonosow 1744, Lavoisier 1785).

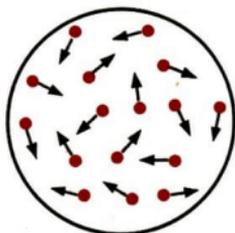


↗ Seite 157

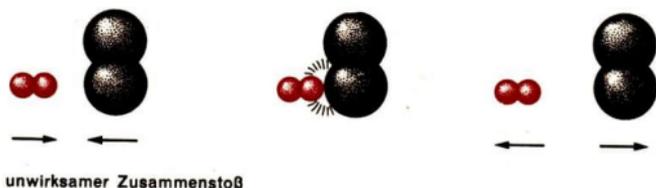
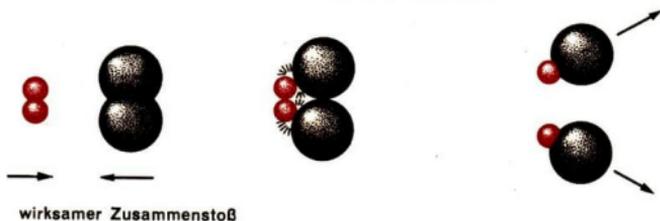
3.2. Verlauf chemischer Reaktionen

Voraussetzungen für den Reaktionsverlauf

- ▶ Das Vorhandensein von Teilchen der Ausgangsstoffe,
- ▶ die ungeordnete Bewegung der Teilchen,



- ▶ das wirksame Zusammenstoßen der Teilchen,



- ▶ das Vorhandensein eines Mindestbetrages an innerer Energie der reagierenden Stoffe.

↗ Seite 50

Reaktionsverlauf

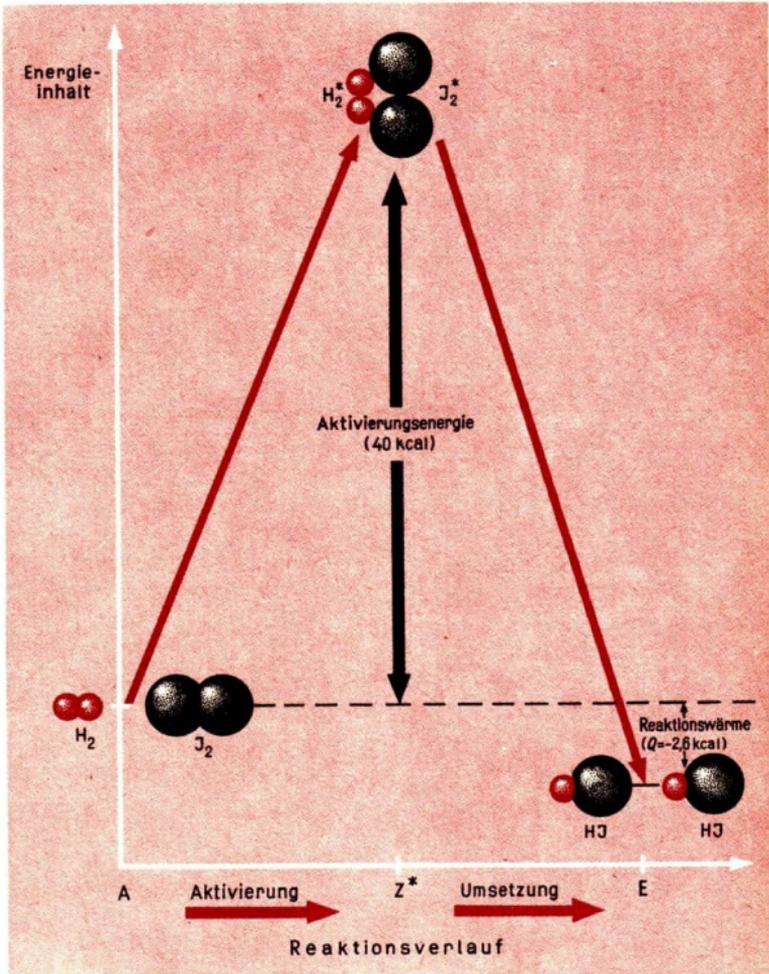
Geschehen zwischen den Teilchen während der Stoffumwandlung; läßt sich einteilen in zwei Abschnitte:
Aktivierung und Umsetzung

► **Aktivierung:**

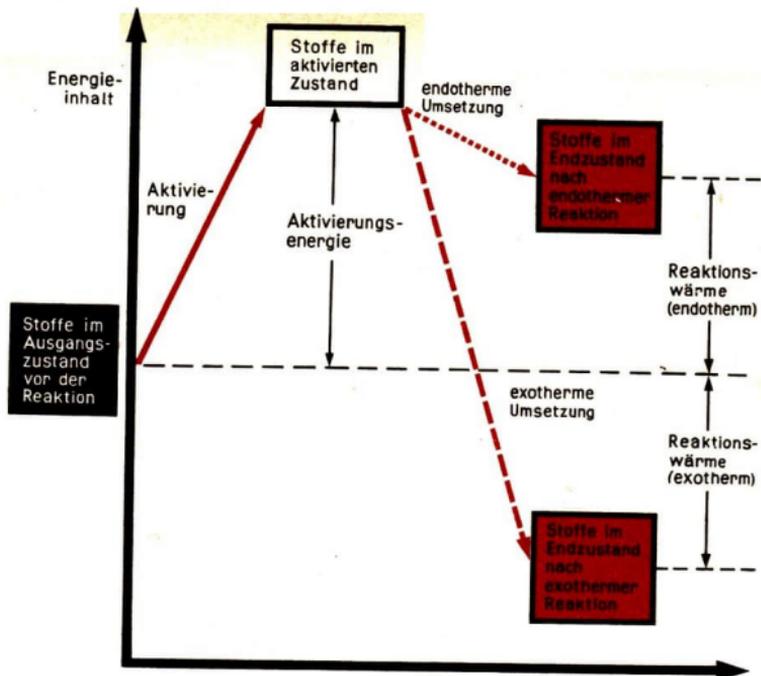
Energiezufuhr, Teilchen stoßen infolge Erhöhung ihres Energieinhalts wirksam zusammen, dabei Lockerung der Bindungen, Entstehen aktivierter (energiereicherer) Teilchen;

► **Umsetzung:**

aus aktivierten Teilchen entstehen Teilchen im Endzustand (Reaktionsprodukte).



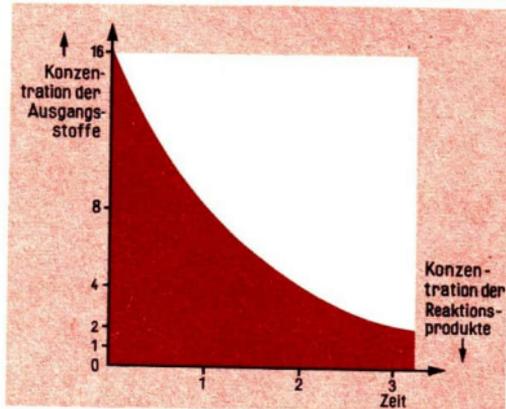
Aktivierung und Umsetzung



Abhängigkeit des Energieinhalts der Stoffe vom zeitlichen Verlauf der chemischen Reaktion

Reaktionsgeschwindigkeit

Quotient aus der Konzentrationsänderung und der dazu benötigten Zeit; kennzeichnet das Fortschreiten des Reaktionsverlaufs:

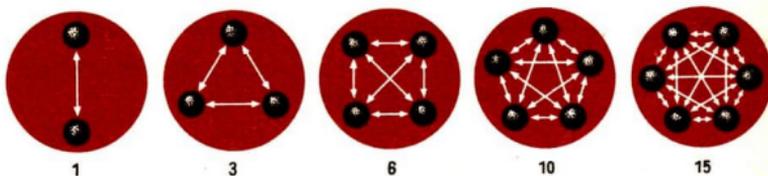


$$v = \frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Konzentrations-Zeit-Diagramm

Die Reaktionsgeschwindigkeit ist von der Konzentration der reagierenden Stoffe und der Temperatur abhängig.

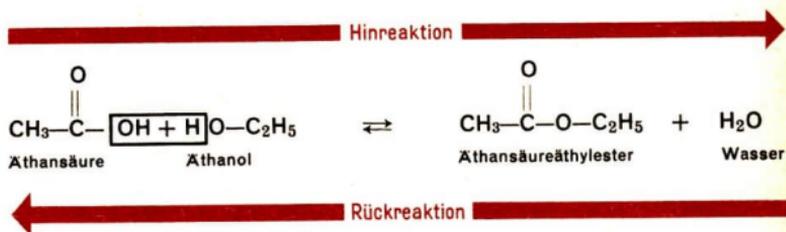
Mit steigender Konzentration wird die Anzahl der möglichen Zusammenstöße größer, damit steigt die Reaktionsgeschwindigkeit.



Bei einer Temperaturerhöhung um je 10 Grad verläuft die chemische Reaktion im allgemeinen mit der doppelten bis dreifachen Reaktionsgeschwindigkeit.

Umkehrbare Reaktion

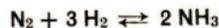
Reaktion, bei der aus Ausgangsstoffen Reaktionsprodukte entstehen, die ihrerseits miteinander unter Rückbildung der Ausgangsstoffe reagieren.



Chemisches Gleichgewicht

Besonderer Zustand des Systems chemische Reaktion.

Bei jeder umkehrbaren chemischen Reaktion bildet sich in einem abgeschlossenen Volumen unter gleichartigen Reaktionsbedingungen ein chemisches Gleichgewicht aus. Es ist eingestellt, wenn die Hinreaktion und die Rückreaktion mit gleichen Reaktionsgeschwindigkeiten ablaufen. Dann bleibt ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten erhalten.



Geschwindigkeit der Hinreaktion = Geschwindigkeit der Rückreaktion

$$v_{\text{Hin}} = v_{\text{Rück}} \quad v_{\text{Hin}} \neq 0$$

Einstellzeit: Zeit, die vom Beginn einer umkehrbaren Reaktion bis zur Ausbildung des chemischen Gleichgewichts benötigt wird.

Lage des chemischen Gleichgewichts: das erreichte Verhältnis zwischen den Konzentrationen der reagierenden Stoffe; bleibt im chemischen Gleichgewicht unverändert.

Merkmale des chemischen Gleichgewichts:

- ▶ Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte liegen gleichzeitig vor;
- ▶ alle reagierenden Stoffe setzen sich unvollständig um und sind in bestimmten Konzentrationen vorhanden;
- ▶ die Konzentrationen der reagierenden Stoffe, bleiben im chemischen Gleichgewicht unverändert;
- ▶ das chemische Gleichgewicht ist von beiden Seiten einstellbar.

Prinzip von Le Chatelier

Eine Veränderung der Reaktionsbedingungen bewirkt in einem System, das sich im chemischen Gleichgewicht befindet, eine Verschiebung der Gleichgewichtslage, die die veränderten Reaktionsbedingungen ausgleicht.

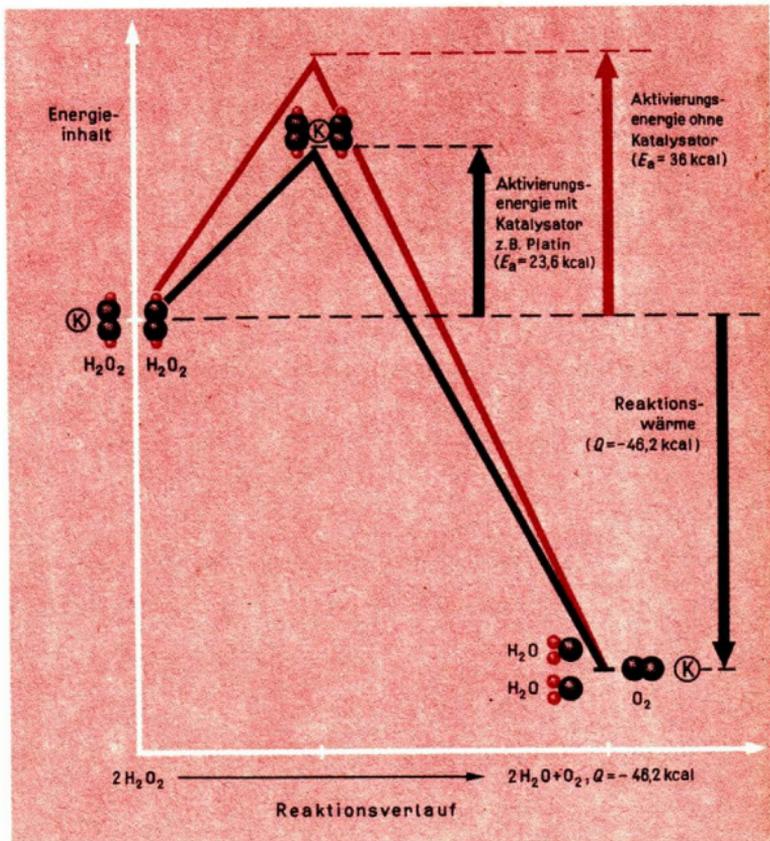
Veränderungen der Reaktionsbedingungen	Wirkungen auf die Verschiebung der Gleichgewichtslage
Temperatur Erhöhung Erniedrigung	fördert die endotherme Reaktion fördert die exotherme Reaktion
Druck Erhöhung Erniedrigung	fördert die Reaktion, die unter Abnahme des Volumens verläuft fördert die Reaktion, die unter Zunahme des Volumens verläuft
Konzentration Erhöhung Erniedrigung	fördert die Reaktion unter Verbrauch des zugeführten Stoffes fördert die Reaktion unter Bildung des abgeführten Stoffes

3.3. Katalyse

Katalysator

Stoff, der durch Beteiligung an der chemischen Reaktion sowie durch Herabsetzung der Aktivierungsenergien für Hin- und Rückreaktion die Einstellzeit des chemischen Gleichgewichts verkürzt oder verlängert, ohne Gleichgewichtslage und Reaktionswärme zu verändern.

Viele Katalysatoren haben eine spezifische Wirkung.

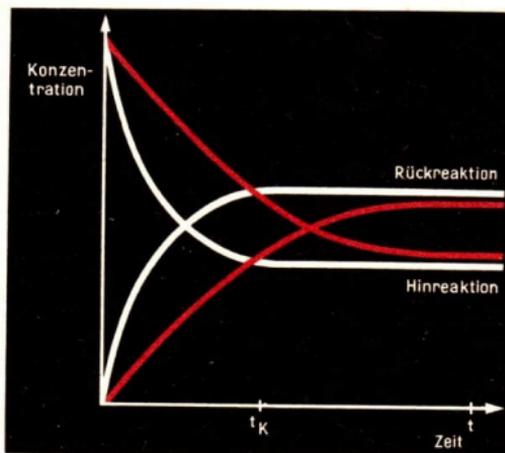


Teilchen und Energie bei einer chemischen Reaktion mit Katalysator und ohne Katalysator

Katalyse

Einwirken von Katalysatoren auf chemische Reaktionen. **Positive Katalyse**

ist das Beschleunigen der Reaktionsabläufe im System, **negative Katalyse** das Verzögern der Reaktionsabläufe im System.



Zusammenhang zwischen Konzentration und Zeit für Hin- und Rückreaktion mit Katalysator und ohne Katalysator

Biokatalysatoren

Katalysatoren, die bei physiologischen Prozessen im lebenden Organismus wirksam werden.

- Enzyme, Hormone, Vitamine.

Biokatalyse

Katalyse bei physiologischen Prozessen im lebenden Organismus.

- Verdauung, biologische Oxydation, Assimilation durch Fotosynthese.

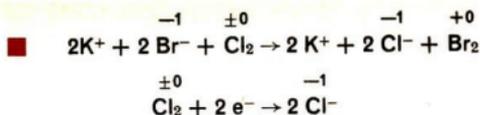
3.4. Arten chemischer Reaktionen

Redoxreaktion

Im engeren Sinne Reaktion, bei der das Element Sauerstoff zwischen den reagierenden Stoffen ausgetauscht wird.

- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$

Im weiteren Sinne Reaktion, bei der sich die Oxydationszahlen der reagierenden Stoffe verändern.



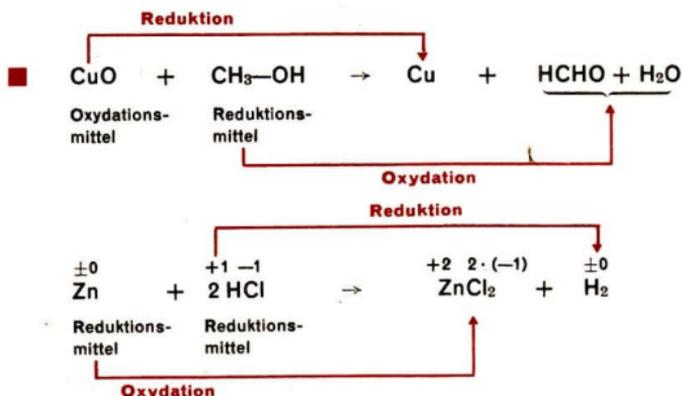
Teilreaktionen der Redoxreaktion sind **Oxydation** und **Reduktion**.

Oxydation: im engeren Sinne Reaktion, bei der sich Stoffe mit dem Element Sauerstoff verbinden;

im weiteren Sinne Reaktion, bei der die Oxydationszahl von Stoffen größer wird.

Reduktion: im engeren Sinne Reaktion, bei der Verbindungen das Element Sauerstoff entzogen wird;

im weiteren Sinne Reaktion, bei der die Oxydationszahl von Stoffen kleiner wird.



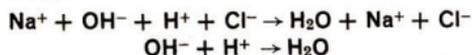
Als **Oxydationsmittel** bezeichnet man im engeren Sinne den Sauerstoff abgebenden Stoff, im weiteren Sinne den Stoff, dessen Oxydationszahl kleiner wird. Das Oxydationsmittel wird bei der Redoxreaktion reduziert.

Als **Reduktionsmittel** bezeichnet man im engeren Sinne den Sauerstoff aufnehmenden Stoff, im weiteren Sinne den Stoff, dessen Oxydationszahl größer wird. Das Reduktionsmittel wird bei der Redoxreaktion reduziert.

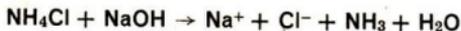
Reaktion mit Protonenübergang

Reaktion, bei der Protonen zwischen den reagierenden Stoffen ausgetauscht werden.

- Neutralisation** von Natriumhydroxidlösung mit Chlorwasserstoffsäure: Vereinigung von Wasserstoff-Ionen und Hydroxid-Ionen zu Wassermolekülen.



- Reaktion von Ammoniumchlorid mit Natriumhydroxidlösung



Fällungsreaktion

Reaktion, bei der Ionen eines schwerlöslichen Salzes in der Lösung zusammentreten, so daß dieses Salz als Niederschlag ausfällt.

- $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^- + \text{K}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} + \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$
 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$

↗ Seite 128

Substitution

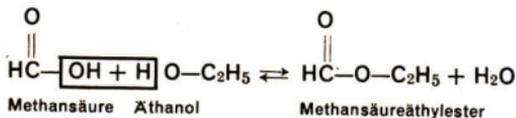
Ersatz von gebundenen Atomen oder Atomgruppen einer Verbindung durch andere Atome oder Atomgruppen; dabei entstehen mehrere Reaktionsprodukte.

- Chlorierung $\text{CH}_3 \boxed{\text{H} + \text{Cl}} \text{Cl} \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$
Methan Monochlormethan

Als Substitutionen können aufgefaßt werden:

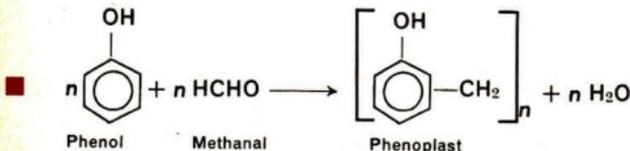
Kondensation: Substitution, bei der als Nebenprodukt meist Wasser entsteht.

- Esterbildung aus Methansäure und Äthanol



Die Hydrolyse (Umkehrung der Esterbildung) von Methansäureäthylester kann ebenfalls als Substitution aufgefaßt werden.

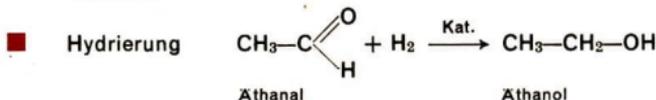
Polykondensation: Substitution, bei der Makromoleküle entstehen.



Addition

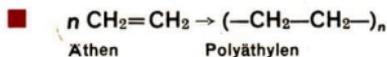
Chemische Reaktion, bei der zwei oder mehrere Moleküle zu einem neuen

zusammentreten auf Grund der Mehrfachbindungen bei mindestens einem Molekül.



Als Addition kann aufgefaßt werden:

Polymerisation: Addition, bei der viele Moleküle mit Mehrfachbindung unter Bildung eines Makromoleküls zusammentreten.

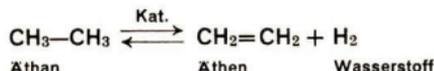


↗ Seite 28

Eliminierung

Chemische Reaktion, bei der aus einem Molekül zwei oder mehrere Atome oder Atomgruppen ohne Ersatz durch andere austreten.

■ Dehydrierung



3.5. Dissoziation

Lösung

Gemenge, bei dem feste, flüssige oder gasförmige Stoffe in einem flüssigen Stoff fein verteilt sind. Nach der Menge an gelöstem Stoff in einer bestimmten Menge Lösungsmittel kann man einteilen:

Bezeichnung	Charakteristik
verdünnte Lösung	Lösung, die nur sehr wenig gelösten Stoff enthält
konzentrierte Lösung	Lösung, die viel gelösten Stoff enthält
gesättigte Lösung	Lösung, die bei der betreffenden Temperatur keine weiteren Mengen des gelösten Stoffes zu lösen vermag (Bodensatz)

Löslichkeit

Eigenschaft der Salze, sich in Wasser mit unterschiedlicher Masse zu lösen; gibt an, wieviel Gramm eines Stoffes in 100 g Wasser gelöst werden können. Die Löslichkeit ist temperaturabhängig.

- Löslichkeit einiger Chloride in 100 g Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur

Formel	Löslichkeit in g bei			
	0 °C	20 °C	50 °C	100 °C
AgCl	0,000089	0,000154	0,000546	0,002170
PbCl ₂	0,675	0,97	1,7	3,31
KCl	28,15	34,35	43,1	56,2
NaCl	35,5	35,85	36,72	39,2

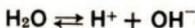
Dissoziation

Vorgang unter dem Einfluß der Moleküle des Wassers, in dessen Ergebnis frei bewegliche Ionen auftreten.

- Dissoziation von Ionenkristallen



- Dissoziation von Stoffen, deren Moleküle Atombindung mit teilweise Ionencharakter haben



4

Chemisches Rechnen

Seite

60 4|1

Wichtige Größen und Einheiten

63 4|2

**Berechnungen
bei chemischen Reaktionen**



Die relative Molekülmasse kann nach einer Schrittfolge berechnet werden:

Teilschritte	■ relative Molekülmasse von Aluminiumoxid Al_2O_3
1. Aufschreiben der relativen Atommassen der im Molekül enthaltenen Atome	Aluminium: 27 Sauerstoff: 16
2. Ablesen der Anzahl der Atome eines jeden Elements aus der Formel	Aluminium: 27 2 Sauerstoff: 16 3
3. Multiplizieren der relativen Atommasse eines jeden Elements mit der Anzahl der Atome	Aluminium: $27 \cdot 2 = 54$ Sauerstoff: $16 \cdot 3 = 48$
4. Addition der Produkte (3.)	Aluminium: $27 \cdot 2 = 54$ Sauerstoff: $16 \cdot 3 = 48$ Aluminiumoxid Al_2O_3: 102

Stoffmenge

Größe in der Chemie für die Anzahl der vorhandenen Teilchen.
Einheit: mol

Mol

Einheit der Stoffmenge. 1 mol sind soviel Teilchen wie in 12 g des Kohlenstoffisotops $^{12}_6\text{C}$ enthalten sind, in Zahlen angegeben: etwa $6 \cdot 10^{23}$ Teilchen.

- 1 mol Kohlenstoff C sind etwa $6 \cdot 10^{23}$ Kohlenstoffatome
- 1 mol Chlor Cl_2 sind etwa $6 \cdot 10^{23}$ Chlormoleküle
- 1 mol Natriumchlorid NaCl sind etwa $6 \cdot 10^{23}$ Natrium-Ionen und etwa $6 \cdot 10^{23}$ Chlorid-Ionen

Molare Masse

Quotient aus der Masse eines Stoffes und seiner Stoffmenge.

Einheit: $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$

- molare Masse von Chlor Cl_2 : $71 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- molare Masse von Natriumchlorid NaCl : $58,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

(Der Zahlenwert der molaren Masse eines Stoffes ist gleich seiner relativen Atommasse beziehungsweise relativen Molekülmasse.)

Molares Volumen

Quotient aus dem Volumen eines Stoffes und seiner Stoffmenge; Einheit: $\frac{\text{l}}{\text{mol}}$; beträgt bei Gasen im Normzustand stets annähernd $22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$.

Stoff	Formel	molare Masse	molares Volumen
Wasserstoff	H_2	$2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$
Schwefeldioxid	SO_2	$64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$
Methan	CH_4	$16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$
Äthan	C_2H_4	$28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	$22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$

Zusammenhang zwischen molarem Volumen, molarer Masse und Dichte (Litermasse)

$$\rho = \frac{M}{V_m} \quad \begin{array}{l} \rho \text{ Dichte} \\ M \text{ molare Masse} \end{array}$$

$$V_m = \frac{M}{\rho} \quad \begin{array}{l} V_m \text{ molares Volumen} \end{array}$$

$$M = \rho \cdot V_m$$

- Dichte, molare Masse und molares Volumen einiger Gase

Formel	Dichte in $\frac{\text{g}}{\text{l}}$ (Normzustand)	molare Masse in $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$	molares Volumen in $\frac{\text{l}}{\text{mol}}$
H_2	0,089	2	22,4
O_2	1,429	32	22,4
N_2	1,251	28	22,4
CO_2	1,977	44	22,4

Berechnung der Dichte (Litermasse) von Kohlenmonoxid

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

$$\rho = \frac{28 \text{ g} \cdot \text{mol}}{22,4 \text{ l} \cdot \text{mol}}$$

$$\rho = 1,251 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

Berechnung des molaren Volumens von Wasserstoff

$$V_m = \frac{M}{\rho}$$

$$V_m = \frac{2 \text{ g} \cdot \text{l}}{22,4 \text{ mol} \cdot \text{g}}$$

$$V_m = 0,089 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$$

Berechnung der molaren Masse von Sauerstoff

$$M = \rho \cdot V_m$$

$$M = 1,429 \cdot 22,4 \frac{\text{g} \cdot \text{l}}{\text{l} \cdot \text{mol}}$$

$$M = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

4.2. Berechnungen bei chemischen Reaktionen

Masseberechnungen bei chemischen Reaktionen

Die Massen der in der Gleichung angegebenen Stoffmengen werden aus den Stoffmengen und deren molaren Massen errechnet.



$$1 \text{ mol} \cdot 160 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 160 \text{ g}$$



$$2 \text{ mol} \cdot 56 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 112 \text{ g}$$

(Der Zahlenwert der molaren Masse eines Stoffes ist gleich seiner relativen Atommasse beziehungsweise relativen Molekülmasse.)

Teilschritte	<p>■ Wieviel Gramm Eisen(III)-oxid müssen bei der Reaktion mit Aluminium eingesetzt werden, damit man 560 g Eisen erhält?</p>
1. Aufstellen der Gleichung für die Reaktion	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe}$
2. Eintragen der gegebenen und der gesuchten Größen über der Gleichung	$x \qquad \qquad \qquad 560 \text{ g}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe}$
3. Eintragen der Massen der in der Gleichung angegebenen Stoffmengen unter der Gleichung	$x \qquad \qquad \qquad 560 \text{ g}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe}$ $160 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 112 \text{ g}$
4. Aufstellen der Verhältnisgleichung	$\frac{x}{160 \text{ g}} = \frac{560 \text{ g}}{112 \text{ g}}$
5. Ausrechnen der Verhältnisgleichung	$x \cdot 112 \text{ g} = 160 \text{ g} \cdot 560 \text{ g}$ $x = \frac{160 \text{ g} \cdot 560 \text{ g}}{112 \text{ g}}$ $x = 800 \text{ g}$
6. Formulieren des Ergebnisses	<p>800 g Eisen(III)-oxid werden zur Herstellung von 560 g Eisen benötigt.</p>

Funktionaler Zusammenhang der Massen bei chemischen Reaktionen

Die Massen der an einer chemischen Reaktion beteiligten Stoffe sind durch eine lineare Funktion verknüpft:

$$m_2 = k \cdot m_1$$

Der Proportionalitätsfaktor k ergibt sich aus einer Verhältnisgleichung:

$$m_2 \qquad \qquad \qquad m_1$$



$$n_2 \cdot M_2 \qquad \qquad \qquad n_1 \cdot M_1$$

m_2 gesuchte Masse

m_1 gegebene Masse

n_2 Faktor vor dem chemischen Zeichen

n_1 Faktor vor dem chemischen Zeichen

M_2 molare Masse

M_1 molare Masse

Verhältnisgleichung :

$$\frac{m_2}{n_2 \cdot M_2} = \frac{m_1}{n_1 \cdot M_1}$$

$$m_2 = \frac{n_2 \cdot M_2}{n_1 \cdot M_1} \cdot m_1$$

$$k = \frac{n_2 \cdot M_2}{n_1 \cdot M_1}$$

Volumenberechnungen bei chemischen Reaktionen

Die Volumina der in der Gleichung angegebenen Stoffmengen werden aus den Stoffmengen und deren molaren Volumina errechnet.

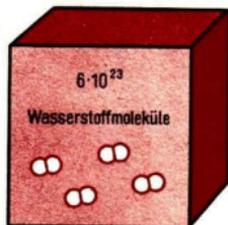
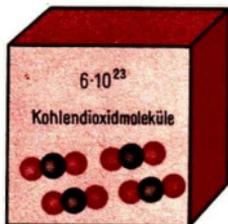
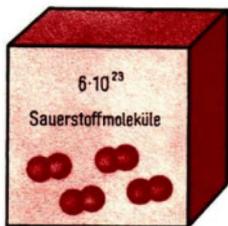
■ CO₂

$$1 \text{ mol} \cdot 22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}} = 22,4 \text{ l}$$

Teilschritte	<p>■ Durch Einwirken von Salzsäure auf 50 g Kalziumkarbonat wird in einem Gasentwickler Kohlendioxid hergestellt. Wieviel Liter Kohlendioxid entstehen?</p>
1. Aufstellen der chemischen Gleichung für die Reaktion	CaCO₃ + 2HCl → CaCl₂ + H₂O + CO₂
2. Eintragen der gegebenen und der gesuchten Größen über der Gleichung	<p>50 g x</p> <p>CaCO₃ + 2 HCl → CaCl₂ + H₂O + CO₂</p>
3. Eintragen der Massen bzw. Volumen der in der Gleichung angegebenen Stoffmengen unter der Gleichung	<p>50 g x</p> <p>CaCO₃ + 2HCl → CaCl₂ + H₂O + CO₂</p> <p>100 g 22,4 l</p>
4. Aufstellen der Verhältnisgleichung	$\frac{50 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{x}{22,4 \text{ l}}$
5. Ausrechnen der Verhältnisgleichung	<p>$x = \frac{50 \text{ g} \cdot 22,4 \text{ l}}{100 \text{ g}}$</p> <p>$x = 11,2 \text{ l}$</p>
6. Formulieren des Ergebnisses	Aus 50 g Kalziumkarbonat lassen sich 11,2 l Kohlendioxid herstellen.

Satz von Avogadro

Gleiche Volumen aller Gase enthalten bei gleicher Temperatur und gleichem Druck die gleiche Anzahl von Teilchen.



↗ Seite 157

5

Elemente und anorganische Verbindungen

Seite

68	5 1	Übersicht über die chemischen Elemente
71	5 2	Namen anorganischer Verbindungen
75	5 3	Wasserstoff und I. Hauptgruppe des Periodensystems
77	5 4	II. Hauptgruppe des Periodensystems
79	5 5	III. Hauptgruppe des Periodensystems
80	5 6	IV. Hauptgruppe des Periodensystems
82	5 7	V. Hauptgruppe des Periodensystems
85	5 8	VI. Hauptgruppe des Periodensystems
88	5 9	VII. Hauptgruppe des Periodensystems
90	5 10	VIII. Hauptgruppe des Periodensystems
90	5 11	Nebengruppen des Periodensystems

5.1. Übersicht über die chemischen Elemente

Element	Symbol	Ordnungs- zahl	relative Atommasse ¹	wichtigste stöchiometrische Wertigkeiten
Aktinium	Ac	89	[227] ²	III
Aluminium	Al	13	27	III
Amerizium	Am	95	[243]	III
Antimon	Sb	51	122	III, V
Argon	Ar	18	40	0
Arsen	As	33	75	III, V
Astat	At	85	[210]	I
Barium	Ba	56	137	II
Berkelium	Bk	97	[247]	III
Beryllium	Be	4	9	II
Blei	Pb	82	207	II, ^{IV}
Bor	B	5	11	III
Brom	Br	35	80	I, V
Chlor	Cl	17	35,5	I, VII
Chrom	Cr	24	52	III, VI
Dysprosium	Dy	66	162,5	III
Einsteinium	Es	99	[254]	III
Eisen	Fe	26	56	II, III
Erbium	Er	68	167	III
Europium	Eu	63	152	III
Fermium	Fm	100	[253]	III
Fluor	F	9	19	I
Franzium	Fr	87	[223]	I
Gadolinium	Gd	64	157	III
Gallium	Ga	31	70	III
Germanium	Ge	32	72,5	IV
Gold	Au	79	197	III
Hafnium	Hf	72	178,5	IV
Helium	He	2	4	0
Holmium	Ho	67	165	III
Indium	In	49	115	III
Iridium	Ir	77	192	III, IV
Jod	J	53	127	I, V, VII
Kadmium	Cd	48	112,5	II

¹ gerundet

² Die in eckigen Klammern angegebenen Werte sind die relativen Atommassen des längstlebigen z. Z. bekannten Isotops des betreffenden Elements.

Element	Symbol	Ordnungs- zahl	relative Atommasse ¹	wichtigste stöchiometrische Wertigkeiten
Kalifornium	Cf	98	[251] ²	III
× Kalium	K	19	39	I
× Kalzium	Ca	20	40	II
Kobalt	Co	27	59	II, III
× Kohlenstoff	C	6	12	IV
Krypton	Kr	36	84	0
× Kupfer	Cu	29	63,5	II
Kurium	Cm	96	[247]	III
Kurtschatovium	(Ku)	104	[260]	
Lanthan	La	57	139	III
Lawrenzium	Lr	103	[257]	
Lithium	Li	3	7	I
Lutetium	Lu	71	175	III
× Magnesium	Mg	12	24	II
× Mangan	Mn	25	55	II, IV, VII
Mendelevium	Md	101	[256] ²	III
× Molybdän	Mo	42	96	VI
× Natrium	Na	11	23	I
Neodym	Nd	60	144	III
Neon	Ne	10	20	0
Neptunium	Np	93	[237]	IV, VI
Nickel	Ni	28	59	II
Niob	Nb	41	93	V
Nobelium	(No)	102	[254]	III
Osmium	Os	76	190	VI, VIII
Palladium	Pd	46	106	II
× Phosphor	P	15	31	III, V
Platin	Pt	78	195	II, IV
Plutonium	Pu	94	[242]	III, IV
Polonium	Po	84	09	II
Praseodym	Pr	59	141	III
Promethium	Pm	61	[147]	III
Protaktinium	Pa	91	[231]	V
Quecksilber	Hg	80	200,5	I, II
Radium	Ra	88	[226]	II
Radon	Rn	86	[222]	0
Rhenium	Re	75	186	VII
Rhodium	Rh	45	103	III
Rubidium	Rb	37	85,5	I
Ruthenium	Ru	44	101	IV

¹ gerundet² Die in eckigen Klammern angegebenen Werte sind die relativen Atommassen des längstlebigen z. Z. bekannten Isotops des betreffenden Elements.

Übersicht über die chemischen Elemente (Fortsetzung)

Element	Symbol	Ordnungs- zahl	relative Atommasse ¹	wichtigste stöchiometrische Wertigkeiten
Samarium	Sm	62	150	III
✕ Sauerstoff	O	8	16	II
✕ Schwefel	S	16	32	II, IV, VI
Selen	Se	34	79	IV
Silber	Ag	47	108	I
Silizium	Si	14	28	IV
Skandium	Sc	21	45	III
✕ Stickstoff	N	7	14	III, V
Strontium	Sr	38	87,5	II
Tantal	Ta	73	181	V
Technetium	Tc	43	[99] ²	VII
Tellur	Te	52	127,5	IV
Terbium	Tb	65	159	III
Thallium	Tl	81	204	I, III
Thorium	Th	90	232	IV
Thulium	Tm	69	169	III
Titan	Ti	22	48	IV
Uran	U	92	238	IV, VI
Vanadin	V	23	51	V
✕ Wasserstoff	H	1	1	I
Wismut	Bi	83	209	III
Wolfram	W	74	184	VI
Xenon	Xe	54	131	0
Ytterbium	Yb	70	173	III
Yttrium	Y	39	89	III
Zäsium	Cs	55	133	I
Zer	Ce	58	140	III, IV
✕ Zink	Zn	30	65	II
Zinn	Sn	50	119	II, IV
Zirkonium	Zr	40	91	IV

¹ gerundet

² Die in eckigen Klammern angegebenen Werte sind die relativen Atommassen des längstlebigen z. Z. bekannten Isotops des betreffenden Elements.

5.2. Namen anorganischer Verbindungen

Verbindungen aus zwei Elementen

Allgemeine Regeln. Die Namen von anorganischen Verbindungen aus zwei Elementen werden aus den Namen der beiden enthaltenen Elemente gebildet.

Der Name des Elements mit dem kleineren Elektronegativitätswert wird (meist unverändert) im Namen der Verbindung zuerst genannt. Der (vom lateinischen Wortstamm abgeleitete) Name des Elements mit dem größeren Elektronegativitätswert wird mit der Endung *id* versehen und an den Namen des Elements mit dem kleineren Elektronegativitätswert angefügt.

↗ Periodensystem am Ende des Buches, Elektronegativitätswerte

Namen der Elemente mit dem größeren Elektronegativitätswert (einschließlich Endung)

Element	Bezeichnung	Name	Formel
Fluor	Fluorid	Kalziumfluorid	CaF_2
Chlor	Chlorid	Kupfer(I)-chlorid	CuCl
Brom	Bromid	Silberbromid	AgBr
Jod	Jodid	Natriumjodid	NaJ
Sauerstoff	Oxid	Schwefeltrioxid	SO_3
Schwefel	Sulfid	Eisen(II)-sulfid	FeS
Stickstoff	Nitrid	Magnesiumnitrid	Mg_3N_2
Kohlenstoff	Karbid	Kalziumkarbid	CaC_2

Die stöchiometrischen Verhältnisse der beiden Elemente oder die Wertigkeit des Elements mit dem kleineren Elektronegativitätswert werden im Namen der Verbindung gekennzeichnet, wenn mehrere Verbindungen der beiden Elemente existieren.

Verbindungen aus einem Metall und einem Nichtmetall

Die Namen dieser Verbindungen werden gebildet aus:

- ▶ dem Namen des Metalls (Elements mit dem kleineren Elektronegativitätswert);
- ▶ der Wertigkeit (Oxydationszahl) des Metalls, angegeben in römischen Ziffern, in Klammern gesetzt und mit einem Bindestrich versehen;

- ▶ dem (vom lateinischen Wortstamm abgeleiteten) Namen des Nichtmetalls (Elements mit dem größeren Elektronegativitätswert), versehen mit der Endung **id**.

- Verbindung zwischen Eisen und Chlor;
Formel FeCl_3

Name des Metalls	Wertigkeit (Oxydationszahl) des Metalls	Name des Nichtmetalls (abgeleitet) mit der Endung id
Eisen	(III)-	chlorid
Eisen(III)-chlorid		

Wenn nur eine Verbindung zwischen beiden Elementen besteht, entfällt die Angabe der Wertigkeit (Oxydationszahl).

Verbindungen zwischen zwei Nichtmetallen

Die Namen dieser Verbindungen werden gebildet aus:

- ▶ der Anzahl der Atome (je Molekül) des Elements mit dem kleineren Elektronegativitätswert, angegeben in griechischen Zahlwörtern;
- ▶ dem Namen des Elements mit dem kleineren Elektronegativitätswert;
- ▶ der Anzahl der Atome (je Molekül) des Elements mit dem größeren Elektronegativitätswert, angegeben in griechischen Zahlwörtern;
- ▶ dem (vom lateinischen Wortstamm abgeleiteten) Namen des Elements mit dem größeren Elektronegativitätswert, versehen mit der Endung **id**.

- Verbindung zwischen Phosphor und Sauerstoff;
Formel P_2O_5

Anzahl der Atome des 1. Elements (kleinerer Elektronegativitätswert)	Name des 1. Elements (kleinerer Elektronegativitätswert)	Anzahl der Atome des 2. Elements (größerer Elektronegativitätswert)	Name des 2. Elements (größerer Elektronegativitätswert), abgeleitet, mit der Endung id
Di	phosphor	pent	oxid
Diphosphorpentoxid			

Ist im Molekül nur ein Atom des Elements mit dem kleineren Elektronegativitätswert enthalten, so entfällt die Angabe der Atomanzahl für dieses Element.

Angabe der Atomanzahl

1 mon(o)	5 pent(a)
2 di	6 hex(a)
3 tri	7 hept(a)
4 tetr(a)	

Basen

Die Namen der Basen werden gebildet aus:

- ▶ dem Namen des Metalls, aus dem das Metall-Ion entstanden ist;
- ▶ dem Namen des Hydroxid-Ions.

Wenn mehrere Basen eines Metalls existieren, wird die Wertigkeit (Oxydationszahl) des Metalls (in römischen Ziffern, in Klammern gesetzt und mit Bindestrich versehen) seinem Namen angefügt.

Formel der Base	Name des Metalls	Wertigkeit (Oxydationszahl) des Metalls	Name des Hydroxid-Ions
Fe(OH) ₃	Eisen	(III)-	hydroxid
	Eisen(III)-hydroxid		
NaOH	Natrium	/	hydroxid
	Natriumhydroxid		
Ca(OH) ₂	Kalzium	/	hydroxid
	Kalziumhydroxid		

Säuren und Salze

Für die anorganischen Säuren sind im allgemeinen keine systematischen Namen gebräuchlich.

Die Namen der Salze werden gebildet aus:

- ▶ dem Namen des Metalls, aus dem das Metall-Ion entstanden ist (bzw. dem Namen des Ammonium-Ions);
- ▶ der Wertigkeit (Oxydationszahl) des Metalls (wenn es in verschiedenen Wertigkeiten auftreten kann), angegeben in römischen Ziffern, in Klammern gesetzt und mit einem Bindestrich versehen;
- ▶ dem Namen des Säurerest-Ions.

Formel des Salzes	Ionen	Name des Metalls	Wertigkeit des Metalls	Name des Säurerest-Ions
CuSO ₄	Cu ²⁺ ; SO ₄ ²⁻	Kupfer	(II)-	sulfat
		Kupfer(II)-sulfat		
KNO ₃	K ⁺ ; NO ₃ ⁻	Kalium	/	nitrat
		Kaliumnitrat		

Namen der Säurerest-Ionen

Säure		Säurerest-Ion	
Name	Formel	Name	Zeichen
Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure)	HCl	Chlorid-Ion	Cl ⁻
Salpetersäure	HNO ₃	Nitrat-Ion	NO ₃ ⁻
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	Sulfat-Ion	SO ₄ ²⁻
schweflige Säure	H ₂ SO ₃	Sulfit-Ion	SO ₃ ²⁻
Schwefelwasserstoffsäure	H ₂ S	Sulfid-Ion	S ²⁻
Kohlensäure	H ₂ CO ₃	Karbonat-Ion	CO ₃ ²⁻
Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	Phosphat-Ion	PO ₄ ³⁻

Die Namen der Säurerest-Ionen enden auf id bei sauerstofffreien Säuren, auf it bei Säuren mit niedrigerem Sauerstoffgehalt und auf at bei Säuren mit höherem Sauerstoffgehalt.

- Chlorid Säurerest-Ion der Salzsäure HCl
- Sulfit Säurerest-Ion der schwefligen Säure H₂SO₃
- Sulfat Säurerest-Ion der Schwefelsäure H₂SO₄

5.3. Wasserstoff und I. Hauptgruppe des Periodensystems

Wasserstoff

Symbol: **H**; Formel: **H₂**; farbloses, geruchloses Gas; geringste Dichte aller Gase ($\rho = 0,089 \frac{\text{g}}{\text{l}}$); lässt sich durch starke Abkühlung zu farbloser Flüssigkeit verdichten, die bei weiterer Abkühlung zu einer festen Masse erstarrt; in Wasser wenig löslich, reagiert leicht mit Sauerstoff; verbrennt mit bläulicher Flamme unter starker Wärmeentwicklung zu Wasser:



Wasserstoff-Sauerstoff-Gemische (Knallgas) reagieren beim Erhitzen, Wasserstoff-Chlor-Gemische (Chlorknallgas) schon bei Sonnenlichteinwirkung explosionsartig; wirkt auf viele andere Stoffe reduzierend.

↗ Seite 151

Elemente der I. Hauptgruppe (Alkalimetalle)

Element Symbol	Lithium Li	Natrium Na	Kalium K	Rubidium Rb	Zästrum Cs
relative Atommasse	6,94	22,99	39,10	85,47	132,91
Dichte in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	0,53	0,97	0,86	1,52	1,87
Schmelztemperatur in °C	179	97,8	63,5	39	28,5
Siedetemperatur in °C	1340	883	760	696	708
Reaktion mit Sauerstoff					
Base	LiOH	NaOH	KOH	RbOH	CsOH
Basencharakter der Oxide					
Elektronegativitätswert	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	I	I	I	I	I
Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	I	I	I	I	I

Natrium

Symbol: **Na**; silberweißes, sehr weiches Metall; reagiert heftig mit Sauerstoff; oxydiert an der Luft sehr schnell; Aufbewahrung unter Petroleum oder Paraffinöl; Flammenfärbung: gelb; reagiert heftig mit Wasser unter Bildung von Wasserstoff und Natriumhydroxid:



Natriumhydroxid (Ätznatron)

Formel: **NaOH**; weißer, kristalliner Stoff; zerfließt an der Luft; stark ätzend; in Wasser leichtlöslich unter Wärmeentwicklung; Lösung: Natronlauge; Aufbewahrung in Flaschen mit Gummistopfen.

↗ Seite 150

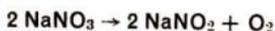
Natriumkarbonat (Soda)

Formel: **Na₂CO₃**; farblose, durchsichtige Kristalle, die an der Luft verwittern; wasserfrei ein weißes Pulver; in Wasser leichtlöslich.

↗ Seite 151

Natriumnitrat

Formel: **NaNO₃**; farblose Kristalle, die an der Luft zerfließen; in Wasser leichtlöslich; gibt beim Erhitzen leicht Sauerstoff ab, wobei Natriumnitrit entsteht:



Natriumchlorid (Kochsalz)

Formel: **NaCl**; farblose, würfelförmige Kristalle (typisches Beispiel für Ionenkristalle), die sich nach Würfelflächen spalten lassen; in Wasser fast unabhängig von der Temperatur leichtlöslich.

↗ Seite 29

Kaliumhydroxid (Ätzkali)

Formel: **KOH**; weißer, kristalliner Stoff; zerfließt an der Luft; stark ätzend; leichtlöslich in Wasser unter starker Wärmeentwicklung; Lösung: Kalilauge; Aufbewahrung in Flaschen mit Gummistopfen.

Kaliumnitrat

Formel: **KNO₃**; farblose Kristalle oder kristallines Pulver; in Wasser leicht löslich; gibt beim Erhitzen leicht Sauerstoff ab, wobei Kaliumnitrit entsteht; im Gemisch mit brennbaren Stoffen explosiv.

5.4. II. Hauptgruppe des Periodensystems**Elemente der II. Hauptgruppe (Erdalkalimetalle)**

Element Symbol	Beryllium Be	Magnesium Mg	Kalzium Ca	Strontium Sr	Barium Ba
relative Atommasse	9,01	24,31	40,08	87,62	137,34
Dichte in $\frac{g}{cm^3}$	1,86	1,74	1,54	2,60	3,65
Schmelztemperatur in °C	1285	650	845	757	710
Siedetemperatur in °C	2970	1120	1439	1366	1696
Reaktion mit Sauerstoff					
Base	Be(OH) ₂	Mg(OH) ₂	Ca(OH) ₂	Sr(OH) ₂	Ba(OH) ₂
Basencharakter der Oxide					
Elektronegativitäts- wert	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9
Wertigkeit gegen- über Wasserstoff	II	II	II	II	II
Wertigkeit gegen- über Sauerstoff	II	II	II	II	II

Magnesium

Symbol: **Mg**; silberweißes, glänzendes Metall; in trockener Luft fast unveränderlich; verbrennt mit weißer, sehr heller Lichterscheinung zu Magnesiumoxid; hohe Verbrennungswärme; reagiert mit Säuren unter Bildung von Wasserstoff und Salzen.

Magnesiumoxid

Formel: **MgO**; weißes, lockeres Pulver von geringer Dichte; reagiert mit Wasser langsam zu Magnesiumhydroxid; zieht aus der Luft Wasser und Kohlendioxid an.

Kalzium

Symbol: **Ca**; silberweißes, weiches Metall; reagiert heftig mit Sauerstoff; oxydiert an der Luft schnell; Aufbewahrung unter Petroleum oder Paraffinöl; reagiert mit Wasser stärker als Magnesium, allerdings langsamer als die Alkalimetalle:



Flammenfärbung: orange bis ziegelrot.

Kalziumoxid

Formel: **CaO**; weißer, stückiger Stoff; reagiert unter starker Wärmeentwicklung mit Wasser zu Kalziumhydroxid.

↗ Seite 141, 150

Kalziumhydroxid (Ätzkalk)

Formel: **Ca(OH)₂**; weißes Pulver; ätzend; in Wasser etwas löslich; Lösung: Kalkwasser; Aufschlammung: Kalkmilch.

↗ Seite 141

Kalziumkarbonat

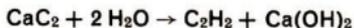
Formel: **CaCO₃**; weißes Pulver; in Wasser unlöslich; zersetzt sich beim Erhitzen (Kalkbrennen):



↗ Seite 136

Kalziumkarbid

Formel: **CaC₂**; rein ein farbloser kristalliner Stoff; reagiert mit Wasser heftig und unter starker Wärmeentwicklung, wobei Äthin entsteht:



↗ Seite 146, 152

Kalziumsulfat

Formel: **CaSO₄**; weißes, kristallines Pulver; in Wasser schwerlöslich; beim vorsichtigen Erhitzen entsteht gebrannter Gips, der mit Wasser unter Volumenvergrößerung erhärtet; beim Erhitzen auf 500 ... 600 °C wird Gips wasserfrei und erhärtet mit Wasser nicht mehr.

↗ Seite 136

5.5. III. Hauptgruppe des Periodensystems

Elemente der III. Hauptgruppe (Borgruppe)

Element Symbol	Bor B	Aluminium Al	Gallium Ga	Indium In	Thallium Tl
relative Atommasse	10,81	26,98	69,72	114,82	204,37
Dichte in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	2,34	2,70	5,91	7,31	11,83
Schmelztemperatur in °C	2400	660	29,8	156	303
Siedetemperatur in °C	2550	2500	2000	2300	1457
Oxid	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Ga ₂ O ₃	In ₂ O ₃	Tl ₂ O ₃
Basencharakter der Oxide					
Elektronegativitätswert	1,0	1,5	1,6	1,7	1,8
Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	III	III	III	III	III
höchste Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	III	III	III	III	III

Aluminium

Symbol: **Al**; silberweißes Metall; gute elektrische Leitfähigkeit; dehnbar, geringe Festigkeit; reagiert mit Sauerstoff; oxydiert an der Luft; Oxidschicht schützt jedoch vor weiterer Oxydation; von der Oxidschicht befreites Aluminium reagiert mit starken Säuren und auch mit starken Basen unter Salzbildung (amphoterer Charakter).

Aluminiumoxid

Formel: Al_2O_3 ; weißes Pulver; in Wasser sehr schwerlöslich; reagiert mit starken Säuren und auch mit starken Basen unter Salzbildung (amphoterer Charakter); kristallische Form in Säuren unlöslich.

Aluminiumhydroxid

Formel: $\text{Al}(\text{OH})_3$; kann aus Lösungen als voluminöser, gallertartiger Niederschlag ausgefällt werden; reagiert mit starken Säuren und mit starken Basen unter Salzbildung (amphoterer Charakter).

5.6. IV. Hauptgruppe des Periodensystems

Elemente der IV. Hauptgruppe (Kohlenstoffgruppe)

Element Symbol	Kohlenstoff C	Silizium Si	Germanium Ge	Zinn Sn	Blei Pb
relative Atommasse	12,01	28,09	72,59	118,69	207,19
Dichte in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Diamant 3,51 Graphit 2,25	2,33	5,35	7,28	11,34
Schmelz- temperatur in °C	Diamant 3540 Graphit 3800	1413	958	232	327
Siedetemperatur in °C	4347	2630	2700	2350	1750
Oxid	CO_2	SiO_2	GeO_2	SnO_2	PbO_2
Säurecharakter der Oxide	← zunehmend →				
Elektronegativi- tätswert	2,5	1,8	1,8	1,8	1,8
Wertigkeit gegen- über Wasserstoff	IV	IV	IV	IV	IV
höchste Wertig- keit gegenüber Sauerstoff	IV	IV	IV	IV	IV

Kohlenstoff

Symbol: **C**; Modifikationen: Diamant, Graphit.

Diamant: farblose bis dunkle, stark lichtbrechende und glänzende Kristalle; härtester in der Natur vorkommender Stoff, jedoch spröde; gegen Säuren und Basen beständig; verbrennt in reinem Sauerstoff zu Kohlendioxid.

Graphit: graue, schuppige Masse, die sich fettig anfühlt; sehr weich, färbt leicht ab; guter Leiter für Wärme und Elektrizität; hohe Temperaturbeständigkeit; beständig gegen die meisten Chemikalien; verbrennt in reinem Sauerstoff zu Kohlendioxid.

Beim Verbrennen kohlenstoffreicher Substanzen unter ungenügendem Luftzutritt entsteht Ruß (mikroskopisch kleine Graphitkristalle).

↗ Seite 29

Kohlenmonoxid

Formel: **CO**; farbloses, geruchloses Gas; geringere Dichte als Luft, in Wasser wenig löslich; gefährliches Atemgift; verbrennt unter starker Wärmeentwicklung zu Kohlendioxid:



↗ Seite 144, 154

Kohlendioxid

Formel: **CO₂**; farbloses, geruchloses Gas; größere Dichte als Luft; nicht brennbar, unterhält die Verbrennung nicht, wirkt erstickend; in Wasser löslich, dabei teilweise Reaktion mit Wasser zu Kohlensäure; läßt sich unter Druck zu farbloser Flüssigkeit verdichten; flüssiges Kohlendioxid wird bei starker Abkühlung fest („Trockeneis“); läßt sich durch Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid reduzieren.

↗ Seite 128

Kohlensäure

Formel: **H₂CO₃**; leichtzersetzliche, leichtflüchtige und schwache Säure; bildet Salze: **Karbonate**; wird von schwerer flüchtigen Säuren aus ihren Salzen verdrängt; zerfällt beim Erhitzen.

Blei

Symbol: **Pb**; bläulichweißes, glänzendes Metall, an der Luft infolge Oxydation grau; geringe Härte, große Dehnbarkeit; beim Erhitzen an der Luft

Oxydation zu Blei(II)-oxid; beständig gegenüber Schwefelsäure; reagiert mit Salpetersäure zu Blei(II)-nitrat.

↗ Seite 128

5.7. V. Hauptgruppe des Periodensystems

Elemente der V. Hauptgruppe (Stickstoffgruppe)

Element Symbol	Stickstoff N	Phosphor P	Arsen As	Antimon Sb	Wismut Bi
relative Atommasse	14,007	30,97	74,92	121,75	208,98
Dichte in $\frac{g}{cm^3}$	0,00125	weiß 1,82 rot 2,36	grau 5,72 gelb 1,97	grau 6,69 gelb (unbest.)	9,80
Metallcharakter					
Schmelztemperatur in °C	-210	weiß 44,1 rot 590	grau 817 bei 36 at	grau 630	271
Siedetemperatur in °C	-195,8	weiß 280 rot sublimiert bei 416	grau sublimiert bei 633	grau 1635	1560
Pentoxid	N ₂ O ₅ stark sauer	P ₂ O ₅ sauer	As ₂ O ₅ sauer	Sb ₂ O ₅ schwach sauer	Bi ₂ O ₅ basisch
Säure	HNO ₃	H ₂ PO ₄	H ₃ AsO ₄	—	—
Saurer Charakter					
Elektronegativitätswert	3,0	2,1	2,0	1,9	1,9
Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	III	III	III	III	III
höchste Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	V	V	V	V	V

Stickstoff

Symbol: **N**; Formel: **N₂**; farbloses, geruchloses Gas; etwas geringere Dichte als Luft; nicht brennbar, unterhält die Verbrennung nicht; in Wasser kaum löslich; läßt sich bei niedriger Temperatur und unter hohem Druck verflüssigen; bei Normaldruck und Raumtemperatur sehr reaktionsträge; reagiert erst bei hohem Druck und erhöhter Temperatur mit Wasserstoff zu Ammoniak (chemisches Gleichgewicht):



Stickstoff läßt sich erst bei sehr hohen Temperaturen oxydieren.

↗ Seite 137

Stickstoffmonoxid

Formel: **NO**; farbloses Gas, in Wasser kaum löslich; gefährliches Atemgift; brennt nicht, unterhält die Verbrennung nicht; reagiert an der Luft mit Sauerstoff sofort zu Stickstoffdioxid:



Stickstoffdioxid

Formel: **NO₂**; rotbraunes Gas; reagiert mit Sauerstoff und Wasser zu Salpetersäure:



gefährliches Atemgift; löst sich in konzentrierter Salpetersäure (rote, rauchende Salpetersäure).

Salpetersäure

Formel: **HNO₃**

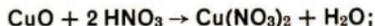
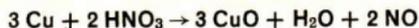
Verdünte Salpetersäure: farblose, geruchlose Flüssigkeit; reagiert mit unedlen Metallen unter Wasserstoffentwicklung; bildet Salze: **Nitrate**.

↗ Seite 74

Konzentrierte Salpetersäure: farblose Flüssigkeit; zerfällt unter Lichteinwirkung bereits bei Raumtemperatur:



dabei gebildetes Stickstoffdioxid bleibt gelöst und färbt die Säure gelb bis rot; starkes Oxydationsmittel; entzündet leichtentflammbare Stoffe; reagiert infolge Oxydationswirkung auch mit edleren Metallen zu Salzen:



reagiert mit Eiweißen unter Gelbfärbung (Xanthoproteinreaktion); bildet mit Alkoholen Salpetersäureester:



↗ Seite 129, 151

Ammoniak

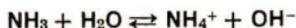
Formel: **NH₃**; farbloses, stechend riechendes Gas; brennt in Sauerstoff:



läßt sich katalytisch zu Stickstoffmonoxid und Wasser oxydieren:



in Wasser sehr leichtlöslich, reagiert dabei teilweise mit Wasser:



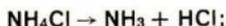
Lösung heißt **Ammoniakwasser**.

Ammoniak und Ammoniakwasser reagieren mit Säuren unter Salzbildung (Ammoniumsalze).

↗ Seite 129, 114, 150

Ammoniumchlorid

Formel: **NH₄Cl**; weißer, kristalliner Stoff; in Wasser leichtlöslich; zerfällt beim Erhitzen:



reagiert mit schwerer flüchtigen Basen, wobei Ammoniak frei wird:



↗ Seite 129

Diphosphorpentoxid

Formel: **P₂O₅**; weißes, lockeres Pulver; reagiert heftig unter Zischen mit Wasser, wobei Phosphorsäure entsteht:





Phosphorsäure

Formel: H_3PO_4 ; farblose, geruchlose Flüssigkeit; je nach Konzentration dünnflüssig, sirupartig bis fest; mittelstarke Säure, schwerflüchtig; dissoziiert:



bildet Salze: **Phosphate**.

↗ Seite 74

5.8. VI. Hauptgruppe des Periodensystems

Elemente der VI. Hauptgruppe (Chalkogene)

Element Symbol	Sauerstoff O	Schwefel S	Selen Se	Tellur Te
relative Atommasse	15,999	32,06	78,96	127,60
Dichte in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	0,0014	rhombisch 2,06	metallisch 4,82 nichtmetallisch 4,47	metallisch 6,25 nichtmetallisch 6,0
Schmelztemperatur in °C	-219	rh. 113	220	452
Siedetemperatur in °C	-183	445	685	1390
Reaktion mit Sauerstoff				
Dioxid	—	SO ₂	SeO ₂	TeO ₂
Säure	—	H ₂ SO ₃	H ₂ SeO ₃	H ₂ TeO ₃
Trioxid	—	SO ₃	SeO ₃	TeO ₃
Säure	—	H ₂ SO ₄	H ₂ SeO ₄	H ₆ TeO ₆
Saurer Charakter				
Elektronegativitätswert	3,5	2,5	2,4	2,1
Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	II	II	II	II
höchste Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	VI	VI	VI	VI

Sauerstoff

Symbol **O**; Formel: **O₂**; farbloses, geruchloses, geschmackfreies Gas; etwas größere Dichte als Luft; in Wasser wenig löslich; brennt nicht, unterhält aber die Verbrennung und verbindet sich dabei, häufig unter Flammerscheinung, mit dem brennenden Stoff (Oxydation).

↗ Seite 55, 137

Schwefel

Symbol: **S**; fester, gelber Stoff; geringe Härte, spröde, in Wasser unlöslich, in Kohlendisulfid leichtlöslich; verbrennt mit blauer Flamme zu Schwefeldioxid; verbindet sich in der Wärme mit Metallen zu Sulfiden, mit Wasserstoff zu Schwefelwasserstoff.

↗ Seite 151

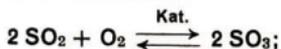
Schwefelwasserstoff

Formel: **H₂S**; farbloses, unangenehm riechendes Gas; sehr gefährliches Atemgift; in Wasser löslich, dabei wenig dissoziiert (Schwefelwasserstoffsäure); reagiert mit Schwermetallsalzlösungen unter Bildung unlöslicher Salze: **Sulfide**; verbrennt an der Luft mit bläulicher Flamme:



Schwefeldioxid

Formel: **SO₂**; farbloses, stechend riechendes Gas; Atemgift; nicht brennbar, unterhält die Verbrennung nicht; verbindet sich mit Sauerstoff zu Schwefeltrioxid:



in Wasser gut löslich, dabei teilweise Reaktion zu schwefliger Säure:



reagiert mit Metalloxiden oder Hydroxiden unter Salzbildung.

↗ Seite 141, 142

Schwefeltrioxid

Formel: **SO₃**; farblose Nadeln, die bereits bei etwa 17 °C schmelzen; reagiert mit Wasser sehr heftig unter großer Wärmeentwicklung zu Schwefel-

säure; bildet an der Luft dichte, weiße Nebel, die sich schwer in Wasser lösen und dabei nur langsam Schwefelsäure bilden.

↗ Seite 142, 143

Schweflige Säure

Formel: H_2SO_3 ; farblose Flüssigkeit; stechender Geruch nach Schwefeldioxid; schwache, leichtflüchtige Säure; zerfällt beim Erhitzen:



bildet Salze: **Sulfite**.

↗ Seite 74

Schwefelsäure

Formel: H_2SO_4

Verdünnte Schwefelsäure: farblose, geruchlose Flüssigkeit; starke Säure; reagiert mit unedlen Metallen unter Wasserstoffentwicklung; bildet Salze: **Sulfate**.

Konzentrierte Schwefelsäure: farblose, geruchlose, ölige Flüssigkeit; Dichte: $1,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$; stark ätzend; mischt sich mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung (Säure in Wasser gießen!) setzt sich infolge Oxydationswirkung auch mit edleren Metallen zu Salzen um:



↗ Seite 74, 142, 143

Selen

Symbol: **Se**; Modifikationen: graues metallisches Selen, rotes nicht-metallisches Selen.

Graues Selen: grauschwarzer, kristalliner Stoff; unlöslich in Kohlendisulfid; geringe elektrische Leitfähigkeit, die bei Beleuchtung zunimmt (Selenzelle).

Rotes Selen: roter, kristalliner oder amorpher Stoff; löslich in Kohlendisulfid; wandelt sich oberhalb 100°C in graues Selen um.

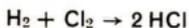
5.9. VII. Hauptgruppe des Periodensystems

Elemente der VII. Hauptgruppe (Halogene)

Name Symbol	Fluor F	Chlor Cl	Brom Br	Jod J
relative Atommasse	18,998	35,45	79,91	126,90
Dichte im flüssigen Zustand in $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	1,11	1,56	3,14	4,94
Schmelztemperatur in °C	−220	−101	−7	114
Siedetemperatur in °C	−188	−34	59	185
Farbe bei Zimmer- temperatur	grünlich- gelb	gelbgrün	rotbraun	blau- schwarz
Farbe im Gaszustand	grünlich- gelb	gelbgrün	rotbraun	violett
Elektronegativitätswert	4,0	3,0	2,8	2,5
Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	I	I	I	I
höchste Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	I	VII	V	VII
Reaktion mit Metallen	← zunehmend →			
Reaktion mit Wasserstoff	← zunehmend →			
Reaktion mit Sauerstoff	← zunehmend →			
Natriumverbindung	NaF	NaCl	NaBr	NaJ

Chlor

Symbol: **Cl**; Formel: **Cl₂**; gelbgrünes, stechend riechendes Gas; größere Dichte als Luft; nicht brennbar, unterhält die Verbrennung nicht, starkes Atemgift; feucht wirkt es desinfizierend und bleichend; in Wasser gut löslich; Chlorwasser; reagiert mit den meisten Elementen schon bei niedrigen Temperaturen unter starker Wärmeentwicklung und teilweise mit Feuererscheinungen; Chlor-Wasserstoff-Gemisch reagiert bei Einwirkung des Sonnenlichts explosionsartig (Chlorknallgas) zu Chlorwasserstoff:



↗ Seite 150

Chlorwasserstoff

Formel: **HCl**; farbloses, stechend riechendes Gas; Atemgift; stark wasseranziehend, bildet an der Luft Nebel; in wäßriger Lösung stark dissoziiert; starke, leichtflüchtige Säure: Salzsäure; wird von schwerer flüchtigen Säuren aus ihren Salzen verdrängt; bildet Salze: **Chloride**.

↗ Seite 74, 128

Brom

Symbol: **Br**; Formel: **Br₂**; dunkelbraune Flüssigkeit, entwickelt schon bei Raumtemperatur rotbraune, schwere Dämpfe von unangenehmem, erstickendem Geruch; gefährliches Atemgift, wirkt stark ätzend; in Wasser weniger löslich als Chlor: Bromwasser; reagiert mit den meisten Elementen, teilweise unter Feuererscheinung; verbindet sich mit Wasserstoff zu Bromwasserstoff.

Bromwasserstoff

Formel: **HBr**; farbloses, stechend riechendes Gas; giftig; stark wasseranziehend, bildet an der Luft Nebel; in wäßriger Lösung stark dissoziiert; starke, leichtflüchtige Säure: Bromwasserstoffsäure; bildet Salze: **Bromide**.

↗ Seite 128

Jod

Symbol: **J**; Formel (im gasförmigen Aggregatzustand): **J₂**; blauschwarze, metallisch glänzende Kristallplättchen; bildet beim Erhitzen violette, ätzende Dämpfe, die beim Abkühlen festes Jod bilden (Sublimation); giftig; in Wasser wenig löslich: Jodwasser (gelbe Färbung); in Äthanol gut löslich: Jodtinktur (braune Färbung); reagiert mit Wasserstoff zu Jodwasserstoff.

Jodwasserstoff

Formel: **HJ**; farbloses Gas; giftig; stark wasseranziehend; bildet an der Luft Nebel; in wäßriger Lösung stark dissoziiert; starke, jedoch leicht zersetzliche Säure: Jodwasserstoffsäure; bildet Salze: **Jodide**.

↗ Seite 128

5.10.VIII. Hauptgruppe des Periodensystems

Elemente der VIII. Hauptgruppe (Edelgase)

Element Symbol	Helium He	Neon Ne	Argon Ar	Krypton Kr	Xenon Xe
relative Atommasse	4,003	20,18	39,95	83,80	131,30
Dichte in $\frac{g}{cm^3}$	0,00018	0,0009	0,00178	0,0037	0,00589
Schmelztempera- tur in °C	-272,1	-248,6	-189,4	-157	-111,8
Siedetemperatur in °C	-268,9	-246,0	-185,8	-152,9	-107,1

5.11.Nebengruppen des Periodensystems

Kupfer (I. Nebengruppe)

Symbol: **Cu**; rötliches bis gelbrotes Metall; verhältnismäßig weich, dabei zäh und dehnbar; sehr gute Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität; oxydiert an der Luft oberflächlich zu Kupfer(I)-oxid, beim Erhitzen zu Kupfer(II)-oxid; reagiert mit oxydierenden Säuren unter Bildung von Salzen.

Zink (II. Nebengruppe)

Symbol: **Zn**; bläulichweißes Metall; geringe Härte; spröde, an der Luft beständig, da es sich mit einer dünnen Schutzschicht von Zinkoxid überzieht; verbrennt bei Siedetemperatur mit heller, bläulichweißer Flamme zu einem weißen Rauch von Zinkoxid; wird von Wasserdampf angegriffen; reagiert mit Säuren unter Bildung von Salzen und Wasserstoff.

Eisen (VIII. Nebengruppe)

Symbol: **Fe**; silberweißes, glänzendes Metall; verhältnismäßig weich und zäh, dehnbar; stark magnetisch; unedles Metall, rostet an feuchter Luft; zersetzt in der Wärme Wasserdampf; wird beim Glühen an der Luft zu Eisen(III)-oxid, in reinem Sauerstoff zu Eisen(II. III)-oxid oxydiert; reagiert mit verdünnten Säuren unter Bildung von Salzen und Wasserstoff.

↗ Seite 139, 140, 151

6

Organische Verbindungen und makromolekulare Stoffe

Seite

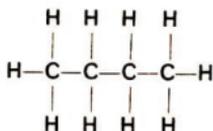
92	6 1	Grundbegriffe der organischen Chemie
96	6 2	Namen organischer Verbindungen
101	6 3	Kohlenwasserstoffe
104	6 4	Halogenderivate der Kohlenwasserstoffe
105	6 5	Alkohole und Phenole
108	6 6	Aldehyde
110	6 7	Karbonsäuren
112	6 8	Fette – Kohlenhydrate – Eiweiße

6.1. Grundbegriffe der organischen Chemie

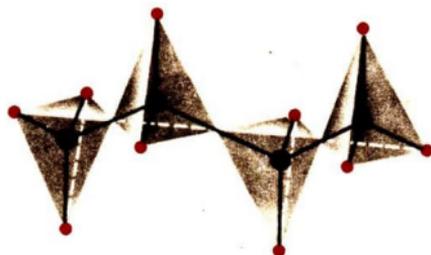
Kettenförmige Kohlenstoffverbindungen

Stoffe, in deren Molekülen die Kohlenstoffatome kettenförmig miteinander verbunden sind:

■ **unverzweigte Kette: Butan**

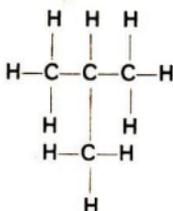


Strukturformel

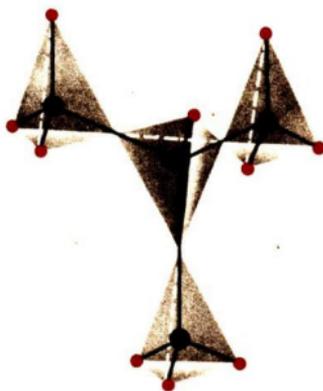


räumliche Anordnung der Atome im Molekül

■ **verzweigte Kette: Methylpropan**



Strukturformel

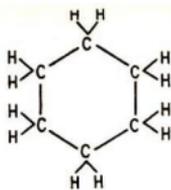


räumliche Anordnung der Atome im Molekül

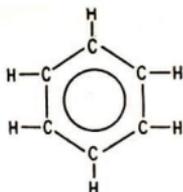
↗ Seite 94, 96, 98

Ringförmige Kohlenstoffverbindungen

Stoffe, in deren Molekülen die Kohlenstoffatome ringförmig miteinander verbunden sind:



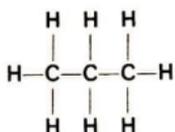
Zyklohexan



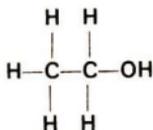
Benzol

Gesättigte Kohlenstoffverbindungen

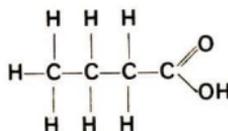
Verbindungen, in deren Molekülen nur Einfachbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen bestehen.



Propan



Äthanol

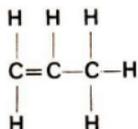


Butansäure

↗ Seite 101 ... 114

Ungesättigte Kohlenstoffverbindungen

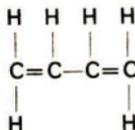
Verbindungen, in deren Molekülen nur Mehrfachbindungen (Doppelbindung, Dreifachbindung) oder Mehrfachbindungen und Einfachbindungen zwischen Kohlenstoffatomen bestehen.



Propen



Äthin



Butadien-(1,3)

Homologe Reihe

Reihe chemisch ähnlicher Verbindungen, bei der zwischen den Formeln zweier aufeinanderfolgender Glieder stets die gleiche Differenz CH_2 auftritt. Bestimmte Eigenschaften der Glieder einer homologen Reihe sind infolge der gemeinsamen Strukturmerkmale dieser Verbindungen übereinstimmend. Die unterschiedliche Molekülmasse der Glieder einer homologen Reihe hat aber auch unterschiedliche Eigenschaften zur Folge.

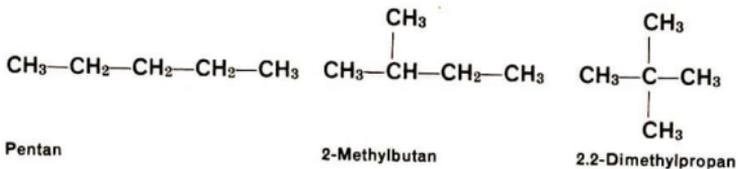
Die Glieder einer homologen Reihe heißen **Homologe**.

Reihe	1 Kohlenstoffatom	2 Kohlenstoffatome	3 Kohlenstoffatome
Alkane	CH ₄ Methan	C ₂ H ₆ Äthan	C ₃ H ₈ Propan
Alkanole	CH ₃ —OH Methanol	C ₂ H ₅ —OH Äthanol	C ₃ H ₇ —OH Propanol
Alkanale	HCHO Methanal	CH ₃ —CHO Äthanal	C ₂ H ₅ —CHO Propanal
Alkansäuren	HCOOH Methansäure	CH ₃ —COOH Äthansäure	C ₂ H ₅ —COOH Propansäure
Alkene	—	C ₂ H ₄ Äthen	C ₃ H ₆ Propen
Alkine	—	C ₂ H ₂ Äthin	C ₃ H ₄ Propin

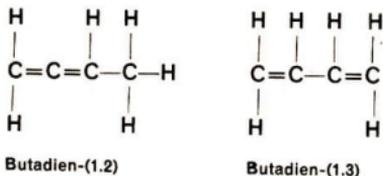
Isomere Kohlenstoffverbindungen

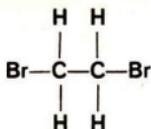
Stoffe mit gleicher Summenformel, die sich voneinander durch die Molekülstruktur unterscheiden. Die unterschiedliche Molekülstruktur bedingt auch unterschiedliche Eigenschaften der Verbindungen. Das Auftreten isomerer Verbindungen heißt **Isomerie**.

■ a) Unterschiedlicher Aufbau der Kohlenstoffkette: C₅H₁₂

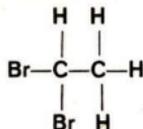


b) Unterschiedliche Lage von Mehrfachbindungen: C₄H₆



c) Unterschiedliche Stellung von Substituenten: $C_2H_4Br_2$ 

1.2-Dibromäthan



1.1-Dibromäthan

Derivate

Verbindungen, deren Moleküle man sich durch Ersatz von gebundenen Atomen oder Atomgruppen durch andere Atome oder Atomgruppen entstanden denken kann.

Kohlenwasserstoff	Veränderungen gegenüber dem Molekül der Ausgangsverbindung		Derivate
	ausgeschiedene Atome	eingetretene Atome bzw. Atomgruppen	
CH_4 Methan	1 H 4 H	1 Br 4 Cl	Halogenderivate des Methans CH_3Br Monobrommethan CCl_4 Tetrachlormethan
C_2H_6 Äthan	1 H 1 H	1 OH 1 COOH	Sauerstoffderivate des Äthans C_2H_5OH Äthanol C_2H_5COOH Propansäure

Funktionelle Gruppen

Atomgruppen, die weitgehend das chemische Verhalten von Verbindungen bestimmen.

Hydroxylgruppe



Karboxylgruppe



Aldehydgruppe



Aminogruppe



Alkyle

Atomgruppen, die ein Wasserstoffatom weniger besitzen als die Alkanmoleküle, von denen sie abgeleitet sind;

allgemeine Formel: $-C_nH_{2n+1}$ oder $-R$

Methyl

Methan CH_4

Äthyl

Äthan C_2H_6

6.2. Namen organischer Verbindungen

Die Namen organischer Verbindungen werden nach einheitlichen Regeln gebildet. Aus diesen **systematischen Namen** kann die Zusammensetzung und die Struktur der Verbindungen abgelesen werden. Daneben gibt es für die meisten Verbindungen noch weitere Namen, die in der Industrie und in der Wissenschaft häufig verwendet werden. Diese Namen, die **Trivialnamen**, sind historisch entstanden. Sie wurden zum Beispiel bei der Entdeckung einer Verbindung festgelegt und lassen in den meisten Fällen die Zusammensetzung und Struktur nicht erkennen. Für die komplizierter zusammengesetzten Verbindungen werden jedoch überwiegend Trivialnamen verwendet.

Unverzweigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe

Die systematischen Namen unverzweigter kettenförmiger Kohlenwasserstoffe sind zusammengesetzt aus:

- ▶ einem Wortstamm, der die Anzahl der Kohlenstoffatome im Molekül angibt;
- ▶ einer Endung, die die Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen charakterisiert;
- ▶ arabischen Ziffern (in Klammern gesetzt und mit Bindestrich), die die Stellung der Mehrfachbindungen angeben. (Die Kohlenstoffatome werden fortlaufend beziffert, beginnend an dem Ende der Kette, dem eine Mehrfachbindung am nächsten liegt.)

	Wortstamm (Anzahl der Kohlenstoffatome)	Endung	
		Art der Bindung	Stellung der Bindung
Name	But	en	-(1)
	Buten-(1)		
Bedeutung	unverzweigte Kette aus 4 Kohlenstoffatomen	ungesättigte Verbindung, 1 Doppelbindung	Doppelbindung am 1. Kohlenstoffatom
Formel	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} = & \text{C} - & \text{C} - & \text{C} - & \text{H} & \\ & & & & & & \\ & & & & \text{H} & & \text{H} \end{array} $		

Wortstämme

Anzahl der Kohlenstoffatome in der Kette	Wortstamm	Kohlenstoffatome	Wortstamm	Kohlenstoffatome	Wortstamm
1	Meth	8	Okt	15	Pentadek
2	Äth	9	Non	16	Hexadek
3	Prop	10	Dek	17	Heptadek
4	But	11	Undek	18	Oktadek
5	Pent	12	Dodek	19	Nonadek
6	Hex	13	Tridek	20	Eikos
7	Hept	14	Tetradek		

Endungen

Endung	Kennzeichen	Name der Reihe	■
an	gesättigt, einfache Bindungen zwischen Kohlenstoffatomen $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} - \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$	Alkane	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Propan
en	ungesättigt, 1 Doppelbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \end{array}$	Alkene	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ Äthen
in	ungesättigt, 1 Dreifachbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen $-\text{C} \equiv \text{C}-$	Alkine	$\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Pentin-(1)

Verzweigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe

Verzweigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe erhalten als Grundnamen die Bezeichnung des unverzweigten Kohlenwasserstoffs (Stammkohlenwasserstoffs), der der längsten Kohlenstoffkette im Molekül entspricht. Dem Namen des Stammkohlenwasserstoffs stellt man die Bezeichnungen der als Seitenketten enthaltenen Kohlenwasserstoffreste, die Angabe ihrer Stellung und die Angabe der Anzahl der Kohlenwasserstoffreste voran.

Die Namen verzweigter kettenförmiger Kohlenwasserstoffe sind demnach zusammengesetzt aus:

- ▶ arabischen Ziffern (mit Bindestrich), die die Stellung der Kohlenwasserstoffreste angeben;
- ▶ griechischen Zahlwörtern, die die Anzahl der Kohlenwasserstoffreste angeben;
- ▶ den Namen der Kohlenwasserstoffreste, die die Seitenketten bilden;
- ▶ dem Namen des Kohlenwasserstoffs in der Hauptkette.

	Stellung der Kohlenwasserstoffreste	Anzahl der Kohlenwasserstoffreste	Namen der Kohlenwasserstoffreste, die Seitenketten bilden	Name des Kohlenwasserstoffs in der Hauptkette
Name der Verbindung	2.4-	Di	methyl	pentan
	2.4-Dimethylpentan			
Bedeutung	1 Alkyl am 2. Kohlenstoffatom; 1 Alkyl am 4. Kohlenstoffatom	2	Methyl	5 Kohlenstoffatome bilden im Molekül die längste unverzweigte Kohlenstoffkette
Strukturformel	$ \begin{array}{ccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & & & \\ & \text{CH}_3 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_3 & & & \\ & & & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & & & \end{array} $			

Die Namen der als Seitenketten auftretenden Atomgruppen (Kohlenwasserstoffreste) werden aus dem Wortstamm des Kohlenwasserstoffes, von dem sie abgeleitet sind, und der Endung **yl** gebildet. Die von den Alkanen abgeleiteten Atomgruppen heißen dementsprechend **Alkyle**.

Außer den systematischen Namen sind auch ältere Namen gebräuchlich:

- **n-Verbindungen** (Normalverbindungen) bilden unverzweigte Ketten.



- **i-Verbindungen** (Isoverbindungen) bilden verzweigte Ketten.



Derivate kettenförmiger Kohlenwasserstoffe mit funktionellen Gruppen

Die systematischen Namen der wichtigsten Derivate kettenförmiger Kohlenwasserstoffe mit funktionellen Gruppen sind zusammengesetzt aus:

- ▶ dem Namen des Kohlenwasserstoffs mit der gleichen Anzahl von Kohlenstoffatomen (von dem sie abgeleitet sind);
- ▶ griechischen Zahlwörtern, die die Anzahl der funktionellen Gruppen angeben;
- ▶ einer Endung, die die Art der funktionellen Gruppen angibt;
- ▶ arabischen Ziffern (in Klammern, mit Bindestrich), die die Stellung der funktionellen Gruppen angeben.

	Name des Kohlenwasserstoffs	Anzahl der funktionellen Gruppen	Endung (Art der funktionellen Gruppen)	Stellung der funktionellen Gruppen
Name der Verbindung	Butan	/	ol	-(1)
	Butanol-(1)			
Bedeutung	unverzweigter gesättigter Kohlenwasserstoff mit 4 Kohlenstoffatomen	—	Hydroxylgruppe	am 1. Kohlenstoffatom
Strukturformel	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{OH} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $			
Name der Verbindung	Propan	tri	ol	-(1.2.3)
	Propantriol-(1.2.3)			
Bedeutung	unverzweigter gesättigter Kohlenwasserstoff mit 3 Kohlenstoffatomen	3	Hydroxylgruppe	am 1., 2. und 3. Kohlenstoffatom
Strukturformel	$ \begin{array}{ccc} \text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 \\ & & \\ \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} \end{array} $			

Die Numerierung der Kohlenstoffatome beginnt an dem Ende der Kette, das einer funktionellen Gruppe am nächsten ist, beziehungsweise am Kohlenstoffatom der funktionellen Gruppe.

Enthält die Verbindung zwei verschiedene funktionelle Gruppen, so wird die zweite funktionelle Gruppe im Namen durch eine Vorsilbe gekennzeichnet. Den Vorsilben vorangestellte arabische Ziffern mit Bindestrich geben die Stellung, griechische Zahlwörter die Anzahl dieser funktionellen Gruppen an.

	zweite funktionelle Gruppe		Name des Kohlenwasserstoffs	erste funktionelle Gruppe
	Stellung	Art		
Name der Verbindung	2-	Amino	äthan	säure
2-Aminoäthansäure				
Bedeutung	am 2. Kohlenstoffatom	Aminogruppe	unverzweigter gesättigter Kohlenwasserstoff mit 2 Kohlenstoffatomen	Karboxylgruppe
Strukturformel	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$			

Namen der funktionellen Gruppen in Verbindungen

funktionelle Gruppe		Name als Vorsilbe	Name als Endung
Bezeichnung	Zusammensetzung		
Hydroxylgruppe	—OH	Hydroxy	ol
Aldehydgruppe	$\begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{—C} \\ \\ \text{H} \end{array}$	—	al
Karboxylgruppe	$\begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{—C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Karboxy	säure
Aminogruppe	$\begin{array}{l} \text{H} \\ \\ \text{—N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Amino	amin



6.3. Kohlenwasserstoffe

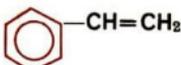
Charakteristik der Kohlenwasserstoffe

Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff, die sich durch die Bindungsverhältnisse im Molekül sowie die Anzahl der Atome, aus denen sie bestehen, unterscheiden.

Name	charakteristische Strukturmerkmale	allgemeine Formel
Alkane (Paraffine)	kettenförmig, gesättigt; Moleküle enthalten nur Einfachbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen	C_nH_{2n+2}
Alkene (Olefine)	kettenförmig, ungesättigt; Moleküle enthalten 1 Doppelbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen und Einfachbindungen zwischen den übrigen	C_nH_{2n}
Alkine (Azetylene)	kettenförmig, ungesättigt; Moleküle enthalten eine Dreifachbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen und Einfachbindungen zwischen den übrigen	C_nH_{2n-2}
Zykloalkane (Naphthene)	ringförmig, gesättigt; Moleküle enthalten nur Einfachbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen	C_nH_{2n}
Aromatische Kohlenwasserstoffe	ringförmig, Bindungssystem des Benzols C_6H_6 ; Moleküle des Benzolrings enthalten nur Einfachbindungen und Elektronensextett zwischen den Kohlenstoffatomen	—

↗ Seite 96...98

systematischer Name	Trivialname	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
Methan		CH_4	CH_4
Äthan		C_2H_6	CH_3-CH_3
Propan		C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$
Butan		C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

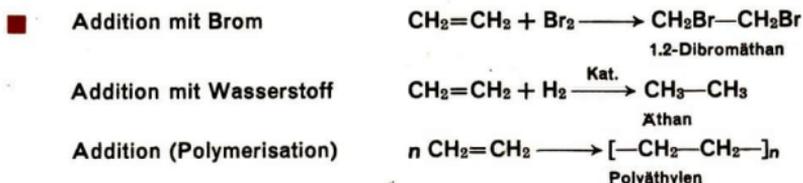
systematischer Name	Trivialname	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
Äthen Propen Buten-(1) 2-Methylpropen	Äthylen Propylen Butylen Isobutylen	C_2H_4 C_3H_6 C_4H_8 C_4H_8	$CH_2=CH_2$ $CH_2=CH-CH_3$ $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ $CH_2=C-CH_3$ CH_3
Butadien-(1.3) 2-Methylbutadien-(1.3)	Butadien Isopren	C_4H_6 C_5H_8	$CH_2=CH-CH=CH_2$ $CH_2=C-CH=CH_2$ CH_3
Äthin Propin Butin-(1) Butin-(2)	Azetylen Methylazetylen Äthylazetylen Dimethylazetylen	C_2H_2 C_3H_4 C_4H_6 C_4H_6	$CH\equiv CH$ $CH\equiv C-CH_3$ $CH\equiv C-CH_2-CH_3$ $CH_3-C\equiv C-CH_3$
Zyklopropan Zyklobutan Zyklopentan	Tri-methylen Tetra-methylen Penta-methylen	C_3H_6 C_4H_8 C_5H_{10}	CH_2-CH_2 / \ CH_2 CH_2-CH_2 CH_2-CH_2 CH_2-CH_2 CH_2-CH_2 / \ CH_2
Benzol Methylbenzol	 Toluol Styrol	C_6H_6 C_7H_8 C_8H_8	  - CH_3  - $CH=CH_2$

Methan

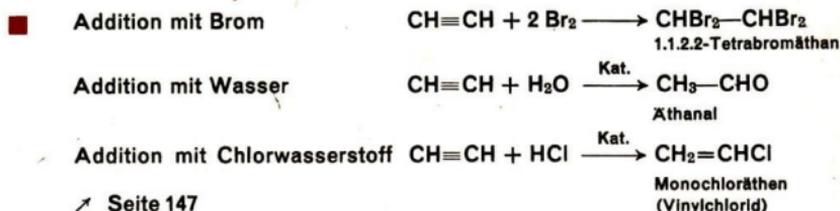
Formel: **CH₄**; farbloses, geruchloses Gas; brennbar, verbrennt zu Kohlendioxid und Wasser; bildet mit dem doppelten Volumen Sauerstoff oder mit dem zehnfachen Volumen Luft hochexplosive Gemische; reagiert mit Halogenen unter Bildung von Halogenderivaten und Chlorwasserstoff (Substitution).

Äthen (Äthylen)

Formel: **C₂H₄**; farbloses, süßlich riechendes Gas; brennt mit leuchtender, schwach rußender Flamme; bildet mit Sauerstoff explosive Gemische; ist durch seine Doppelbindung sehr reaktionsfähig.

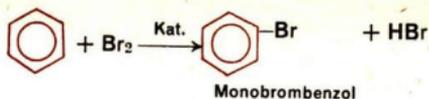
**Äthin (Azetylen)**

Formel: **C₂H₂**; farbloses, fast geruchloses Gas; löslich in Wasser; sehr gut löslich in Propanon (Azeton); brennt mit leuchtender, stark rußender Flamme; bildet mit Sauerstoff oder Luft hochexplosive Gemische; ist durch seine Dreifachbindung sehr reaktionsfähig (vor allem Additionsreaktionen).

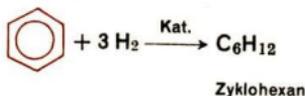
**Benzol**

Formel: **C₆H₆**; leichtbewegliche, farblose Flüssigkeit; eigenartiger Geruch; in Wasser kaum löslich; gutes Lösungsmittel für Fette, Öle, Harze und andere organische Stoffe; geringere Dichte als Wasser; bildet schon bei Raumtemperatur leichtentzündliche Dämpfe; brennt mit leuchtender, stark rußender Flamme; Dämpfe sind giftig; reagiert nicht wie ungesättigte Verbindungen, ist aber bei Anwendung von Katalysatoren zur Substitution und zur Addition befähigt.

■ Substitution mit Brom



Addition mit Wasserstoff

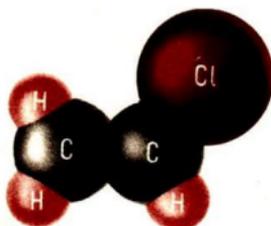


↗ Seite 93, 152

6.4. Halogenderivate der Kohlenwasserstoffe

Charakteristik der Halogenderivate

Derivate der Kohlenwasserstoffe mit mindestens einem Halogenatom als Substituent.



Modell des Monochloräthanmoleküls

systematischer Name	Trivialname	vereinfachte Strukturformel
Monochlormethan	Methylchlorid	CH_3Cl
Dichlormethan	Methylenchlorid	CH_2Cl_2
Trichlormethan	Chloroform	CHCl_3
Tetrachlormethan	Tetrachlorkohlenstoff	CCl_4
Monochloräthen	Vinylchlorid	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$

↗ Seite 95

Trichlormethan (Chloroform)

Formel: **CHCl_3** ; süßlich riechende Flüssigkeit; unbrennbar; reagiert unter Einfluß von Licht und Sauerstoff langsam zu Phosgen COCl_2 (giftig) und

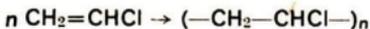
Chlorwasserstoff; in Wasser wenig löslich; gutes Lösungsmittel für Harze, Fette und andere Stoffe; leichtflüchtig; Trichlormethandämpfe wirken betäubend.

Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)

Formel: CCl_4 ; ätherisch riechende, farblose Flüssigkeit, unbrennbar; wirkt auf Flammen erstickend (dabei jedoch Phosgenbildung); in Wasser fast unlöslich; gutes Lösungsmittel für Fette, Öle, Harze und Wachse; Dämpfe wirken betäubend.

Monochloräthen (Vinylchlorid)

Formel: $\text{CH}_2=\text{CHCl}$; bei Raumtemperatur gasförmiger Stoff; lässt sich polymerisieren:



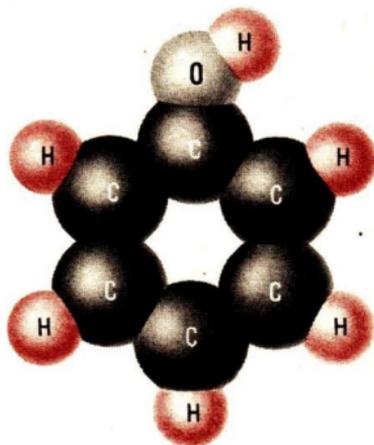
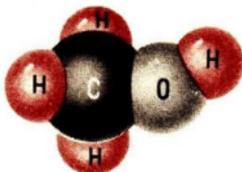
Vinylchlorid

Polyvinylchlorid

6.5. Alkohole und Phenole

Charakteristik der Alkohole und Phenole

Sauerstoffderivate der Kohlenwasserstoffe, die eine oder mehrere Hydroxylgruppen $-\text{OH}$ im Molekül enthalten.



Modelle des Methanolemoleküls
und des Phenolemoleküls

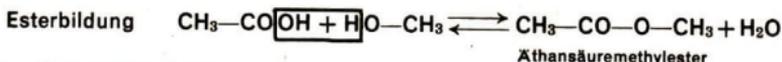
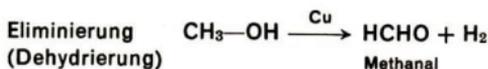
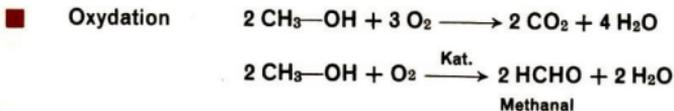
Name	charakteristische Strukturmerkmale
Alkanole	kettenförmig, gesättigt; 1 Hydroxylgruppe im Molekül
Alkantriole	kettenförmig, gesättigt; 3 Hydroxylgruppen im Molekül
Phenole	Derivate des Benzols mit mindestens einer Hydroxylgruppe im Molekül

↗ Seite 99, 100

systematischer Name	Trivialname	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
Methanol		CH ₃ OH	CH ₃ —OH
Äthanol	Äthylalkohol	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ —CH ₂ —OH
Propanol	Propylalkohol	C ₃ H ₇ OH	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —OH
Propantriol-(1.2.3)	Glycerin	C ₃ H ₅ (OH) ₃	CH ₂ OH—CH(OH)—CH ₂ OH
Phenol		C ₆ H ₅ OH	

Methanol

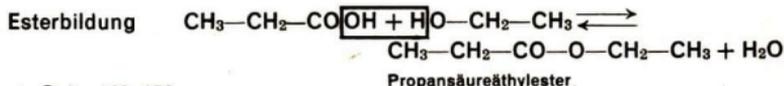
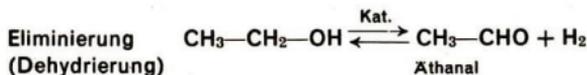
Formel: **CH₃—OH**; farblose Flüssigkeit; charakteristischer Geruch; brennt mit blaßblauer Flamme; löslich in Wasser und anderen Lösungsmitteln; Lösungsmittel für Harze und andere Stoffe; sehr giftig; einige wichtige Reaktionen sind:



↗ Seite 105, 147, 152

Äthanol (Äthylalkohol)

Formel: $\text{C}_2\text{H}_5\text{—OH}$; farblose Flüssigkeit; charakteristischer Geruch; leicht entzündbar; brennt mit schwach leuchtender Flamme; löslich in Wasser, Benzin und Benzol; setzt als Bestandteil von Genußmitteln schon in geringen Mengen die Empfindlichkeit der Sinnesorgane herab, wirkt gesundheitsschädigend; einige wichtige Reaktionen sind:



↗ Seite 148, 152

Glycerin

Formel: $\text{CH}_2(\text{OH})\text{—CH}(\text{OH})\text{—CH}_2\text{OH}$; systematischer Name: **Propantriol-(1.2.3)**; farblose, ölige, geruchlose Flüssigkeit; süßer Geschmack; mit Wasser oder Äthanol in jedem Verhältnis mischbar; läßt sich mit anorganischen und organischen Säuren verestern.

↗ Seite 112

Phenol

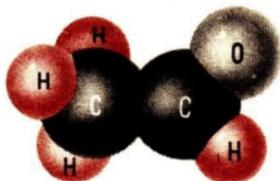
Formel: $\text{C}_6\text{H}_5\text{—OH}$; farblose, leicht zerfließende Kristalle, die sich an der Luft nach einiger Zeit rötlich färben; eigenartiger Geruch; in Wasser wenig löslich; leichtlöslich in Äthanol; giftig, wirkt ätzend; reagiert sehr schwach sauer.

↗ Seite 105, 152

6.6. Aldehyde

Charakteristik der Aldehyde

Sauerstoffderivate der Kohlenwasserstoffe, die eine Aldehydgruppe $\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—H} \end{array}$ im Molekül enthalten.

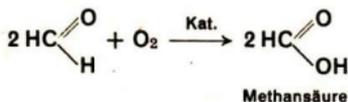
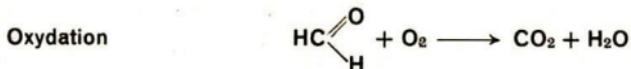
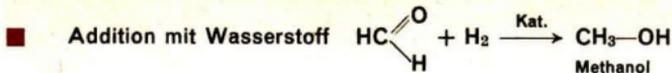


Modell des Äthanal-moleküls

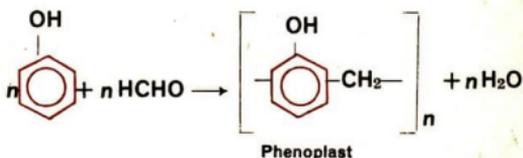
systematischer Name	Trivialname	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
Methanal	Formaldehyd	HCHO	$\text{HC} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—H} \end{array}$
Äthanal	Azetaldehyd	CH_3CHO	$\text{CH}_3\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—H} \end{array}$
Propanal	Propionaldehyd	$\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO}$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—H} \end{array}$
Butanal	Butyraldehyd	$\text{C}_3\text{H}_7\text{CHO}$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—H} \end{array}$
Pentanal	Valeraldehyd	$\text{C}_4\text{H}_9\text{CHO}$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—H} \end{array}$

Methanal (Formaldehyd)

Formel: **HCHO**; farbloses, stechend riechendes Gas; in Wasser leichtlöslich, 35 ··· 40%ige Lösung handelsüblich; reagiert mit Eiweißen unter Bildung unlöslicher, oft harter Massen; wirkt desinfizierend; reduziert Fehlingsche Lösung und ammoniakalische Silbersalzlösung; durch seine funktionelle Gruppe sehr reaktionsfähig.



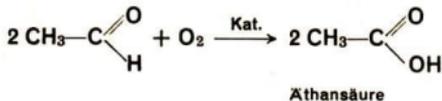
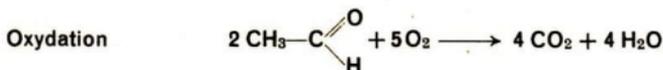
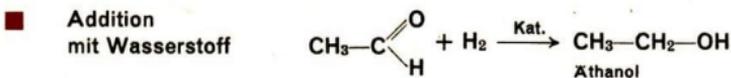
Polykondensation
mit Phenol



↗ Seite 108, 152

Äthanal (Azetaldehyd)

Formel: $\text{CH}_3\text{—CHO}$; leichtbewegliche, farblose Flüssigkeit mit eigenartigem Geruch; siedet bei 20°C ; brennbar; leichtlöslich in Wasser, Äthanol, Benzol; reduziert Fehlingsche Lösung und ammoniakalische Silberlösung; durch seine funktionelle Gruppe sehr reaktionsfähig.

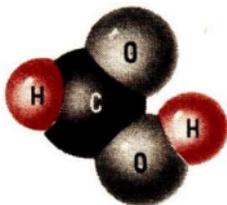


↗ Seite 152

6.7. Karbonsäuren

Charakteristik der Karbonsäuren

Sauerstoffderivate der Kohlenwasserstoffe, die eine oder mehrere Karboxylgruppen $\text{—C} \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$ im Molekül enthalten.



Modell des Methansäuremoleküls

systematischer Name	Trivialname	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
Methansäure	Ameisensäure	HCOOH	$\text{HC} \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$
Äthansäure	Essigsäure	CH_3COOH	$\text{CH}_3\text{—C} \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$
Hexadecansäure	Palmitinsäure	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_{14}\text{—C} \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$
Okta-dekan-säure	Stearin-säure	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_{16}\text{—C} \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$
Okta-deken-(9)-säure	Ölsäure	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_7\text{—CH=CH—(CH}_2\text{)}_7\text{—C} \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \end{matrix}$
2-Amino-äthansäure	Glykokoll	$\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{CH}_2 \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{OH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$
2-Amino-propan-säure	Alanin	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{—CH} \begin{matrix} \text{O} \\ \text{=} \\ \text{H} \\ \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$

Methansäure (Ameisensäure)

Formel: **HCOOH**; leichtbewegliche, farblose Flüssigkeit; stechender Geruch; mit Wasser und Äthanol in jedem Verhältnis mischbar; stark ätzend, erzeugt auf der Haut Blasen; bildet Salze: **Formiate**; wirkt reduzierend, da auch die Aldehydgruppe enthalten ist.

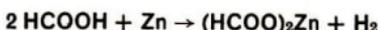


■ Dissoziation



Formiat-Ion

Salzbildung

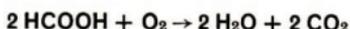


Zinkformiat

Zersetzung



Oxydation



Esterbildung



Methansäuremethylester

↗ Seite 110, 152

Äthansäure (Essigsäure)

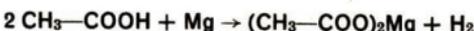
Formel: **CH₃-COOH**; klare, farblose Flüssigkeit; stechender Geruch; erstarrt bei 16,6 °C zu einer eisartigen Masse (konzentrierte Äthansäure wird deshalb auch als Eisessig bezeichnet); löslich in Wasser, Äthanol; 10%ige wäßrige Lösung als Speiseessig, 40%ige als Essigessenz im Handel; stark ätzend; bildet Salze: **Azetate**; leichtflüchtig; dissoziiert.

■ Dissoziation



Azetat-Ion

Salzbildung



Magnesiumazetat

Esterbildung



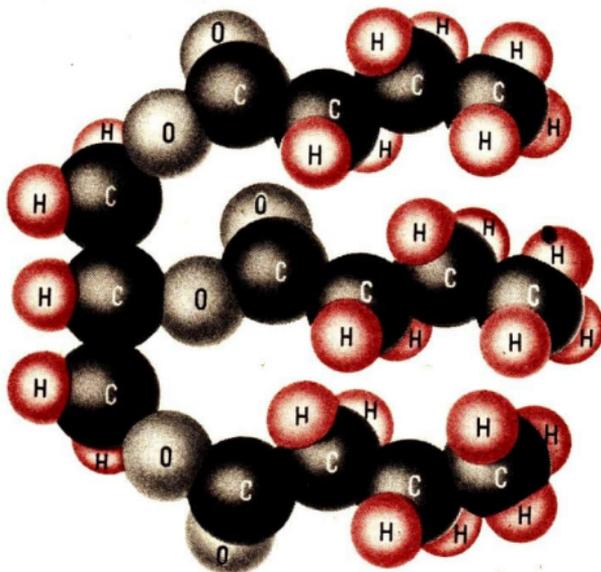
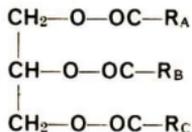
Äthansäureäthylester

↗ Seite 148, 152

6.8. Fette – Kohlenhydrate – Eiweiße

Charakteristik der Fette

Gruppe von Naturstoffen, die aus Gemischen von Estern des Glycerins mit mittleren und höheren Karbonsäuren (vor allem Alkansäuren und Alkensäuren) bestehen.



Modell des Estermoleküls aus Butansäure und Glycerin

Bei Zimmertemperatur flüssige Fette werden als **fette Öle** bezeichnet. Sie unterscheiden sich in Struktur und Eigenschaften von den **Mineralölen** (Kohlenwasserstoffe).

Am häufigsten sind in den Fetten

Hexadekansäure $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{—COOH}$,
 Oktadekansäure $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{—COOH}$
 und Oktadekensäure $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{—COOH}$

verestert.

↗ Seite 137

Charakteristik der Kohlenhydrate

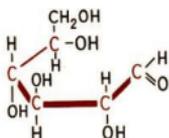
Gruppe von Naturstoffen der allgemeinen Formel: $C_n(H_2O)_m$

Name	■	charakteristische Merkmale
Mono-saccharide	$C_6H_{12}O_6$	Moleküle werden nicht durch Säurehydrolyse gespalten
Disaccharide	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Moleküle werden durch Säurehydrolyse in je zwei Moleküle Mono-saccharide gespalten
Poly-saccharide	$(C_6H_{10}O_5)_n$	Moleküle werden durch Säurehydrolyse in jeweils mehrere Moleküle Monosaccharide gespalten

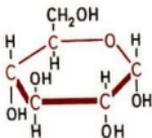
Glukose (Traubenzucker)

Monosaccharid; Formel: $C_6H_{12}O_6$; weißes Pulver; geruchlos; süßer Geschmack; in Wasser leicht, in Äthanol nur wenig löslich; wirkt reduzierend; Moleküle sind ketten- oder ringförmig gebaut:

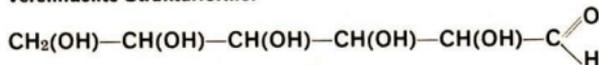
Kettenform



Ringform



vereinfachte Strukturformel

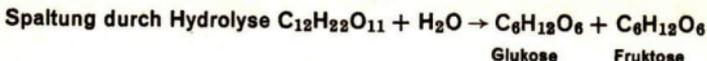


Glukose wandelt sich beim Erhitzen in eine schwarzbraune, bitterschmeckende Masse um (Zuckerfarbe).

Saccharose (Rohrzucker)

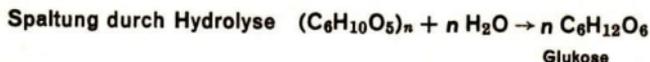
Disaccharid; Formel: $C_{12}H_{22}O_{11}$; große, farblose Kristalle (Kandiszucker) oder weißes, kristallines Pulver (Kristallzucker); sehr süßer Geschmack; in Wasser leicht, in Äthanol nur wenig löslich; wirkt nicht reduzierend; bildet bei vorsichtigem Erhitzen eine braune, angenehm schmeckende

Masse (Karamelzucker); wird beim Sieden mit stark verdünnten Säuren in Glukose und Fruktose (Fruchtzucker) zerlegt.



Stärke

Polysaccharid; Formel: $(C_6H_{10}O_5)_n$; feines, weißes Pulver; geruchlos und geschmackfrei; in kaltem Wasser unlöslich; teilweise löslich und quellfähig in 60...80 °C heißem Wasser (Stärkekleister); Lösung wirkt nicht reduzierend; wird durch Enzyme oder durch Erhitzen mit verdünnten Säuren in reduzierende Stoffe umgewandelt.



Zellulose

Polysaccharid; Formel: $(C_6H_{10}O_5)_n$; weißer, fester Stoff; geruchlos und geschmackfrei; auch in siedendem Wasser unlöslich; gegen verdünnte Laugen beständig; kann durch kombinierte Behandlung mit konzentrierten und verdünnten anorganischen Säuren abgebaut werden; reagiert mit konzentrierten, wasserfreien Säuren unter Esterbildung (Salpetersäureester, Äthansäureester).

Charakteristik der Eiweiße

Makromolekulare Verbindungen, die im wesentlichen aus Polypeptiden aufgebaut sind; können durch Hydrolyse in 2-Aminosäuren gespalten werden.

↗ Seite 110

Proteine

Einfache Eiweiße, die nur aus 2-Aminosäuren aufgebaut sind; werden nach ihrer Löslichkeit in Wasser und anderen Eigenschaften unterteilt.

Proteide

Zusammengesetzte Eiweiße, die außer dem Eiweißbestandteil noch andere Verbindungen enthalten; werden nach der Art des zweiten Bestandteils in Untergruppen eingeteilt.

7

Chemische Experimente

Seite

116 7/1

Laborgeräte

120 7/2

Allgemeine Experimentierregeln

121 7/3

Arbeitsmethoden und Apparaturen
für Experimente

121

Stofftrennung

124

Auffangen von Gasen

125

Durchführung von Reaktionen

128 7/4

Nachweisreaktionen

130 7/5

Unfallverhütung

7.1. Laborgeräte



Tiegelzange



Reagenzglas-
halter



Verbrennungs-
löffel



Spatellöffel



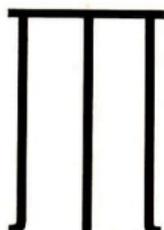
Asbestdrahtnetz



Gasbrenner



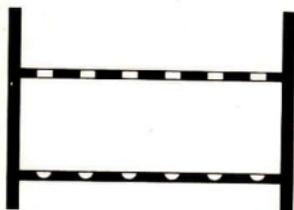
Spiritusbrenner



Dreifuß



Tondreieck



Reagenzglasgestell



Reagenzglas-
ständer



Gestell
für Halbmikro-
Kochglas



Reagenzglasbürste



Stativ



Stativring



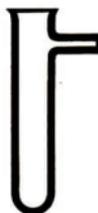
Stativmuffe



Stativklemme



Reagenzglas



Reagenzglas mit Ansatzrohr



U-Rohr



Becherglas



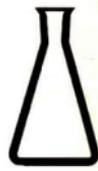
Rundkolben



Stehkolben



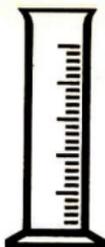
Halbmikro-Kochglas



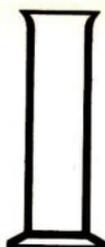
Erlenmeyerkolben



Pneumatische Wanne



Meßzylinder



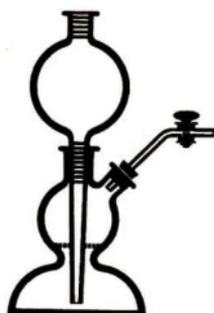
Standzylinder



**Spritz-
flasche**



**Gaswasch-
flasche**



**Kippscher
Gasentwickler**



Kolbenprober



**Trocken-
rohr**



Vollpipette



Glasstab



Trichter



**Tropf-
trichter**



**Halb-
mikro-
Tropfer**



**Filter-
röhrchen**



**Mörbchale
mit Pötil**



Abdampfchale



Krillallililichale



Porzellantiegel



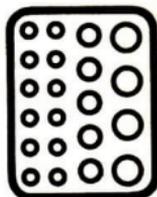
Verbrennungsröhr



Porzellanschiffchen



Uhrghlilichale



Tüpfelplatte



Enghaleflasche



Weithaleflasche



Pipettenflasche



Thermometer

7.2. Allgemeine Experimentierregeln

Vorbereitung eines Experiments

1. Durchdenken der Aufgabe, bis diese vollständig erkannt ist.
2. Überlegen, in welcher Weise die Aufgabe gelöst werden kann.
3. Überlegen, welche Gefahren bei dem Experiment auftreten können und welche Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden müssen.
 ↗ Seite 130...134
4. Auswählen der zweckmäßigsten Apparatur und Anfertigen einer Skizze.
5. Bereitstellen der erforderlichen Geräte und Chemikalien.
6. Zusammenbauen und Überprüfen der Apparatur.
7. Überlegen, in welchen Teilschritten das Experiment durchzuführen ist und was dabei beachtet werden muß.

Durchführung und Auswertung des Experiments

1. Durchführen des Experiments und Beobachten des Ablaufs.
2. Stilllegen der Apparatur und unfallsichere Aufbewahrung aller Reaktionsprodukte.
3. Festhalten des Beobachtungsergebnisses (Protokoll).
4. Deuten beziehungsweise Auswerten des Ergebnisses.
5. Aufräumen des Arbeitsplatzes, Reinigen der benutzten Geräte, danach Reinigen der Hände.

Protokoll eines Experiments

Protokoll z. B. Reaktion von Sauerstoff mit Schwefel		
Name:	Klasse:	Datum:
1. Aufgabe		
2. Geräte und Chemikalien		
3. Geräteanordnung (Skizze)		
4. Ausgeführte Tätigkeiten und Beobachtungsergebnisse z. B. Beobachtungen beim Entzünden und Verbrennen des Schwefels; Beobachtung beim Entfernen des Stopfens mit dem Draht; Geruch des Gases im Reagenzglas		
5. Auswertung Vergleich des Ergebnisses mit Vermutungen; Entscheidung, ob eine chemische Reaktion abgelaufen ist; Begründung		

7.3. Arbeitsmethoden und Apparaturen für Experimente

7.3.1. Stofftrennung

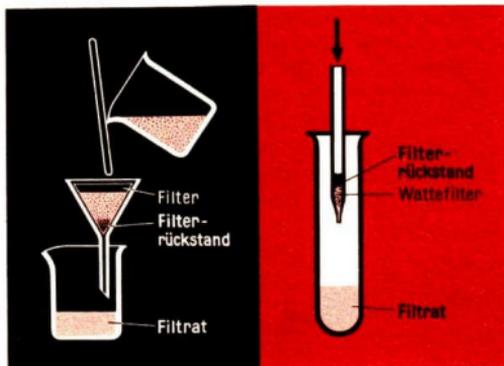
Eindampfen einer Lösung



Die Abdampfschale wird höchstens bis etwa zur Hälfte mit der Lösung gefüllt. Unter ständigem Umrühren mit einem Glasstab erwärmt man mit kleiner Flamme. Der Brenner wird entfernt, nachdem das Lösungsmittel bis auf geringe Reste verdampft ist. Die Reste verdampfen schnell in der noch heißen Abdampfschale.

Filterieren

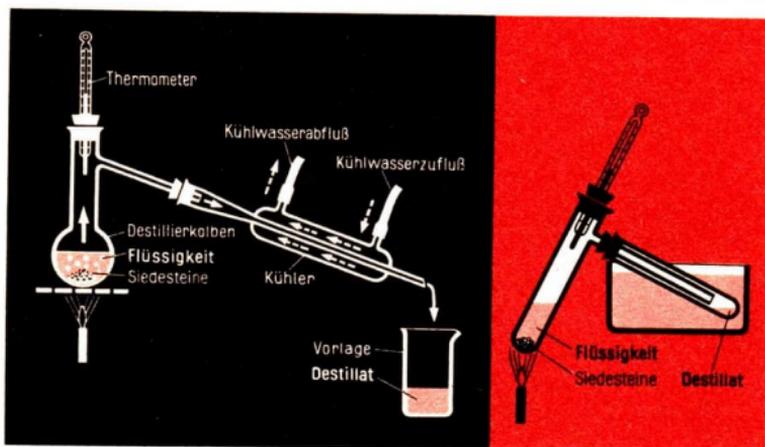
Ein gefaltetes Filter wird in einen entsprechend großen Trichter eingelegt, mit destilliertem Wasser befeuchtet und an die Trichterwand gedrückt. Man läßt die zu filtrierende Flüssigkeit an einem Glasstab in das Filter laufen. Das Filter wird nur bis 1 cm unterhalb des Filterrandes gefüllt. Man gießt erst nach, wenn die Flüssigkeit aus dem Filter abgelaufen ist. Das schräge Ende des Trichterrohres soll an der Wand des Auffanggefäßes anliegen.



Destillieren

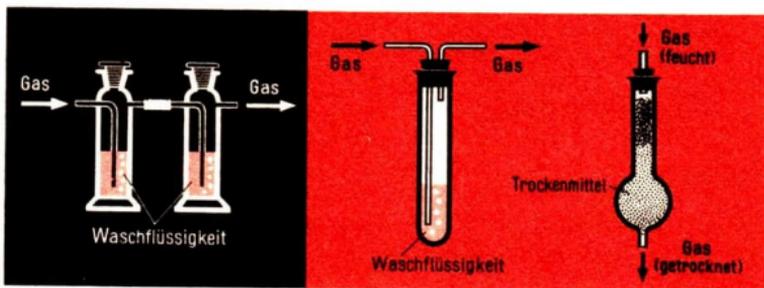
Der Destillierkolben darf höchstens bis zur Hälfte gefüllt sein. Bevor die Flüssigkeit im Destillierkolben erhitzt wird, stellt man den Kühlwasserzufluß an. Das Kühlwasser muß meist im Gegenstrom fließen. Die zu erwartende

Temperatur im Destillierkolben wird mit einem Thermometer (Meßbereich beachten!) gemessen, dessen Ende bis kurz unter das Ansatzrohr reichen muß. Man erwärmt den Kolben zunächst vorsichtig mit größerer Flamme, beim Sieden jedoch mit kleinerer Flamme. Etwaiger Siedeverzug wird vermieden, wenn man Siedesteine dazu gibt. Bei der fraktionierten Destillation wechselt man bei Überschreiten der jeweiligen Siedebereiche die Vorlage.



Reinigen und Trocknen von Gasen

Gase werden vor der Verwendung meist gereinigt oder getrocknet. Flüssige Trocken- beziehungsweise Reinigungsmittel setzt man in Gaswaschflaschen, feste in Trockenrohren ein. Drückt man ein Gas durch die Waschflasche, so wird das Gas in das in die Flüssigkeit tauchende Rohr geführt. Saugt man ein Gas durch eine Flüssigkeit in der Waschflasche, so wird die Pumpe an das Rohr angeschlossen, das nicht in die Flüssigkeit taucht. Überschüssige Gase, die giftig oder gefährlich sind, müssen in den Abzug geleitet, zur Reaktion gebracht oder absorbiert werden. Brennbare Gase dürfen nicht in den Abzug geleitet werden.



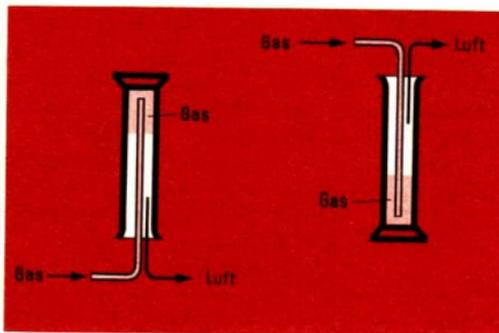
Gas	Waschflüssigkeit	Trockenmittel	Unschädlichmachen
Äthen	1. Wasser, 2. Natriumhydroxidlösung		Verbrennen (Knallgasprobe!)
Äthin	1. Natriumhydroxidlösung, 2. Kaliumdichromatlösung und Schwefelsäure		Verbrennen (Knallgasprobe!)
Chlor	gesättigte Kaliumpermanganatlösung	konz. Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	Durchleiten durch Natronkalk
Chlorwasserstoff		konz. Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	Durchleiten durch Natronkalk
Kohlendioxid	Wasser	konz. Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	Durchleiten durch Natronkalk
Kohlenmonoxid	Natriumhydroxidlösung	konz. Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	Verbrennen (Knallgasprobe!)
Sauerstoff	Wasser	konz. Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	
Schwefeldioxid		konz. Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	Durchleiten durch Natronkalk
Schwefelwasserstoff	Wasser	Kalziumchlorid	Durchleiten durch Natronkalk
Wasserstoff	1. gesättigte Kaliumpermanganatlösung, 2. Kaliumhydroxidlösung	konz. Schwefelsäure	Verbrennen (Knallgasprobe!)

7.3.2. Auffangen von Gasen

Auffangen von Gasen durch Luftverdrängung

Bei Gasen mit kleinerer Dichte als Luft muß die Öffnung des Auffanggefäßes nach unten, bei größerer Dichte nach oben gerichtet sein. Das Gas ist genügend lange in das Auffanggefäß zu leiten. Bei giftigen Gasen muß man unter dem Abzug arbeiten.

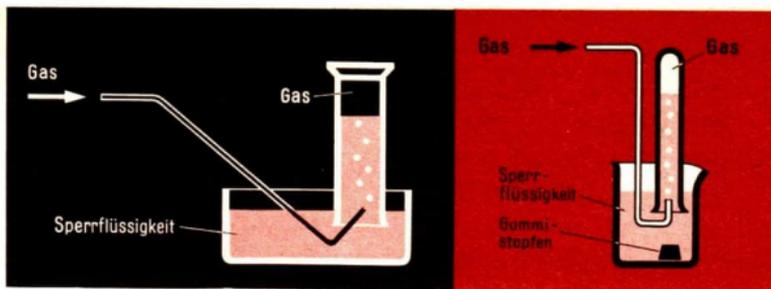
↗ Seite 133



aufzufangendes Gas	Dichte im Verhältnis zur Luft
Ammoniak, Methan, Wasserstoff	kleinere Dichte als Luft
Chlor, Chlorwasserstoff, Kohlendioxid, Schwefeldioxid	größere Dichte als Luft

Pneumatisches Auffangen von Gasen

Das Auffanggefäß muß vollständig mit Sperrflüssigkeit gefüllt sein. Die Flüssigkeitsmenge in der pneumatischen Wanne ist so zu bemessen, daß die aus dem Auffanggefäß herausgedrückte Sperrflüssigkeit noch aufgenommen wird. Nachdem das pneumatische Auffangen beendet ist, nimmt man das Ableitungsrohr aus der Sperrflüssigkeit, damit diese nicht in den Gasentwicklungsraum eindringen kann. Für Schülerexperimente werden an Stelle der pneumatischen Wanne und des Standzylinders kleinere Geräte verwendet. Als Sperrflüssigkeiten sind nur Stoffe geeignet, in denen sich die betreffenden Gase nicht lösen.

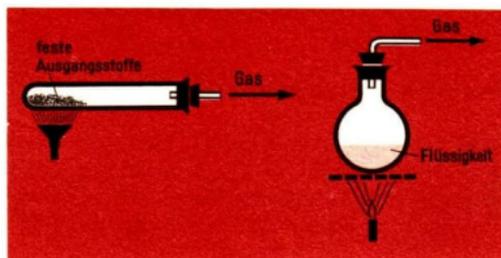


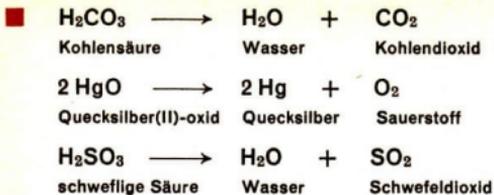
aufzufangendes Gas	Sperrflüssigkeit
Äthin, Äthen, Kohlenmonoxid, Methan, Sauerstoff, Stickstoff, Stickstoffmonoxid, Wasserstoff	Wasser
Chlor, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff	konzentrierte Natriumchloridlösung

7.3.3. Durchführung von Reaktionen

Gasentwicklung durch Erhitzen von Stoffen

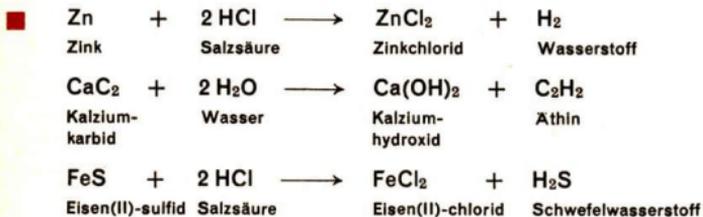
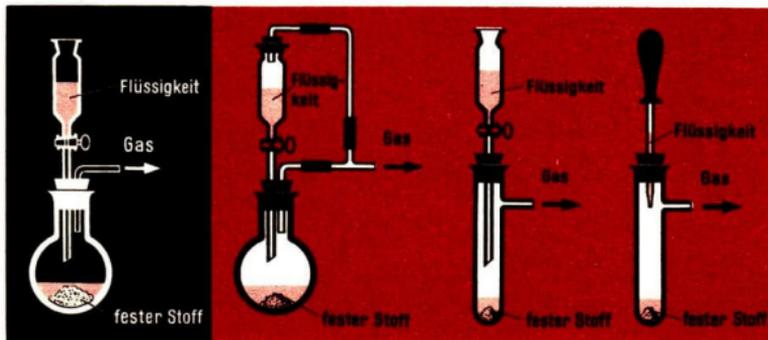
Feste Ausgangsstoffe werden im Reagenzglas und flüssige im Rundkolben erhitzt. Bei Flüssigkeiten soll man die Temperatur nicht zu hoch wählen, damit sich Dampf nicht übermäßig entwickelt.





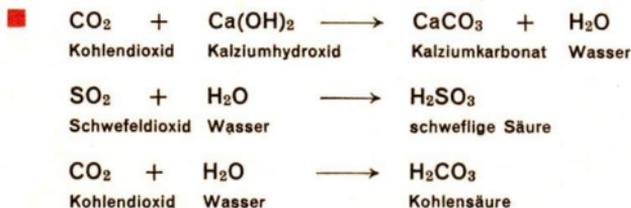
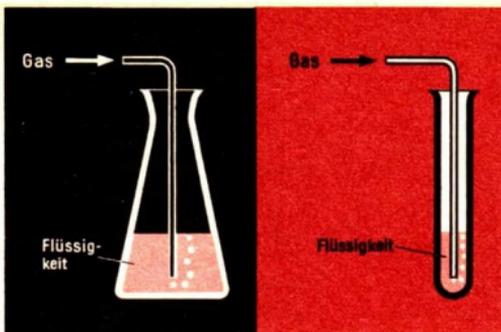
Gasentwicklung durch Reaktion fester und flüssiger Substanzen

Man läßt die Flüssigkeit langsam auf den festen Stoff tropfen. Wenn an die Apparatur Gaswaschflaschen anzuschließen sind, sollte man einen Gasentwickler mit Druckausgleich verwenden. Dadurch kann Gas nicht durch den Hahn des Tropftrichters austreten.



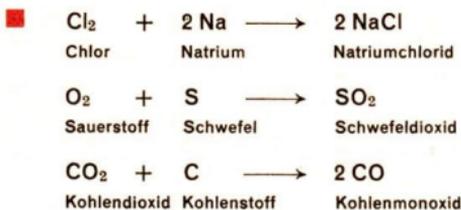
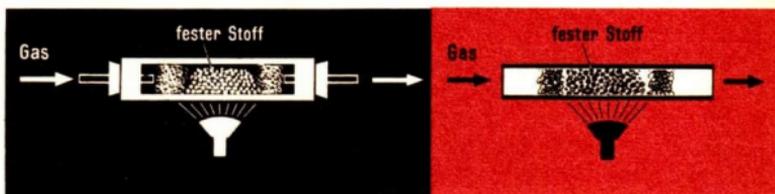
Reaktion gasförmiger Stoffe mit flüssigen Stoffen

Der gasförmige Stoff wird durch ein Glasrohr in die Flüssigkeit eingeleitet. Das Rohr soll möglichst tief eintauchen, damit der gasförmige Stoff beim Durchperlen durch die Flüssigkeit in genügender Menge aufgenommen wird. Bei Gasen, die von der Flüssigkeit stark absorbiert werden, darf das Rohr nicht eintauchen!



Reaktion gasförmiger Stoffe mit festen Stoffen

Gasförmige Stoffe werden über den festen Stoff in einem Verbrennungsrohr geleitet. Die festen Stoffe sind im Verbrennungsrohr entweder als Häufchen, in einem Porzellanschiffchen oder in einer (oft durch Glaswolle festgehaltenen) Schicht angeordnet. Sie müssen meist erhitzt werden.



7.4. Nachweisreaktionen

Fällungsreaktionen

Chemische Reaktionen, bei denen Ionen eines schwerlöslichen Salzes in der Lösung zusammentreten, so daß dieses Salz als Niederschlag ausfällt.

Nachweis für	Reagens	Reaktionsmerkmal
Blei-Ionen	Schwefelwasserstoff	Fällung: schwarzes Bleisulfid $Pb^{2+} + S^{2-} \rightarrow PbS$
Bromid-Ionen	Silbernitratlösung	Fällung: gelbliches Silberbromid $Ag^+ + Br^- \rightarrow AgBr$ löslich in konzentrierter Ammoniaklösung
Chlorid-Ionen	Silbernitratlösung	Fällung: weißes Silberchlorid $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$ löslich in verdünnter Ammoniaklösung
Jodid-Ionen	Silbernitratlösung	Fällung: gelbes Silberjodid $Ag^+ + J^- \rightarrow AgJ$ unlöslich in Ammoniaklösung
Kohlendioxid (Karbonat-Ionen)	Kalziumhydroxidlösung Bariumhydroxidlösung	Fällung: weißes Kalziumkarbonat $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$ Fällung: weißes Bariumkarbonat $Ba^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow BaCO_3$
Silber-Ionen	Natriumchloridlösung	Fällung: weißes Silberchlorid $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$ löslich in verdünnter Ammoniaklösung
Sulfat-Ionen	Bariumchlorid in salzsaurer Lösung	Fällung: weißes Bariumsulfat $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$
Sulfid-Ionen	Bleiazetatlösung Bleinitratlösung	Fällung: schwarzes Bleisulfid $Pb^{2+} + S^{2-} \rightarrow PbS$

Farbreaktionen

Chemische Reaktionen, bei denen durch Zusammengießen von Lösungen (bzw. Eintauchen von Indikatorpapieren in Lösungen) eine Farbänderung auftritt, ohne daß ein Niederschlag ausfällt.

Nachweis für	Reagens	Reaktionsmerkmal
Hydroxid-Ionen	Lackmus Phenolphthalein Unitest-Papier	Färbung: blau Färbung: rot Färbung: Feststellung des pH-Wertes durch Vergleich mit Farbskale
Wasserstoff-Ionen	Lackmus Unitest-Papier	Färbung: rot Färbung: Feststellung des pH-Wertes durch Vergleich mit Farbskale
Nitrat-Ionen	Schwefelsäure, Eisen(II)-sulfat; konzentrierte Schwefelsäure	violett bis braun gefärbter Ring von Nitrosoeisen(II)-sulfat Fe(NO)SO_4

pH-Wert

Zahlenangabe zur Unterscheidung der sauren, neutralen oder basischen Reaktion einer Lösung; saure Reaktion wird durch Überschuß an Wasserstoff-Ionen, basische Reaktion durch Überschuß an Hydroxid-Ionen verursacht.

pH-Wert	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Reaktion der Lösung	stark sauer		schwach sauer				neutral	schwach basisch		stark basisch					
	Überschuß an Wasserstoff-Ionen H^+								Überschuß an Hydroxid-Ionen OH^-						

pH-Wert-Skale

Nachweis von Ammoniak und Ammonium-Ionen

Nachweis für	Reagens	Reaktionsmerkmal
Ammoniak	Salzsäure	weißer Rauch von Ammoniumchlorid $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
Ammonium-Ionen	Hydroxid-Ionen	Ammoniak entweicht

Nachweisreaktionen organischer Verbindungen

Nachweis für	Reagens	Reaktionsmerkmal
Alkanale	fuchsin-schweflige Säure	Färbung: rotviolett (infolge Bildung einer Additionsverbindung)
Eiweiße	konzentrierte Salpetersäure	Färbung: gelb; bei Zusatz basischer Lösung: orange (Xanthoprotein-Reaktion)
Mehrfachbindungen	Brom	Entfärbung infolge Addition mit Brom
Reduktionswirkung	Fehlingsche Lösung	Beim Erhitzen zunächst Verfärbung, dann ziegelroter Niederschlag von Kupfer(I)-oxid
	frische ammoniakalische Silbernitratlösung	Beim Erwärmen Schwarzfärbung durch Ausscheidung von feinverteiltem Silber bzw. Silber Spiegel an der Gefäßwand
Stärke	Jod-Kaliumjodid-Lösung	Färbung: blau (durch Bildung einer Additionsverbindung)

7.5. Unfallverhütung

Allgemeine Regeln

Schülerexperimente erfordern besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt. Vor allem sollten folgende Regeln beachtet werden:

- ▶ Für Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz sorgen!
- ▶ Alle Geräte sorgsam und pfleglich behandeln! Beschädigungen und Verluste sind unverzüglich dem Lehrer zu melden!
- ▶ Diszipliniert verhalten und aufmerksam die Erläuterungen des Lehrers verfolgen!
- ▶ Rechtzeitig über die Gefährlichkeit der verwendeten Stoffe und über Gefahren informieren, die bei einem Experiment auftreten können!
- ▶ Jeweils nur geringe Substanzmengen verwenden!

- ▶ Das Experiment erst beginnen, wenn klar ist, was zu tun ist und wie man vorgehen muß!
- ▶ Kleidung durch eine Schürze oder einen Kittel schützen!
- ▶ Auch weitere vorgeschriebene Schutzvorrichtungen (Schutzbrille, Abzug, Schutzscheibe usw.) verwenden!
- ▶ Alle Verletzungen sofort dem Lehrer melden!
- ▶ Bei irgendwelchen außergewöhnlichen Zwischenfällen die Ruhe bewahren und die Anordnungen des Lehrers befolgen!
- ▶ Informieren, wo sich die Feuerlöschgeräte und der Kasten für die Erste Hilfe befinden!
- ▶ Die Vorsichtsmaßnahmen für den Umgang mit Chemikalien einhalten!

Gifte der Abteilungen 1 und 2 sowie explosive Stoffe sind für Schülerexperimente nicht erlaubt.

Gifte der Abteilung 3 sowie feuergefährliche Stoffe dürfen in Schülerexperimenten nur nach Anleitung durch den Lehrer verwendet werden.

Vorsichtsmaßnahmen für den Umgang mit Chemikalien

- ▶ Chemikalien nicht in Flaschen oder Gläser füllen, die auch für Lebensmittel verwendet werden (z. B. Bierflaschen, Marmeladengläser)!
- ▶ Vorratsgefäße, in denen Chemikalien aufbewahrt werden, sind besonders zu kennzeichnen!

Schwefelsäure
Gift

Gifte der Abteilung 1

Quecksilberoxid
Gift

Gifte der Abteilung 2
und der Abteilung 3

- ▶ Chemikalien möglichst nicht mit den Händen berühren! Nach dem Experimentieren sind die Hände gründlich zu säubern!
- ▶ Im Arbeitsraum keine Speisen und Getränke einnehmen! Laborgeräte nicht für Nahrungsmittel verwenden!
- ▶ Nicht den Geschmack der Chemikalien prüfen! Auf Ausnahmen wird der Lehrer besonders hinweisen.

- ▶ Geruchsproben nur durch Zufächeln mit der Hand durchführen!
- ▶ Die Einwirkung gesundheitsschädigender Gase auf den menschlichen Organismus verhindern. Am besten unter dem Abzug arbeiten!
- ▶ Beim Arbeiten mit feuergefährlichen Stoffen dürfen sich in der Nähe keine offenen Flammen befinden!
- ▶ Vorratsgefäße mit feuergefährlichen Stoffen sofort nach Benutzung verschließen!

Erste Hilfe bei Schädigungen durch Chemikalien und Verbrennungen

Schädigung	Erste Hilfe
Verätzungen der Haut	Mit viel Wasser spülen, bei Hydroxidlösungen danach mit 1%iger Äthansäure, bei Säuren danach mit 1%iger Natronlösung NH_4HCO_3 !
Verätzungen der Augen	Mit viel Wasser spülen!
Verätzungen des Mundes und der Verdauungsorgane	durch Säuren: Magnesiumoxidaufschlämmung trinken! durch Basen: Zitronenwasser oder stark verdünntes Essigwasser trinken!
Vergiftungen durch eingenommene feste oder flüssige Stoffe	Erbrechen hervorrufen, zum Beispiel durch Trinken 1%iger Kupfersulfatlösung!
Vergiftungen durch Gase	Betroffene Person sofort an die frische Luft bringen!
Brandwunden	Nicht mit Wasser behandeln; wenn nötig, Schmerzlinderung durch Öl oder Stärkemehl! Brandblasen nicht öffnen!

Gifte

Stoffe, die den lebenden Organismus schon in verhältnismäßig kleinen Mengen schädigen. Sie können äußerlich wirken oder wenn sie über Verdauungsorgane, Atemorgane oder Wunden in den Körper gelangen. Aber auch andere Chemikalien, die nicht zu den Giften zählen, haben gesundheitsschädigende Wirkungen.

Einteilung	wichtige Vertreter	
Abteilung 1	Arsen und seine Verbindungen Phosphor Phosphorsäureester mit insektizider Wirkung	Quecksilberdämpfe und Quecksilberverbindungen Zyanwasserstoffsäure
Abteilung 2	Brom Fluorwasserstoffsäure Monobromäthan	Tribrommethan Trichlormethan Uranverbindungen
Abteilung 3	Ammoniaklösungen Äthansäure Bariumverbindungen Bleiverbindungen Bromwasserstoffsäure Goldverbindungen Jod Kalium Kaliumhydroxid Kaliumhydroxidlösung Kohlendisulfid Methanal Methanol Methansäure	Natrium Natriumhydroxid Natriumhydroxidlösung Nitrite Pentanol Phenol Phosphorsäure (ab 50%ig) Salpetersäure Salzsäure Schwefelsäure Silbersalze (außer Chlorid, Bromid, Jodid) Zinksalze Zinnsalze
Giftige Gase	Ammoniak Benzoldämpfe Chlor Chlorwasserstoff Fluor Kohlenmonoxid	Schwefeldioxid Schwefelwasserstoff Stickstoffdioxid Stickstoffmonoxid Tetrachlormethandämpfe

Feuergefährliche Stoffe

Substanzen, die eine niedrige Entzündungstemperatur besitzen.

- Äthanal
- Äthanol
- Äthansäure
- Benzin
- Benzol
- Brennspiritus
- Kohlendisulfid
- Methanol
- Propanol

Explosible Stoffe

Stoffe, die leicht durch Explosion reagieren.



<p>Gasgemische</p>	<p>Wasserstoff mit Luft oder Sauerstoff, Chlor mit Wasserstoff, Methan mit Luft oder Sauerstoff; Äthin mit Luft oder Sauerstoff, Dämpfe feuergefährlicher Stoffe mit Luft oder Sauerstoff</p>
<p>Feste Stoffe</p>	<p>Chlorate mit brennbaren Stoffen, Natrium oder Kalium auf Wasser</p>

8

Chemische Technologie

Seite

136	8 1	Rohstoffe der chemischen Produktion
138	8 2	Allgemeine Verfahrensprinzipien und Arbeitsmethoden
139	8 3	Chemisch-technische Verfahren
139		Verfahren zur Erzeugung von Metallen
140		Verfahren zur Erzeugung anorganischer Grundchemikalien
144		Veredlung von Kohle und Erdöl
146		Verfahren zur Erzeugung organischer Grundchemikalien
149		Verfahren zur Erzeugung von makromolekularen Werkstoffen
150	8 4	Industrieprodukte
155	8 5	Industrieproduktion der DDR

8.1. Rohstoffe der chemischen Produktion

Bergbauprodukte

Rohstoff	Erläuterung	Verwendung
Anhydrit	Kalziumsulfat CaSO_4	Ausgangsstoff für die Herstellung von Schwefelsäure und Ammoniumsulfat
Braunkohle	Mineralkohle, enthält in der wasserfreien Kohle etwa 68% Kohlenstoff und 5% Wasserstoff; Wassergehalt etwa 55%; etwa 40% brennbare Substanz	Ausgangsstoff für die Vergasung, Verkokung und andere chemisch-technische Verfahren
Erdgas	Gemisch gasförmiger Alkane, Hauptbestandteil meist Methan, Methangehalt bis zu 95%	Heizgas; Ausgangsstoff für die Petrochemie
Erdöl	Gemisch kettenförmiger und ringförmiger Kohlenwasserstoffe; Kohlenstoffgehalt des Rohöles 80 ... 87%, Wasserstoffgehalt 9 ... 14%	Ausgangsstoff für die Herstellung von Kraftstoffen, Schmierstoffen, Heizölen, Paraffin, Erdölpech; Ausgangsstoff für die Petrochemie
Kalisalze	Kallium- und Magnesiumminerale der Salzlagerstätten; enthalten Kalliumchlorid, Magnesiumchlorid, Natriumchlorid, Magnesiumsulfat, geringe Massen Bromide	Düngemittel; Ausgangsstoff für die Herstellung von Kalliumhydroxid, Kalliumkarbonat, Explosivstoffen, anderen Kalliumverbindungen und Brom
Kalkstein	Kalziumkarbonat CaCO_3 ; durch Ton, Eisenoxide, Siliziumdioxid und andere Stoffe verunreinigt	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Branntkalk, Zement, Glas, Kalziumkarbid; Zuschlagstoff bei der Roheisen- und Stahlerzeugung; Düngemittel; Hilfsstoff für die Erzeugung von Zellstoff
Magneteisenstein	oxidisches Eisenerz, Eisengehalt 70 ... 80%, enthält Eisen(II,III)-oxid Fe_3O_4	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Roheisen; Zuschlagstoff bei der Stahlherstellung
Pyrit	sulfidisches Eisenerz, Eisengehalt 33 ... 45%, Schwefelgehalt 32 ... 48%, enthält Eisen(II)-disulfid FeS_2	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Schwefeldioxid und Roheisen
Roteisenstein	oxidisches Eisenerz, Eisengehalt 55 ... 65%, enthält Eisen(III)-oxid Fe_2O_3	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Roheisen

Rohstoff	Erläuterung	Verwendung
Steinkohle	Mineralkohle, enthält in der wasserfreien Kohle etwa 83% Kohlenstoff und 5% Wasserstoff, Wassergehalt 2...20%; etwa 90% brennbare Substanz	Ausgangsstoff für die Vergasung und Verkokung; Brennstoff
Steinsalz	Mineral der Salzlagerstätten, besteht aus Natriumchlorid NaCl	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Natriumkarbonat, Natriumhydroxid, Chlor, Salzsäure und anderen Chemikalien; Hilfsstoff bei der Seifenherstellung; Zusatz zur Nahrung; Konservierungsmittel

Produkte der Land- und Forstwirtschaft

Rohstoff	Erläuterung	Verwendung
Fette	Gemische von Glycerinestern bestimmter kettenförmiger Karbonsäuren	Nahrungsmittel; Ausgangsstoff für die Herstellung von Seifen, Anstrichmitteln, Kosmetika, Glycerin
Holz	pflanzliches Zellgewebe; wasserfreies Holz enthält Zellulose (bis 50%), Polysaccharide und andere Substanzen	Ausgangsstoff für die Herstellung von Holzkohle, Zellstoff, Athanol, Klebstoffen, Appreturmitteln, Pech

Stoffe der Luft- und Wasserhülle

Rohstoff	Erläuterung	Verwendung
Wasser	H ₂ O; enthält meist anorganische Salze und einige Gase gelöst	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Löschkalk, Synthesegasen, Athin, Athanal; für die Spaltung von Fetten und Kohlenhydraten; als Reinigungsmittel, Lösungsmittel, Wärmeüberträger (Dampf), Kühlmittel
Luft	Hauptbestandteile: 78,1% Stickstoff, 20,9% Sauerstoff	Ausgangsstoff für Reaktionen mit Sauerstoff und Stickstoff; Kühlmittel

8.2. Allgemeine Verfahrensprinzipien und Arbeitsmethoden

Kontinuierliche Arbeitsweise

Arbeitsweise chemisch-technischer Verfahren, bei der die Ausgangsstoffe fortlaufend den Reaktionsapparaten zugeführt werden und das Reaktionsgut unter gleichbleibenden Arbeitsbedingungen ununterbrochen chemisch reagiert.

↗ Seite 140, 141, 143... 145

Diskontinuierliche (periodische) Arbeitsweise

Arbeitsweise chemisch-technischer Verfahren, bei der Beschickung mit Ausgangsstoffen, chemische Reaktion und Entnahme der Reaktionsprodukte nacheinander in sich ständig wiederholendem Arbeitsrhythmus vorgenommen werden.

↗ Seite 146

Gegenstromprinzip

Prinzip chemisch-technischer Verfahren, nach dem man verschiedene Stoffe einander entgegenströmen läßt. Gegenstrom wird angewendet, damit sich Stoffe oder Energie unter optimalen Bedingungen austauschen.

↗ Seite 143

Kreislaufprinzip

Prinzip chemisch-technischer Verfahren, nach dem man nichtumgesetzte und zurückgewonnene Anteile der Ausgangsstoffe beziehungsweise Hilfsstoffe den Apparaten erneut zuführt. Das Kreislaufprinzip dient zur rationellen Stoffausnutzung. Es wird häufig bei kontinuierlichen Verfahren angewendet.

↗ Seite 144

Wirbelschichtverfahren

Arbeitsweise bei chemisch-technischen Verfahren, bei der gasförmige Ausgangsstoffe durch Düsen in den Reaktionsapparat eingeblasen werden und die festen Ausgangsstoffe dadurch aufgewirbelt und in der Schwebelage gehalten werden. Die Reaktionen laufen in der Wirbelschicht ab.

↗ Seite 142, 145



8.3. Chemisch-technische Verfahren

8.3.1. Verfahren zur Erzeugung von Metallen

Roheisenerzeugung

Ausgangsstoffe: Eisenerze

Hilfsstoffe: Zuschläge, Koks, Luft

Chemische Reaktion: Im Hochofen werden die in den Erzen enthaltenen Eisenoxide durch Kohlenmonoxid reduziert:



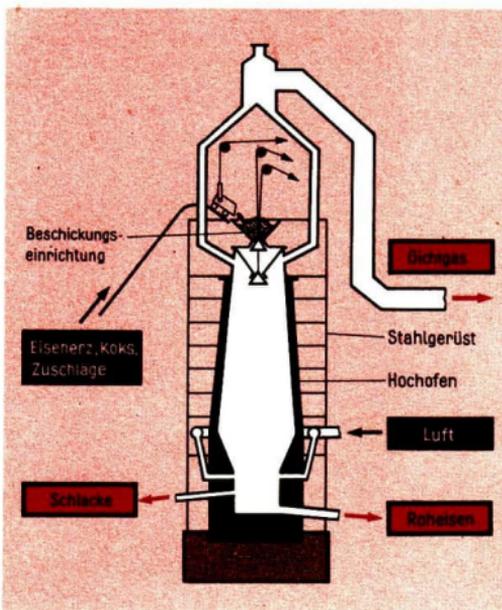
Koks verbrennt zu Kohlendioxid; dabei entsteht die notwendige Wärme für das Schmelzen des Eisens und den Reaktionsablauf.



Kohlendioxid wird zu Kohlenmonoxid reduziert:



Reaktionsapparat: Hochofen



Allgemeine Prinzipien: kontinuierliche Arbeitsweise (Beschickung und Abstich jedoch diskontinuierlich), Gegenstrom

Hauptprodukt: Roheisen

Nebenprodukte: Schlacke, Gichtgas

↗ Seite 151

Stahlerzeugung

Ausgangsstoffe: flüssiges Roheisen und Luft bzw. Eisenoxide und Schrott

Hilfsstoffe: Zuschläge (z. B. Branntkalk)

Chemische Reaktion: In der Roheisenschmelze werden die Begleitelemente durch eingeleiteten Sauerstoff (oder Luft) beziehungsweise durch zugesetzte Oxide oxydiert oder verschlackt.

Hauptprodukt: Stahl

Nebenprodukte: Schlacke, Abgase

↗ Seite 151

Aluminothermisches Verfahren

Ausgangsstoffe: Eisenoxide, Aluminiumgrieß

Hilfsstoff: Zündmischung

Chemische Reaktion: Ein Eisenoxid-Aluminiumgrieß-Gemisch wird in Tontiegeln gezündet und zur Reaktion gebracht:



Hauptprodukt: flüssiges Eisen

Nebenprodukt: Schlacke

8.3.2. Verfahren zur Erzeugung anorganischer Grundchemikalien

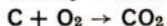
Kalkbrennen

Ausgangsstoff: Kalkstein

Hilfsstoffe: Koks, Luft

Chemische Reaktion: Kalkstein wird im Schachtofen bei etwa 1000 °C ther-

misch zersetzt. Die dazu notwendige Wärme entsteht durch die Verbrennung von Koks:



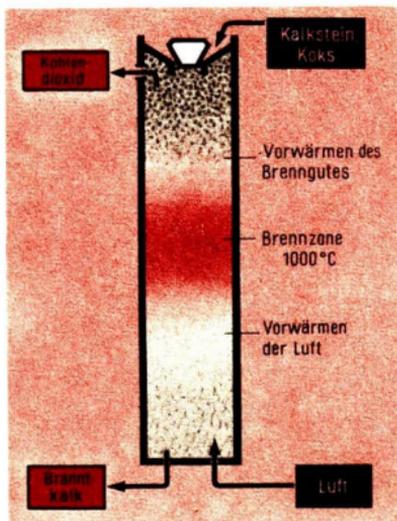
Reaktionsapparat: Schachtofen

Allgemeine Prinzipien: kontinuierliche Arbeitsweise, Gegenstrom

Hauptprodukt: Branntkalk

Nebenprodukt: Kohlendioxid

↗ Seite 150



Kalklöschchen

Ausgangsstoffe: Branntkalk, Wasser

Chemische Reaktion: Branntkalk reagiert in Löschsilos mit Wasser:

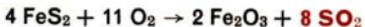


Produkt: Löschkalk

Schwefeldioxidherzeugung aus sulfidischen Erzen

Ausgangsstoffe: sulfidische Erze (z. B. Pyrit), Luft

Chemische Reaktion: Sulfische Erze werden in einem Reaktionsofen (z. B. Drehrohröfsten, Wirbelschichtofen) bei etwa 650 °C oxydiert:



Produkte: schwefeldioxidhaltige Röstgase, Abbrände (Eisenoxide)

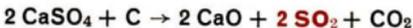
↗ Seite 143

Schwefeldioxidherzeugung aus Anhydrit

Ausgangsstoffe: Anhydrit oder Gips, Sand, Ton, Kohle

Hilfsstoffe: Koks, Luft

Chemische Reaktion: Die Ausgangsstoffe werden im Drehrohrföfen auf 1200 °C erhitzt. Dabei reagiert Kalziumsulfat mit Kohlenstoff:

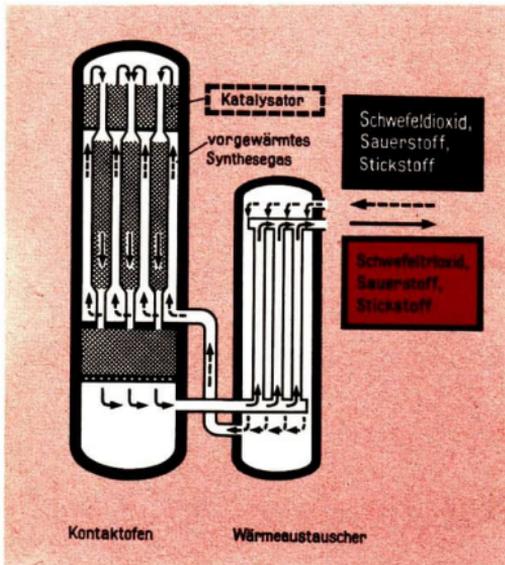


Aus Kalziumoxid, Ton und Sand entstehen Klinker.

Produkte: schwefeldioxidhaltige Gase, Zementklinker

↗ Seite 143

Schwefelsäure-Kontaktverfahren



Ausgangsstoffe: schwefeldioxidhaltige Gase, Luft

Hilfsstoffe: Wasser, Schwefelsäure, Katalysatoren

Chemische Reaktion: Die gereinigten und getrockneten schwefeldioxidhaltigen Gase werden zusammen mit Luft im Kontaktofen bei 450 °C an Vanadinmischkatalysatoren zur Reaktion gebracht:



Schwefeltrioxid wird in konzentrierter Schwefelsäure gelöst. Durch Zusatz von Wasser zur Lösung erhält man Schwefelsäure.

Reaktionsapparat: Kontaktofen mit Wärmeaustauscher

Allgemeine Prinzipien: kontinuierliche Arbeitsweise, Gegenstrom

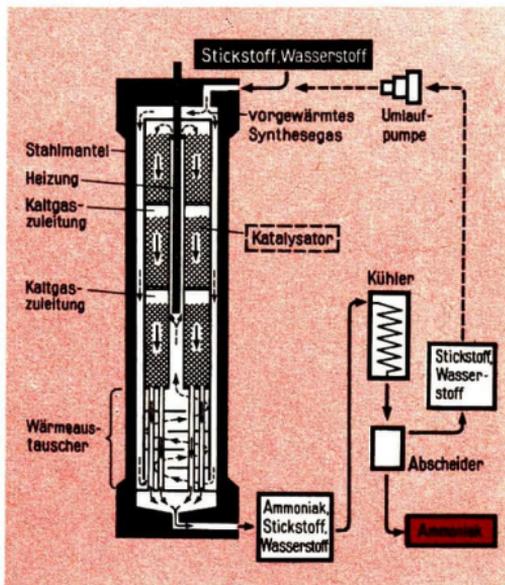
Hauptprodukt: Schwefelsäure

↗ Seite 151

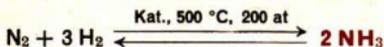
Ammoniaksynthese

Ausgangsstoff: Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch

Hilfsstoffe: Katalysatoren



Chemische Reaktion: Das Gasgemisch reagiert katalytisch zu Ammoniak:



Reaktionsapparat: Kontaktofen

Allgemeine Prinzipien: kontinuierliche Arbeitsweise, Wärmeaustausch, Kreislaufprinzip

Hauptprodukt: Ammoniak

↗ Seite 150

8.3.3. Veredlung von Kohle und Erdöl

Verkokung der Kohle

Ausgangsstoff: Kohle

Hilfsstoffe: Heizgase, Luft

Chemische Reaktion: Erhitzen der Kohle unter Luftabschluß und chemische Umwandlung, dabei thermische Zersetzung.

Hauptprodukte: Koks, Heizgas

Nebenprodukte: Teer, Ammoniakwasser, Benzol

↗ Seite 154

Luftgaserzeugung

Ausgangsstoffe: Luft und Koks oder Kohle

Chemische Reaktion: Im Generator reagieren Sauerstoff und glühender Brennstoff:



Hauptprodukt: Luftgas

↗ Seite 154

Wassergaserzeugung

Ausgangsstoffe: Kohle oder Koks, Wasser, Sauerstoff



Chemische Reaktion: Im Generator reagieren Wasserdampf (zusammen mit etwas Sauerstoff) und glühender Brennstoff:

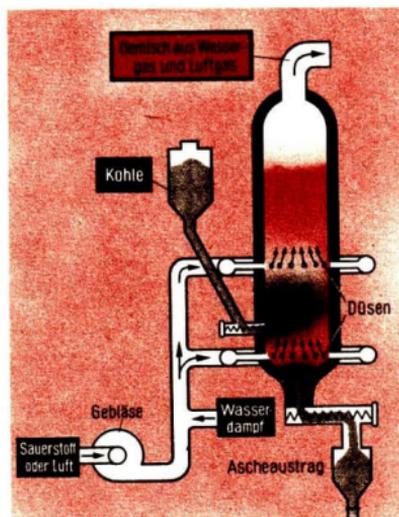


Typischer Apparat: Winkler-Generator

Allgemeine Prinzipien: kontinuierliche Arbeitsweise, Wirbelschicht

Hauptprodukt: Wassergas

➤ Seite 154



Krackverfahren

Ausgangsstoffe: höhersiedende Erdölfractionen

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Chemische Reaktion: Moleküle von Kohlenwasserstoffen werden bei etwa 500 °C und unter 5 ··· 80 at Druck (katalytisch, thermisch) in kleinere gespalten:



Alkan

Alkane

Alkene

Kohlenstoff

Produkte: niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe (Kraftstoffe, Petrochemikalien)

➤ Seite 154

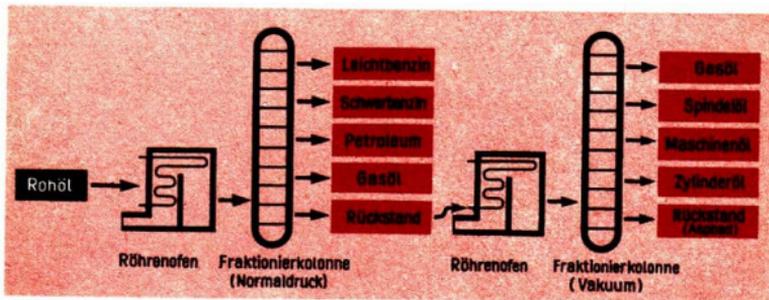
Aufarbeitung von Erdöl

Ausgangsstoff: Erdöl

Verfahren: Begleitstoffe (Sand, Wasser) und gasförmige Alkane werden aus dem Erdöl entfernt. Im Röhrenofen erhitzt man das gereinigte Erdöl und trennt es anschließend in Fraktioniertürmen durch Destillation bzw. Vakuumdestillation in Destillate bestimmter Siedebereiche.

Produkte: Leichtbenzin, Schwerbenzin, Petroleum, Gasöl, Schmieröle, Asphalt

➤ Seite 154



8.3.4. Verfahren zur Erzeugung organischer Grundchemikalien

Karbidherstellung

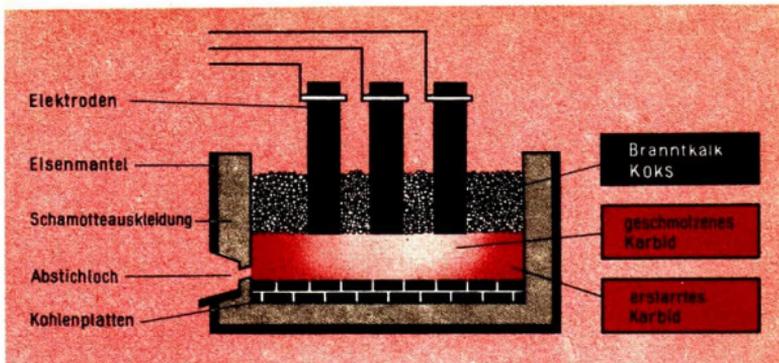
Ausgangsstoffe: Branntkalk, Koks

Chemische Reaktion: Die Ausgangsstoffe Branntkalk und Koks werden im Elektroofen bei etwa 2000 °C zu Kalziumkarbid und Kohlenmonoxid zur Reaktion gebracht:



Reaktionsapparat: Elektroofen

Allgemeine Prinzipien; diskontinuierliche (periodische) Arbeitsweise



Hauptprodukt: Kalziumkarbid

Nebenprodukt: Kohlenmonoxid

↗ Seite 152

Äthinherstellung

Ausgangsstoffe: Kalziumkarbid, Wasser

Chemische Reaktion: Kalziumkarbid wird in geschlossenen Behältern mit Wasser zur Reaktion gebracht:



Hauptprodukt: Äthin

Nebenprodukt: Kalziumhydroxid

↗ Seite 149

Methanolsynthese

Ausgangsstoffe: Kohlenmonoxid, Wasserstoff

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Chemische Reaktion: Synthesegas wird bei etwa 370 °C und unter 200 at Druck katalytisch (Zinkoxid-Chromoxid-Katalysatoren) zu Methanol umgesetzt:



Hauptprodukt: Methanol

↗ Seite 152

Äthanolgärung (alkoholische Gärung)

Ausgangsstoffe: Stärke, Zellulose, Zucker, Fruchtsäfte oder Abläugen der Zellstoffgewinnung

Hilfsstoffe: Enzyme der Hefe, Wasser

Reaktionen: Die Ausgangsstoffe werden, soweit erforderlich, in vergärbare Zucker übergeführt. Die zuckerhaltigen Flüssigkeiten läßt man in Gärkesseln unter Zusatz von Hefe bei 25 °C einige Tage gären:



Aus der gewonnenen äthanolhaltigen Lösung wird Äthanol durch Destillation abgetrennt.

Hauptprodukt: Äthanol

Nebenprodukte: Hefe, Kohlendioxid, höhere Alkanole

Äthanol synthese

Ausgangsstoffe: Äthen, Wasser

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Chemische Reaktion: An Äthen wird katalytisch Wasser angelagert:



Hauptprodukt: Äthanol

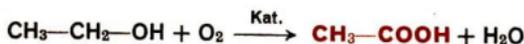
↗ Seite 152

Äthansäuregärung (Essiggärung)

Ausgangsstoffe: äthanolhaltige Flüssigkeiten (Weine, vergorene Früchte), Sauerstoff (Luft)

Hilfsstoffe: Enzyme der Essigbakterien

Chemische Reaktion: Äthanol wird biokatalytisch zu Äthansäure (Essigsäure) oxydiert:



Hauptprodukt: Äthansäure

↗ Seite 152

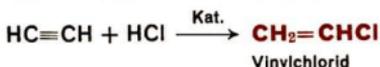
8.3.5. Verfahren zur Erzeugung von makromolekularen Werkstoffen

Herstellung von PVC

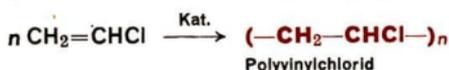
Ausgangsstoffe: Äthin, Chlorwasserstoff

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Chemische Reaktion: Äthin reagiert katalytisch mit Chlorwasserstoff zu Monochloräthen (Vinylchlorid):



Monochloräthen wird katalytisch polymerisiert:



Aus der Emulsion erhält man durch Zerstäubungstrocknung PVC-Pulver.

Hauptprodukt: PVC-Pulver

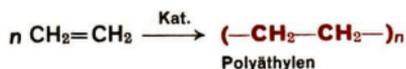
↗ Seite 153

Herstellung von Polyäthylen

Ausgangsstoff: Äthen

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Chemische Reaktion: Äthen wird katalytisch polymerisiert:



Hauptprodukt: Polyäthylen

Herstellung von Phenoplasten

Ausgangsstoffe: Phenol, Methanal

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Chemische Reaktion: Ausgangsstoffe und Katalysatoren werden gemischt und umgesetzt, bis die erste Kondensationsstufe erreicht ist.

Hauptprodukt: Phenolharz

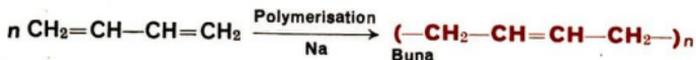
↗ Seite 153

Kautschuksynthese

Ausgangsstoffe: verschiedene Kohlenwasserstoffe und andere Stoffe

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Chemische Reaktion: Aus den Ausgangsstoffen wird über mehrere Zwischenprodukte Butadien-(1.3) hergestellt, das dann zu einem synthetischen Kautschuk polymerisiert wird:



Hauptprodukt: Synthetikautschuk

↗ Seite 153

8.4. Industrieprodukte

Anorganische Grundchemikalien

Anorganische Verbindungen, die industriell hergestellt werden und die man vorzugsweise als Ausgangsstoffe für chemisch-technische Verfahren verwendet.

Name bzw. Handelsbezeichnung ¹	Erläuterung	Verwendung
Ammoniak	NH ₃	Herstellung von Salpetersäure, Düngemitteln, Soda; Kühlmittel
Ätznatron	Natriumhydroxid NaOH	Herstellung von Seifen und Chemikalien; Hilfsstoff zur Zellstoffherstellung und zur Reinigung von Fetten und Mineralölen
Branntkalk	Kalziumoxid CaO	Zuschlagstoff bei der Stahlerzeugung; Hilfsstoff bei der Zuckergewinnung und für die Sodaerzeugung; zur Herstellung von Löschkalk und Kalziumkarbid; Düngemittel
Chlor	Cl ₂	Herstellung von Plasten, Farbstoffen, Arzneimitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln; Desinfektions- und Bleichmittel

¹ alphabetisch geordnet.



Name bzw. Handelsbezeichnung ¹	Erläuterung	Verwendung
Salpetersäure	HNO_3	Herstellung von Düngemitteln, Farbstoffen, Lacken, Plasten, Arzneimitteln, Explosivstoffen, Chemiefaserstoffen
Schwefel	S	Herstellung von Kohlendisulfid, Farbstoffen, Arzneimitteln, Desinfektionsmitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln; Vulkanisation von Kautschuk
Schwefelsäure	H_2SO_4	Herstellung von Düngemitteln; Farbstoffen, Chemiefaserstoffen, Plasten, Arzneimitteln; Aufbereitung von Erzen; Reinigung von Erdöl; Trockenmittel
Soda	Natriumkarbonat Na_2CO_3	Herstellung von Seifen, Glas, Natriumverbindungen, Düngemitteln
Wasserstoff	H_2	Synthese von Ammoniak, Kohlenwasserstoffen, Methanol, Salzsäure u. a.; autogenes Schweißen und Schneiden

¹ alphabetisch geordnet.

Eisen und Stahl

Name	Erläuterung	Verwendung
Roheisen	Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit etwa 4% Kohlenstoff; graues Roheisen; weißes Roheisen	Gußeisen Ausgangsstoff für die Stahlerzeugung
Stahl	Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit einem Kohlenstoffgehalt bis 1,7%	Herstellung von Stahlerzeugnissen durch Gießen, Walzen, Ziehen, Schmieden

Organische Grundchemikalien

Industriell hergestellte organische Verbindungen, die vorzugsweise als Ausgangsstoffe für chemisch-technische Verfahren dienen.

Name ¹	Erläuterung	Verwendung
Äthanal (Azetaldehyd)	$\text{CH}_3\text{—CHO}$	Zwischenprodukt zur Herstellung von synthetischem Kautschuk, Äthanol, Äthansäure, Farbstoffen, Arzneimitteln
Äthanol (Äthylalkohol)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{—OH}$	Lösungsmittel, Brennstoff, Raketentreibstoff; Ausgangsstoff für chemisch-technische Verfahren
Äthansäure (Essigsäure)	$\text{CH}_3\text{—COOH}$	Herstellung von Chemiefaserstoffen, Sicherheitsfilmen, Farbstoffen, Arzneimitteln, Riechstoffen, Lösungsmitteln; Speisewürze und Konservierungsmittel
Benzol	C_6H_6	Lösungsmittel; Zusatz für Kraftstoffe; Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Chemiefaserstoffen, Farbstoffen, Arzneimitteln, Waschmitteln, synthetischem Kautschuk
Harnstoff	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Herstellung von Aminoplasten, Medikamenten; Zusatz zum Viehfutter
Kalziumkarbid	CaC_2	Herstellung von Kalkstickstoff, Plasten, synthetischem Kautschuk, Chemiefaserstoffen, Lösungsmitteln, Arzneimitteln, Äthanol, Äthansäure
Methanal (Formaldehyd)	HCHO	Desinfektionsmittel, Konservierungsmittel; Herstellung von Plasten
Methanol	$\text{CH}_3\text{—OH}$	Lösungsmittel, Brennstoff, Raketentreibstoff; Ausgangsstoff für chemisch-technische Verfahren
Methansäure	HCOOH	Desinfektionsmittel, Konservierungsmittel, in der Textilveredlung und Gerberei
Phenol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{—OH}$	Herstellung von Plasten, Chemiefaserstoffen, Schädlingsbekämpfungsmitteln, Gerbstoffen, Farbstoffen, Arzneimitteln

¹ alphabetisch geordnet.

Plaste, Elaste, Chemiefaserstoffe

- ▶ Plaste sind (meist synthetisch hergestellte) makromolekulare Werkstoffe, die sich plastisch umformen lassen.

- ▶ Elaste sind in der Natur vorkommende oder synthetisch hergestellte makromolekulare Werkstoffe, die gummiähnliche elastische Eigenschaften besitzen.
- ▶ Chemiefaserstoffe sind (meist synthetisch hergestellte) makromolekulare Werkstoffe, die sich als textile Faserstoffe verarbeiten lassen.

Name ¹	Erläuterung	Verwendung
Aminoplaste	Polykondensationsprodukte von Aminen (oder Harnstoff) und Methanal	Herstellung von Lacken, Leimen, Kitten, Schichtpreßstoffen, Preßmassen, Isolierstoffen
Gummi	Synthesekautschuk (Buna) oder Naturkautschuk, mit Schwefel vulkanisiert; Elast	Fahrzeugreifen, Regen- und Arbeitsschutzbekleidung, Schläuche, Treibriemen, Massenbedarfsartikel
Phenoplaste	Polykondensationsprodukte von Phenol (bzw. seinen Homologen) und Methanal	Herstellung von Gießharzen, Lacken, Leimen, Kitten, Schichtpreßstoffen, Preßmassen
PVC	Polymerisationsprodukt des Vinylchlorids	Herstellung von Armaturen, Rohrleitungen, Apparaten für die chemische Industrie, Verpackungsmaterial, Haushaltgeräten, Platten, Folien, Fußbodenbelag, Schläuchen; Isolierstoff für die Elektrotechnik
Polyakrylnitril	Polymerisationsprodukt von Akrylnitril	Chemiefaserstoff (Wolpyrla)
Polyamide	Polykondensationsprodukte von ϵ -Aminokaprolaktam oder anderen Stoffen	Herstellung von Formteilen für die Industrie, Massenbedarfsartikeln, Möbelbeschlägen, Armaturen, Haushaltgeräten, Seilen, Folien; Chemiefaserstoff (Dederon, Nylon)
Polyäthylen	Polymerisationsprodukt des Äthens	Herstellung von Haushaltgeräten, Verpackungsmaterial, Rohren, Schläuchen; Isolierstoff in der Elektrotechnik
Polystyrol	Polymerisationsprodukt des Styrols	Herstellung von Haushaltgeräten, Spielwaren, Verpackungsmaterial, Formteilen für die Industrie

¹ alphabetisch geordnet.

Gasförmige Brennstoffe

Gase, die auf Grund ihres Heizwertes zur Erzeugung von Wärmeenergie genutzt werden können.

Name	Erläuterung	Verwendung
Braunkohlenkokereigas	enthält etwa 35% Wasserstoff, etwa 20% Kohlenmonoxid, etwa 15% Methan, etwa 18% Kohlendioxid, etwa 11% Stickstoff	Stadtgas, Industriegas
Luftgas	enthält etwa 30% Kohlenmonoxid, etwa 60% Stickstoff, etwa 5% Kohlendioxid	Industriegas
Wassergas	enthält etwa 50% Wasserstoff, etwa 40% Kohlenmonoxid	Industriegas
Steinkohlenkokereigas	enthält etwa 50% Wasserstoff, etwa 30% Methan, etwa 10% Kohlenmonoxid	Stadtgas, Industriegas

Kraftstoffe

Brennbare Stoffe, die zum Betrieb von Verbrennungsmotoren verwendbar sind.

Name	Erläuterung	Verwendung
Dieselmotorkraftstoff	Gemisch aus Alkanen und ringförmigen Kohlenwasserstoffen des Siedebereiches 190...345°C	Kraftstoff für Dieselmotoren
Vergaserkraftstoff	Gemisch aus Alkanen (Pentan bis Dodekan); ringförmigen Kohlenwasserstoffen und Antiklopfmitteln	Kraftstoff für Ottomotoren

8.5. Industrieproduktion der DDR

Bruttoproduktion, Beschäftigte und Betriebe der Industrie der DDR 1968

Industriebereich	Bruttoproduktion in Mill. M.	Anzahl der Beschäftigten	Anzahl der Betriebe
Energie- und Brennstoffindustrie	7609	184446	59
Chemische Industrie	18290	325049	994
Metallurgie	9872	120378	36
Baumaterialienindustrie	2614	87794	623
Wasserwirtschaft	667	19105	16
Maschinen- und Fahrzeugbau	31907	806289	2855
Elektrotechnik/Elektronik/Gerätebau	11242	342186	733
Leichtindustrie (ohne Textilindustrie)	14259	455189	4316
Textilindustrie	9400	262190	1527
Lebensmittelindustrie	23239	210032	1678
Zusammen	129069	2812658	12837

Produktion ausgewählter Erzeugnisse

Erzeugnis	Einheit	1950	1955	1960	1965	1968
Stadtgas	Md. m ³	1,50	2,41	3,05	3,41	3,87
BHT-Koks	Mill. t	—	0,46	1,01	1,05	1,09
Braunkohlenbriketts	Mill. t	38	51	56	60	56
Rohbraunkohle	Mill. t	137	201	225	251	247
Steinkohlenkoks	Mill. t	1,53	2,71	3,21	3,21	2,55
Roheisen	Mill. t	0,34	1,52	1,99	2,34	2,33
Rohstahl	Mill. t	1,0	2,51	3,34	3,89	4,69

Erzeugnis	Einheit	1950	1955	1960	1965	1968
Ammoniak	1000 t NH ₃	294	408	477	533	558
Ätzkali	1000 t	21	30	35	37	39
Ätznatron	1000 t	150	257	327	364	405
Branntkalk	Mill. t	1,50	2,45	3,05	3,44	2,58
Salzsäure	1000 t HCl	56	80	75	66	75
Schwefel	1000 t	66	96	112	125	119
Schwefelsäure	1000 t SO ₃	245	483	596	804	1077
Soda	1000 t	103	458	594	682	635
Äthansäure (100%)	1000 t	24	32	51	88	117
Kalziumkarbid	1000 t	606	793	923	1193	1335
Methanol	1000 t	38	60	73	114	121
Synthese- kautschuk	1000 t	39,8	72,2	86,8	94,8	101
Dieselmkraftstoff	Mill. t	0,45	0,71	1,29	2,26	2,99

Angaben in diesem Abschnitt nach den Statistischen Jahrbüchern der DDR (gerundet).

Anhang

Wichtige Forschungen und Entdeckungen auf dem Gebiete der Chemie

- 1744** Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse durch den russischen Wissenschaftler **Michail Wassiliewitsch Lomonossow** (1711 bis 1765).
↗ Seite 47
- 1777** Erklärung des Verbrännungsvorganges durch den französischen Chemiker **Antoine Laurent Lavoisier** (1743 bis 1794) als Reaktion mit Sauerstoff.
- 1785** Endgültige Formulierung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse durch den französischen Chemiker **Antoine Laurent Lavoisier** (1743 bis 1794).
↗ Seite 47
- um
1800 Aufstellung einer Atomhypothese durch den englischen Naturforscher **John Dalton** (1766 bis 1844), wonach jedes Element aus gleichen kleinsten Teilchen, den Atomen, aufgebaut ist.
- 1811** Erkenntnis, daß gleiche Volumen aller Gase bei gleicher Temperatur und gleichem Druck die gleiche Anzahl von Teilchen enthalten, durch den italienischen Physiker **Amadeo Avogadro** (1776 bis 1856).
↗ Seite 66
- 1815** Vorschlag zur Einführung der heute gebräuchlichen chemischen Zeichensprache durch den schwedischen Chemiker **Jöns Jakob Berzelius** (1779 bis 1848).
↗ Seite 11...16
- 1824** Synthetische Herstellung der organischen Verbindung Oxalsäure durch den deutschen Chemiker **Friedrich Wöhler** (1800 bis 1882).
- 1828** Synthetische Herstellung der organischen Verbindung Harnstoff aus einer anorganischen Verbindung durch den deutschen Chemiker **Friedrich Wöhler** (1800 bis 1882).
- 1829** Ordnung der chemischen Elemente zu Triaden durch den deutschen Chemiker **Johann Wolfgang Doebereiner** (1780 bis 1849).
- 1861** Synthetische Herstellung von Zuckerarten durch den russischen Chemiker **Alexander Michailowitsch Butlerow** (1828 bis 1886).

- 1861 bis 1868** Entwicklung der Strukturlehre und Aufklärung des Zusammenhanges zwischen Eigenschaften und Struktur organischer Verbindungen durch den russischen Chemiker **Alexander Michailowitsch Butlerow** (1828 bis 1886).
- 1865** Aufstellung einer Strukturformel des Benzols durch den deutschen Chemiker **August Kekulé von Stradonitz** (1829 bis 1896).
- 1869** Entdeckung des Gesetzes der Periodizität und Systematisierung der chemischen Elemente im Periodensystem durch den russischen Chemiker **Dmitri Iwanowitsch Mendelejew** (1834 bis 1907).
↗ Seite 30
- 1869** Systematisierung der chemischen Elemente auf der Grundlage ihrer relativen Atommassen durch den deutschen Chemiker **Lothar Meyer** (1830 bis 1895).
- 1884** Formulierung des Zusammenhangs zwischen der Lage des chemischen Gleichgewichts und den Reaktionsbedingungen durch den französischen Physiker und Chemiker **Henry Louis Le Chatelier** (1850 bis 1936) in dem nach ihm benannten Prinzip.
↗ Seite 52
- 1887** Aufstellung einer Theorie über die Vorgänge bei der Dissoziation in wäßrigen Lösungen durch den schwedischen Chemiker **Svante Arrhenius** (1859 bis 1927; Nobelpreis 1903).
↗ Seite 58
- um
1900 Entwicklung der Grundlagen des chemisch-technischen Verfahrens zur Schwefelsäuresynthese durch die deutschen Chemiker **Clemens Winkler** (1838 bis 1904) und **Rudolf Knietsch** (1854 bis 1906).
↗ Seite 142, 143
- 1903 bis 1907** Synthetische Darstellung von Peptiden aus 2-Aminosäuren durch den deutschen Chemiker **Emil Fischer** (1852 bis 1919; Nobelpreis 1902); Nachweis, daß 2-Aminosäuren am Aufbau der Eiweiße beteiligt sind.
- um
1910 Ausarbeitung der Grundlagen des chemisch-technischen Verfahrens zur Ammoniaksynthese durch die deutschen Chemiker **Fritz Haber** (1868 bis 1934; Nobelpreis 1918) und **Carl Bosch** (1874 bis 1940; Nobelpreis 1931).
↗ Seite 143, 144
- 1911** Entwicklung eines neuen Atommodells durch den englischen Physiker **Ernest Rutherford** (1871 bis 1937; Nobelpreis 1908), wonach der Atomkern von Elektronen umkreist wird.

- 1913** Vervollkommnung des Atommodells von Rutherford durch den dänischen Physiker **Niels Bohr** (1885 bis 1962; Nobelpreis 1922) zum Rutherford-Bohr-schen Atommodell, wonach die Elektronen eine bestimmte Energie haben und sich deshalb in der Atomhülle nur auf bestimmten Bahnen bewegen können.
- 1916** Ausarbeitung von Beiträgen zur Theorie der Ionenbeziehung und der Atombindung durch den deutschen Physikochemiker **Walter Kossel** (1888 bis 1956) und den amerikanischen Physikochemiker **Gilbert Newton Lewis** (1875 bis 1946).
- um**
1920 Nachweis, daß bei Eiweißen auch ringförmige Strukturen vorliegen können, durch den sowjetischen Chemiker **Nikolai Dmitrijewitsch Selinski** (1861 bis 1953).
- 1920** Wichtige Forschungen über den Atombau, die zu unserem heutigen Atommodell führten, durch den französischen Physiker **Louis de Broglie** (geb. 1892; Nobelpreis 1929), den österreichischen Physiker **Erwin Schrödinger** (1887 bis 1961; Nobelpreis 1933), die deutschen Physiker **Max Born** (1882 bis 1970; Nobelpreis 1954) und **Werner Heisenberg** (geb. 1901; Nobelpreis 1932) sowie den englischen Physiker **Paul Adrien Maurice Dirac** (geb. 1902; Nobelpreis 1933).
- ↗ Seite 18
- 1922** Nachweis, daß Kautschuk und andere natürliche und synthetische Werkstoffe aus Makromolekülen aufgebaut sind, durch den deutschen Chemiker **Hermann Staudinger** (1881 bis 1965; Nobelpreis 1953).
- 1932** Entdeckung des Neutrons durch den englischen Physiker **James Chadwick** (geb. 1891; Nobelpreis 1935).
- ↗ Seite 19
- 1939** Erklärung der chemischen Bindung mit Hilfe der Elektronegativitätstabelle durch den amerikanischen Chemiker **Linus Pauling** (geb. 1901; Friedensnobelpreis 1953, Nobelpreis 1954).
- ↗ Seite 39

Register

A

- Addition 56, 57
 Aktivierung 49
 Aktivierungsenergie 46
 Aldehyde, Charakteristik 108
 -, Nachweis 130
 Alkalimetalle, Übersicht 75
 Alkanale 108
 Alkane 101
 Alkanole 106
 Alkansäuren 110
 Alkantriole 106
 Alkene 101
 Alkine 101
 Alkohole, Charakteristik 105
 alkoholische Gärung 148
 Alkyle 95, 98
 Aluminium, Eigenschaften 79
 Aluminiumhydroxid, Eigenschaften 80
 Aluminiumoxid, Eigenschaften 80
 Aluminothermisches Verfahren 140
 Ameisensäure ↗ Methansäure
 Aminoplaste, Verwendung 153
 Ammoniak, Eigenschaften 84
 -, Erzeugung durch Synthese 144
 -, Nachweis 129
 -, Verwendung 150
 Ammoniumchlorid, Eigenschaften 84
 Ammonium-Ionen, Nachweis 129
 Anhydrit, Verwendung 136
 Anionen 21
 anorganische Verbindungen, Namen 71-74
 Arbeitsmethoden und Apparaturen für Experimente 121-127
 Arbeitsweise, diskontinuierliche (periodische) 138
 -, kontinuierliche 138
 Arrhenius, S. 158
 Äthanal, Eigenschaften 109
 -, Verwendung 152
 Äthanol, Eigenschaften 107
 -, Herstellung 148
 -, Verwendung 152
 Äthansäure, Eigenschaften 111
 -, Herstellung 148
 -, Verwendung 152
 Äthen, Eigenschaften 103
 Äthin, Eigenschaften 103
 -, Erzeugung 147
 Äthylalkohol ↗ Äthanol
 Äthylen ↗ Äthen
 Atomaufbau der Elemente 22-27
 Atombindung 35, 36
 - mit teilweise Ionencharakter 37
 -, Übergang zur Ionenbeziehung 37
 Atome 18
 Atomgitter 29, 35
 Atomhülle 19
 -, periodische Änderung des Baus 31
 Atomkern 18
 Atommasse, absolute 60
 -, relative 60
 Atommodelle 18
 Ätzkali ↗ Kaliumhydroxid
 Ätzkalk ↗ Kalziumhydroxid
 Ätznatron ↗ Natriumhydroxid
 Auffangen von Gasen, Luftverdrängung 124
 ---, pneumatisches 124, 125
 Ausgangsstoffe 44
 Außenelektronen 20
 Außenschale 20
 Avogadro, A. 66, 167
 Azetaldehyd ↗ Äthanal
 Azetate 111
 Azetylen ↗ Äthin
 Azetylene ↗ Alkine

B

- Base 10
- Benzol, Eigenschaften 103, 104
- , Verwendung 152
- Bergbauprodukte 136
- Berzelius, J. J. 157
- Bindung, chemische 35–39
- –, Vergleich 38, 39
- Biokatalysator 54
- Biokatalyse 54
- Blei, Eigenschaften 81, 82
- Blei-Ionen, Nachweis 128
- Bohr, N. 159
- Borgruppe, Übersicht 79
- Born, M. 159
- Bosch, C. 158
- Brannkalk \nearrow Kalziumoxid
- Braunkohle, Verwendung 136
- Braunkohlenkokereigas, Verwendung 154
- Broglie, L. de 159
- Brom, Eigenschaften 89
- Bromide 89
- Bromid-Ionen, Nachweis 128
- Bromwasserstoff, Eigenschaften 89
- Bruttoproduktion der Industrie der DDR 155
- Butlerow, A. M. 157, 158

C

- Chadwick, J. 159
- Chalkogene, Übersicht 85
- Chatelier, H. L. Le 52, 158
- Chemie 6
- , allgemeine 6
- , analytische 6
- , anorganische 6
- , Bio- 6
- , organische 6
- , physikalische 6
- , physiologische 6
- , präparative 6
- , theoretische 6
- Chemiefaserstoffe 153

- Chemikalien, Vorsichtsmaßnahmen 131
- , Erste Hilfe 132
- Chlor, Eigenschaften 88
- , Verwendung 150
- Chloride 89
- Chlorid-Ionen, Nachweis 128
- Chloroform \nearrow Trichlormethan
- Chlorwasserstoff, Eigenschaften 89

D

- Dalton, J. 157
- Derivate 95
- Destillieren 121, 122
- Diamant, Atomgitter 29
- , Eigenschaften 81
- Dichte (Litermasse) 62, 63
- Dieselmotortreibstoff 154
- Diphosphorpentoxid, Eigenschaften 84
- Dipol 28
- Dirac, P. A. M. 159
- Disaccharide 113
- Dissoziation 58
- Dissoziationsgleichung 16
- , Aufstellen 16
- Doebereiner, J. W. 157
- Doppelbindung 35
- Dreifachbindung 36
- Druck 47, 52

E

- Edelgase, Übersicht 90
- Eindampfen einer Lösung 121
- Einfachbindung 35
- Einheiten 60–62
- Einstellzeit 51
- Eisen, Eigenschaften 90
- Eiweiße, Charakteristik 114
- , Nachweis 130
- Elaste 153
- Elektronegativitätswerte 39, Schluß des Buches
- Elektronen 19

Elektronenschalen 19
 Elektronensextett 36
 Elektroden 146
 Element, chemisches 7
 Elemente, Atomaufbau 22–27
 –, Übersicht 68–70
 Eliminierung 57
 Energieniveau 19, 20
 Energieniveauschema 19
 Erdalkalimetalle, Übersicht 77
 Erdgas, Verwendung 136
 Erdöl, Aufarbeitung 146
 –, Kracken 145
 –, Verwendung 130
 Essiggärung 148
 Essigsäure ↗ Äthansäure
 Experimente, chemische 115–134
 Experimentierregeln, allgemeine 120
 explosible Stoffe 134

F

Fällungsreaktion 56, 128
 Farbreaktionen 128, 129
 Fette, Charakteristik 112
 –, Verwendung 137
 fette Öle 112
 feuergefährliche Stoffe 133
 Filtrieren 121
 Fischer, E. 158
 Formaldehyd ↗ Methanal
 Formel, chemische 11
 –, Arten 12
 –, Aufstellen 13, 14
 –, Aussagen 12
 –, Schreibweisen 12
 Formiate 111
 funktionelle Gruppen 95

G

Gärung, alkoholische 148
 –, Essig- 148
 Gase, Auffangen 124, 125
 –, Reinigen und Trocknen 122, 123
 Gasentwicklung durch Erhitzen
 125, 126

Gasentwicklung durch Reaktion
 fester und flüssiger Substanzen
 126
 Gegenstromprinzip 138
 Gesetz der Periodizität 30
 Gesetz von der Erhaltung der
 Masse 47
 Gifte 132, 133
 Gitter 28
 Gleichgewicht, chemisches 51, 52
 –, Lage 52
 –, Merkmale 52
 Glukose, Eigenschaften 113
 Glycerin, Eigenschaften 107
 Graphit, Atomgitter 29
 –, Eigenschaften 81
 Größen 60–62
 Grundchemikalien, anorganische
 150, 151
 –, organische 151, 152
 Gruppen, Periodensystem 31
 Gummi, Verwendung 153

H

Haber, F. 158
 Halogenderivate der Kohlen-
 wasserstoffe 104, 105
 Halogene, Übersicht 88
 Harnstoff, Verwendung 152
 Hauptgruppe 31
 –, I., Übersicht 75
 –, II., Übersicht 77
 –, III., Übersicht 79
 –, IV., Übersicht 80
 –, V., Übersicht 82
 –, VI., Übersicht 85
 –, VII., Übersicht 88
 –, VIII., Übersicht 99
 Hauptgruppennummer und
 Wertigkeit 33
 Heisenberg, W. 159
 Hinreaktion 51
 Hochofen 139
 Holz, Verwendung 137
 homologe Reihe 93, 94
 Hydroxid-Ionen, Nachweis 129

I

- Industrieproduktion der DDR 155, 156
- Ionen 21
- , einfache 21
- , zusammengesetzte 21
- Ionengitter 29, 36
- Ionenkristall 36
- Ionenladung und Wertigkeit 42
- Isomerie 94, 95
- Isotope 20, 22–27, 60
- Isoverbindungen (i-Verbindungen) 98

J

- Jod, Eigenschaften 89
- Jodide 89
- Jodid-Ionen, Nachweis 128
- Jodwasserstoff, Eigenschaften 89

K

- Kalisalze, Verwendung 136
- Kalliumhydroxid, Eigenschaften 76
- Kaliumnitrat, Eigenschaften 77
- Kalkbrennen 140, 141
- Kalklöschen 141
- Kalkmilch ↗ Kalziumhydroxid
- Kalkstein, Verwendung 136
- Kalkwasser ↗ Kalziumhydroxid
- Kalzium, Eigenschaften 78
- Kalziumhydroxid, Eigenschaften 78
- , Erzeugung 141
- Kalziumkarbid, Eigenschaften 78
- , Erzeugung 146
- , Verwendung 152
- Kalziumkarbonat, Eigenschaften 78
- , Verwendung 136
- Kalziumoxid, Eigenschaften 78
- , Erzeugung 141
- , Verwendung 150
- Kalziumsulfat, Eigenschaften 79
- Karbonate 81

- Karbonsäuren, Charakteristik 110
- Katalysator 53
- , Bio- 54
- Katalyse 53, 54
- , Bio- 54
- , negative 54
- , positive 53, 54
- Kationen 21
- Kautschuk, Erzeugung durch Synthese 150
- Kekulé von Stradonitz, A.* 158
- Knietsch, R.* 158
- Kochsalz ↗ Natriumchlorid
- Kohlendioxid, Eigenschaften 81
- , Nachweis 128
- Kohlenhydrate, Charakteristik 113
- Kohlenmonoxid, Eigenschaften 81
- Kohlensäure, Eigenschaften 81
- Kohlenstoff, Eigenschaften 81
- Kohlenstoffgruppe, Übersicht 80
- Kohlenstoffverbindungen, gesättigte 93
- , isomere 94
- , kettenförmige 92
- , ringförmige 92
- , ungesättigte 93
- Kohlenwasserstoffe, aromatische 101
- , Charakteristik 101
- Kondensation 56
- Kontaktöfen, Ammoniaksynthese 143
- , Schwefelsäurekontaktverfahren 142
- Konzentration 47, 50, 52
- Kossel, W.* 159
- Kraftstoffe 154
- Kreislaufprinzip 138
- Kupfer, Eigenschaften 90

L

- Laborgeräte 116–120
- Lavoisier, A. L.* 47, 157
- Lewis, G. N.* 159
- Litermasse 62, 63
- Lomonossow, M. W.* 47, 157

Löslichkeit 58
 Lösung 57
 –, Eindampfen 121
 –, gesättigte 57
 –, konzentrierte 57
 –, verdünnte 57
 Luft, Verwendung 137
 Luftgas, Erzeugung 144
 –, Verwendung 154

M

Magnesium, Eigenschaften 77
 Magnesiumoxid, Eigenschaften 78
 Magnet Eisenstein, Verwendung 136
 Makromoleküle 28
 Masse, molare 61
 Masseberechnungen bei Reaktionen 63, 64
 –, funktionaler Zusammenhang 64, 65
 Massenzahl 18
 Mehrfachbindungen, Nachweis 130
Mendelejew, D. I. 30, 158
 Metall 8
 –, edles 8
 –, Leicht- 8
 –, leichtschmelzendes 8
 –, Schwer- 8
 –, schwerschmelzendes 8
 –, unedles 8
 Metallbindung 38
 Metallgitter 30, 38
 Methan, Eigenschaften 103
 Methanal, Eigenschaften 108, 109
 –, Verwendung 152
 Methanol, Eigenschaften 106
 –, Herstellung 147
 –, Verwendung 152
 Methansäure, Eigenschaften 111
 –, Verwendung 152
 Meyer, L. 158
 Mineralöle 112
 Modifikationen 28
 Mol 61

Molekül 28
 Molekülgitter 35
 Molekülmasse, relative 60, 61
 Monochloräthen, Eigenschaften 105
 Monosaccharide 113

N

Nachweisreaktionen 128–130
 Namen anorganischer Verbindungen 71–74
 ---, Basen 73
 ---, Säuren und Salze 73, 74
 ---, Verbindungen aus zwei Elementen 71, 72
 Namen organischer Verbindungen 96–100
 ---, Derivate kettenförmiger Kohlenwasserstoffe 99, 100
 ---, unverzweigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe 96, 97
 ---, verzweigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe 97, 98
 Naphthene ↗ Zykloalkane
 Natrium, Eigenschaften 76
 Natriumchlorid, Eigenschaften 76
 –, Ionengitter 29
 Natriumhydroxid, Eigenschaften 76
 –, Verwendung 150
 Natriumkarbonat, Eigenschaften 76
 –, Verwendung 151
 Natriumnitrat, Eigenschaften 76
 Nebengruppe 31, 90
 Neutralisation 55
 Neutronen 19
 Nichtmetall 8
 Nitrate 83
 Nitrat-Ionen, Nachweis 129
 Normalverbindungen (*n*-Verbindungen) 98

O

Olefine ↗ Alkene
 Ordnungszahl 30

Oxid 9
 –, amphoterer 9, 32
 –, basenbildendes 9
 –, Charakter 32, 33
 –, säurebildendes 9
 Oxydation 55
 Oxydationsmittel 55
 Oxydationszahl 41, 54, 55

P

Paraffine ↗ Alkane
Pauling, L. 159
 Perioden 31
 Periodensystem der Elemente 30–34
 Periodensystem und Atombau 54
 –, Charakter der Oxide 32, 33
 –, Metalle und Nichtmetalle 32
 –, stöchiometrische Wertigkeit 33
 Periodizität chemischer und physikalischer Eigenschaften 34
 Periodizität, Gesetz der 30
 Phenol, Eigenschaften 107
 –, Verwendung 152
 Phenole, Charakteristik 106
 Phenoplaste, Erzeugung 149
 –, Verwendung 153
 Phosphate 85
 Phosphorsäure, Eigenschaften 85
 pH-Wert 129
 Plaste 152
 Polyakrylnitril, Verwendung 153
 Polyamide, Verwendung 153
 Polyäthylen, Erzeugung 149
 –, Verwendung 153
 Polykondensation 56
 Polymerisation 57
 Polysaccharide 113
 Polystyrol, Verwendung 153
 Prinzip von *Le Chatelier* 52
 Produkte der Land- und Forstwirtschaft 137
 Produktion ausgewählter Erzeugnisse 155, 156
 Propantriol-(1.2.3) ↗ Glycerin
 Proteide 114

Proteine 114
 Protokoll eines Experiments 120
 Protonen 18
 PVC, Erzeugung 149
 –, Verwendung 153
 Pyrit, Verwendung 136

R

Reaktion, chemische 44–57
 –, Arten 54–57
 –, Durchführung 125–127
 –, endotherme 46
 –, exotherme 46
 – gasförmiger Stoffe mit festen Stoffen 127
 – gasförmiger Stoffe mit flüssigen Stoffen 126, 127
 –, Grundlagen 44–47
 – mit Protonenübergang 55, 56
 –, umkehrbare 51
 –, Verlauf 48–50
 –, Wesen 44, 45
 Reaktionsbedingungen 46, 47
 –, Veränderungen 52
 Reaktionsgeschwindigkeit 50, 51
 Reaktionsgleichung 14
 –, Aufstellen 15, 16
 Reaktionsprodukte 44
 Reaktionswärme 46
 Rechnen, chemisches 59–66
 Redoxreaktion 54, 55
 Reduktion 55
 Reduktionsmittel 55
 Reduktionswirkung, Nachweis 130
 Reihe, homologe 93, 94
 Roheisen, Erzeugung 139, 140
 –, Verwendung 151
 Rohrzucker ↗ Saccharose
 Roteisenstein, Verwendung 136
 Rückreaktion 51
Rutherford, E. 158

S

Saccharose, Eigenschaften 113, 114

Salpetersäure, Eigenschaften 83, 84
 –, Verwendung 151
 Salz 10
 Satz von *Avogadro* 66
 Sauerstoff, Eigenschaften 86
 Säure 10
 Säurerest-Ionen 74
 Schachtofen zum Kalkbrennen 141
Schrödinger, E. 159
 Schwefel, Eigenschaften 86
 –, Verwendung 151
 Schwefeldioxid, Eigenschaften 86
 –, Erzeugung 141, 142
 Schwefelsäure, Eigenschaften 81
 –, Herstellung im Kontaktverfahren 142, 143
 –, Verwendung 151
 Schwefeltrioxid, Eigenschaften 86, 87
 Schwefelwasserstoff, Eigenschaften 86
 schweflige Säure, Eigenschaften 87
 Selen, Eigenschaften 87
Selinski, N. D. 159
 Silber-Ionen, Nachweis 128
 Soda ↗ Natriumkarbonat
 Stahl, Erzeugung 40
 –, Verwendung 151
 Stärke, Eigenschaften 114
 –, Nachweis 130
Staudinger, H. 159
 Steinkohle, Verwendung 137
 Steinkohlenkokereigas 154
 Steinsalz, Verwendung 137
 Stickstoff, Eigenschaften 83
 Stickstoffdioxid, Eigenschaften 83
 Stickstoffgruppe, Übersicht 82
 Stickstoffmonoxid, Eigenschaften 83
 Stoff, Gemisch 7
 –, reiner 7
 Stoffe, Bausteine 18–30
 – der Luft- und Wasserhülle 137
 –, explosive 134
 –, feuergefährliche 134

Stoffe, makromolekulare 28
 –, reagierende 44
 –, Übersicht 7
 Stoffmenge 61
 Stofftrennung 121–123
 –, Destillieren 121, 122
 –, Eindampfen einer Lösung 121
 –, Filtrieren 121
 –, Reinigen und Trocknen von Gasen 122
 Struktur 28
 Strukturformel 13
 –, vereinfachte 13
 Substitution 56
 Sulfate 87
 Sulfat-Ionen, Nachweis 128
 Sulfide 86
 Sulfid-Ionen, Nachweis 128
 Sulfite 87
 Summenformel 12
 Symbol, chemisches 11
 –, Aussagen 11
 –, Schreibweisen 11
 System 46

T

Technologie, chemische 6, 135–156
 Temperatur 47, 52
 Tetrachlorkohlenstoff ↗ Tetrachlormethan
 Tetrachlormethan, Eigenschaften 105
 Traubenzucker ↗ Glukose
 Trichlormethan, Eigenschaften 104, 105

U

Umsetzung 49
 Unfallverhütung 130–134

V

Verbindung, chemische 8, 9
 –, anorganische 8
 – –, Namen 71–74

➔ R

Verbindung, organische 8
-, - Namen 96–100
Verfahren, chemisch-technische
139–150
Verfahrensprinzipien, allgemeine
138
Vergaserkraftstoff 154
Verkokung der Kohle 144
Vinylchlorid ↗ Monochloräthen
Volumen, molares 62, 63
Volumenberechnungen bei Reak-
tionen 65
Vorgang, physikalischer 44

W

Wasser, Verwendung 139
Wassergas, Erzeugung 144, 145
-, Verwendung 154
Wasserstoff, Eigenschaften 75

Wasserstoff, Verwendung 151
Wasserstoff-Ionen, Nachweis 129
Wertigkeit, stöchiometrische 33,
39, 40, 42, 68–70
Winkler, C. 158
Winkler-Generator 145
Wirbelschichtverfahren 138
Wöhler, F. 157

X

Xanthoprotein-Reaktion 130

Z

Zeichensprache, chemische 11–16
Zellulose, Eigenschaften 114
Zink, Eigenschaften 114
Zustandsgrößen 47
Zykloalkane 101

Periodensystem der I

Periode	I.		II.		III.		IV.	
	Hauptgruppe	Nebengruppe	Hauptgruppe	Nebengruppe	Hauptgruppe	Nebengruppe	Hauptgruppe	Nebengruppe
1	1, 1,008 2,1 H Wasserstoff							
2	3, 6,94 1,0 Li Lithium		4, 9,01 1,5 Be Beryllium		5, 10,81 2,0 B Bor		6, 12,01 2,5 C Kohlenstoff	7, 14,01 3,0 N Stickstoff
3	11, 22,989 0,9 Na Natrium		12, 24,31 1,2 Mg Magnesium		13, 26,98 1,5 Al Aluminium		14, 28,09 1,8 Si Silizium	15, 30,97 2,1 P Phosphor
4	19, 39,10 0,8 K Kalium		20, 40,08 1,0 Ca Kalzium			21, 44,96 1,3 Sc Skandium		22, 47,90 1,5 Ti Titan
		29, 63,54 1,9 Cu Kupfer		30, 65,37 1,0 Zn Zink	31, 69,72 1,0 Ga Gallium		32, 72,59 1,8 Ge Germanium	33, 74,92 2,0 As Arsen
5	37, 85,47 0,8 Rb Rubidium		38, 87,62 1,0 Sr Strontium			39, 88,91 1,3 Y Yttrium		40, 91,22 1,4 Zr Zirkonium
		47, 107,87 1,9 Ag Silber		48, 112,40 1,7 Cd Kadmium	49, 114,82 1,7 In Indium		50, 118,69 1,8 Sn Zinn	51, 127,4 1,9 Sb Antimon
6	55, 132,91 0,7 Cs Zäsium		56, 137,34 0,9 Ba Barium			57*, 138,91 1,1 La Lanthon		72, 178,49 1,3 Hf Hafnium
		79, 196,97 2,4 Au Gold		80, 200,59 1,9 Hg Quecksilber	81, 204,37 1,8 Tl Thallium		82, 207,19 1,8 Pb Blei	83, 208,98 1,9 Bi Wismut
7	87 [223] 0,7 Fr Franzium		88 [226] 0,9 Ra Radium			89**, [227] 1,1 Ac Aktinium		104 [260] (Ku) Kurtschatowium

Schlüssel



* Lanthanide

58 140,12 1,1 Ce Zer	59 140,91 1,1 Pr Praseodym	60 144,24 1,2 Nd Neodym	61 [147] Pm Promethium	62 150,36 1,2 Sm Samarium
--------------------------------------	--	---	-------------------------------------	---

** Aktinide

90 232,04 1,3 Th Thorium	91 [231] 1,5 Pa Protaktinium	92 238,03 1,7 U Uran	93 [237] 1,3 Np Neptunium	94 [241] 1,3 Pu Plutonium
--	--	--------------------------------------	---	---

VIII.

Hauptgruppe Nebengruppe

Elemente

V.		VI.		VII.		VIII.		
Nebengruppe		Hauptgruppe		Nebengruppe		Hauptgruppe		
		8 15,999 3,5 O Sauerstoff		9 18,998 4,0 F Fluor		2 4,003 He Helium		
		16 32,06 2,5 S Schwefel		17 35,45 3,8 Cl Chlor		10 20,18 Ne Neon		
		23 50,94 1,6 V Vanadin	24 51,996 1,0 Cr Chrom		25 54,94 1,5 Mn Mangan	26 55,85 1,8 Fe Eisen	27 58,93 1,8 Co Kobalt	28 58,71 1,8 Ni Nickel
		34 78,96 2,4 Se Selen		35 79,91 2,8 Br Brom		36 83,80 Kr Krypton		
		41 92,91 1,6 Nb Niob	42 95,94 1,8 Mo Molybdän		43 [90] 1,9 Tc Technetium	44 101,07 2,2 Ru Ruthenium	45 102,91 2,2 Rh Rhodium	46 106,4 2,2 Pd Palladium
		52 127,60 2,1 Te Tellur		53 126,90 2,3 I Jod		54 131,30 Xe Xenon		
		73 180,95 1,3 Ta Tantal	74 183,85 1,7 W Wolfram		75 186,2 1,9 Re Rhenium	76 190,2 2,2 Os Osmium	77 192,2 2,2 Ir Iridium	78 195,09 2,2 Pt Platin
		84 209 2,0 Po Polonium		85 [210] 2,2 At Astat		86 [222] Rn Radon		

35	63 151,96 Eu Europium	64 157,25 1,1 Gd Gadolinium	65 158,92 1,2 Tb Terbium	66 162,50 Dy Dysprosium	67 164,93 1,2 Ho Holmium	68 167,26 1,2 Er Erbium	69 168,93 1,2 Tm Thulium	70 173,04 1,1 Yb Ytterbium	71 174,97 1,2 Lu Lutetium
----	---------------------------------------	--	---	---	---	--	---	---	--

21	95 [243] 1,3 Am Amerizium	96 [247] Cm Kurium	97 [247] Bk Berkelium	98 [251] Cf Kalifornium	99 [254] Es Einsteinium	100 [253] Fm Fermium	101 [256] Md Mendelevium	102 [254] (No) Nobelium	103 [257] Lr Lawrenzium
----	---	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

030902-1
2,50