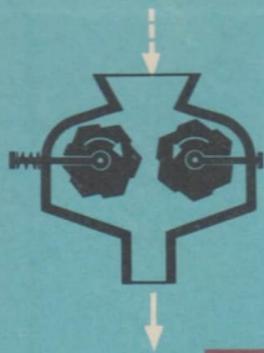


**CHEMIE**

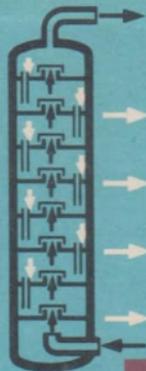
**in Übersichten**



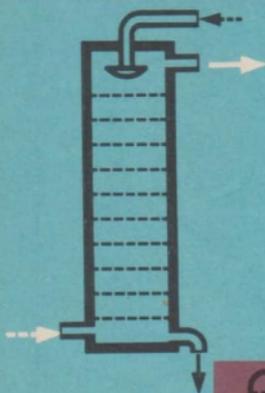
Walzenbrecher



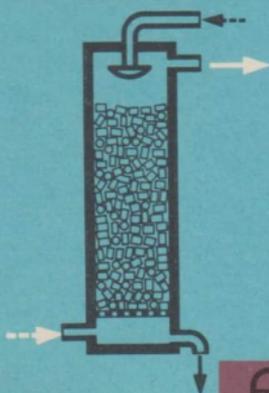
Kugelmühle



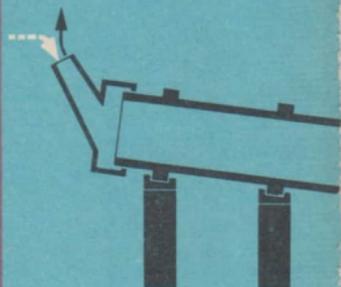
Destillationskolonne



Siebbodenwäscher



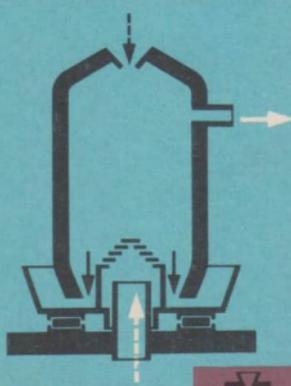
Füllkörperwäscher



Drehrohrföfen



Schachtoföfen

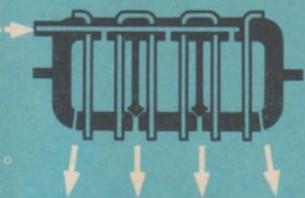


Generator



Wannenoföfen

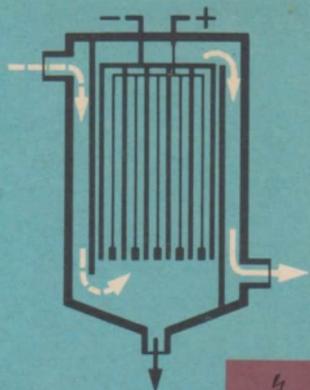




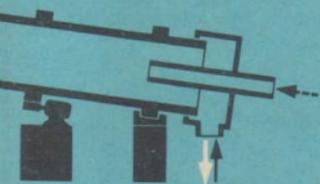
Filterpresse



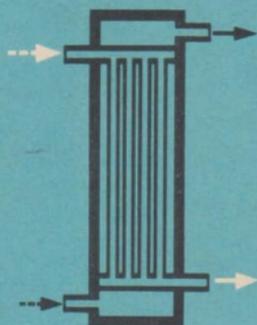
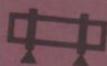
Drehfilter



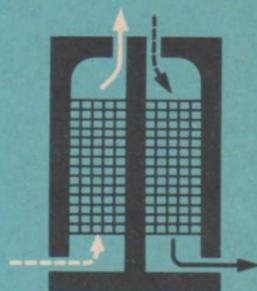
Elektrofilter



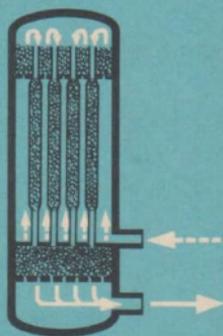
Röhrenwärmeaustauscher



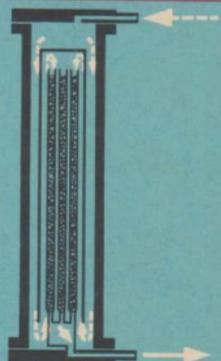
Regenerator



Elektrolysezelle



Kontaktofen



Kontaktofen (Druckrohr)



# Chemie in Übersichten



KOMPENDIUM FÜR DIE OBERSCHULE  
9. UND 10. KLASSE



VOLK UND WISSEN  
VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN  
1967

Das Manuskript für dieses Lehrbuch verfaßte Klaus Sommer  
Bearbeitet von Wolfgang Eisenhuth  
Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik  
als Schulbuch bestätigt  
Ausgabe 1963

Zeichnungen: Heinrich Linkwitz

Einband: Werner Fahr

Typografische Gestaltung: Günter Wolff · Günter Runschke

Siebente, durchgesehene Auflage

Redaktionsschluß: 15. Juni 1967

ES 11 H · Bestell-Nr. 030924-7 · Preis 2,50 · Lizenz Nr. 203 · 1000/67 (DN)

Satz: VEB INTERDRUCK, Leipzig (III/18/67)

Druck: (140) Druckerei Neues Deutschland, Berlin

(Fotomechanischer Nachdruck)

# Inhaltsverzeichnis

## A

### GRUNDBEGRIFFE - BAU DER STOFFE

1. Chemische Zeichensprache	9
2. Atome – Moleküle – Ionen	12
3. Chemische Bindung	20
4. Periodensystem der Elemente	21
5. Gesetze	24
6. Stöchiometrisches Rechnen	25
7. Reaktionswärme	27
8. Chemisches Gleichgewicht – Reaktionsgeschwindigkeit	27
9. Elektrolytische Dissoziation	29
10. Oxydation – Reduktion	30
11. Oxide – Basen – Säuren – Salze	31
12. Konzentrationsmaße	35
13. Neutralisation – Hydrolyse – pH-Wert	36

## B

### ELEMENTE UND ANORGANISCHE VERBINDUNGEN

1. Wasserstoff und Alkalimetalle	38
2. Erdalkalimetalle	40
3. Borgruppe	41
4. Kohlenstoffgruppe	42
5. Stickstoffgruppe	45
6. Chalkogene	48
7. Halogene	51
8. Rationelle Namen und Trivialnamen anorganischer Verbindungen	53

## C

### ORGANISCHE VERBINDUNGEN

1. Grundbegriffe	54
2. Alkane (Paraffine)	61
3. Alkene (Olefine)	62
4. Alkine (Azetylene)	63

5. Alkanole (Alkohole)	64
6. Alkantrirole	65
7. Alkanale (Aldehyde)	65
8. Alkansäuren (gesättigte Monokarbonsäuren)	66
9. Alkandisäuren (gesättigte Dikarbonsäuren)	68
10. Hydroxysäuren (Oxysäuren)	68
11. 2-Aminosäuren	69
12. Ringförmige Kohlenwasserstoffe und Derivate	69
13. Kohlenhydrate	71
14. Reaktionen	72

## D

### CHEMISCHE EXPERIMENTE

1. Laborgeräte	74
2. Arbeitsmethoden und Versuchsaapparaturen	76
3. Nachweisreaktionen	84
4. Unfallverhütung	89

## E

### CHEMISCHE TECHNOLOGIE

1. Rohstoffe der chemischen Produktion	93
2. Chemisch-technische Verfahren	95
3. Industrieprodukte	112
4. Industrieproduktion der DDR	121

## R

### STICHWORTREGISTER

125

## Vorwort

Das vorliegende Buch hat die Aufgabe, alle wichtigen Kenntnisse, die im Chemieunterricht der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule vermittelt werden, in knapper und übersichtlicher Form zusammenzufassen. Es enthält ferner eine Reihe von Zahlenwerten und Angaben, die im Unterricht häufig gebraucht werden oder zur Veranschaulichung dienen.

Alle wichtigen Stichworte sind durch einen roten Balken hervorgehoben und werden anschließend erläutert. Häufig ist noch ein Beispiel angegeben, das man an dem meist vorgesetzten schwarzen Quadrat (■) erkennt.

Die Hauptabschnitte A bis E werden leicht aufgefunden, wenn man sich nach dem Inhaltsverzeichnis und nach den roten Marken am Rande der Buchseiten orientiert.

Will man sich umfassend über einen bestimmten Stoff informieren, so sind dazu oftmals mehrere Abschnitte aufzufinden (Beispiel s. Seite 8). Außerdem befindet sich am Schluß des Buches noch ein ausführliches Stichwortregister (R).

Bei allen aufgeführten Stoffen stehen die wissenschaftlichen Namen im Vordergrund. Die älteren Bezeichnungen sind jedoch außerdem angegeben. Für alle wissenschaftlichen Bezeichnungen wurde die Schreibweise entsprechend dem Duden angewandt, zum Beispiel Kalzium (für Calcium).

Nachdem an einigen Beispielen geübt wurde, wie man sich über ein Gebiet informiert, wird es bald leicht sein, in diesem Buch schnell und sicher nachzuschlagen.

Über die Schwefelsäure kann man sich wie folgt unterrichten:

Was wird gesucht?	Wo wird es gefunden?
<b>Eigenschaften</b>	A. Grundbegriffe – Bau der Stoffe 4. Periodensystem der Elemente <b>Elemente der Hauptgruppen</b> 11. Oxide – Basen – Säuren – Salze <b>Anorganische Säuren und ihre Salze</b> B. Elemente und anorganische Verbindungen 6. Chalkogene <b>Elemente der VI. Hauptgruppe</b> <b>Schwefelsäure</b>
<b>Nachweis</b>	D. Chemische Experimente 3. Nachweisreaktionen <b>Fällungsreaktionen</b> <b>Farbreaktionen</b>
<b>Technische Herstellung</b>	E. Chemische Technologie 2. Chemisch-technische Verfahren <b>Abrösten sulfidischer Erze</b> <b>Müller-Kühne-Verfahren</b> <b>Schwefelsäure-Kontaktverfahren</b>
<b>Verwendung</b>	E. Chemische Technologie 3. Industrieprodukte <b>Anorganische Grundchemikalien</b>
<b>Produktion in der Deutschen Demokratischen Republik</b>	E. Chemische Technologie 4. Industrieproduktion der DDR <b>Produktion ausgewählter Erzeugnisse</b>

# A. GRUNDBEGRIFFE - BAU DER STOFFE

## 1. Chemische Zeichensprache

### Symbole

Zeichen für chemische Elemente.

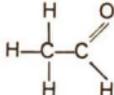
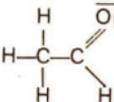
Aussage eines Symbols	Beispiel: Aussage des Symbols S
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ein chemisches Element</li> <li>▶ 1 Atom eines chemischen Elements</li> <li>▶ 1 Grammatom eines chemischen Elements</li> </ul>	<p>Das Element Schwefel</p> <p>1 Atom des Elements Schwefel</p> <p>1 Grammatom des Elements Schwefel (32g)</p>

### Formeln

Zeichen für chemische Verbindungen sowie für Elemente, deren Moleküle aus mindestens zwei Atomen bestehen.

Aussage einer Formel	Beispiel: Aussage der Formel $\text{Fe}_2\text{O}_3$
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Eine chemische Verbindung, unter Angabe der Elemente, aus denen sie besteht</li> <li>▶ 1 Molekül einer chemischen Verbindung unter Angabe der Anzahl von Atomen, die in diesem Molekül enthalten sind</li> <li>▶ 1 Mol einer chemischen Verbindung</li> </ul>	<p>Die Verbindung Eisen(III)-oxid, bestehend aus Eisen und Sauerstoff</p> <p>1 Molekül der Verbindung Eisen(III)-oxid, bestehend aus 2 Atomen Eisen und 3 Atomen Sauerstoff</p> <p>1 Mol der Verbindung Eisen(III)-oxid (160g), bestehend aus 112 g Eisen und 48 g Sauerstoff</p>

Für Formeln sind folgende Darstellungsformen von Bedeutung:

Darstellung	■ Wasser	■ Natriumchlorid	■ Äthanal
Summenformel	H <sub>2</sub> O	NaCl	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
Strukturformel		Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup>	
Elektronenformel (Außenelektronen)	H : $\ddot{\text{O}}$ :	Na <sup>+</sup> [ : $\ddot{\text{Cl}}$ : ] <sup>-</sup>	H : $\ddot{\text{C}}$ : C : $\ddot{\text{O}}$ :
Elektronenformel (ungepaarte und gepaarte Außenelektronen)		Na <sup>+</sup> [ $\overline{\text{Cl}}$ ] <sup>-</sup>	

### (Stöchiometrische) Wertigkeit

Angabe über das Zahlenverhältnis, in dem sich die Atome verschiedener Elemente oder Atomgruppen verbinden können. Die (stöchiometrische) Wertigkeit kann durch eine hochgestellte römische Ziffer am Symbol angegeben werden:

- Na<sup>I</sup> einwertiges Natriumatom      SO<sub>4</sub><sup>II</sup> zweiwertiger Säurerest der Schwefelsäure

Bei Verbindungen, die aus zwei Elementen bestehen, kann man aus der Formel die (stöchiometrischen) Wertigkeiten dieser Elemente errechnen:

Teilschritt	Beispiel: Phosphorpentoxid P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
1. Feststellen, aus welchen Elementen die Verbindung besteht	P Phosphor	O Sauerstoff
2. Die Anzahl der Atome im Molekül ermitteln	2	5
3. Errechnen des kleinsten gemeinschaftlichen Vielfachen der Atomanzahl der Elemente	10	
4. Feststellen, wie oft die Anzahl der Atome im kleinsten gemeinschaftlichen Vielfachen enthalten ist. Diese Zahlen geben an, welche (stöchiometrischen) Wertigkeiten die Elemente in der Verbindung haben.	5mal fünfwertig	2mal zweiwertig
5. (Stöchiometrische) Wertigkeit	P <sup>V</sup>	O <sup>II</sup>

## Aufstellen von Formeln

(für Verbindungen aus zwei Elementen, wenn alle Atome jedes der beiden Elemente in gleicher stöchiometrischer Wertigkeit vorliegen).

Teilschritt	Beispiel: Aluminiumoxid	
1. Ermitteln der Symbole der Elemente, aus denen die Verbindung besteht	Al	O
2. Feststellen der (stöchiometrischen) Wertigkeit der Elemente, aus denen die Verbindung besteht	Al III	O II
3. Errechnen des kleinsten gemeinschaftlichen Vielfachen der (stöchiometrischen) Wertigkeiten	6	
4. Feststellen, wie oft die (stöchiometrischen) Wertigkeiten im kleinsten gemeinschaftlichen Vielfachen enthalten sind. Diese Zahlen geben an, aus wieviel Atomen jedes Elements ein Molekül der Verbindung besteht.	2mal  2 Atome Aluminium	3mal  3 Atome Sauerstoff
5. Formel	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	

## Reaktionsgleichungen

Zeichen, die chemische Reaktionen veranschaulichen.

Aussage einer Reaktionsgleichung	Beispiel: Aussage der Reaktionsgleichung $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$
▶ Die Umsetzung von Ausgangsstoffen zu Reaktionsprodukten	Magnesium reagiert mit Sauerstoff zu Magnesiumoxid
▶ Die kleinstmögliche Anzahl von Atomen und Molekülen der Stoffe, die sich umsetzen und nach der Umsetzung vorliegen	2 Atome Magnesium reagieren mit 1 Molekül Sauerstoff zu 2 Molekülen Magnesiumoxid
▶ Die Grammatome und Mole der Stoffe, die sich umsetzen und nach der Umsetzung vorliegen	2 Grammatome Magnesium (48 g) reagieren mit 1 Mol Sauerstoff (32 g) zu 2 Mol Magnesiumoxid (80 g)

## Aufstellen von Reaktionsgleichungen

Teilschritt	Beispiel: Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Aluminium								
1. Aufstellen der Symbole bzw. Formeln für die Ausgangsstoffe	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} \rightarrow$								
2. Aufstellen der Symbole bzw. Formeln für die Reaktionsprodukte	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} \rightarrow \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$								
3. Auffinden der kleinstmöglichen Anzahl Atome bzw. Moleküle der Stoffe, die an der Reaktion teilnehmen. Die Anzahl der einzelnen Atomarten in den Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten muß gleich sein.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">2 Fe</td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">1 Fe Schlußfolgerung: + 1 Fe</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;"><math>\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} \rightarrow</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3</math></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;">1 Al Schlußfolgerung: + 1 Al</td> <td style="padding: 5px;">2 Al</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px dashed black; padding: 5px;"><math>\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3</math></td> </tr> </table>	2 Fe	1 Fe Schlußfolgerung: + 1 Fe	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} \rightarrow$	$2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$	1 Al Schlußfolgerung: + 1 Al	2 Al	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow$	$2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
	2 Fe	1 Fe Schlußfolgerung: + 1 Fe							
	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} \rightarrow$	$2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$							
	1 Al Schlußfolgerung: + 1 Al	2 Al							
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow$	$2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$								
3 O	3 O								
4. Richtige Gleichung	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$								

## 2. Atome - Moleküle - Ionen

### Atome

Kleinste Teilchen, aus denen die Elemente aufgebaut sind. Alle Atome eines Elements haben bestimmte gleiche Eigenschaften. Atome bestehen aus dem **Atomkern** und aus der **Elektronenhülle**. Im Atom entspricht die Anzahl der **Elektronen** (negativ geladen) in der Elektronenhülle der Anzahl der **Protonen** (positiv geladen) im Atomkern. Das Atom ist nach außen hin elektrisch neutral.

### Atomkern

Befindet sich im Zentrum des Atoms und ist positiv elektrisch geladen; vereinigt fast die ganze Masse des Atoms; enthält **Nukleonen (Protonen und Neutronen)**.

## Protonen

Positiv elektrisch geladene Masseteilchen (Masse rund 1) im Atomkern. Die Protonenzahl ist für jedes Element charakteristisch. Durch sie ist die Stellung der Elemente im Periodensystem festgelegt. Die Protonenzahl entspricht der **Ordnungszahl**.

## Neutronen

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

## Elektronen

Negativ elektrisch geladene Masseteilchen (Masse etwa  $\frac{1}{1800}$  der des Protons) in der Elektronenhülle, die sich mit sehr großer Geschwindigkeit um den Atomkern bewegen. Die Anzahl der Elektronen in der Elektronenhülle eines Atoms entspricht der Protonenzahl des Atomkerns. Für Atome gilt:

$$\text{Protonenzahl} = \text{Elektronenzahl} = \text{Ordnungszahl}$$

## Elektronenhülle

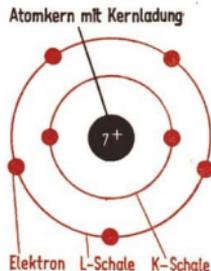
Enthält alle zu einem Atomkern gehörenden Elektronen. Die Elektronenhülle besteht aus einer oder mehreren Schalen. Jede dieser **Elektronenschalen** kann eine bestimmte größte Anzahl Elektronen aufnehmen.

Bezeichnung der Elektronenschale	maximale Aufnahmefähigkeit für Elektronen
<b>K-Schale</b>	2
<b>L-Schale</b>	8
<b>M-Schale</b>	18
<b>N-Schale</b>	32

## Atommodell

In der ebenen Darstellung des **Rutherford-Bohrschen Atommodells** wird der Atombau veranschaulicht.

Modell eines Stickstoffatoms



## Atomaufbau der Elemente mit den Ordnungszahlen 1 bis 20

Element	Symbol	Protonen- zahl = Ordnungs- zahl	Neutronenzahlen* (häufig auftretende)	Elektronenzahl			
				K-Schale	L-Schale	M-Schale	N-Schale
Wasserstoff	H	1	0	1			
Helium	He	2	2	2			
Lithium	Li	3	4; 3	2	1		
Beryllium	Be	4	5	2	2		
Bor	B	5	6; 5	2	3		
Kohlenstoff	C	6	6; 7	2	4		
Stickstoff	N	7	7; 8	2	5		
Sauerstoff	O	8	8; 10; 9	2	6		
Fluor	F	9	10	2	7		
Neon	Ne	10	10; 12; 11	2	8		
Natrium	Na	11	12	2	8	1	
Magnesium	Mg	12	12; 13; 14	2	8	2	
Aluminium	Al	13	14	2	8	3	
Silizium	Si	14	14; 15; 16	2	8	4	
Phosphor	P	15	16	2	8	5	
Schwefel	S	16	16; 18; 17	2	8	6	
Chlor	Cl	17	18; 20	2	8	7	
Argon	Ar	18	22; 18; 20	2	8	8	
Kalium	K	19	20; 22	2	8	8	1
Kalzium	Ca	20	20; 24; 22; 28; 23	2	8	8	2

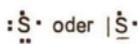
\* Die Neutronenzahlen sind nach prozentualem Anteil geordnet.

## Außenelektronen

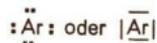
Elektronen in der **äußeren Schale** eines Atoms. Sie bestimmen weitgehend das chemische Verhalten der Elemente, wie Wertigkeit und Reaktionsfähigkeit. Sie werden in der Elektronenschreibweise als Punkte beziehungsweise Striche (zwei gepaarte Elektronen) dargestellt. Das Symbol steht hier für den Atomkern und die inneren Elektronenschalen.



Natrium



Schwefel



Argon

## Isotope

Atome eines chemischen Elements, die bei gleicher Protonenzahl verschiedene Neutronenzahlen haben. Isotope eines Elements besitzen daher verschiedene Nukleonenzahlen.

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

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

## Relative Atommasse (Atomgewicht)

Eine Verhältniszahl, mit der die Masse eines Atoms angegeben wird. Die relative Atommasse (das Atomgewicht) gibt an, wievielfach so groß die Masse eines Atoms des betreffenden Elements als  $\frac{1}{12}$  der Atommasse des Kohlenstoffisotops  $^{12}\text{C}$  ist.

## Moleküle

Kleinste Teilchen chemischer Verbindungen bestehen aus mindestens zwei Atomen. Alle Moleküle eines Stoffes haben gleiche chemische Eigenschaften.

## Relative Molekülmasse (Molekulargewicht)

Angabe für die Masse eines Moleküls; Summe der relativen Atommassen aller in einem Molekül enthaltenen Atome.

Relative Molekülmassen können in folgenden Teilschritten errechnet werden:

1. Man schreibt die relativen Atommassen der in der Verbindung enthaltenen Atome auf.
2. Die Anzahl der Atome eines jeden dieser Elemente wird aus der Formel abgelesen.
3. Die relative Atommasse jedes Elements wird mit der entsprechenden Anzahl von Atomen multipliziert.
4. Durch Addition der Ergebnisse der Multiplikation (3.) erhält man die relative Molekülmasse.

Relative Molekülmasse von Kohlensäure  $\text{H}_2\text{CO}_3$

1. Elemente und relative Atommassen	2. Anzahl der Atome	3. Multiplikation	4. Addition
Wasserstoff : 1	2	$1 \cdot 2 = 2$	2
Kohlenstoff : 12	1	$12 \cdot 1 = 12$	12
Sauerstoff : 16	3	$16 \cdot 3 = 48$	48
relative Molekülmasse der Kohlensäure $\text{H}_2\text{CO}_3$			62

## Grammatom

Die Anzahl Gramm eines Elements, die gleich seiner relativen Atommasse ist.

- relative Atommasse des Schwefels: 32  
1 Grammatom Schwefel: 32 g
- relative Atommasse des Kalziums: 40  
1 Grammatom Kalzium: 40 g

## Mol (Grammolekül)

Die Anzahl Gramm eines Stoffes, die gleich seiner relativen Molekülmasse ist.

- relative Molekülmasse des Schwefeldioxids  $\text{SO}_2$ : 64  
1 Mol Schwefeldioxid  $\text{SO}_2$ : 64 g
- relative Molekülmasse des Methanals HCHO: 30  
1 Mol Methanal HCHO: 30 g

Ein Grammatom bzw. ein Mol aller Stoffe enthält gleich viel Teilchen.

Stoff	Zeichen	1 Grammatom bzw. 1 Mol	Anzahl der Teilchen
Magnesium	Mg	24 g	$6,024 \cdot 10^{23}$
Sauerstoff	$\text{O}_2$	32 g	$6,024 \cdot 10^{23}$
Natriumoxid	$\text{Na}_2\text{O}$	62 g	$6,024 \cdot 10^{23}$
Schwefelsäure	$\text{H}_2\text{SO}_4$	98 g	$6,024 \cdot 10^{23}$
Äthan	$\text{C}_2\text{H}_6$	30 g	$6,024 \cdot 10^{23}$
Methanal	HCHO	30 g	$6,024 \cdot 10^{23}$

## Molvolumen von Gasen

Ein Mol eines jeden Gases nimmt im Normzustand ein Volumen von 22,4 l ein. Dieses Volumen bezeichnet man als Molvolumen.

Stoff	Formel	1 Mol	Molvolumen
Wasserstoff	$\text{H}_2$	2 g	22,4 l
Stickstoff	$\text{N}_2$	28 g	22,4 l
Schwefeldioxid	$\text{SO}_2$	64 g	22,4 l
Methan	$\text{CH}_4$	16 g	22,4 l
Äthen	$\text{C}_2\text{H}_4$	28 g	22,4 l
Athin	$\text{C}_2\text{H}_2$	26 g	22,4 l

**Ionen**

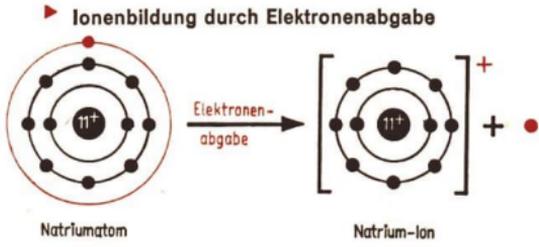
Positiv oder negativ elektrisch geladene Teilchen; sind in wässrigen Lösungen (bzw. Schmelzen) der Elektrolyte enthalten.

	Kalzium		Brom	
	Atom	Kation	Atom	Anion
Kernladungszahl	20	20	35	35
Elektronenzahl	20	18	35	36
elektrische Ladung	neutral	<b>zweifach positiv</b>	neutral	<b>einfach negativ</b>
Zeichen	Ca	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Br	<b>Br<sup>-</sup></b>

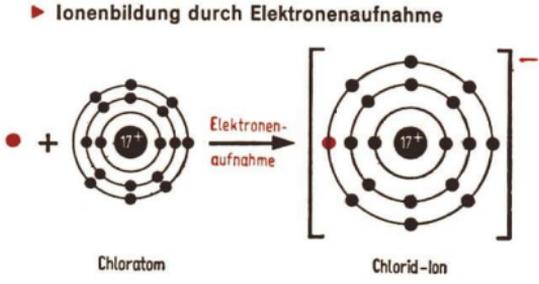
**Ionenbildung**

Ionen der Elemente entstehen durch Aufnahme bzw. Abgabe von Elektronen.

■ Natrium-Ion Modell



■ Chlorid-Ion Modell



## Übersicht über die chemischen Elemente

Element	Symbol	Ordnungs- zahl	relative Atommasse <sup>1</sup>	Haupt- wertigkeiten	Element	Symbol	Ordnungs- zahl	relative Atommasse <sup>1</sup>	Haupt- wertigkeiten
Aktinium	<b>Ac</b>	89	[227]	III	Gold	<b>Au</b>	79	197	III
Aluminium	<b>Al</b>	13	27	III	Hafnium	<b>Hf</b>	72	178,5	IV
Amerizium	<b>Am</b>	95	[243]	III	Helium	<b>He</b>	2	4	0
Antimon	<b>Sb</b>	51	122	III, V	Holmium	<b>Ho</b>	67	165	III
Argon	<b>Ar</b>	18	40	0	Indium	<b>In</b>	49	115	III
Arsen	<b>As</b>	33	75	III, V	Iridium	<b>Ir</b>	77	192	III, IV
Astat	<b>At</b>	85	[210]	I	Jod	<b>J</b>	53	127	I, V, VII
Barium	<b>Ba</b>	56	137	II	Kadmium	<b>Cd</b>	48	112,5	II
Berkelium	<b>Bk</b>	97	[249]	III	Kalifornium	<b>Cf</b>	98	[251]	III
Beryllium	<b>Be</b>	4	9	II	Kalium	<b>K</b>	19	39	I
Blei	<b>Pb</b>	82	207	II	Kalzium	<b>Ca</b>	20	40	II
Bor	<b>B</b>	5	11	III	Kobalt	<b>Co</b>	27	59	II, III
Brom	<b>Br</b>	35	80	I, V	Kohlenstoff	<b>C</b>	6	12	IV
Chlor	<b>Cl</b>	17	35,5	I, VII	Krypton	<b>Kr</b>	36	84	0
Chrom	<b>Cr</b>	24	52	III, VI	Kupfer	<b>Cu</b>	29	63,5	II
Dysprosium	<b>Dy</b>	66	162,5	III	Kurium	<b>Cm</b>	96	[247]	III
Einsteinium	<b>Es</b>	99	[254]	III	Lanthan	<b>La</b>	57	139	III
Eisen	<b>Fe</b>	26	56	II, III	Lawrenzium	<b>Lw</b>	103	[257]	
Erbium	<b>Er</b>	68	167	III	Lithium	<b>Li</b>	3	7	I
Europium	<b>Eu</b>	63	152	III	Lutetium	<b>Lu</b>	71	175	III
Fermium	<b>Fm</b>	100	[253]	III	Magnesium	<b>Mg</b>	12	24	II
Fluor	<b>F</b>	9	19	I	Mangan	<b>Mn</b>	25	55	II, IV, VII
Franzium	<b>Fr</b>	87	[223]	I	Mendelevium	<b>Md</b>	101	[256]	III
Gadolinium	<b>Gd</b>	64	157	III	Molybdän	<b>Mo</b>	42	96	VI
Gallium	<b>Ga</b>	31	70	III	Natrium	<b>Na</b>	11	23	I
Germanium	<b>Ge</b>	32	72,5	IV	Neodym	<b>Nd</b>	60	144	III

<sup>1</sup> gerundet

Element	Symbol	Ordnungs- zahl	relative Atommasse <sup>1</sup>	Haupt- wertigkeiten	Element	Symbol	Ordnungs- zahl	relative Atommasse <sup>1</sup>	Haupt- wertigkeiten
Neon	Ne	10	20	O	Silizium	Si	14	28	IV
Neptunium	Np	93	[237]	IV, VI	Skandium	Sc	21	45	III
Nickel	Ni	28	59	II	Stickstoff	N	7	14	III, V
Niob	Nb	41	93	V	Strontium	Sr	38	87,5	II
Nobelium	No	102	[254]	III	Tantal	Ta	73	181	V
Osmium	Os	76	190	VI, VIII	Technetium	Tc	43	[99]	VII
Palladium	Pd	46	106	II	Tellur	Te	52	127,5	IV
Phosphor	P	15	31	III, V	Terbium	Tb	65	159	III
Platin	Pt	78	195	II, IV	Thallium	Tl	81	204	I, III
Plutonium	Pu	94	[242]	III, IV	Thorium	Th	90	232	IV
Polonium	Po	84	[210]	II	Thulium	Tm	69	169	III
Praseodym	Pr	59	141	III	Titan	Ti	22	48	IV
Promethium	Pm	61	[147]	III	Uran	U	92	238	IV, VI
Protaktinium	Pa	91	[231]	V	Vanadin	V	23	51	V
Quecksilber	Hg	80	200,5	I, II	Wasserstoff	H	1	1	I
Radium	Ra	88	[226]	II	Wismut	Bi	83	209	III
Radon	Rn	86	[222]	O	Wolfram	W	74	184	VI
Rhenium	Re	75	186	VII	Xenon	Xe	54	131	O
Rhodium	Rh	45	103	III	Ytterbium	Yb	70	173	III
Rubidium	Rb	37	85,5	I	Yttrium	Y	39	89	III
Ruthenium	Ru	44	101	IV	Zäsium	Cs	55	133	I
Samarium	Sm	62	150	III	Zer	Ce	58	140	III, IV
Sauerstoff	O	8	16	II	Zink	Zn	30	65	II
Schwefel	S	16	32	II, VI	Zinn	Sn	50	119	II, IV
Selen	Se	34	79	IV	Zirkonium	Zr	40	91	IV
Silber	Ag	47	108	I					

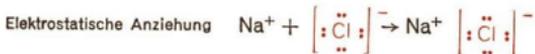
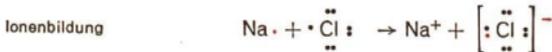
<sup>1</sup> gerundet

### 3. Chemische Bindung

#### Ionenbeziehung

Chemische Bindung, die auf elektrostatischer Anziehung entgegengesetzt geladener Ionen beruht.

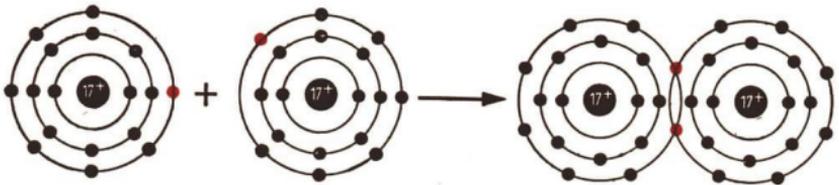
#### ■ Natriumchlorid



#### Atombindung

Chemische Bindung, die durch gemeinsame Elektronenpaare bewirkt wird.

#### ■ Chlor Modell



#### Metallische Bindung

Chemische Bindung, die durch elektrostatische Anziehung zwischen positiven Metallionen und freien Elektronen sowie gleichzeitig durch Atombindungen zwischen neutralen Metall-Atomen bewirkt wird. Metall-Ionen und -Atome bilden ein Metallgitter, das von den leichtbeweglichen Elektronen („Elektronengas“) durchdrungen ist. Durch den ständigen Platzwechsel der Elektronen wandeln sich ständig Metall-Ionen in -Atome um (und umgekehrt) und wechseln die Atombindungen.

Zwischen den verschiedenen Bindungsarten gibt es Übergangsformen.

## 4. Periodensystem der Elemente

### Ordnungszahl

Die chemischen Elemente sind im Periodensystem (bis auf wenige Ausnahmen) nach steigender relativer Atommasse geordnet.

Die Reihenfolge der Elemente im Periodensystem wird durch die Ordnungszahl gekennzeichnet. Sie entspricht der Protonenzahl und der Elektronenzahl (der Atome).

### Gruppen

Senkrechte Reihen im Periodensystem. Jede Gruppe ist in eine **Hauptgruppe** und in eine **Nebengruppe** unterteilt.

In den Hauptgruppen stehen Elemente mit ähnlichen chemischen Eigenschaften untereinander. Die Eigenschaften sind innerhalb der Hauptgruppen mit steigender Ordnungszahl abgestuft.

### Perioden

Waagerechte Reihen im Periodensystem. Innerhalb der Perioden sind die Eigenschaften der Elemente mit steigender Ordnungszahl (Gruppennummer) abgestuft.

### Atombau und Periodensystem

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

Angabe des Periodensystems		Bezug zum Atombau	
	Beispiel: Rubidium		Beispiel: Rubidium
<b>Ordnungszahl</b>	37	= Protonenzahl = Kernladungszahl = Elektronenzahl	37 37+ 37 e <sup>-</sup>
<b>Gruppennummer</b>	1	≙ Anzahl der Außen- elektronen	1
<b>Periodennummer</b>	5	≙ Anzahl der Elektronen- schalen	5

## Elemente der Hauptgruppen

Hauptgruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Gruppenname	Alkali-metalle	Erdalkali-metalle	Bor-gruppe	Kohlen-stoff-gruppe	Stick-stoff-gruppe	Chalko-gene	Halo-gene	Edel-gase
Periode	1							2
1	H 1							He 4
2	3 Li 7	4 Be 9	5 B 11	6 C 12	7 N 14	8 O 16	9 F 19	10 Ne 20
3	11 Na 23	12 Mg 24	13 Al 27	14 Si 28	15 P 31	16 S 32	17 Cl 35	18 Ar 40
4	19 K 39	20 Ca 40	31 Ga 70	32 Ge 72,5	33 As 75	34 Se 79	35 Br 80	36 Kr 84
5	37 Rb 85,5	38 Sr 87,5	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 127,5	53 J 127	54 Xe 131
6	55 Cs 133	56 Ba 137	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po 210	85 At 210	86 Rn 222
7	87 Fr 223	88 Ra 226						

Basencharakter

Säurecharakter

Basencharakter

Säurecharakter

basenbildend

amphoter

säurebildend

Die Pfeillinie in obenstehender Tabelle gibt an, wo die Nebengruppen-elemente des Periodensystems einzuordnen sind.

## Chemische Eigenschaften und Periodensystem

Beziehung zwischen Stellung im Periodensystem und Eigenschaft	Beispiel: Angaben über chemische Eigenschaften von Rubidium
<p>► Der Metallcharakter nimmt in den Perioden mit fallender, in den Hauptgruppen mit steigender Ordnungszahl zu</p>	<p>Metallcharakter stark ausgeprägt; stärker als Strontium, geringer als Zäsium</p>
<p>► Gruppennummer und (höchste) Wertigkeit gegenüber Sauerstoff stimmen in den Hauptgruppen I bis VII überein</p>	<p>Gegenüber Sauerstoff höchstens einwertig; <math>Rb_2O</math></p>
<p>► Gruppennummer und höchste Wertigkeit gegenüber Wasserstoff stimmen in den Hauptgruppen I bis IV überein. In den Hauptgruppen V bis VII nimmt die Wertigkeit gegenüber Wasserstoff jeweils um eins ab</p>	<p>Gegenüber Wasserstoff einwertig; <math>RbH</math></p>
<p>► Innerhalb der Gruppe nimmt mit steigender Ordnungszahl der basische Charakter zu, der saure ab</p>	<p>Stärker basisch als Natrium und Kalium, jedoch schwächer basisch als Zäsium</p>
<p>► Innerhalb der Periode nimmt mit steigender Ordnungszahl (oder Gruppennummer) der basische Charakter ab, der saure zu</p>	<p>Stärker basisch als Strontium</p>
<p>► Innerhalb der Hauptgruppen, in denen typische Metalle stehen, nimmt in der Regel mit steigender Ordnungszahl die Reaktionsfähigkeit gegenüber typischen Nichtmetallen zu</p>	<p>Größere Reaktionsfähigkeit z.B. gegenüber Sauerstoff und Halogenen als Kalium</p>
<p>► Innerhalb der Hauptgruppen, in denen typische Nichtmetalle stehen, nimmt in der Regel mit steigender Ordnungszahl die Reaktionsfähigkeit gegenüber typischen Metallen ab</p>	<p>Größere Reaktionsfähigkeit gegenüber Chlor als gegenüber Brom</p>

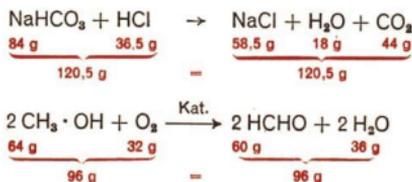
Beziehungen zwischen Gruppennummer und höchster Wertigkeit der Elemente gegenüber Wasserstoff und Sauerstoff:

Hauptgruppennummer	I	II	III	IV	V	VI	VII
Wasserstoffverbindung (Beispiele)	NaH	CaH <sub>2</sub>	AlH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	SH <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> S)	ClH (HCl)
(höchste) Wertigkeit gegenüber Wasserstoff	I	II	III	IV	III	II	I
Sauerstoffverbindung (Beispiele)	Na <sub>2</sub> O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
(höchste) Wertigkeit gegenüber Sauerstoff	I	II	III	IV	V	VI	VII

## 5. Gesetze

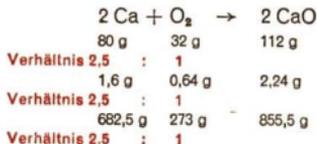
### Gesetz von der Erhaltung der Masse

Bei jedem chemischen Vorgang ist die Gesamtmasse der Ausgangsstoffe gleich der Gesamtmasse der Reaktionsprodukte.



### Gesetz der konstanten Proportionen

Die Stoffe reagieren miteinander stets in bestimmten Massenverhältnissen, die durch das Verhältnis ihrer relativen Atom- bzw. Molekülmassen angegeben werden.



## 6. Stöchiometrisches Rechnen

Die Stoffe reagieren im Verhältnis ihrer relativen Atom- bzw. Molekülmassen. Aus diesen bekannten Verhältnissen lassen sich andere errechnen. Das Lösen solcher Aufgaben heißt **stöchiometrisches Rechnen**.

### Berechnung prozentualer Anteile von Elementen und Elementoxiden

Teilschritt	Beispiel: Berechnen Sie den prozentualen Stickstoffgehalt von Ammonsulfat!
1. Aufschreiben der Formel der gegebenen Verbindung und des Symbols (bzw. der Formel) des zu ermittelnden Stoffes im entsprechenden Verhältnis	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2 N
2. Eintragen der zugehörigen Mole bzw. Grammatome unter den Zeichen	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2 N 132 g                28 g
3. Gesamtmolekül gleich 100 setzen; gesuchte Größe über das Symbol (bzw. die Formel) schreiben	100                    x $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2 N 132 g                28 g
4. Aufstellen der Proportion zwischen bekannten und gesuchten Größen	$132 \text{ g} : 100 = 28 \text{ g} : x$
5. Ausrechnen der Proportion	$x = \frac{100 \cdot 28}{132} \quad \frac{\text{g}}{\text{g}}$ $x = 21,2$
6. Formulieren des Ergebnisses	<b>Ammonsulfat enthält 21,2% Stickstoff.</b>

- Wie hoch ist der Kaliumgehalt von reinem Kaliumchlorid, ausgedrückt in Kaliumoxid?

$$\begin{array}{r}
 100 \qquad \qquad x \\
 2 \text{ KCl} \qquad \text{K}_2\text{O} \\
 (2 \cdot 74,6 \text{ g}) \\
 149,2 \text{ g} \qquad \qquad 94,2 \text{ g} \\
 149,2 : 100 = 94,2 : x \\
 \\
 x = \frac{100 \cdot 94,2}{149,2} \quad \frac{\text{g}}{\text{g}} \\
 \\
 x = 63,1
 \end{array}$$

Der Kaliumgehalt von Kaliumchlorid entspricht 63,1%  $\text{K}_2\text{O}$ .

## Berechnung der Masse der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte

Teilschritt	Beispiel: Wieviel Kilogramm Wasser sind nötig, um 50 kg Branntkalk CaO vollständig in Löschkalk Ca(OH) <sub>2</sub> umzuwandeln?
1. Aufstellen der Reaktionsgleichung für den Vorgang	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
2. Eintragen der bekannten Stoffmengen, die miteinander reagieren (Mol, Grammatom) unter der Gleichung	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ <p>56 g    18 g    74 g</p>
3. Eintragen der gegebenen und gesuchten Größen über der Gleichung	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ <p>50 kg    x 56 g    18 g    74 g</p>
4. Aufstellen der Proportion zwischen bekannten und gesuchten Größen	$56 \text{ g} : 50 \text{ kg} = 18 \text{ g} : x$
5. Ausrechnen der Proportion	$x = \frac{50 \cdot 18}{56} \frac{\text{kg} \cdot \text{g}}{\text{g}}$ <p><math>x = 16,1 \text{ kg}</math></p>
6. Formulieren des Ergebnisses	<b>16,1 kg Wasser verbinden sich mit 50 kg Branntkalk zu Löschkalk</b>

Sind Gase an der Reaktion beteiligt, so kann mit dem Molvolumen auch deren Volumen errechnet werden.

- Wieviel Liter Sauerstoff werden benötigt, damit 40 g Kohlenstoff zu Kohlendioxid verbrennen?

$$\begin{array}{r}
 40 \text{ g} \quad x \\
 \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \\
 12 \text{ g} \quad 22,4 \text{ l} \\
 12 \text{ g} : 40 \text{ g} = 22,4 \text{ l} : x \\
 x = \frac{40 \cdot 22,4}{12} \frac{\text{g} \cdot \text{l}}{\text{g}} \\
 x = 74,7 \text{ l}
 \end{array}$$

74,7 l Sauerstoff verbinden sich mit 40 g Kohlenstoff zu Kohlendioxid.

## 7. Reaktionswärme

Bei chemischen Vorgängen wird Wärme umgesetzt. Die dabei aufgenommene oder abgegebene Wärme bezeichnet man als **Reaktionswärme**.

### Endotherme Reaktionen

Chemische Vorgänge, bei denen die reagierenden Stoffe Wärme aufnehmen.

### Exotherme Reaktionen

Chemische Vorgänge, bei denen die reagierenden Stoffe Wärme abgeben.

### Angabe der Reaktionswärme

Die Reaktionswärme  $Q$  wird in Kilokalorien kcal angegeben. Sie bezieht sich auf die Umsetzung eines Grammatoms bzw. eines Mols der beteiligten Stoffe.

Reaktion	Angabe der Reaktionswärme $Q$	Beispiel
endotherm	$Q = + n \text{ kcal}$	$\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2 \text{CO} \quad Q = + 41,2 \text{ kcal}$
exotherm	$Q = - n \text{ kcal}$	$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \quad Q = - 94,0 \text{ kcal}$

## 8. Chemisches Gleichgewicht - Reaktionsgeschwindigkeit

### Chemisches Gleichgewicht

Ein chemisches Gleichgewicht hat sich eingestellt, wenn **Hin-** und **Rückreaktion** mit gleichen Reaktionsgeschwindigkeiten ablaufen.



Die Lage des chemischen Gleichgewichts kann beeinflusst werden:

Bedingung	Wirkung auf Gleichgewicht	Beispiel: $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$ $Q = - 22 \text{ kcal}$			
		Temperatur	Druck	Raumanteile <sup>1</sup> N <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>   NH <sub>3</sub>	
▶ <b>Temperatur</b>	Bei Temperaturerhöhung verlagert sich das chemische Gleichgewicht nach der Seite der Reaktion, die unter Wärmeverbrauch verläuft.	200 °C 700 °C	1 at 1 at	84,7% 99,98%	15,3% 0,02%
▶ <b>Druck</b>	Bei Druckerhöhung verlagert sich das chemische Gleichgewicht nach der Seite der Reaktion, die unter Volumenabnahme verläuft.	500 °C 500 °C	200 at 1000 at	82,4% 42,5%	17,6% 57,5%

<sup>1</sup> nach Einstellung des Gleichgewichts

## Reaktionsgeschwindigkeit

Geschwindigkeit, mit der ein chemischer Vorgang abläuft. Sie wird gekennzeichnet durch die Anzahl der in einer Zeiteinheit umgesetzten Atome bzw. Moleküle.

Die Reaktionsgeschwindigkeit kann beeinflusst werden:

Bedingung	Wirkung auf Reaktionsgeschwindigkeit
▶ <b>Temperatur</b>	Bei Temperaturerhöhung um je 10 °C steigt die Reaktionsgeschwindigkeit etwa auf das Doppelte bis Vierfache an.
▶ <b>Oberflächengröße</b>	Je feiner der Zerteilungsgrad fester Stoffe (je größer also ihre Oberfläche) desto größer die Reaktionsgeschwindigkeit.
▶ <b>Katalysator</b>	Katalysatoren sind Stoffe, die chemische Reaktionen beschleunigen (oder verzögern), ohne dabei selbst bleibend verändert zu werden.

## 9. Elektrolytische Dissoziation

### Elektrolyte

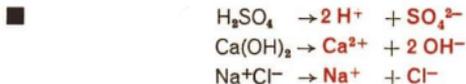
Stoffe, die in wässriger Lösung (bzw. in Schmelzen) den elektrischen Strom leiten.

### Nichtelektrolyte

Stoffe, deren Lösungen oder Schmelzen den elektrischen Strom nicht leiten.

### Elektrolytische Dissoziation

Vorgang, bei dem durch Lösen in Wasser Elektrolyte in frei bewegliche positive und negative Ionen aufgespalten werden.

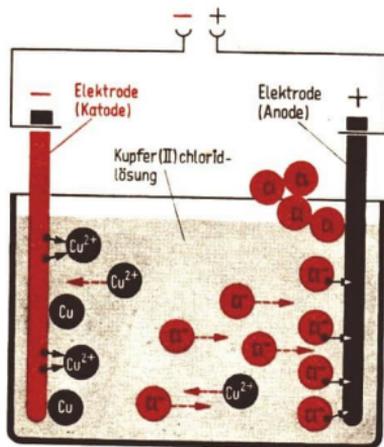


### Elektrolyse

Chemische Zersetzung eines Elektrolyten durch den elektrischen Strom.

Bei der Elektrolyse wandern die positiven Ionen zur **Katode** und die negativen Ionen zur **Anode**. An den Elektroden werden Ionen entladen.

#### Elektrolyse von Kupfer(II)-chloridlösung



### Anionen - Kationen

Anionen: negative Ionen



Kationen: positive Ionen



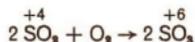
## 10. Oxydation - Reduktion

### Oxydation

Im engeren Sinne chemischer Vorgang, bei dem sich Stoffe mit Sauerstoff verbinden.



Im weiteren Sinne chemischer Vorgang, bei dem Stoffe Elektronen abgeben, also ihre positive Ladung zunimmt oder die negative abnimmt.

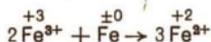


### Reduktion

Im engeren Sinne chemischer Vorgang, bei dem Verbindungen Sauerstoff entzogen wird.

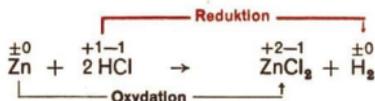
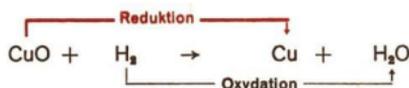


Im weiteren Sinne chemischer Vorgang, bei dem Stoffe Elektronen aufnehmen, also ihre positive Ladung abnimmt oder die negative zunimmt.



### Redoxreaktionen

Da der Abgabe von Elektronen stets eine Aufnahme von Elektronen gegenübersteht, sind Oxydation und Reduktion voneinander abhängige Teilvorgänge. Das **Oxydationsmittel** (der Elektronen aufnehmende Stoff) wird reduziert, das **Reduktionsmittel** (der Elektronen abgebende Stoff) wird oxydiert.



## Oxydationszahl

Die Oxydationszahl eines Atoms gibt Vorzeichen und Größe der elektrischen Ladung an, die dem Atom zuzuschreiben wäre, wenn man die Elektronen nach bestimmten Regeln auf die Atome verteilt:

▶ Die Oxydationszahl eines einatomigen Ions in einer Ionenverbindung ist gleich seiner elektrischen Ladung.	■ $+1 -1$ $\text{Na}^+\text{Cl}^-$
▶ Die Oxydationszahl von Atomen in einer Elementarsubstanz ist gleich Null.	■ $\pm 0$ $\text{C}$
▶ In einer Atomverbindung ist die Oxydationszahl jedes Atoms diejenige Ladung, die dem Atom verbleibt, wenn alle gemeinsamen Elektronenpaare vollständig dem stärker elektronegativen Atom zugeschrieben werden. Elektronenpaare, die zwei Atomen desselben Elements gemeinsam angehören, werden auf beide Atome aufgeteilt.	■ $-4 +1$ $\text{CH}_4$

## 11. Oxide - Basen - Säuren - Salze

### Oxide

Verbindungen der Elemente mit Sauerstoff.

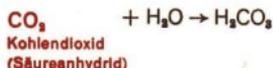
### Säuren

Verbindungen, die in wässriger Lösung (bzw. in Schmelzen) in frei bewegliche positive Wasserstoff-Ionen und negative Säurerest-Ionen dissoziieren.



### Säureanhydride

Oxide, die mit Wasser zu Säuren reagieren.



## Bildung von anorganischen Säuren

Art	Beispiel
▶ Aus Nichtmetalloxid und Wasser	$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
▶ Aus Nichtmetall und Wasserstoff	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$
▶ Durch Verdrängung aus ihren Salzen mittels schwerer flüchtiger Säuren	$2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

## Anorganische Säuren und ihre Salze

Säure			Salz
Name	Formel	Ionen	
Fluorwasserstoffsäure	HF	$\text{H}^+ \text{F}^-$	Fluorid
Chlorwasserstoffsäure	HCl	$\text{H}^+ \text{Cl}^-$	Chlorid
Chlorsäure	$\text{HClO}_3$	$\text{H}^+ \text{ClO}_3^-$	Chlorat
Bromwasserstoffsäure	HBr	$\text{H}^+ \text{Br}^-$	Bromid
Jodwasserstoffsäure	HJ	$\text{H}^+ \text{J}^-$	Jodid
Schwefelwasserstoffsäure	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{H}^+ \text{HS}^-$ $2 \text{H}^+ \text{S}^{2-}$	Hydrosulfid Sulfid
schweflige Säure	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$\text{H}^+ \text{HSO}_3^-$ $2 \text{H}^+ \text{SO}_3^{2-}$	Hydrosulfit Sulfit
Schwefelsäure	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{H}^+ \text{HSO}_4^-$ $2 \text{H}^+ \text{SO}_4^{2-}$	Hydrosulfat Sulfat
salpetrige Säure	$\text{HNO}_2$	$\text{H}^+ \text{NO}_2^-$	Nitrit
Salpetersäure	$\text{HNO}_3$	$\text{H}^+ \text{NO}_3^-$	Nitrat
Kieselsäure	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	$(2 \text{H}^+ \text{SiO}_3^{2-})$	Silikat

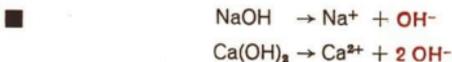
Säure			Salz
Name	Formel	Ionen	
<b>Phosphorsäure</b>	$H_3PO_4$	$H^+ H_2PO_4^-$ $2 H^+ HPO_4^{2-}$ $3 H^+ PO_4^{3-}$	<b>Dihydrogenphosphat</b> <b>Hydrogenphosphat</b> <b>Phosphat</b>
<b>Kohlensäure</b>	$H_2CO_3$	$H^+ HCO_3^-$ $2 H^+ CO_3^{2-}$	<b>Hydrogenkarbonat</b> <b>Karbonat</b>

### Organische Säuren und ihre Salze

Säure				Salz	
Name	ältere Bezeichnung	Formel	Ionen	rationeller Name	ältere Bezeichnung
<b>Methansäure</b>	Ameisensäure	$HCOOH$	$H^+ HCOO^-$	<b>Methanat</b>	Formiat
<b>Äthansäure</b>	Essigsäure	$CH_3-COOH$	$H^+ CH_3-COO^-$	<b>Äthanat</b>	Azetat
<b>Propan-säure</b>	Propionsäure	$C_2H_5-COOH$	$H^+ C_2H_5-COO^-$	<b>Propanat</b>	Propionat
<b>Butansäure</b>	Buttersäure	$C_3H_7-COOH$	$H^+ C_3H_7-COO^-$	<b>Butanat</b>	Butyrat
<b>Pentansäure</b>	Valeriansäure	$C_4H_9-COOH$	$H^+ C_4H_9-COO^-$	<b>Pentanat</b>	Valerat
<b>Hexadekan-säure</b>	Palmitinsäure	$C_{15}H_{31}-COOH$	$H^+C_{15}H_{31}-COO^-$	<b>Hexa-dekanat</b>	Palmitat
<b>Oktadekan-säure</b>	Stearinsäure	$C_{17}H_{35}-COOH$	$H^+C_{17}H_{35}-COO^-$	<b>Oktadekanat</b>	Stearat
<b>Oktadeken-säure</b>	Ölsäure	$C_{17}H_{33}-COOH$	$H^+C_{17}H_{33}-COO^-$	<b>Oktadekenat</b>	Oleat
<b>Äthandi-säure</b>	Oxalsäure	$\begin{array}{c} COOH \\   \\ COOH \end{array}$	$2 H^+ \left[ \begin{array}{c} COO \\   \\ COO \end{array} \right]^{2-}$	<b>Äthandiat</b>	Oxalat

## Hydroxide

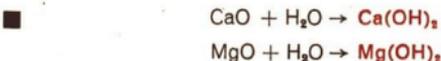
Verbindungen, die in wässriger Lösung (bzw. in Schmelzen) in frei bewegliche positive Ionen und negative Hydroxid-Ionen dissoziieren.



Hydroxide werden auch als Basen bezeichnet.

## Bildung von Hydroxiden

Metalloxid + Wasser  $\rightarrow$  Hydroxid



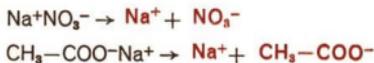
## Basenanhydride

Oxide, die mit Wasser zu Basen reagieren.



## Salze

Verbindungen, die in wässriger Lösung (bzw. in Schmelzen) in frei bewegliche positive Ionen und negative Säurerest-Ionen dissoziieren.



## Salzbildung

Art	Ausgangsstoffe	Beispiele
▶ Reaktion von Metall und Säure	Metall + Säure	$\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2 + \text{ZnCl}_2$
▶ Reaktion von Hydroxid (oder Metalloxid) und - Säure (oder Nichtmetalloxid)	Metalloxid + Säure Hydroxid + Säure Hydroxid + Nichtmetalloxid Metalloxid + Nichtmetalloxid	$\text{CaO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ $\text{KOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3$ $2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ $\text{CaO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3$
▶ Reaktion von Metall und Nichtmetall	Metall + Nichtmetall	$2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl}$
▶ Fällungsreaktion	Salz + Salz	$\text{CaCl}_2 + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow 2 \text{AgCl} \downarrow + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ $2 \text{Cl}^- + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow 2 \text{AgCl} \downarrow$
▶ Reaktion des Salzes einer leichtflüchtigen Säure mit einer schwerer flüchtigen Säure	Salz einer leichtflüchtigen Säure + schwerer flüchtige Säure	$\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
▶ Hitzespaltung eines Salzes	Salz	$2 \text{KNO}_3 \rightarrow 2 \text{KNO}_2 + \text{O}_2$

## 12. Konzentrationsmaße

### Masseprozent

Masse des gelösten Stoffes in Gramm, die in 100g Lösung enthalten ist:

$$\text{Masse-\%} = \frac{a \text{ g gelöster Stoff}}{b \text{ g Lösung}} \cdot 100$$

## Volumenprozent

Volumen des gelösten Stoffes in ml, das in 100 ml Lösung enthalten ist:

$$\text{Vol.-%} = \frac{a \text{ ml enthaltener Stoff}}{b \text{ ml Lösung}} \cdot 100$$

## Molarität

Anzahl der Mole des gelösten Stoffes in einem Liter Lösung:

$$m = \frac{a \text{ Mol gelöster Stoff}}{b \text{ l Lösung}}$$

## Normalität

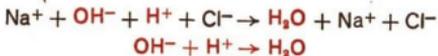
Anzahl der Grammäquivalente des gelösten Stoffes in einem Liter Lösung:

$$n = \frac{a \text{ Val gelöster Stoff}}{b \text{ l Lösung}}$$

## 13. Neutralisation - Hydrolyse - pH-Wert

### Neutralisation

Vereinigung von Wasserstoff-Ionen und Hydroxid-Ionen zu undissoziiertem Wasser.



### Hydrolyse

Ablauf von Ionenreaktionen beim Lösen von Salzen in Wasser, die zu einer basischen oder sauren Reaktion der Lösung führen.

Reines Wasser dissoziiert in sehr geringem Maße in Wasserstoff- und Hydroxid-Ionen (1 Molekül von 550 Millionen Molekülen Wasser):



Bei mehreren Salzlösungen führt die Reaktion eines Teils ihrer Ionen mit den Ionen des Wassers zu saurer oder basischer Reaktion der Lösung.

Natriumkarbonat



basische Reaktion

Zinkchlorid



saure Reaktion

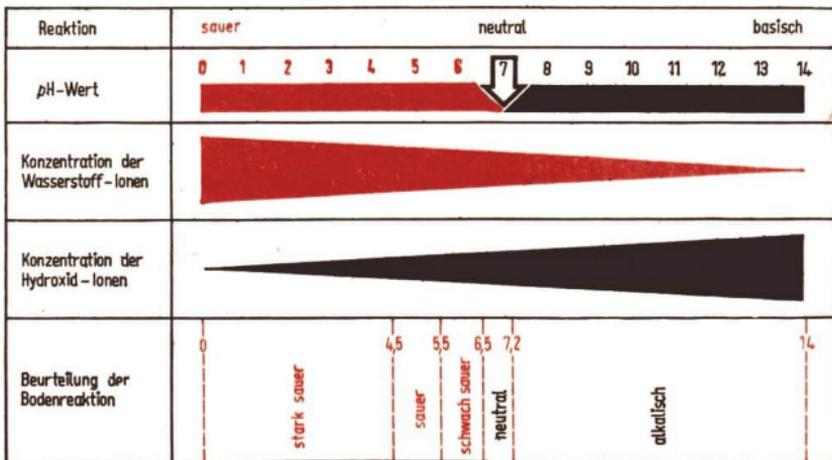
## Reaktion von Salzlösungen

Salz aus		Reaktion der Salzlösung
Hydroxid	Säure	
stark	stark	neutral
stark	schwach	basisch
schwach	stark	saure

## pH-Wert

Maß für den **Säuregrad** einer Lösung.

Maß für die Konzentration an Wasserstoff-Ionen in einer Lösung. Der pH-Wert wird zum Beispiel benutzt, um die **Bodenreaktion** anzugeben



# B. ELEMENTE UND ANORGANISCHE VERBINDUNGEN

## 1. Wasserstoff und Alkalimetalle

### Wasserstoff

Formel:  $H_2$ ; farbloses, geruchloses Gas; geringste Dichte aller Gase ( $\rho=0,0000899 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ); läßt sich durch starke Abkühlung zu farbloser Flüssigkeit verdichten, die bei weiterer Abkühlung zu einer festen Masse erstarrt; in Wasser wenig löslich; hohe Reaktionsfähigkeit gegenüber Sauerstoff; verbrennt mit bläulicher Flamme unter starker Wärmeentwicklung zu Wasser:



Wasserstoff-Sauerstoff-Gemische (Knallgas) setzen sich beim Erhitzen, Wasserstoff-Chlor-Gemische (Chlorknallgas) schon bei Sonnenlichteinwirkung explosionsartig um.

### Elemente der I. Hauptgruppe

Element Symbol	Lithium Li	Natrium Na	Kalium K	Rubidium Rb	Zäsium Cs
relative Atommasse	6,94	22,989	39,10	85,47	132,91
Dichte in $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0,53	0,97	0,86	1,52	1,87
Schmelztemperatur in $^{\circ}\text{C}$	179	98	64	39	28,5
Siedetemperatur in $^{\circ}\text{C}$	1340	883	760	696	708
Reaktionsfähigkeit gegenüber Sauerstoff					
Hydroxid	LiOH	NaOH	KOH	RbOH	CsOH
Stärke der Base					

## Lithium

Symbol: **Li**; silberweißes, glänzendes Metall; gegenüber Sauerstoff sehr reaktionsfähig; oxydiert an der Luft; reagiert mit Wasser, ohne dabei zu schmelzen.  
Flammenfärbung: karminrot.

## Natrium

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



Flammenfärbung: gelb.

## Natriumhydroxid

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

## Kalium

Symbol: **K**; silberweißes, weiches Metall; große Reaktionsfähigkeit gegenüber Sauerstoff; oxydiert an der Luft sehr schnell; Aufbewahrung unter Petroleum; reagiert sehr heftig mit Wasser unter Bildung von Wasserstoff und Kaliumhydroxid:



der entweichende Wasserstoff entzündet sich stets.

Flammenfärbung: violett (Beobachtung durch Kobaltglas).

## Kaliumhydroxid

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

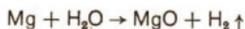
## 2. Erdalkalimetalle

### Elemente der II. Hauptgruppe

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 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1,86	1,74	1,54	2,60	3,65
Schmelztemperatur in $^{\circ}\text{C}$	1285	650	845	757	710
Siedetemperatur in $^{\circ}\text{C}$	2970	1120	1439	1366	1696
Reaktionsfähigkeit gegenüber Sauerstoff					
Hydroxid	$\text{Be}(\text{OH})_2$	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{Sr}(\text{OH})_2$	$\text{Ba}(\text{OH})_2$
Stärke der Base					

### 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; reagiert in der Hitze mit Wasserdampf:



### Magnesiumoxid

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

### Kalzium

Symbol: **Ca**; silberweißes, weiches Metall; große Reaktionsfähigkeit gegenüber Sauerstoff; oxydiert an der Luft sehr schnell; Aufbewahrung unter Petroleum oder Paraf-

finöl; reagiert mit Wasser stärker als Magnesium, allerdings langsamer als die Alkalimetalle:



Flammenfärbung: orange bis ziegelrot.

### Kalziumoxid

Formel:  $\text{CaO}$ ; weißer, stückiger Stoff; reagiert unter starker Wärmeentwicklung mit Wasser zu Kalziumhydroxid; zieht aus der Luft Wasser und Kohlendioxid an.

### Kalziumhydroxid

Formel:  $\text{Ca(OH)}_2$ ; weißes Pulver; ätzend, in Wasser etwas löslich zu Kalziumhydroxidlösung; Aufschlämmung wird Kalkmilch genannt.

## 3. Borgruppe

### Elemente der III. Hauptgruppe

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 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	2,34	2,70	5,91	7,31	11,83
Schmelztemperatur in $^{\circ}\text{C}$	2400	660	29,8	156	303
Oxid	$\text{B}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Ga}_2\text{O}_3$	$\text{In}_2\text{O}_3$	$\text{Tl}_2\text{O}_3$
Saurecharakter					

### Bor

Symbol: **B**; Nichtmetall (braunes Pulver, schwarzgraue Kristalle); chemisch sehr widerstandsfähig; verbrennt an der Luft bei  $700^{\circ}\text{C}$  zu Bortrioxid  $\text{B}_2\text{O}_3$ .

## Aluminium

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

## Aluminiumoxid

Formel:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; weißes Pulver, in der Natur auch kristallisch; in Wasser unlöslich; reagiert mit starken Säuren oder starken Basen unter Salzbildung (amphoterer Charakter).

## 4. Kohlenstoffgruppe

### Elemente der IV. Hauptgruppe

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 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	Diamant 3,51 Graphit 2,25	2,33	5,35	7,28	11,34
Schmelztemperatur in $^{\circ}\text{C}$	Diamant 3540 Graphit 3800	1413	958	232	327
Oxid	$\text{CO}_2$	$\text{SiO}_2$	$\text{GeO}_2$	$\text{SnO}_2$	$\text{PbO}_2$
Säurecharakter					

## Kohlenstoff

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

**Diamant**: farblose, durchsichtige, stark lichtbrechende und glänzende Kristalle; härtester in der Natur vorkommender Stoff, jedoch spröde; gegen Säuren und Basen beständig; verbrennt in reinem Sauerstoff über  $800^{\circ}\text{C}$  zu Kohlendioxid.

**Graphit**: graue, schuppige Massen, die sich fettig anfühlen; sehr weich, färbt leicht ab;

guter Leiter für Wärme und Elektrizität; hohe Temperaturbeständigkeit; beständig gegen die meisten Chemikalien; verbrennt in reinem Sauerstoff bei 700 °C zu Kohlendioxid. Beim Verbrennen kohlenstoffreicher Substanzen unter ungenügendem Luftzutritt entsteht **Ruß** (mikroskopisch kleine Graphitkristalle).

### **Kohlenmonoxid**

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



### **Kohlendioxid**

Formel: **CO<sub>2</sub>**; 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“)

### **Kohlensäure**

Formel: **H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**; leichtzersetzliche, leichtflüchtige und schwache Säure; bildet Salze: **Karbonate** und **Hydrogenkarbonate**; wird von schwerer flüchtigen Säuren aus ihren Salzen verdrängt.

### **Natriumkarbonat**

Formel: **Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**; farblose, durchsichtige Kristalle, die an der Luft verwittern; wasserfrei (kalziniert) ein weißes Pulver; in Wasser leichtlöslich; Lösung reagiert durch Hydrolyse stark basisch.

### **Natriumhydrogenkarbonat**

Formel: **NaHCO<sub>3</sub>**; weißes, kristallines Pulver; zersetzt sich beim Erhitzen:



in Wasser etwas schwerer löslich als Natriumkarbonat; Lösung reagiert durch Hydrolyse schwach basisch.

## **Kaliumkarbonat**

Formel:  $K_2CO_3$ ; weißes, stark hygroskopisches Pulver; in Wasser leichtlöslich; Lösung reagiert durch Hydrolyse stark basisch.

## **Kalziumkarbonat**

Formel:  $CaCO_3$ ; weißes Pulver; in Wasser unlöslich; reagiert mit kohlensäurehaltigem Wasser zu **Kalziumhydrogenkarbonat**:



zersetzt sich beim Erhitzen (Kalkbrennen):



## **Silizium**

Symbol: **Si**; braunes Pulver oder dunkelgraue, sehr harte Kristalle; beide Formen sind jedoch keine Modifikationen; reagiert mit anderen Elementen erst bei hohen Temperaturen; beständig gegen Säuren, reagiert aber mit starken Laugen unter Bildung von Silikaten und Wasserstoff.

## **Siliziumdioxid**

Formel:  $SiO_2$ ; weißer kristalliner Stoff, auch als gut ausgebildete, farblose Kristalle vorkommend (Bergkristall); große Härte; schwerschmelzbar; beständig gegen die meisten Säuren; reagiert mit Alkalimetallhydroxiden unter Bildung von Silikaten und Wasser.

## **Kieselsäure**

Einfachste Formel:  $H_2SiO_3$ ; unbeständige, sehr schwache Säure; tritt nur in ihren Salzen, den **Silikaten**, auf; wird von stärkeren Säuren aus ihren Salzen verdrängt.

## **Natriumsilikat**

Formel:  $Na_2SiO_3$ ; weißer, fester Stoff; in Wasser löslich, Lösung ist farblos (Natronwasserglas).

## 5. Stickstoffgruppe

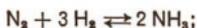
### Elemente der V. Hauptgruppe

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 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0,00125	weiß 1,82 rot 2,36	gelb 1,97 grau 5,72	gelb (unbe- ständig) grau 6,69	9,80
Metallcharakter	Nichtmetall <span style="float: right;">Metall</span>				
Schmelztemperatur in $^{\circ}\text{C}$	-210	weiß 44 rot 590	grau 817 bei 36 at	grau 630	271
Siedetemperatur in $^{\circ}\text{C}$	-195,8	weiß 280 rot subli- miert bei 416	grau sublimiert bei 633	grau 1635	1560
Trioxid	$\text{N}_2\text{O}_3$ stark sauer	$\text{P}_2\text{O}_3$ sauer	$\text{As}_2\text{O}_3$ schwach sauer oder basisch	$\text{Sb}_2\text{O}_3$ sauer oder basisch	$\text{Bi}_2\text{O}_3$ basisch
Säure	$\text{HNO}_2$	$\text{HPO}_2$	$\text{HAsO}_2$	$\text{HSbO}_2$	—
Pentoxid	$\text{N}_2\text{O}_5$ stark sauer	$\text{P}_2\text{O}_5$ sauer	$\text{As}_2\text{O}_5$ sauer	$\text{Sb}_2\text{O}_5$ schwach sauer	—
Säure	$\text{HNO}_3$	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$\text{H}_3\text{AsO}_4$	—	—
Säurecharakter der Oxide					

### Stickstoff

Symbol: **N**, Formel:  $\text{N}_2$ ; 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 (Gleichgewichtsreaktion):



Stickstoff läßt sich erst bei sehr hohen Temperaturen oxydieren.

### **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: **NO<sub>2</sub>**; rotbraunes Gas; setzt sich mit Wasser zu Salpetersäure und Stickstoffmonoxid um:



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

### **Salpetersäure**

Formel: **HNO<sub>3</sub>**

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

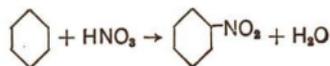
**Konzentrierte Salpetersäure**: farblose Flüssigkeit; zerfällt unter Lichteinwirkung bereits bei Raumtemperatur:



starkes Oxydationsmittel; entzündet leicht entflammare Stoffe, setzt sich infolge Oxydationswirkung auch mit edleren Metallen zu Salzen um:



reagiert mit Eiweißen unter Gelbfärbung (Xanthoproteinreaktion); wirkt (im Gemisch mit konzentrierter Schwefelsäure) auf organische Verbindungen nitrierend (Einführung von Nitrogruppen),

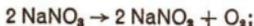


oder veresternd (Bildung von Salpetersäureestern):



### **Natriumnitrat**

Formel: **NaNO<sub>3</sub>**; farblose Kristalle; in Wasser gut löslich; hygroskopisch; gibt beim Erhitzen leicht Sauerstoff ab, wobei Natriumnitrit entsteht:



### **Ammoniak**

Formel: **NH<sub>3</sub>**; farbloses, stechend riechendes Gas; brennt in Sauerstoff:



in Wasser sehr leicht löslich, setzt sich dabei teilweise mit Wasser um:



Lösung heißt **Ammoniakwasser**; Ammoniak und Ammoniakwasser reagieren mit Säuren unter Salzbildung (**Ammoniumsalze**).

### **Ammoniumchlorid**

Formel: **NH<sub>4</sub>Cl**; weißer, kristalliner Stoff; in Wasser leichtlöslich; zerfällt beim Erhitzen:



reagiert mit schwerer flüchtigen Basen, wobei Ammoniak frei wird:



### **Phosphor**

Symbol: **P**; Modifikationen: **weißer Phosphor**, **roter Phosphor**.

**Weißer Phosphor**: wachsweich, in Wasser unlöslich, leichtlöslich in Kohlendisulfid CS<sub>2</sub>; hohe Reaktionsfähigkeit gegenüber Sauerstoff; entzündet sich bei 50 °C, in feinverteilter Form bereits bei Raumtemperatur; entwickelt an der Luft weißen Rauch (Phosphoroxide), leuchtet im Dunkeln; stark giftig, wirkt außerdem ätzend; wandelt sich unter Lichteinwirkung langsam in die rote Modifikation um; wird abgedunkelt unter Wasser aufbewahrt. **Roter Phosphor**: dunkelrotes Pulver, unlöslich in Wasser und in Kohlendisulfid; weniger reaktionsfähig als weißer Phosphor; entzündet sich erst oberhalb 400 °C; leuchtet im Dunkeln nicht; ungiftig, ist jedoch häufig mit weißem Phosphor verunreinigt.

## Phosphorpentoxid

Formel:  $P_2O_5$ ; weißes, lockeres Pulver; stark hygroskopisch; reagiert heftig unter Zischen mit Wasser, wobei Phosphorsäure entsteht.

## Phosphorsäure

Formel:  $H_3PO_4$ ; farblose, geruchlose Flüssigkeit; je nach Konzentration dünnflüssig bis sirupartig; mittelstarke Säure, nicht flüchtig; dissoziiert in drei Stufen:

- ▶  $H_3PO_4 \rightarrow H^+ + H_2PO_4^-$
- ▶  $H_2PO_4^- \rightarrow H^+ + HPO_4^{2-}$
- ▶  $HPO_4^{2-} \rightarrow H^+ + PO_4^{3-}$

bildet Salze: Dihydrogenphosphate, Hydrogenphosphate und Phosphate.

## 6. Chalkogene

### Elemente der VI. Hauptgruppe

Element Symbol	Sauerstoff O	Schwefel S	Selen Se	Tellur Te
relative Atommasse	15,999	32,06	78,96	127,60
Dichte in $g \cdot cm^{-3}$	0,0014	2,06	metallisch 4,82 nichtmetallisch 4,47	metallisch 6,25 nichtmetallisch 6,0
<b>Metallcharakter</b>				
Schmelztemperatur in °C	-219	113	220 144	452
Siedetemperatur in °C	-183	445	685	1390
<b>Reaktionsfähigkeit gegenüber Sauerstoff</b>				

Element Symbol	Sauerstoff O	Schwefel S	Selen Se	Tellur Te
Dioxid	—	SO <sub>2</sub>	SeO <sub>2</sub>	TeO <sub>2</sub>
Säure	—	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> TeO <sub>3</sub>
Trioxid	—	SO <sub>3</sub>	SeO <sub>3</sub>	TeO <sub>3</sub>
Säure	—	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> TeO <sub>6</sub>
<b>Säurecharakter der Oxide</b>				
Wasserstoffverbindung	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> Se	H <sub>2</sub> Te

## Sauerstoff

Symbol: **O**; Formel: **O<sub>2</sub>**; 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 Feuererscheinung mit dem brennenden Stoff (Oxydation).

## Schwefel

Symbol: **S**; fester gelber Stoff; geringe Härte, spröde; in Wasser unlöslich, in Kohlendisulfid CS<sub>2</sub> leicht löslich; Schwefeldampf sublimiert bei schnellem Abkühlen; verbrennt mit blauer Flamme zu Schwefeldioxid; verbindet sich in der Wärme mit Metallen zu **Sulfiden**, mit Wasserstoff zu Schwefelwasserstoff:



## Schwefelwasserstoff

Formel: **H<sub>2</sub>S**; farbloses, unangenehm riechendes Gas; sehr gefährliches Atemgift; in Wasser löslich, dabei wenig dissoziiert (Schwefelwasserstoffsäure); reagiert mit Schwermetallsalzlösungen unter Bildung unlöslicher **Sulfide**:



verbrennt an der Luft mit bläulicher Flamme:

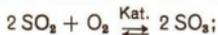


bei ungenügender Luftzufuhr (bei der Verbrennung) scheidet sich elementarer Schwefel ab:



## Schwefeldioxid

Formel:  $\text{SO}_2$ ; 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 schwefeliger Säure:



reagiert mit Metalloxiden oder Hydroxiden unter Salzbildung.

## Schweflige Säure

Formel:  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ; farblose Flüssigkeit; stechender Geruch nach Schwefeldioxid; schwache, leichtflüchtige Säure; zerfällt beim Erhitzen:



bildet Salze: **Hydrogensulfite** und **Sulfite**.

## Schwefeltrioxid

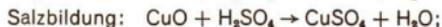
Formel:  $\text{SO}_3$ ; farblose Nadeln, die bereits bei  $18^\circ\text{C}$  schmelzen; stark hygroskopisch; bildet leichte weiße Nebel, die sich sehr schwer mit weiterem Wasser verbinden; reagiert in geringer Menge mit Wasser zu Schwefelsäure.

## Schwefelsäure

Formel:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

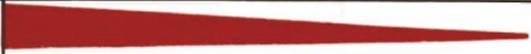
**Verdünnte Schwefelsäure:** farblose, geruchlose Flüssigkeit; starke Säure; reagiert mit unedlen Metallen; bildet Salze: **Hydrogensulfate** und **Sulfate**.

**Konzentrierte Schwefelsäure:** farblose, geruchlose, ölige Flüssigkeit; Dichte:  $1,83 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ; hygroskopisch; stark ätzend; mischt sich mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung; (Säure in Wasser gießen!); schwerflüchtige Säure; setzt sich infolge Oxydationswirkung auch mit edleren Metallen zu Salzen um:



## 7. Halogene

### Elemente der VII. Hauptgruppe

Element Symbol	Fluor F	Chlor Cl	Brom Br	Jod J
relative Atommasse	18,998	35,45	79,91	126,90
Aggregatzustand bei 0 °C	gasförmig	gasförmig	flüssig	fest
Siedetemperatur in °C	—188	—34	59	185
Dichte in g · cm <sup>-3</sup>	1,118 (bei Siede- temperatur)	1,57 (bei Siede- temperatur)	3,14	4,94
Wasserstoffverbindung	HF	HCl	HBr	HJ
<b>Reaktionsfähigkeit gegenüber Wasserstoff</b>				
Metallverbindung (Beispiele)	NaF	NaCl	NaBr	NaJ
<b>Reaktionsfähigkeit gegenüber Metallen</b>				

### Fluor

Symbol: **F**; Formel: **F<sub>2</sub>**; schwach grünlichgelbes Gas von durchdringendem Geruch, giftig; das reaktionsfähigste aller Elemente; verbindet sich mit fast allen Elementen, teilweise schon bei tiefen Temperaturen und explosionsartig; setzt sich mit Wasser schon im Dunkeln explosionsartig zu Fluorwasserstoff und Sauerstoff um:



### Fluorwasserstoff

Formel: **HF**; farbloses Gas (Siedetemperatur 20 °C); starkes Ätzgift; stark wasseranziehend, bildet an der Luft Nebel; in wässriger Lösung dissoziiert; leichtflüchtige Säure: **Flußsäure**; bildet Salze: **Fluoride**; reagiert mit Kieselsäure und Silikaten, darf daher nicht in Glasgefäßen aufbewahrt werden.

## **Chlor**

Symbol: **Cl**; Formel: **Cl<sub>2</sub>**; 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 Feuererscheinungen; Chlor-Wasserstoff-Gemisch setzt sich bei Einwirkung des Sonnenlichts explosionsartig (Chlorknallgas) zu Chlorwasserstoff um:



## **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**.

## **Brom**

Symbol: **Br**; Formel: **Br<sub>2</sub>**; dunkelbraune Flüssigkeit, entwickelt schon bei Raumtemperatur rotbraune, schwere Dämpfe von unangenehem, 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**.

## **Jod**

Symbol: **J**; Formel (im gasförmigen Aggregatzustand): **J<sub>2</sub>**; grauschwarze, 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:  $\text{HJ}$ ; farbloses Gas; giftig; stark wasseranziehend, bildet an der Luft Nebel; in wässriger Lösung stark dissoziiert; starke, jedoch leicht zersetzliche Säure: **Jodwasserstoffsäure**; bildet Salze: **Jodide**.

## 8. Rationelle Namen und Trivialnamen anorganischer Verbindungen

### Namen von Oxiden und Hydroxiden

Rationeller Name	Formel	Trivialname
Kaliumhydroxid	$\text{KOH}$	Ätzkali
Kaliumhydroxidlösung	$\text{KOH}$	Kalilauge
Kalziumhydroxid	$\text{Ca(OH)}_2$	Ätzkalk, Löschkalk
Kalziumhydroxidlösung	$\text{Ca(OH)}_2$	Kalkwasser
Kalziumoxid	$\text{CaO}$	Brannkalk
Magnesiumoxid	$\text{MgO}$	gebrannte Magnesia
Natriumhydroxid	$\text{NaOH}$	Ätznatron
Natriumhydroxidlösung	$\text{NaOH}$	Natronlauge
Siliziumdioxid	$\text{SiO}_2$	Quarz

### Namen von Salzen

Rationeller Name	Formel	Trivialname
Ammoniumchlorid	$\text{NH}_4\text{Cl}$	Salmiak
Kaliumkarbonat	$\text{K}_2\text{CO}_3$	Pottasche
Kaliumnitrat	$\text{KNO}_3$	Kalisalpeter
Natriumkarbonat	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Soda
Natriumchlorid	$\text{NaCl}$	Kochsalz
Natriumhydrogenkarbonat	$\text{NaHCO}_3$	Natriumbikarbonat, (doppelt kohlen-saures) Natron
Natriumsilikat	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	Natronwasserglas
Natriumnitrat	$\text{NaNO}_3$	Natronsalpeter

# C. ORGANISCHE VERBINDUNGEN

## 1. Grundbegriffe

### Organische Chemie

---

Chemie der Kohlenstoffverbindungen.

Besonderheiten der Kohlenstoffverbindungen:

- ▶ Kohlenstoffatome bilden untereinander und mit Wasserstoff sehr feste Bindungen aus.
- ▶ Stoffe mit C-C-Bindungen und C-H-Bindungen sind verhältnismäßig reaktionsträge; Kohlenstoffverbindungen setzen sich im allgemeinen mit geringen Reaktionsgeschwindigkeiten um.
- ▶ Organische Stoffe bauen sich meist nur aus wenigen Elementen auf. Hauptsächlich werden Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff angetroffen.
- ▶ Viele organische Stoffe sind wasserunlöslich, die wasserlöslichen sind meist Nichtelektrolyte.
- ▶ Viele organische Verbindungen verdampfen oder zersetzen sich bei Temperaturerhöhung.

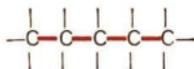
Für organische Verbindungen gelten dieselben Gesetzmäßigkeiten wie für anorganische Verbindungen.

### Kettenförmige Kohlenstoffverbindungen

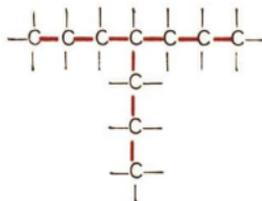
---

Stoffe, in denen die Kohlenstoffatome in Form offener Ketten miteinander verbunden sind (azyklische Verbindungen):

unverzweigte Kette:

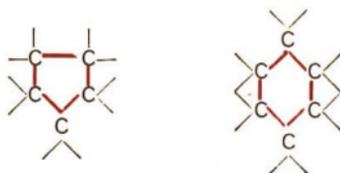


verzweigte Kette:



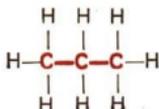
## Ringförmige Kohlenstoffverbindungen

Stoffe, in denen die Kohlenstoffatome ringförmig miteinander verbunden sind (zyklische Verbindungen):

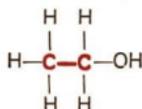


## Gesättigte Kohlenstoffverbindungen

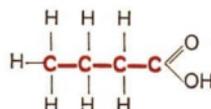
Kohlenstoffverbindungen, bei denen **einfache Bindungen** zwischen den Kohlenstoffatomen bestehen.



Propan



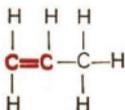
Äthanol



Butansäure

## Ungesättigte Kohlenstoffverbindungen

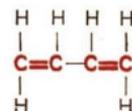
Kohlenstoffverbindungen, bei denen **Mehrfachbindungen** (Doppelbindung, Dreifachbindung) zwischen Kohlenstoffatomen bestehen.



Propen



Äthin



Butadien-(1,3)

## Homologe Reihe

Reihe chemisch ähnlicher Verbindungen, bei der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gliedern stets die gleiche Differenz von  $-\text{CH}_2-$  auftritt.

Die Glieder einer homologen Reihe zeigen teils gleiche chemische, teils sich schrittweise ändernde physikalische (z. B. Schmelztemperatur, Siedetemperatur) und chemische Eigenschaften.

## Einige homologe Reihen

Reihe	allgemeine Formel	erste Homologe		
		1 C-Atom	2 C-Atome	3 C-Atome
<b>Alkane</b>	$C_n H_{2n+2}$	CH <sub>4</sub> Methan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> Äthan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> Propan
<b>Alkanole</b>	$C_n H_{2n+1} - OH$	CH <sub>3</sub> -OH Methanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -OH Äthanol	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -OH Propanol
<b>Alkanale</b>	$C_n H_{2n+1} - CHO$	HCHO Methanal	CH <sub>3</sub> -CHO Äthanal	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -CHO Propanal
<b>Alkansäuren</b>	$C_n H_{2n+1} - COOH$	HCOOH Methansäure	CH <sub>3</sub> -COOH Äthansäure	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -COOH Propansäure
<b>Alkene</b>	$C_n H_{2n}$	—	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äthen	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Propen
<b>Alkine</b>	$C_n H_{2n-2}$	—	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Äthin	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> Propin

## Homologe

Glieder einer homologen Reihe.

### Homologe Reihe der Alkane

Formel	Name	Schmelztemperatur in °C	Siedetemperatur in °C	Zustand bei Raumtemperatur
CH <sub>4</sub>	Methan	— 184	— 164	gasförmig
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Äthan	— 172	— 88,5	gasförmig
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Propan	— 198,5	— 42,06	gasförmig
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Butan	— 135	+ 0,6	gasförmig
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	Pentan	— 130,8	+ 36,2	flüssig
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	Hexan	— 94,3	+ 68,6	flüssig
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	Heptan	— 90	+ 98,4	flüssig
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	Oktan	— 56,5	+ 125,8	flüssig
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	Nonan	— 53,9	+ 150,6	flüssig
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	Dekan	— 30	+ 173,8	flüssig
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	Undekan	— 25,6	+ 194,5	flüssig
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	Dodekan	— 12	+ 214,5	flüssig
C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	Tridekan	— 5,4	+ 234,8	flüssig

Element	Name	Schmelztemperatur in °C	Siedetemperatur in °C	Zustand bei Raumtemperatur
$C_{14}H_{30}$	Tetradekan	+ 5,5	+ 252,6	flüssig
$C_{15}H_{32}$	Pentadekan	+ 10	+ 270,5	flüssig
$C_{16}H_{34}$	Hexadekan	+ 17,8	+ 286,2	fest
$C_{17}H_{36}$	Heptadekan	+ 22,5	+ 303	fest
$C_{18}H_{38}$	Oktadekan	+ 28,1	+ 317	fest
$C_{19}H_{40}$	Nonadekan	+ 32	+ 330	fest
$C_{20}H_{42}$	Eikosan	+ 38	+ 344	fest

## Isomere

Verbindungen gleicher Summenformel, aber mit unterschiedlichem Molekülbau. Die unterschiedliche Struktur bedingt auch unterschiedliche Eigenschaften der Verbindungen.

Name	Summenformel	Vereinfachte Strukturformel
Butan	$C_4H_{10}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
<b>Methylpropan</b>	<b><math>C_4H_{10}</math></b>	<b><math>CH_3-CH-CH_3</math></b> <b>           </b> <b>          <math>CH_3</math></b>

## Derivate

Verbindungen, in denen Wasserstoffatome der Ausgangsverbindung durch andere Atome oder Atomgruppen ersetzt sind.

Ausgangsverbindung	Veränderungen gegenüber dem Molekül der Ausgangsverbindung		Derivate
	ausgeschiedene Atome	eingetretene Atome bzw. Atomgruppen	
$CH_4$ Methan	1 H 2 H 3 H 4 H	1 Cl 2 Cl 3 Cl 4 Cl	Chlorderivate des Methans <b><math>CH_3</math> Cl</b> Monochlormethan <b><math>CH_2</math> Cl<sub>2</sub></b> Dichlormethan <b>CH Cl<sub>3</sub></b> Trichlormethan <b>C Cl<sub>4</sub></b> Tetrachlormethan
$CH_3-CH_3$ Äthan	1 H 2 H	1 OH 2 OH	Hydroxylderivate des Äthans <b><math>CH_3-CH_2-OH</math></b> Äthanol <b><math>CH_2(OH)-CH_2OH</math></b> Äthandiol

## Radikale

Ein- oder mehrwertige Atomgruppen organischer Verbindungen, die häufig als Ganzes reagieren.

Einwertige Radikale organischer Verbindungen werden im Namen durch die Endung „-yl“ gekennzeichnet.

Verbindung		Radikal	
Name	Formel	Name	Formel
Methan	$\text{CH}_4$	<b>Methyl</b>	$\text{CH}_3-$
Äthan	$\text{CH}_3-\text{CH}_3$	<b>Äthyl</b>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-$
Propan	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	<b>Propyl</b>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Butan	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	<b>Butyl</b>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Pentan	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	<b>Pentyl</b>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Äthen	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	<b>Äthenyl</b>	$\text{CH}_2=\text{CH}-$
Propen	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	<b>Propenyl</b>	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$

## Funktionelle Gruppen

Radikale, die weitgehend das chemische Verhalten von Verbindungen bestimmen.

Name	Formel
<b>Hydroxylgruppe</b>	$-\text{OH}$
<b>Aldehydgruppe</b>	$-\text{CHO}$
<b>Karboxylgruppe</b>	$-\text{COOH}$
<b>Aminogruppe</b>	$-\text{NH}_2$
<b>Nitrogruppe</b>	$-\text{NO}_2$
<b>Sulfogruppe</b>	$-\text{SO}_3\text{H}$

## Nomenklatur kettenförmiger Kohlenwasserstoffe

Die wissenschaftlichen Namen **unverzweigter kettenförmiger Kohlenwasserstoffe** sind zusammengesetzt aus einem Wortstamm und einer Endung. Der **Wortstamm** gibt die Anzahl der Kohlenstoffatome im Molekül an. Die **Endung** charakterisiert die Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen. Die Stellung von Mehrfachbindungen wird durch nachgestellte, in Klammern gesetzte arabische Ziffern mit Bindestrich angegeben.

	Wortstamm	Endung
Name	But en-(1)	
Bedeutung	unverzweigte Kette aus 4 Kohlenstoffatomen	ungesättigte Verbindung, 1 Doppelbindung am 1. Kohlenstoffatom
Formel	$  \begin{array}{cccc}  & \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

Kohlenstoffatome	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

Name	Endung	Kennzeichen	Beispiel
Alkan	an	gesättigt, einfache Bindungen	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Propan
Alken	en	ungesättigt, 1 Doppelbindung	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ Äthen
Alka-dien	(a)dien	ungesättigt, 2 Doppelbindungen	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ Butadien-(1,3)
Alkin	in	ungesättigt, 1 Dreifachbindung	$\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Pentin-(1)

Verzweigte kettenförmige Kohlenwasserstoffe erhalten als Grundnamen die Bezeichnung des unverzweigten Kohlenwasserstoffes (Stammkohlenwasserstoff), der der längsten Kohlenstoffkette im Molekül entspricht. Dem Namen des Stammkohlenwasserstoffes stellt man die Bezeichnungen der als Seitenketten enthaltenen Radikale voran, arabische Ziffern mit Bindestrich geben ihre Stellung an.

	Radikale	Name des Stammkohlenwasserstoffs
Name	<b>3,3-Dimethyl</b>	pentan
Bedeutung	<b>2 Methylgruppen am 3. Kohlenstoffatom</b>	5 Kohlenstoffatome bilden im Molekül die längste unverzweigte Kette
Formel	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C-CH}_2\text{-CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $	

Außer diesen rationalen Namen sind auch noch ältere Bezeichnungen gebräuchlich: **n-Verbindungen** (Normalverbindungen) bilden unverzweigte Ketten.



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



### Nomenklatur einiger Derivate kettenförmiger Kohlenwasserstoffe

Die wissenschaftlichen Namen der wichtigsten Derivate kettenförmiger Kohlenwasserstoffe sind zusammengesetzt aus dem Namen des Kohlenwasserstoffs, von dem sie abgeleitet sind, und einer Endung. Die Endung gibt die Art der funktionellen Gruppe an, nachgestellte, in Klammern gesetzte arabische Ziffern bezeichnen ihre Stellung.

	Stammkohlenwasserstoff	Endung und Angabe der Stellung der funktionellen Gruppe
Name	<b>Butan</b>	<b>ol-(1)</b>
Bedeutung	<b>unverzweigter, gesättigter Kohlenwasserstoff mit 4 Kohlenstoffatomen</b>	<b>1 Hydroxylgruppe, endständig</b>
Formel	$  \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}  $	

■ Endungen

Endung	Kennzeichen	Beispiele
<b>-ol</b>	1 Hydroxylgruppe —OH	CH <sub>3</sub> —CH(OH)—CH <sub>3</sub> Propanol-(2)
<b>-diol</b>	2 Hydroxylgruppen —OH	CH <sub>2</sub> (OH)—CH <sub>2</sub> OH Äthandiol-(1, 2)
<b>-triol</b>	3 Hydroxylgruppen —OH	CH <sub>2</sub> (OH)—CH(OH)—CH <sub>2</sub> OH Propantriol-(1, 2, 3)
<b>-al</b>	1 Aldehydgruppe 	CH <sub>3</sub> —C(=O)H Äthanal
<b>-säure</b>	1 Karboxylgruppe 	CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —C(=O)OH Butansäure
<b>-at</b>	Säurerest der Säure	CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —C(=O)O Na Natriumbutanat
<b>-disäure</b>	2 Karboxylgruppen 	COOH   CH <sub>2</sub>   COOH Propandisäure

## 2. Alkane (Paraffine)

### Charakteristik der Alkane

Kettenförmige, gesättigte Kohlenwasserstoffe; allgemeine Formel: C<sub>n</sub> H<sub>2n+2</sub>.

Name	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
<b>Methan</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	CH <sub>4</sub>
<b>Äthan</b>	<b>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></b>	CH <sub>3</sub> —CH <sub>3</sub>
<b>Propan</b>	<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></b>	CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub>
<b>Butan</b>	<b>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></b>	CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub>

## Methan

Formel:  $\text{CH}_4$ ; 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).

## Trichlormethan

Formel:  $\text{CHCl}_3$ ; ältere Bezeichnung: Chloroform; süßlich riechende, farblose Flüssigkeit; unbrennbar; wird unter Einfluß von Licht und Sauerstoff langsam zu Phosgen  $\text{COCl}_2$  (giftig) und Chlorwasserstoff umgesetzt (deshalb Aufbewahrung in braunen Flaschen); in Wasser wenig löslich; gutes Lösungsmittel für Harze, Fette und andere Stoffe; leichtflüchtig; Trichlormethandämpfe wirken betäubend.

## Tetrachlormethan

Formel:  $\text{CCl}_4$ ; ältere Bezeichnung: Tetrachlorkohlenstoff; ätherisch riechende, farblose Flüssigkeit, unbrennbar; wirkt auf Flammen erstickend (dabei jedoch Phosgenbildung); in Wasser fast unlöslich; gutes Lösungsmittel für Fette, Öle, Harze und Wachse; Tetrachlormethandämpfe wirken betäubend.

## 3. Alkene (Olefine)

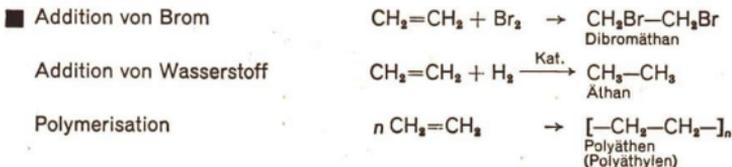
### Charakteristik der Alkene

Kettenförmige, ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit einer Doppelbindung; allgemeine Formel:  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

Name	ältere Bezeichnung	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
Äthen	Äthylen	$\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$
Propen	Propylen	$\text{C}_3\text{H}_6$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$
Buten-(1)	Butylen	$\text{C}_4\text{H}_8$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Penten-(1)	Amylen	$\text{C}_5\text{H}_{10}$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Hexen-(1)	Hexylen	$\text{C}_6\text{H}_{12}$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

## Äthen

Formel:  $C_2H_4$ ; farbloses, süßlich riechendes Gas; brennt mit leuchtender, schwach rußender Flamme; ist durch seine Doppelbindung sehr reaktionsfähig:



## 4. Alkine (Azetylene)

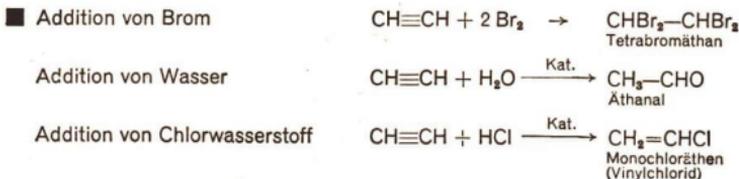
### Charakteristik der Alkine

Kettenförmige, ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit einer Dreifachbindung; allgemeine Formel:  $C_nH_{2n-2}$ .

Name	ältere Bezeichnung	Summenformel	vereinfachte Strukturformel
<b>Äthin</b>	Azetylen	$C_2H_2$	$CH \equiv CH$
<b>Propin</b>	Methylazetylen	$C_3H_4$	$CH \equiv C-CH_3$
<b>Butin-(1)</b>	Äthylazetylen	$C_4H_6$	$CH \equiv C-CH_2-CH_3$
<b>Pentin-(1)</b>	Propylazetylen	$C_5H_8$	$CH \equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$

## Äthin

Formel:  $C_2H_2$ ; farbloses Gas von ätherischem Geruch; 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):



## 5. Alkanole (Alkohole)

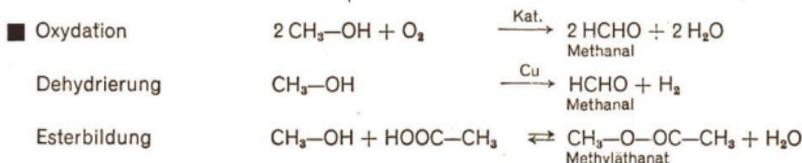
### Charakteristik der Alkanole

Kettenförmige, gesättigte Hydroxylverbindungen mit einer Hydroxylgruppe; allgemeine Formel:  $C_nH_{2n+1}-OH$ .

Name	ältere Bezeichnung	Formel	vereinfachte Strukturformel
<b>Methanol</b>	Methylalkohol	$CH_3-OH$	$CH_3-OH$
<b>Äthanol</b>	Äthylalkohol	$C_2H_5-OH$	$CH_3-CH_2-OH$
<b>Propanol</b>	Propylalkohol	$C_3H_7-OH$	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$
<b>Butanol</b>	Butylalkohol	$C_4H_9-OH$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
<b>Pentanol</b>	Amylalkohol	$C_5H_{11}-OH$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

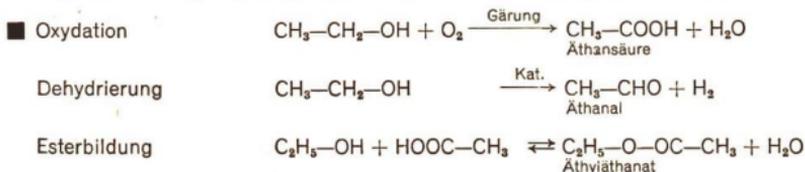
### Methanol

Formel:  $CH_3-OH$ ; 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:



### Äthanol

Formel:  $C_2H_5-OH$ ; farblose Flüssigkeit, charakteristischer Geruch; leicht entzündbar; brennt mit schwach leuchtender Flamme; löslich in Wasser, Benzin und Benzol; setzt als Genußmittel schon in geringen Mengen die Empfindlichkeit der Sinnesorgane herab, in größeren Mengen gesundheitsschädigend; einige wichtige Reaktionen sind:



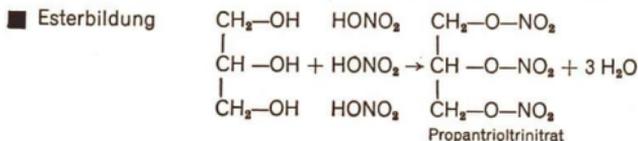
## 6. Alkantriöle

### Charakteristik der Alkantriöle

Kettenförmige, gesättigte Verbindungen mit drei Hydroxylgruppen.

### Propantriol-(1, 2, 3)

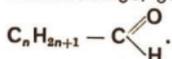
Formel:  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{—CH}(\text{OH})\text{—CH}_2\text{OH}$ ; ältere Bezeichnung: Glycerin; farblose, ölige, geruchlose Flüssigkeit; süßer Geschmack; hygroskopisch; mit Wasser oder Äthanol in jedem Verhältnis mischbar; setzt sich mit Salpetersäure um:



## 7. Alkanale (Aldehyde)

### Charakteristik der Alkanale

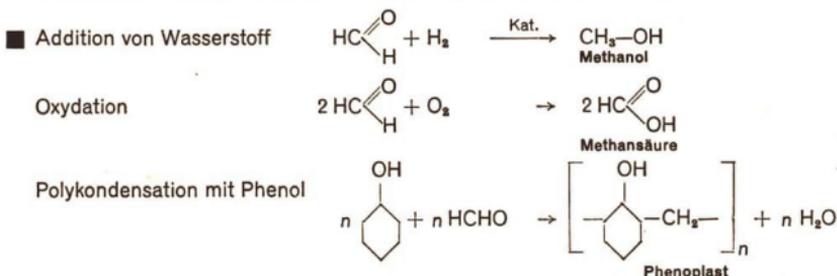
Kettenförmige, gesättigte Verbindungen mit einer Aldehydgruppe; allgemeine Formel:



Name	ältere Bezeichnung	Formel	vereinfachte Strukturformel
Methanal	Formaldehyd	$\text{HCHO}$	$\text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array}$
Äthanal	Azaldehyd	$\text{CH}_3\text{—CHO}$	$\text{CH}_3\text{—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array}$
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	$\text{C}_3\text{H}_7\text{—CHO}$	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array}$

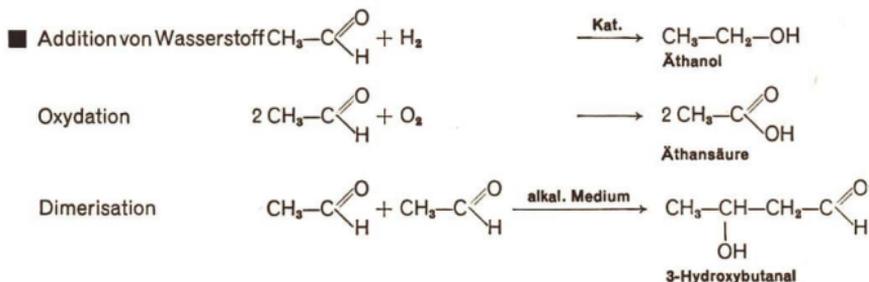
## Methanal

Formel:  $\text{HCHO}$ ; farbloses, stechend riechendes Gas; in Wasser leichtlöslich; 35- bis 40%ige Lösung heißt Formalin; polymerisiert zu einer weißen, schwerlöslichen Masse (Paraformaldehyd), die beim Erhitzen wieder in Methanal zerfällt; reagiert mit Eiweißen unter Bildung unlöslicher, oft harter Massen; wirkt desinfizierend; reduziert Fehlingsche Lösung und ammoniakalische Silbersalzlösung; durch seine Doppelbindung sehr reaktionsfähig.



## Äthanal

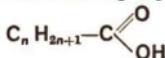
Formel:  $\text{CH}_3\text{-CHO}$ ; leichtbewegliche, farblose Flüssigkeit mit eigentümlichem Geruch; brennbar; leichtlöslich in Wasser, Äthanol, Benzol; reduziert Fehlingsche Lösung und ammoniakalische Silbersalzlösung; durch seine Doppelbindung sehr reaktionsfähig.



## 8. Alkansäuren (gesättigte Monokarbonsäuren)

### Charakteristik der Alkansäuren

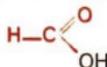
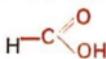
Kettenförmige, gesättigte Karbonsäuren mit einer Carboxylgruppe; allgemeine Formel:



Name	ältere Bezeichnung	Formel	vereinfachte Strukturformel
<b>Methansäure</b>	Ameisensäure	<b>HCOOH</b>	
<b>Äthansäure</b>	Essigsäure	<b>CH<sub>3</sub>-COOH</b>	
<b>Propansäure</b>	Propionsäure	<b>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-COOH</b>	
<b>Butansäure</b>	Buttersäure	<b>C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>-COOH</b>	

### Methansäure

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



dissoziiert:	HCOOH	$\rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}^+$
Reaktionen:		
Salzbildung	$2 \text{HCOOH} + \text{Zn}$	$\rightarrow (\text{HCOO})_2\text{Zn} + \text{H}_2 \uparrow$ Zinkmethanat
Zersetzung:	HCOOH	$\xrightarrow{\text{konz. H}_2\text{SO}_4} \text{CO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
Oxydation	$\text{HCOOH} + \text{O}$	$\rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
Esterbildung	$\text{CH}_3-\text{OH} + \text{HOOCH}$	$\rightleftharpoons \text{CH}_3-\text{O}-\text{OCH} + \text{H}_2\text{O}$ Methylmethanat

### Äthansäure

Formel: **CH<sub>3</sub>-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; stark ätzend; bildet Salze: **Äthanate**; leichtflüchtig;

dissoziiert:	$\text{CH}_3-\text{COOH}$	$\rightleftharpoons \text{CH}_3-\text{COO}^- + \text{H}^+$
Reaktionen:		
Salzbildung	$2 \text{CH}_3-\text{COOH} + \text{Mg}$	$\rightarrow (\text{CH}_3-\text{COO})_2\text{Mg} + \text{H}_2$ Magnesiumäthanat
Esterbildung	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH} + \text{HOOC}-\text{CH}_3$	$\rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5-\text{O}-\text{OC}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Äthyläthanat

## 9. Alkandisäuren (gesättigte Dikarbonsäuren)

### Charakteristik der Alkandisäuren

Kettenförmige, gesättigte Karbonsäuren mit zwei Carboxylgruppen; allgemeine Formel:  $R-(COOH)_2$

Name	ältere Bezeichnung	Formel	vereinfachte Strukturformel
Äthandisäure Propandisäure Butandisäure	Oxalsäure Malonsäure Bernsteinsäure	$(COOH)_2$ $CH_2(COOH)_2$ $C_2H_4(COOH)_2$	$HOOC-COOH$ $HOOC-CH_2-COOH$ $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$

### Äthandisäure

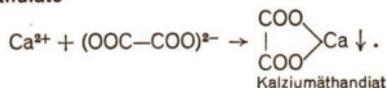
Formel:  $HOOC-COOH$ ; weiße Kristalle; geruchlos; in Wasser löslich; wirkt reduzierend und wird dabei zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert:



dissoziiert:



bildet Salze: Äthandiate



## 10. Hydroxysäuren (Oxysäuren)

### Charakteristik der Hydroxysäuren

Karbonsäuren mit einer Carboxylgruppe und einer Hydroxylgruppe

### 2-Hydroxypropansäure

Formel:  $CH_3-CH(OH)-COOH$ ; ältere Bezeichnung: Milchsäure; farblose, klare, sirupartige Flüssigkeit; in Wasser leichtlöslich; wirkt hemmend auf die Lebensvorgänge von Bakterien.

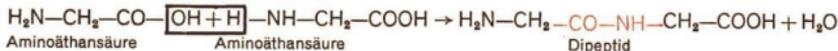
## 11. 2-Aminosäuren

### Charakteristik der 2-Aminosäuren

Karbonsäuren mit einer Aminogruppe an dem der Karboxylgruppe benachbarten Kohlenstoffatom

Name	ältere Bezeichnung	vereinfachte Strukturformel
Aminoäthansäure	Glykokoll Glyzin Aminoessigsäure	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2-Aminopropan-säure	Alanin $\alpha$ -Aminopropionsäure	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2-Amino-3-methyl-butansäure	Valin $\alpha$ -Aminoisovaleriansäure	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
2-Aminopentandi-säure	Glutaminsäure $\alpha$ -Aminoglutarsäure	$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$

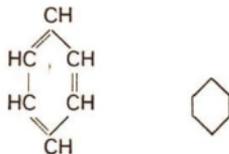
2-Aminosäuren sind Bausteine der Eiweiße. Eine wichtige Reaktion der 2-Aminosäuren ist die **Peptidbildung**.



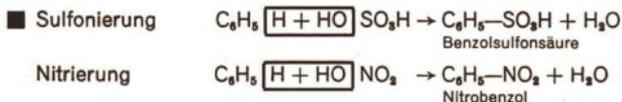
## 12. Ringförmige Kohlenwasserstoffe und Derivate

### Benzol

Formel:  $\text{C}_6\text{H}_6$ ; ringförmige Anordnung von sechs CH-Gruppen, die auf besondere Weise miteinander verbunden sind; wird vereinfacht dargestellt:



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; Benzoldämpfe sind giftig; läßt sich verhältnismäßig leicht sulfonieren und nitrieren:

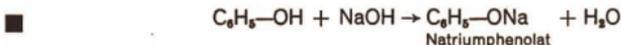


### Methylbenzol

Formel:  $C_6H_5-CH_3$ ; ältere Bezeichnung: Toluol; klare, farblose Flüssigkeit, benzolähnlicher Geruch; in Wasser unlöslich; löslich in Äthanol, leicht entzündlich.

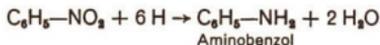
### Phenol

Formel:  $C_6H_5-OH$ ; farblose, nadelartige, zerfließliche Kristalle, die sich an der Luft nach einiger Zeit rötlich färben; eigenartiger Geruch; in Wasser wenig löslich; leichtlöslich in Äthanol; stark giftig, wirkt ätzend; reagiert sehr schwach sauer; bildet mit Alkalilaugen salzartige Verbindungen: Phenolate.



### Nitrobenzol

Formel:  $C_6H_5-NO_2$ ; gelbliche Flüssigkeit; bittermandelähnlicher Geruch; in Wasser nur spurenweise löslich; gut löslich in Äthanol, Benzol; größere Dichte als Wasser; Nitrobenzoldämpfe sind giftig; wird von atomarem Wasserstoff zu Aminobenzol reduziert:



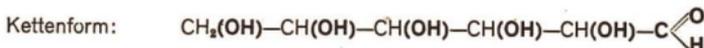
### Aminobenzol

Formel:  $C_6H_5-NH_2$ ; ältere Bezeichnung: Anilin; farblose, leicht ölige Flüssigkeit, die sich an der Luft schnell bräunt; erstarrt bei  $-6,2^\circ C$ ; eigenartiger Geruch; in Wasser wenig löslich; mit vielen organischen Lösungsmitteln unbegrenzt mischbar; Aminobenzoldämpfe sind giftig.

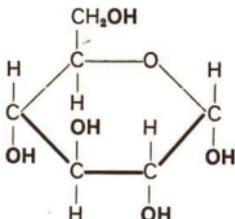
### 13. Kohlenhydrate

#### Glukose

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



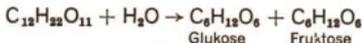
Ringform:



In der wäßrigen Lösung liegt zwischen beiden Formen ein Gleichgewicht vor, das stark nach der Seite der Ringform verschoben ist; Glukose wandelt sich beim Erhitzen auf 210 °C in eine schwarzbraune, bitter schmeckende Masse um (Zuckerfarbe).

#### Sacharose

Formel:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ; ältere Bezeichnung: Rohrzucker; 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

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



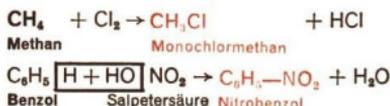
## Zellulose

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).

## 14. Reaktionen

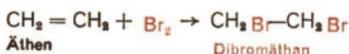
### Substitution

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



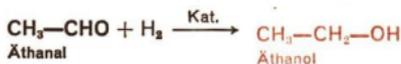
### Addition

Bildung einer Verbindung aus zwei oder mehreren Ausgangsstoffen, wobei nur ein Reaktionsprodukt entsteht.



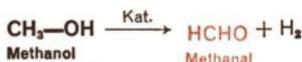
### Hydrierung

Anlagerung von Wasserstoff durch chemische Bindung (Sonderfall der Addition).



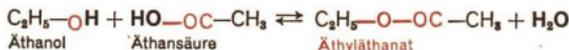
### Dehydrierung

Abspaltung von Wasserstoff aus chemischen Verbindungen.



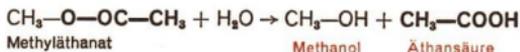
## Esterbildung

Reaktion von Alkanolen mit Säuren, wobei Ester und (aus Hydroxylgruppen der Säuren und Wasserstoff aus den Hydroxylgruppen der Alkanole) Wasser gebildet werden.



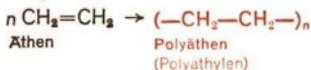
## Verseifung

Zerlegung eines Esters durch Wasseraufnahme in Hydroxyverbindungen und Säure (Umkehrung der Esterbildung).



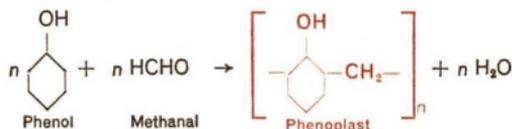
## Polymerisation

Verknüpfung von Molekülen einfach gebauter, ungesättigter Verbindungen unter Aufrichtung ihrer Mehrfachbindungen zu Makromolekülen. Dabei entstehen keine Nebenprodukte.



## Polykondensation

Verknüpfung von Molekülen einfach gebauter Verbindungen zu Makromolekülen, wobei auch andere Stoffe (z. B. Wasser) entstehen.



# D. CHEMISCHE EXPERIMENTE

## 1. Laborgeräte



Reagenzglas



U-Rohr



Becherglas



Verbrennungsrohr



Stativ mit Klemme



pneumatische Wanne



Meßzylinder



Standzylinder



Dreifuß



Gasbrenner



Spiritusbrenner



Rundkolben



Stehkolben



Erlenmeyerkolben



Destillierkolben



Reibschale mit Pistill



Abdampfschale



Porzellantiegel



Porzellanschiffchen



Uhrglasschale



Trichter



Tropftrichter



Pipette



Bürette



Kühler nach Mohr



Enghalsflasche  
für Flüssigkeiten



Weithalsflasche  
für feste Stoffe



Pipettenflasche  
für Reagenzlösungen



Gaswasch-  
flasche

## 2. Arbeitsmethoden und Versuchsaapparaturen

### Filtrieren

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 etwa 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 Becherglases anliegen.



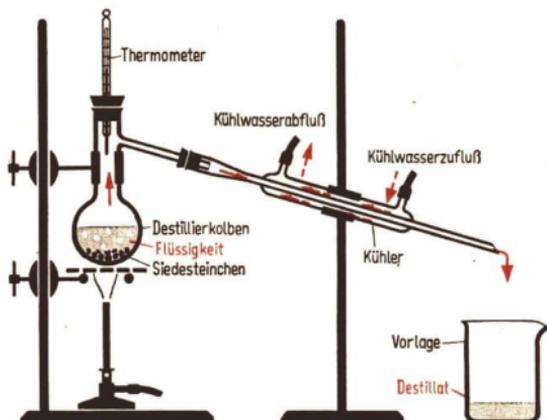
### Eindampfen einer Lösung

Die Abdampfschale wird nur etwa zur Hälfte mit der Lösung gefüllt. Unter ständigem Umrühren mit einem Glasstab erwärmt man mit kleiner Flamme. Der Brenner wird entfernt, nachdem die Flüssigkeit bis auf geringe Reste verdampft ist. Die Reste verdampfen schnell, weil die Abdampfschale noch heiß ist.



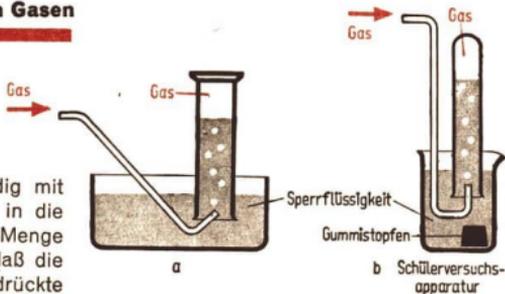
### Destillieren

Bevor die Flüssigkeit im Destillierkolben erhitzt wird, stellt man den Kühlwasserzufluß an. Das Kühlwasser muß stets 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 erhitzt zunächst mit größerer Flamme, beim Sieden jedoch mit kleinerer Flamme. Etwaiger Siedeverzug wird vermieden, wenn man Siedesteinchen in die Flüssigkeit gibt.

### Pneumatisches Auffangen von Gasen

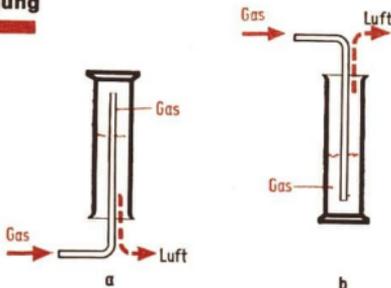


Das Auffanggefäß muß vollständig mit Sperrflüssigkeit gefüllt sein. Die in die pneumatische Wanne zu gebende Menge Flüssigkeit ist so zu bemessen, daß die aus dem Auffanggefäß herausgedrückte Sperrflüssigkeit noch aufgenommen wird. Nachdem das pneumatische Auffangen beendet ist, nimmt man das Ableitungsrohr aus der Sperrflüssigkeit, damit diese nicht in den Gasentwicklungsraum eindringen kann.

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

### Auffangen von Gasen durch Luftverdrängung

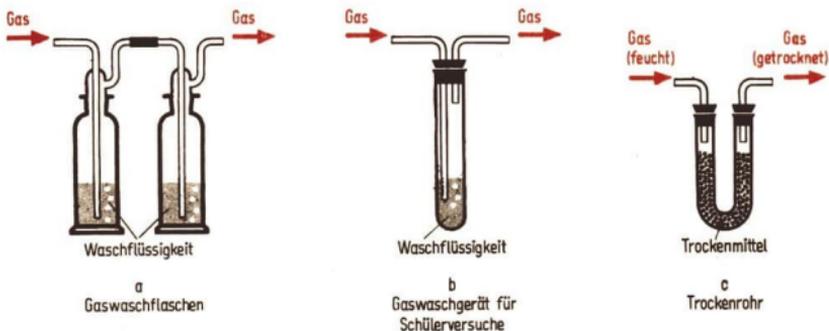
Bei Gasen mit kleinerer Dichte als Luft muß die Öffnung des Auffanggefäßes nach unten (a), bei größerer Dichte nach oben (b) gerichtet sein. Das Gas ist genügend lange in das Auffanggefäß zu leiten. Bei giftigen Gasen muß man unter dem Abzug arbeiten.



aufzufangendes Gas	Dichte im Verhältnis zu Luft
<b>Ammoniak, Methan, Wasserstoff</b>	kleinere Dichte als Luft (a)
<b>Chlor, Chlorwasserstoff, Kohlendioxid, Schwefeldioxid</b>	größere Dichte als Luft (b)

## Reinigen und Trocknen von Gasen

Gase werden vor der Verwendung meist gereinigt oder getrocknet. Flüssige Trocken- bzw. 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.

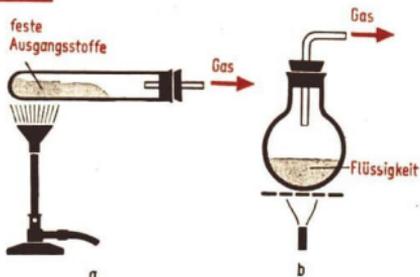
Saugt man ein Gas durch eine Flüssigkeit in der Waschflasche, so wird die Pumpe an das Rohr angeschlossen, das nicht in die Flüssigkeit taucht. Überschüssige Gase, die giftig oder gefährlich sind, müssen unschädlich gemacht werden.

Gas	Waschlüssigkeit	Trockenmittel	Unschädlichmachen
<b>Sauerstoff</b>	Wasser	konzentrierte Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	
<b>Wasserstoff</b>	1. gesättigte Kaliumpermanganatlösung 2. Kaliumhydroxidlösung	konzentrierte Schwefelsäure	<b>Verbrennen (Knallgasprobe!)</b>

Gas	Waschflüssigkeit	Trockenmittel	Unschädlichmachen
<b>Kohlenmonoxid</b>	Natriumhydroxid-lösung	konzentrierte Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	<b>Verbrennen (Knallgasprobe!)</b>
<b>Kohlendioxid</b>	Wasser	konzentrierte Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	<b>Durchleiten durch Natronkalk</b>
<b>Chlor</b>	gesättigte Kaliumpermanganatlösung	konzentrierte Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	<b>Durchleiten durch Natronkalk</b>
<b>Chlorwasserstoff</b>	—	konzentrierte Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	<b>Durchleiten durch Natronkalk</b>
<b>Schwefelwasserstoff</b>	Wasser	Kalziumchlorid	<b>Durchleiten durch Natronkalk</b>
<b>Schwefeldioxid</b>	—	konzentrierte Schwefelsäure oder Kalziumchlorid	<b>Durchleiten durch Natronkalk</b>
<b>Äthen</b>	1.Wasser,2.Natriumhydroxidlösung		<b>Ableiten ins Freie</b>
<b>Äthin</b>	1. Natriumhydroxid-lösung, 2. Kaliumdichromatlösung und Schwefelsäure		<b>Ableiten ins Freie</b>

### Gasentwicklung durch Erhitzen von Stoffen

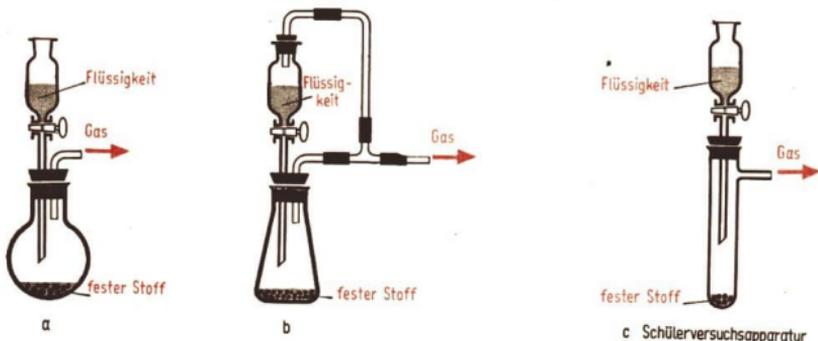
Feste Ausgangsstoffe werden im Reagenzglas (a) und flüssige im Rundkolben (b) erhitzt. Bei Flüssigkeiten soll die Temperatur nicht zu hoch gewählt werden, um unnötige Dampfentwicklung zu vermeiden.



Ausgangsstoff	gasförmiges Reaktionsprodukt	Reaktion
Quecksilber(II)-oxid	Sauerstoff	$2 \text{HgO} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{O}_2 \uparrow$
Kaliumnitrat	Sauerstoff	$2 \text{KNO}_3 \rightarrow 2 \text{KNO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$
Kaliumchlorat und Mangan(IV)-oxid	Sauerstoff	$2 \text{KClO}_3 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2 \uparrow$
Natriumhydrogenkarbonat	Kohlendioxid	$2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
Natriumäthanat und Natriumhydroxid (besser Natronkalk)	Methan	$\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CH}_4 \uparrow$
Paraformaldehyd	Methanal	$(\text{CH}_2\text{O})_n \rightarrow n \text{HCHO} \uparrow$
Ammoniakwasser	Ammoniak	$\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \uparrow$
Kohlensäurelösung	Kohlendioxid	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
schweflige Säure	Schwefeldioxid	$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$

### Gasentwicklung durch Reaktion fester und flüssiger Substanzen

Man läßt die Flüssigkeit langsam auf den festen Stoff tropfen. Wenn an die Apparatur Gaswaschflaschen angeschlossen werden sollen, ist die Verwendung eines Druckausgleichers (b) zweckmäßig. Dadurch kann Gas nicht durch den Hahn des Tropftrichters austreten.



Ausgangsstoffe		gasförmiges Reaktionsprodukt
flüssig	fest	
Wasserstoffperoxid	Mangan(IV)-oxid	Sauerstoff
Salzsäure, verdünnt	Zink	Wasserstoff
Salzsäure, verdünnt	Karbonat	Kohlendioxid
Salzsäure, konzentriert	Kaliumpermanganat	Chlor
Schwefelsäure, konzentriert	Natriumchlorid	Chlorwasserstoff
Salpetersäure, halbkonzentriert	Kupfer	Stickstoffmonoxid
Salzsäure, halbkonzentriert	Sulfide	Schwefelwasserstoff
Salzsäure	Sulfite	Schwefeldioxid
Wasser	Kalziumkarbid	Äthin

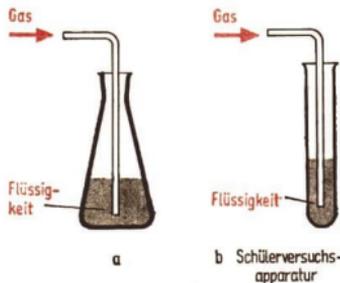
### Reaktion zweier flüssiger Stoffe (quantitativ)

Die eine Flüssigkeit wird in ein Becherglas oder einen Weithals-Erlenmeyerkolben gegeben. Mit der zweiten Flüssigkeit füllt man eine Bürette bis zur Nullmarke. Dann läßt man langsam die Flüssigkeit aus der Bürette in die erste Flüssigkeit tropfen, bis die gewünschte Reaktion beendet ist. Das Becherglas wird dabei ständig geschwenkt, um die zugetropfte Flüssigkeit ausreichend zu verteilen. Nach Beendigung der Reaktion schließt man sofort den Hahn der Bürette. An der Skale ist die verbrauchte Flüssigkeitsmenge abzulesen.

Neutralisation von Säure und Hydroxidlösung.

### Reaktion gasförmiger 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!



Ausgangsstoffe		Reaktionsprodukte
gasförmig	flüssig	
Kohlendioxid	Wasser	<b>Kohlensäure</b>
Kohlendioxid	Kalziumhydroxid-lösung	Kalziumkarbonat (Kalziumhydrogenkarbonat), Wasser
Schwefeldioxid	Wasser	<b>schweflige Säure</b>
Schwefelwasserstoff	Bleinitratlösung	Bleisulfid, Salpetersäure
Stickstoffdioxid und Sauerstoff	Wasser	<b>Salpetersäure</b>

### Reaktion gasförmiger 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 Porzellschiffchen oder in einer (oft durch Glaswolle festgehaltenen) Schicht angeordnet. Sie müssen meist erhitzt werden.

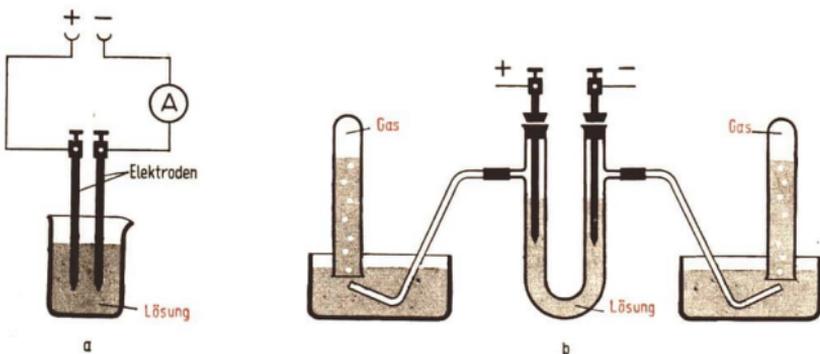


Ausgangsstoffe		Reaktionsprodukte		Bemerkungen
gasförmig	fest	gasförmig	fest	
Wasserdampf	Zink	<b>Wasserstoff</b>	Zinkoxid	
Wasserstoff	Kupfer(II)-oxid	Wasserdampf	Kupfer	<b>Nichtoxydierten Wasserstoff entzünden! (Knallgasprobe!)</b>
Sauerstoff (Luft)	Holzkohle	<b>Kohlendioxid (CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>)</b>	—	
Kohlendioxid	Zink	<b>Kohlenmonoxid</b>	Zinkoxid	<b>Nichtreduziertes Kohlendioxid durch Natriumhydroxid binden!</b>

Ausgangsstoffe		Reaktionsprodukte		Bemerkungen
gasförmig	fest	gasförmig	fest	
Luft	Holzkohle (längere Schicht)	<b>Generatorgas:</b> $\text{CO}, \text{N}_2$		Kohlendioxidreste durch Kalziumhydroxidlösung binden!
Wasserdampf	Holzkohle	<b>Wassergas:</b> $\text{CO}, \text{H}_2, \text{CO}_2$		Kohlendioxidreste durch Kalziumhydroxidlösung binden!
Chlor	Natrium	—	Natriumchlorid	Überschüssiges Chlor durch Natronkalk binden!
Luft	Kupferdrahtnetz	<b>Stickstoff</b>	Kupfer(II)-oxid	Kohlendioxid der Luft vor dem Überleiten durch Natriumhydroxid binden!
Ammoniak	Kupfer(II)-oxid	Stickstoff, Wasserdampf	Kupfer	Ammoniak durch Natriumhydroxid trocknen!
Ammoniak-Luft-Gemisch	Katalysator	<b>Stickstoffmonoxid,</b> Wasserdampf Stickstoff	—	Reaktionsgemisch durch Natriumhydroxid trocknen!
Wasserstoff	Schwefel	<b>Schwefelwasserstoff</b>		
Sauerstoff (Luft)	Schwefel	<b>Schwefeldioxid</b>		
Sauerstoff (Luft) Schwefeldioxid	Katalysator	<b>Schwefeltrioxid</b>		
Methanoldampf-Luft-Gemisch	Kupferwolle (Katalysator)	<b>Methanal,</b> Wasserdampf		
Äthanoldampf	Aluminiumoxid (Katalysator)	<b>Äthen,</b> Wasserdampf		

## Elektrolyse einer Lösung

In die Lösung tauchen zwei Elektroden, die mit einer Stromquelle verbunden sind (a). In den Stromkreis kann man ein Amperemeter oder eine Glühlampe einschalten. Sollen gasförmige Elektrolyseprodukte aufgefangen werden, so verwendet man zweckmäßig ein U-Rohr mit seitlichen Ansatzrohren, leitet die Gase ab und fängt sie pneumatisch auf (b).



## 3. Nachweisreaktionen

Nachweisreaktionen dienen zur Bestimmung von Elementen, Atomgruppen und Verbindungen.

### Fällungsreaktionen

Chemische Umsetzungen, bei denen durch Zusammengießen der Lösungen von Stoffen (bzw. Einleiten von Gasen in Lösungen) ein Niederschlag ausfällt.

Nachweis für:	Reagens	Reaktionsmerkmal
Bromid-Ionen	Silbernitrat	Fällung: gelbliches Silberbromid $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{AgBr} \downarrow$ löslich in konzentrierter Ammoniaklösung
Kalzium-Ionen	Ammoniumäthandiat	Fällung: weißes Kalziumäthandiat $\text{Ca}^{2+} + (\text{COO})_2^{2-} \rightarrow \text{Ca}(\text{COO})_2 \downarrow$

Nachweis für:	Reagens	Reaktionsmerkmal
Chlorid-Ionen	Silbernitrat	Fällung: weißes Silberchlorid $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$ löslich in verdünnter Ammoniaklösung
Jodid-Ionen	Silbernitrat	Fällung: gelbes Silberjodid $\text{Ag}^+ + \text{J}^- \rightarrow \text{AgJ} \downarrow$ unlöslich in Ammoniaklösung
Kohlendioxid	Kalziumhydroxid- lösung Bariumhydroxid- lösung	Fällung: weißes Kalziumkarbonat $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow$ Fällung: weißes Bariumkarbonat $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow$
Phosphat-Ionen	Silbernitrat	Fällung: gelbes Trisilberphosphat $3 \text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ löslich in Salpetersäure
Sulfat-Ionen	Bariumchlorid in mit Salzsäure angesäuerter Lösung	Fällung: weißes Bariumsulfat $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$
Sulfid-Ionen	Bleiäthanat, Bleinitrat	Fällung: schwarzes Bleisulfid $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{PbS} \downarrow$

### Nachweis für Ammoniak und Ammonium-Ionen

Nachweis für:	Reagens	Reaktionsmerkmal
Ammoniak	Salzsäure	weiße Nebel von Ammoniumchlorid $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
Ammonium-Ionen	starke Basen	Ammoniak entweicht (s. Nachweis für Ammoniak)

### Farbreaktionen

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
<b>Basen</b>	Lackmus Phenolphthalein pH-Papier	Färbung: <b>blau</b> Färbung: <b>rot</b> Färbung; Feststellung des pH-Wertes durch Vergleich mit Farbskale
<b>Säuren</b>	Lackmus pH-Papier	Färbung: <b>rot</b> Färbung; Feststellung des pH-Wertes durch Vergleich mit Farbskale
<b>Nitrat-Ionen</b>	Schwefelsäure, Eisen(II)-sulfat; konzentrierte Schwefelsäure	violett bis braun gefärbter Ring

### Nachweisreaktionen organischer Verbindungen

Nachweis für:	Reagens	Reaktionsmerkmal
<b>Alkanale</b>	Schiffs Reagens (fuchsin-schweflige Säure)	Rotviolette Färbung infolge Bildung einer Additionsverbindung
<b>Zellulose</b>	Chlorzinkjodlösung	Färbung: blau
<b>Stärke</b>	Jod-Kaliumjodid- lösung	Färbung: blau
<b>Mehrfachbindungen</b>	Brom	Entfärbung infolge Addition von Brom
	Baeyers Reagens (alkalische Kalium- permanganatlösung)	Ausflockung: braunes Mangan(IV)- oxidhydrat
<b>Reduktionswirkung</b>	Fehlingsche Lösung	Beim Erhitzen zunächst Verfärbung, dann ziegelroter Niederschlag von Kupfer(I)-oxid
	ammoniakalische Silbersalzlösung	Beim Erwärmen Schwarzfärbung durch Ausscheidung von feinvertei- ltem Silber; Silberspiegel an der Ge- fäßwand

## Elementaranalyse organischer Stoffe

Nachweis für:	Reagens	Reaktionsmerkmal
<b>Wasserstoff Kohlenstoff</b>	Erhitzen mit Kupfer(II)-oxid	Reduktion zu Kupfer; Wasserstoff als Wasser (Tröpfchen an kälteren Stellen des Reaktionsgefäßes), Kohlenstoff als Kohlendioxid nachweisbar
<b>Stickstoff</b>	Erhitzen mit Kupfer(II)-oxid; Grieß-Reagens	Bildung von Stickoxiden; Färbung von Grieß-Reagens: rot
<b>Schwefel</b>	Glühen mit Natriumkarbonat	Bildung von Natriumsulfid; Nachweis der Sulfid-Ionen als Bleisulfid
<b>Halogene</b>	Glühen auf einer Kupferdrahtöse	Flammenfärbung: grün

## Brennprobe bei Plasten

Plast	Verhalten beim Einbringen in die Flamme	bei der Verbrennung auftretende Gerüche	Besonderheiten
<b>Polyvinylchlorid (PVC)</b>	brennt schwer; die Flamme ist etwas grünlich gefärbt	stechend nach Chlorwasserstoff	brennt nicht weiter, wenn die Probe aus der Brennerflamme genommen wird
<b>Phenoplaste</b>	brennt schwer, wobei das Material platzt und verkohlt; gelbe Flamme	nach Phenol und Methanal	Füllstoffe können brennen und Gerüche stark beeinflussen
<b>Aminoplaste</b>	brennt schwer, wobei das Material unter knackendem Geräusch verkohlt	unangenehm fischartig; z. T. nach Ammoniak und Methanal	Füllstoffe können brennen und Gerüche stark beeinflussen

Fortsetzung der Tabelle siehe S. 88

Plast	Verhalten beim Einbringen in die Flamme	bei der Verbrennung auftretende Gerüche	Besonderheiten
<b>Polyester</b>	schwer zu entzünden; brennt dann mit gelber, rußender Flamme	süßlich	kann durch Zusätze fast unentflammbar sein
<b>Epoxidharze</b>	brennt langsam mit hellorangefarbiger, bläulich gesäumter, rußender Flamme	etwas nach Phenol	
<b>Zelluloseazetat</b>	brennt mit etwas sprühender Flamme	nach Essig	tropft beim Brennen; Tropfen brennen weiter
<b>Polyäthylen</b>	brennt am Anfang mit bläulicher, dann mit gelber Flamme; schmilzt beim Brennen	wie verlöschende Kerze	tropft beim Brennen; Tropfen brennen weiter
<b>Polyamid</b>	brennt mit bläulicher, gelbgesäumter Flamme; schmilzt beim Brennen	süßlich und nach Benzol	tropft beim Brennen
<b>Polymethakrylsäureester (Piacryl)</b>	brennt mit gelber, knisternder Flamme	fruchtartig, süßlich	
<b>Zelluloid</b>	brennt sehr heftig mit gelber Flamme	nach Kampfer	feuergefährlich

### Brennprobe bei Fasern

Materialien für die Brennprobe

Faserart	Verbrennungsweise	Geruch	Rückstand
<b>Baumwolle Flachs Hanf</b>	leicht entzündlich; brennt ziemlich rasch	nach verbrennen- dem Papier	weißgrau bis gelblich; fühlt sich glatt an
<b>Viskose- und Kupferkunstseide</b>	leicht entzündlich; brennt ziemlich rasch	nach verbrennen- dem Papier	weißgrau; fühlt sich glatt an

Faserart	Verbrennungsweise	Geruch	Rückstand
<b>Polyakrylnitril-faser (Wolpryla)</b>	schmilzt erst zusammen; brennt dann ziemlich rasch mit rußender Flamme	schwach	schwarzbraun, blasig-kohlig
<b>Wolle Naturseide</b>	weniger leicht entzündlich; brennt langsam	nach verbrannten Haaren	blasig-kohlig; fühlt sich sandig an
<b>Azetat-kunstseide</b>	entzündlich; schmilzt beim Erhitzen	stechend sauer	zunächst blasige Kugeln, schließlich weiße Asche
<b>Polyesterfaser (Grisuten)</b>	schmilzt zusammen; brennt weiter	süßlich	braun; zusammengeschmolzen
<b>Polyamidfaser (Dederon)</b>	schmilzt zusammen; brennt schwer	schwach amidartig	braun; zusammengeschmolzen
<b>PC-Faser (Piviacid)</b>	nicht entflammend; schmort zusammen	stechender Geruch	schwarz; zusammengeschmort
<b>Glasfaser</b>	nicht brennbar; bei sehr heißer Flamme schmelzen die Fasern	—	glasig-brüchig

## 4. Unfallverhütung

### Allgemeine Regeln

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

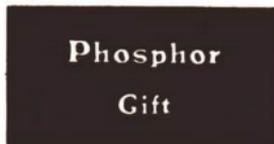
- ▶ Für Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz sorgen!
- ▶ Alle Geräte sorgsam und pfleglich behandeln! Beschädigungen und Verluste sind unverzüglich dem Lehrer zu melden.
- ▶ Diszipliniert verhalten und aufmerksam die Erläuterungen des Lehrers verfolgen!
- ▶ Rechtzeitig über die Gefährlichkeit der verwendeten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

- ▶ Den Versuch 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!

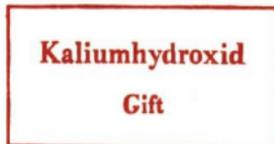
Gifte der Abteilung 1 und explosive Stoffe sind für Schülerversuche nicht erlaubt. Gifte der Abteilung 2 und 3 sowie feuergefährliche Stoffe dürfen in Schülerversuchen nur nach Anleitung durch den Lehrer verwendet werden.

### 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!
- ▶ Chemikalien möglichst nicht mit den Händen berühren! Nach dem Experimentieren sind die Hände gründlich zu waschen.
- ▶ 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!



Gifte Abteilung 1



Gifte Abteilung 2 und Abteilung 3

### Erste Hilfe bei Schädigungen durch Chemikalien

- ▶ Bei Verätzungen der Haut mit viel Wasser spülen, bei Hydroxidlösungen danach mit 1%iger Äthansäure, bei Säuren danach mit 1%iger Natriumhydrogenkarbonatlösung!
- ▶ Bei Verätzungen der Augen mit viel Wasser spülen!
- ▶ Bei Verätzungen des Mundes und des Magens durch Säuren Magnesiumoxid aufschlammung trinken, durch Basen Zitronenwasser oder stark verdünntes Essigwasser trinken!
- ▶ Bei Vergiftungen durch eingenommene feste und flüssige Stoffe Erbrechen hervorrufen, zum Beispiel durch Trinken 1%iger Kupfersulfatlösung!
- ▶ Bei Vergiftungen durch Gase die betroffene Person sofort an die frische Luft bringen!

## 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	Stoff
<b>Abteilung 1</b>	Arsen und seine Verbindungen Phosphor  Quecksilber und seine Verbindungen
<b>Abteilung 2 und 3</b>	Aminobenzol Ammoniaklösungen Antimonverbindungen Äthandiate Äthandisäure Äthansäure Bariumverbindungen Bleiverbindungen Brom Bromwasserstoffsäure Chlorsäure und Chlorate Fluorwasserstoffsäure 2-Hydroxypropansäure (ab 80%ig) Jod Kalium Kaliumhydroxid Kaliumhydroxidlösung Kohlendisulfid  Kupferverbindungen Methanal Methanol Methansäure Natrium Natriumhydroxid Natriumhydroxidlösung Nitrobenzol Paraldehyd Pentanol Phenol Phosphorsäure (ab 50%) Salpetersäure Salzsäure Schwefelsäure Silbernitrat Trichlormethan Zinksalze Zinnsalze
<b>Giftige Gase</b>	Aminobenzoldämpfe Ammoniak Benzoldämpfe Chlor Chlorwasserstoff Fluor Kohlendioxid  Kohlenmonoxid Nitrobenzoldämpfe Schwefeldioxid Schwefelwasserstoff Stickstoffdioxid Stickstoffmonoxid Tetrachlormethandämpfe

## Feuergefährliche Stoffe

Substanzen, die sich sehr leicht entzünden.

Äthanol, Benzin, Benzol, Methanol, Kohlendisulfid

## **Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit feuergefährlichen Stoffen**

- ▶ Beim Arbeiten mit feuergefährlichen Stoffen dürfen sich in der Nähe keine offenen Flammen befinden!
- ▶ Vorratsgefäße sofort nach Benutzung verschließen!

## **Erste Hilfe bei Brandwunden**

- ▶ Brandwunden nicht mit Wasser behandeln!
- ▶ Brandblasen nicht öffnen!
- ▶ Wenn nötig, Schmerzlinderung durch Öl oder Stärkemehl!

## **Explosible Stoffe**

Stoffe, die sich leicht durch Explosion umsetzen.

- Gemische von Wasserstoff mit Luft oder Sauerstoff,  
Gemische von Chlor mit Wasserstoff,  
Gemische von Methan mit Luft oder Sauerstoff,  
Gemische von Äthin mit Luft oder Sauerstoff,  
Gemische von Chloraten mit brennbaren Stoffen,  
Gemische von Dämpfen feuergefährlicher Stoffe mit Luft  
oder Sauerstoff,  
Natrium oder Kalium auf Wasser.

# E. CHEMISCHE TECHNOLOGIE

## 1. Rohstoffe der chemischen Produktion

### Feste Rohstoffe

Rohstoff	Zusammensetzung, Erläuterung	Verwendung
Anhydrit	Kalziumsulfat $\text{CaSO}_4$	Ausgangsstoff für die Herstellung von Schwefelsäure und Ammoniumsulfat
Apatit	Phosphatmineral, enthält Trikalziumphosphat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Ausgangsstoff für die Herstellung von Phosphatdüngemitteln, Phosphorsäure und Phosphor
Brauneisenstein	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ ; Eisenerz	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Roheisen
Braunkohle	Inkohlungsprodukt; etwa 40% brennbare Substanz	Ausgangsstoff für die Vergasung, Verkokung, Schwelung, Hochdruckhydrierung und Kohlenwasserstoffsynthese; Brennstoff
Fette	Propantriester von bestimmten kettenförmigen Karbonsäuren	Nahrungsmittel; Ausgangsstoffe für die Herstellung von Seifen, Anstrichmitteln, Kosmetika, Fettsäuren, Propantriol
Holz	Pflanzliches Zellgewebe; Zellulosegehalt bis 50%	Ausgangsstoff für die Herstellung von Holzkohle, Zellstoff, Äthanol, Klebstoffen, Appreturmitteln, Pech
Kalialze	Kalium- und Magnesiumminerale der Salzlagerstätten; enthalten geringe Mengen Bromide	Düngemittel; Ausgangsstoff für die Herstellung von Kaliumhydroxid, Kaliumkarbonat, Explosivstoffen, anderen Kaliumverbindungen und Brom

Fortsetzung der Tabelle siehe S. 94

Rohstoff	Zusammensetzung, Erläuterung	Verwendung
<b>Kalkstein</b>	Kalziumkarbonat $\text{CaCO}_3$ ; durch Ton und andere Stoffe verunreinigt	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Branntkalk, Zement, Glas, Kalzium- karbid; Zuschlagstoff bei der Roheisen- und Stahlerzeugung; Düngemittel, Hilfsstoff für die Erzeugung von Zellstoff
<b>Magnet- eisenstein</b>	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; oxidisches Eisenerz	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Roheisen; Zuschlagstoff bei der Stahl- herstellung (Herdfrischverfahren)
<b>Pyrit</b>	$\text{FeS}_2$ ; sulfidisches Eisenerz	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Schwefeldioxid und Roheisen
<b>Quarzsand</b>	Siliziumdioxid $\text{SiO}_2$	Ausgangsstoff für die Herstellung von Glas; zur Herstellung von Mörtel
<b>Roteisen- stein</b>	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; oxidisches Eisenerz	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Roheisen
<b>Steinkohle</b>	Inkohlungsprodukt; etwa 90% brennbare Substanz	Ausgangsstoff für die Vergasung und Verkokung; Brennstoff
<b>Steinsalz</b>	Natriumchlorid $\text{NaCl}$ ; Mineral der Salzlagerstätten	Ausgangsstoff für die Erzeugung von Natriumkarbonat, Natriumhydroxid, Chlor, Salzsäure u.a. Chemikalien; Hilfs- stoff bei der Seifenherstellung; Zusatz zur Nahrung; Konservierungsmittel

### Flüssige und gasförmige Rohstoffe

Rohstoff	Zusammensetzung, Erläuterung	Verwendung
<b>Erdgas</b>	Entstanden aus Faulschlamm; Gemisch gasförmiger Kohlen- wasserstoffe	Heizgas; Ausgangsstoff für die Petrol- chemie
<b>Erdöl</b>	Umwandlungsprodukt aus Faulschlamm; Gemisch kettenförmiger und ringförmiger Kohlenwasserstoffe	Ausgangsstoff für die Herstellung von Kraftstoffen, Schmierstoffen, Heizölen, Paraffin, Erdölpech und Grundchemi- kalien für die Petrochemie
<b>Luft</b>	Hauptbestandteile 78,1% Stick- stoff, 20,9% Sauerstoff	Ausgangsstoff für Reaktionen mit Stickstoff und Sauerstoff

## 2. Chemisch-technische Verfahren

In den Fließbildern dieses Abschnitts werden die verschiedenen Stoffe folgendermaßen dargestellt:

Ausgangsstoffe

Stoff

Hilfsstoffe

Stoff

Zwischenprodukte

Stoff

Nebenprodukte und Rücklauf

Stoff

Hauptprodukte

Stoff

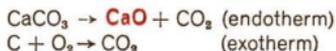
Einige häufiger auftretende Apparattypen und ihre Fließbildsymbole sind am Anfang des Buches zusammengestellt.

### Kalkbrennen

Ausgangsstoff: **Kalkstein**

Hilfsstoffe: Koks, Luft

Verfahren: Kalkstein wird zusammen mit Koks im **Schachtofen** bei etwa 1000 °C gebrannt:



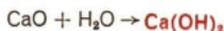
Hauptprodukt: **Brannkalk**

Nebenprodukt: Kohlendioxid

### Kalklöschchen

Ausgangsstoffe: **Brannkalk, Wasser**

Verfahren: Brannkalk wird in Löschilos mit Wasser umgesetzt:



Produkt: **Löschkalk**

### Herstellung von Portlandzement

Ausgangsstoffe: **Kalkstein, Ton**

Hilfsstoffe: Kohle, Luft, Wasser, Gips

Verfahren: Etwa 70% Kalkstein und 27% Ton werden in **Rohrmühlen** gemahlen und gemischt. Das entstandene Rohmehl granuliert man mit Wasser und brennt das Granulat bei etwa 1500 °C im **Drehrohr** zu Klinkern. Die Klinker werden unter Zusatz von Gips gemahlen.

Hauptprodukt: **Portlandzement**

Nebenprodukt: Verbrennungsgase

## Herstellung von Natrium-Kalzium-Glas

Ausgangsstoffe: Sand, Soda, Kalkstein, Scherbenglas

Hilfsstoffe: Heizgase, Luft

Verfahren: Die Ausgangsstoffe werden in bestimmten Verhältnis in **Trommelmischern** gemischt und im **Wannenofen** oder **Hafenofen** in der Schmelze umgesetzt.

Hauptprodukt: **Natrium-Kalzium-Glas**

Nebenprodukt: Abgase

## Natriumchloridelektrolyse (Quecksilberverfahren)

Ausgangsstoff: **Natriumchloridlösung**

Hilfsstoff: Quecksilber

Verfahren: Der Ausgangsstoff wird in der **Elektrolysezelle** (Graphitanode, Quecksilberkatode) elektrolytisch zersetzt:



Hauptprodukte: **Chlor, Natriumhydroxidlösung**

Nebenprodukt: Wasserstoff

## Aluminiumerzeugung durch Schmelzflußelektrolyse

Ausgangsstoff: **Aluminiumoxid**

Hilfsstoff: Kryolith, Kohleelektroden

Verfahren: Aluminiumoxid wird in der **Elektrolysezelle** in einer Kryolithschmelze elektrolytisch zersetzt:



Hauptprodukt: **Aluminium**

Nebenprodukt: Abgase

## Kalisalz-Aufbereitung

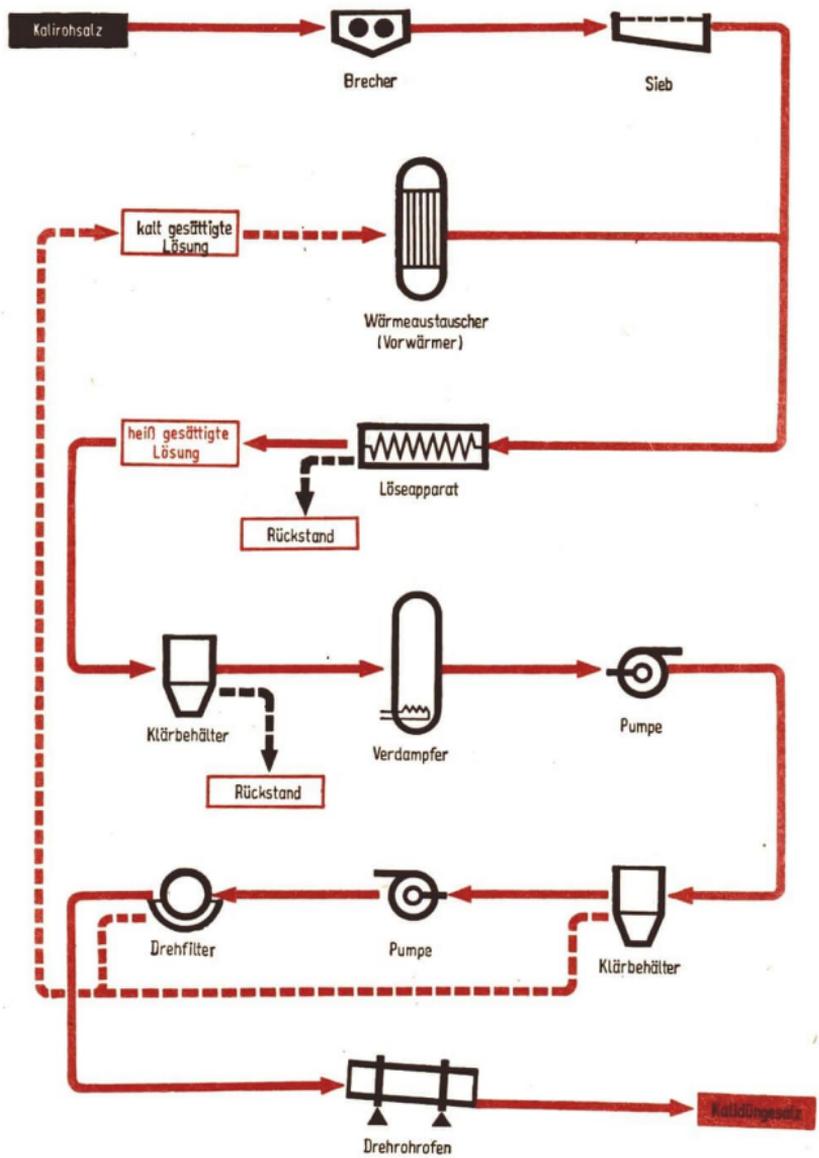
Ausgangsstoffe: **Kalisalze**

Hilfsstoff: Wasser, kalt gesättigte Salzlösung

Verfahren: Das Rohsalz wird in kalt gesättigter, heißer Salzlösung gelöst. Die Salze werden auf Grund ihrer unterschiedlichen Löslichkeit getrennt.

Hauptprodukt: **Kaliumchlorid oder Kaliumsalzgemische**

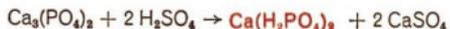
Nebenprodukte: Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat, Natriumchlorid, Bromide



## Superphosphatherstellung

Ausgangsstoffe: **Phosphatminerale, Schwefelsäure**

Verfahren: Das Trikalziumphosphat der Phosphatminerale wird im Rührwerk und im Aufschlußkeller mit Schwefelsäure zu Kalziumdihydrogenphosphat und Kalziumsulfat umgesetzt:



Hauptprodukt: **Superphosphat**

## Ammonsulfatherstellung

Ausgangsstoffe: **Anhydrit, Ammoniumkarbonatlösung**

Verfahren: Anhydrit wird gemahlen und in Rührkesseln mit Ammoniumkarbonatlösung umgesetzt:



Die Ammoniumsulfatlösung trennt man in Tauchsaugfiltern vom Kalziumkarbonatschlamm und dampft sie in Vakuumverdampfern ein. Der Schlamm wird mit **Drehfiltern** abgetrennt.

Hauptprodukt: **Ammonsulfat**

Nebenprodukt: Düngekalk (Leunakalk)

## Abrösten sulfidischer Erze

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

Verfahren: Die sulfidischen Erze werden im Etagenröstofen, **Drehrohrröstofen** oder Wirbelschichtröstofen bei etwa 650 °C oxydiert:



Produkte: **schwefeldioxidhaltige Röstgase, Abbrände**

## Müller-Kühne-Verfahren

Ausgangsstoffe: **Anhydrit oder Gips, Sand, Ton, Kohle**

Hilfsstoffe: **Koks, Luft**

Verfahren: Kalziumsulfat wird im **Drehrohrföfen** bei 1200 °C mit Kohlenstoff umgesetzt:



Das entstandene Kalziumoxid wird im gleichen Drehrohrföfen mit Sand und Ton zu Klinkern gebrannt.

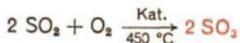
Produkte: **schwefeldioxidhaltige Gase, Zementklinker**

## Schwefelsäure-Kontaktverfahren

Ausgangsstoffe: schwefeldioxidhaltige Gase, Luft

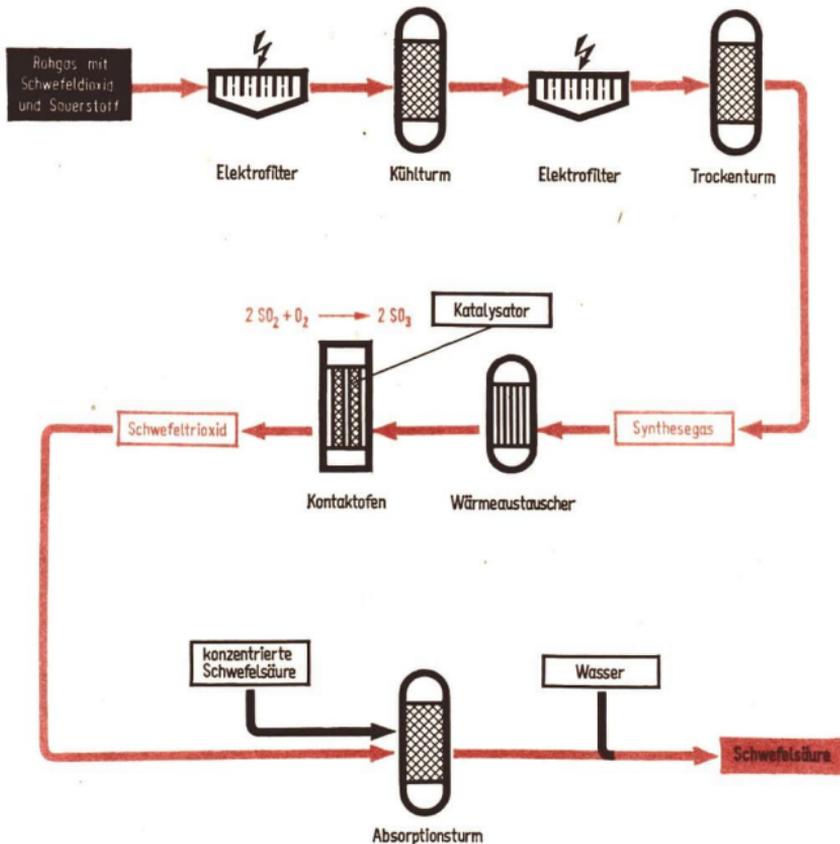
Hilfsstoffe: Wasser, Schwefelsäure, Katalysatoren

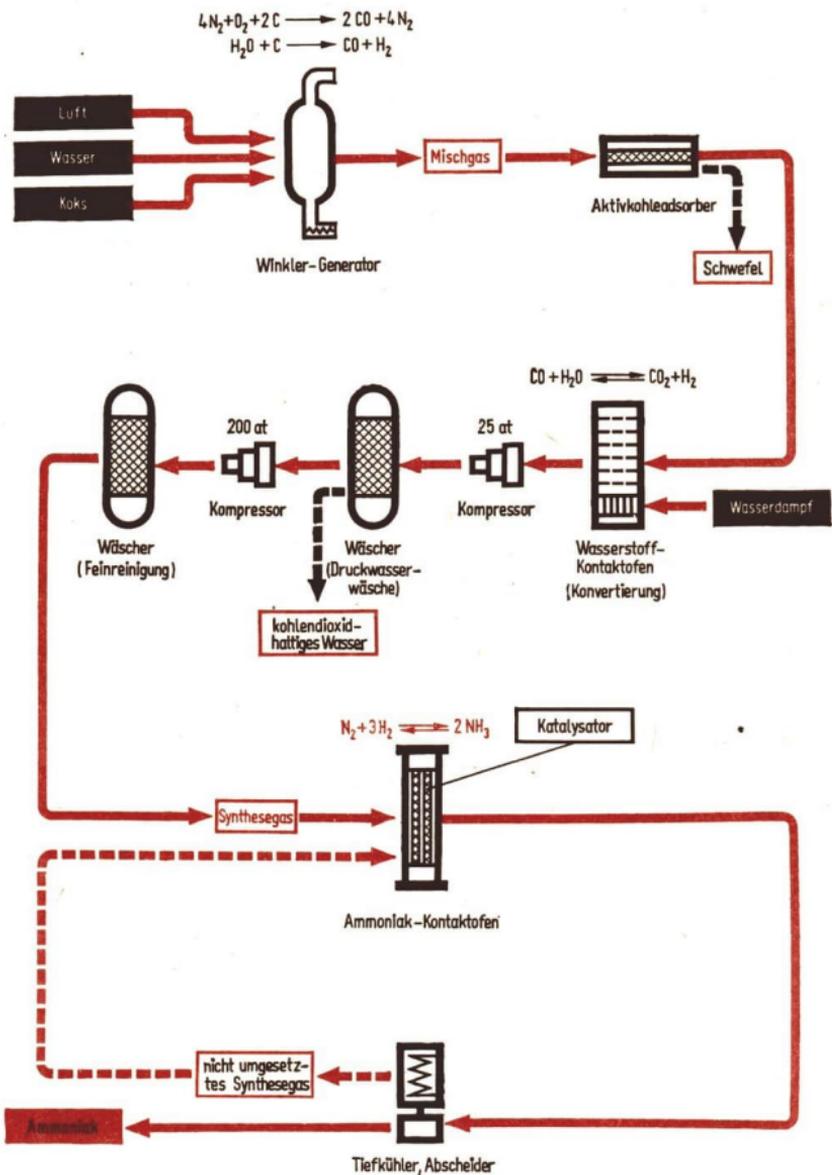
Verfahren: Die schwefeldioxidhaltigen Gase werden gereinigt, getrocknet und zusammen mit Luft im **Kontaktofen** bei 450 °C an Vanadinmischkatalysatoren umgesetzt:



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

Hauptprodukt: **Schwefelsäure**



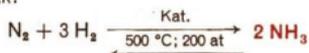


## Ammoniaksynthese nach Haber und Bosch

Ausgangsstoffe: **Wasser, Luft, Braunkohlenkoks**

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Verfahren: Im **Winklergenerator** wird Mischgas hergestellt. Aus dem Mischgas werden Verunreinigungen und, nach der Konvertierung, alle Bestandteile außer Stickstoff und Wasserstoff entfernt. Das Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch reagiert im **Kontaktfen** katalytisch zu Ammoniak:



Ammoniak wird im Abscheider von nicht umgesetztem Synthesegas getrennt, das man anschließend umsetzt (Kreislaufprozeß). Fließbild siehe Seite 100

Hauptprodukt: **Ammoniak**

Nebenprodukte: Schwefel, Kohlendioxid

## Salpetersäureherstellung

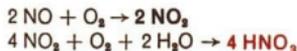
Ausgangsstoffe: **Ammoniak, Luft, Wasser**

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Verfahren: Ammoniak wird im **Verbrennungsofen** mit dem Sauerstoff der Luft zu Stickstoffmonoxid und Wasser oxidiert:



Stickstoffmonoxid wird mit Luft gemischt und in **Absorptionstürmen** mit Wasser umgesetzt:



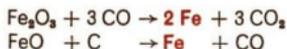
Hauptprodukt: **Salpetersäure**

## Roheisenerzeugung

Ausgangsstoffe: **Eisenerze**

Hilfsstoffe: Zuschläge, Koks, Luft

Verfahren: Die Erze werden durch Brechen, gegebenenfalls auch durch Sintern, auf die erforderliche Korngröße gebracht und mit den Zuschlägen gemischt (Möllerung). Im **Hochofen, Niederschachtofen** oder **Drehrohröfen** (Rennverfahren) werden die Eisenoxide durch Kohlenmonoxid und Kohlenstoff reduziert:



Hauptprodukt: **Roheisen**

Nebenprodukte: Schlacke, Gichtgas

## **Stahlerzeugung durch Windfrischen**

Ausgangsstoffe: flüssiges Roheisen, Luft

Hilfsstoffe: Zuschläge (z. B. Branntkalk)

Verfahren: Roheisen wird im **Thomas-Konverter** mit Hilfe von Wind (Luft) gefrischt (Oxydation bzw. Verschlackung der Begleitelemente).

Hauptprodukt: **Thomas-Stahl**

Nebenprodukte: Thomas-Schlacke, Abgase

## **Stahlerzeugung durch Herdfrischen**

Ausgangsstoffe: **Roheisen, Schrott**

Hilfsstoffe: Zuschläge (Kalkstein oder Branntkalk, Magneteisenstein), Heizgase, Luft

Verfahren: Roheisen wird im **Siemens-Martin-Ofen** durch chemisch gebundenen Sauerstoff gefrischt. Beim Frischen werden die Begleitelemente oxydiert beziehungsweise verschlackt.

Hauptprodukt: **Siemens-Martin-Stahl**

Nebenprodukte: Siemens-Martin-Schlacke, Abgase

## **Elektrostahlverfahren**

Ausgangsstoffe: **Roheisen, Schrott, Stahlveredler**

Hilfsstoffe: Zuschläge

Verfahren: Roheisen wird im **Lichtbogenofen** gefrischt (Oxydation bzw. Verschlackung der Begleitelemente).

Hauptprodukte: **Qualitäts- und Edelmehle**

Nebenprodukte: Schlacke, Abgase

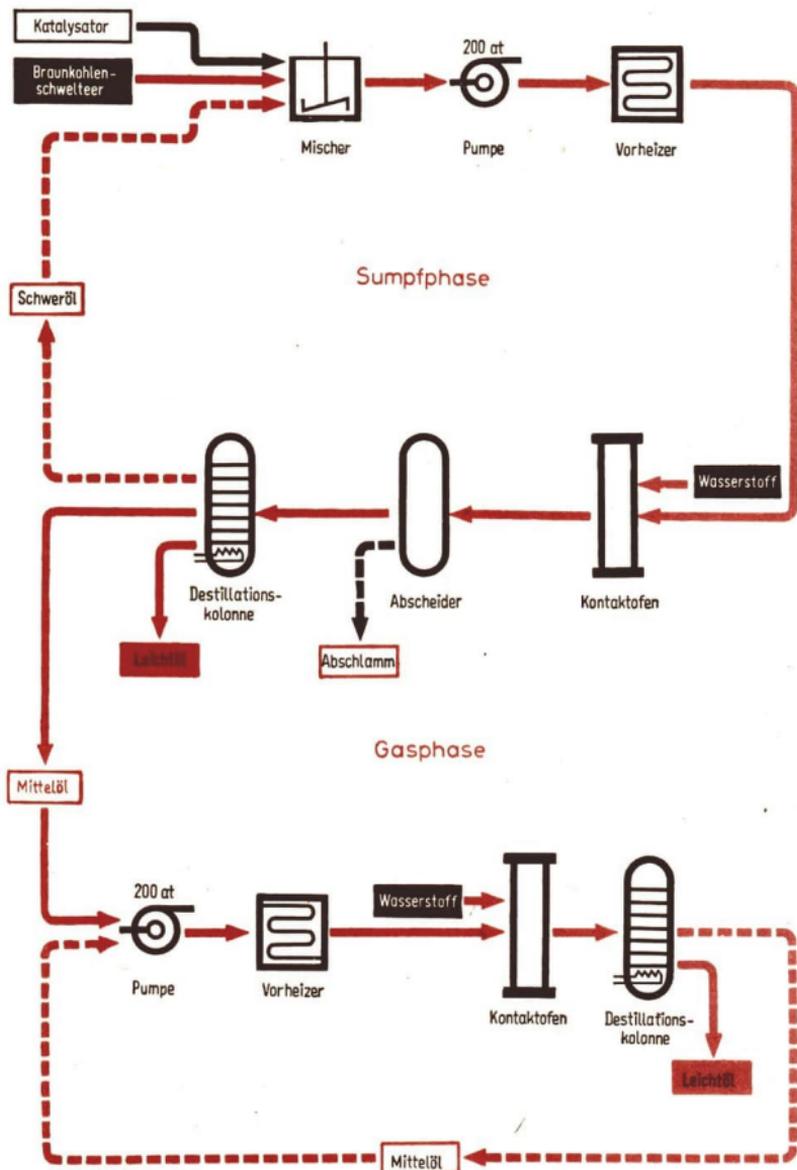
## **Hochdruckhydrierung**

Ausgangsstoffe: **Braunkohlenschwefelere oder höher siedende Erdölfraktionen, Wasserstoff**

Hilfsstoff: Katalysator

Verfahren: Die Ausgangsstoffe werden im **Kontaktfen** bei etwa 500 °C und 200 at Druck katalytisch hydriert (Sumpffphase). Das Produkt der Sumpffphase zerlegt man durch Destillation in Schweröl, Mittelöl und Leichtöl. Schweröl wird in den Prozeß zurückgeführt, Mittelöl in der nachfolgenden Gasphase erneut katalytisch hydriert. Das Produkt der Gasphase trennt man durch Destillation in Leichtöl und Mittelöl und führt letzteres in die Gasphasehydrierung zurück.

Produkte: **Leichtöl, Mittelöl**

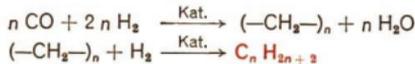


## Kohlenwasserstoffsynthese nach Fischer und Tropsch

Ausgangsstoffe: **Wasserdampf und Braunkohlenbriketts, Koks oder Rohbraunkohle**

Hilfsstoffe: Katalysator, Aktivkohle

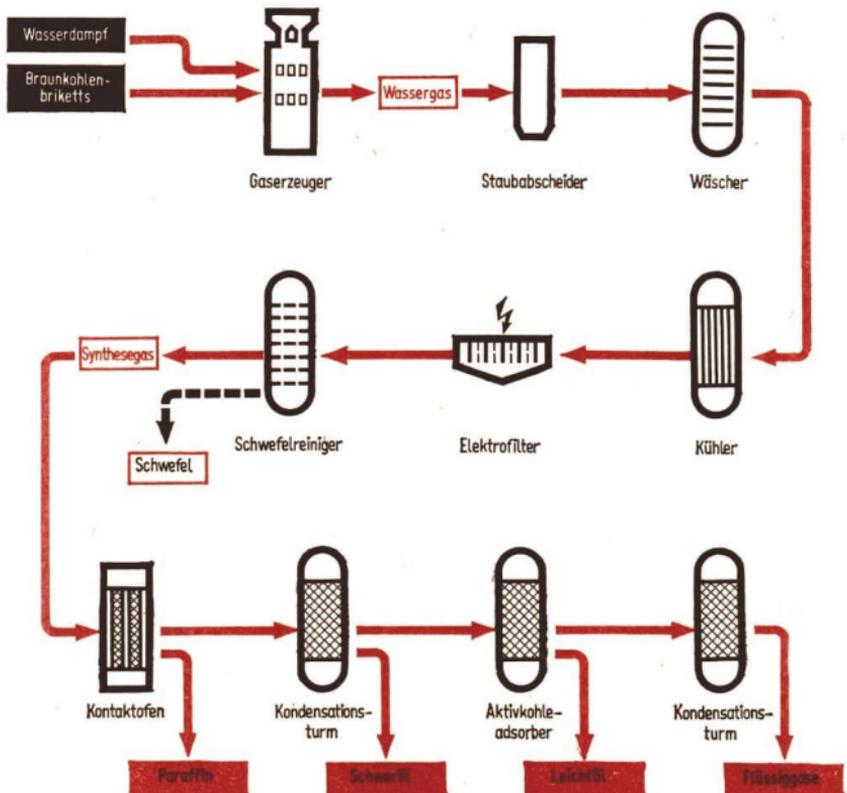
Verfahren: Aus den Ausgangsstoffen wird im Generator Wassergas erzeugt, das man reinigt. Das gereinigte Synthesegas (1 Teil Kohlenmonoxid, 2 Teile Wasserstoff) wird im **Kontaktfen** an Kobaltkatalysatoren bei etwa 200 °C zu Kohlenwasserstoffen und Wasser umgesetzt:



Die Kohlenwasserstoffe gewinnt man in Kondensationstürmen und Aktivkohleadsorbentern.

Hauptprodukte: **Paraffin, Leichtöl, Schweröl, Flüssiggase**

Nebenprodukt: Schwefel



## Verkokung der Steinkohle

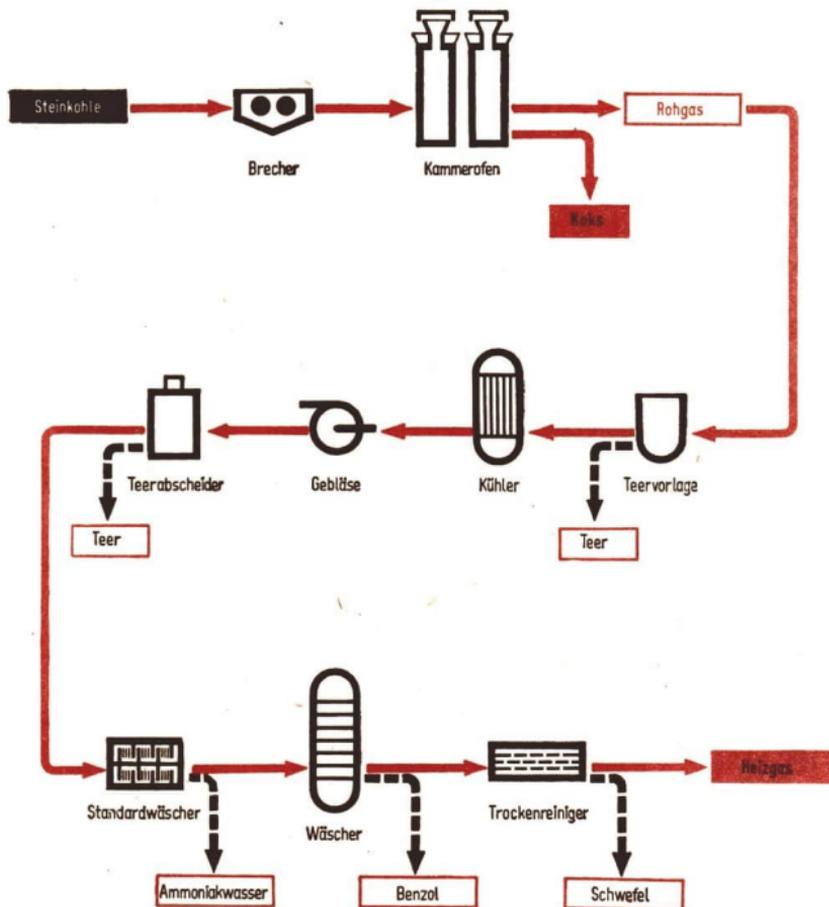
Ausgangsstoff: **Steinkohle**

Hilfsstoffe: Heizgase, Luft

Verfahren: Steinkohle wird zerkleinert und im **Kammerofen** unter Luftabschluß bei 1100°C erhitzt. Es entstehen Rohgas und Koks. Das Rohgas wird gekühlt und gereinigt.

Hauptprodukte: **Steinkohlenkoks, Steinkohlengas**

Nebenprodukte: Teer, Ammoniakwasser, Benzol, Schwefel



## Spülgasschwelung der Braunkohle

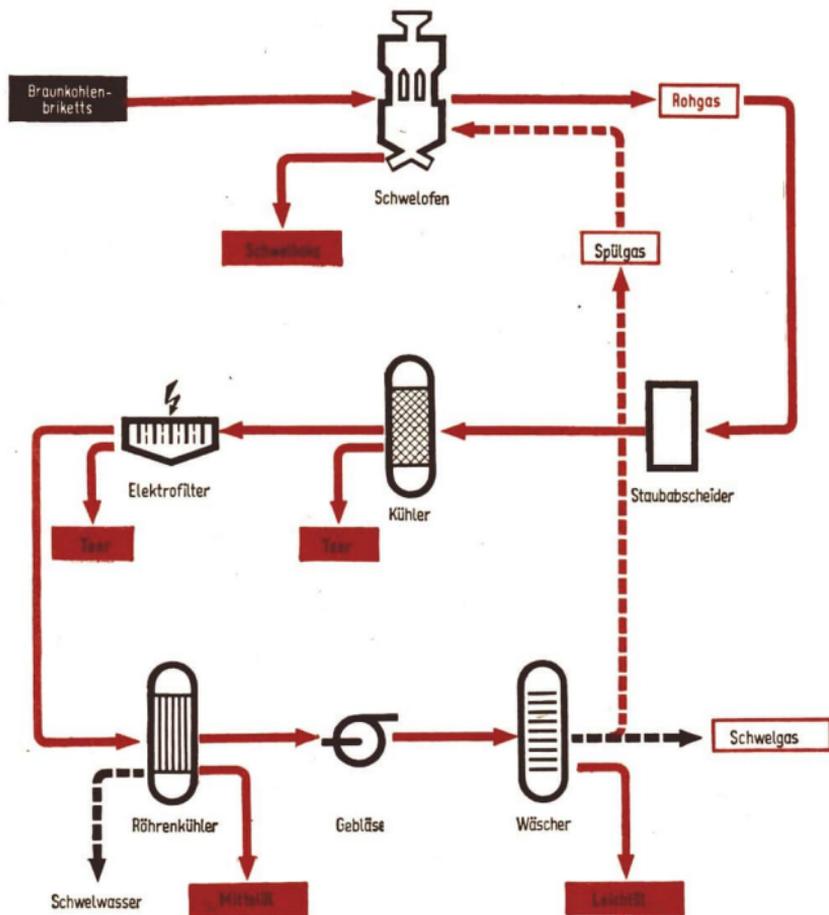
Ausgangsstoffe: Braunkohlenbriketts

Hilfsstoff: Spülgas

Verfahren: Briketts aus bitumenreichen Braunkohlen werden im **Schmelofen** bei 250°C vorgetrocknet und dann von etwa 600°C heißen Gasen „umspült“. Die Schwelprodukte werden aus dem Rohgas abgetrennt.

Hauptprodukte: Teer, Schwelkoks, Mittelöl, Leichtöl

Nebenprodukte: Schwelgas, Schwelwasser



## Sauerstoffdruckvergasung von Braunkohle

Ausgangsstoffe: **Braunkohle, Sauerstoff, Wasser**

Verfahren: Im **Generator** wird ein etwa 500 °C heißes Wasserdampf-Sauerstoff-Gemisch unter 24 at Druck über den glühenden Brennstoff geleitet:



Hauptprodukt: **Druckgas**

Nebenprodukte: Teer, Benzin

## Generatorgaserzeugung

Ausgangsstoffe: **Luft und Koks, Braunkohle oder gasarme Steinkohle**

Verfahren: Im **Generator** wird Luft über den glühenden Brennstoff geblasen:

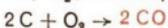


Hauptprodukt: **Generatorgas**

## Wassergaserzeugung

Ausgangsstoffe: **Braunkohle oder Koks, Wasser, Sauerstoff**

Verfahren: Im **Generator** wird Wasserdampf (zusammen mit etwas Sauerstoff) über den glühenden Brennstoff geleitet:



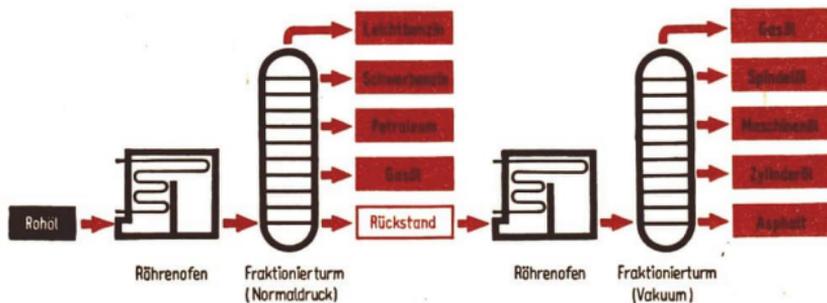
Hauptprodukt: **Wassergas**

## Aufarbeitung von Erdöl

Ausgangsstoff: **Erdöl**

Verfahren: Begleitstoffe (Sand, Wasser) und gasförmige Alkane werden auf dem Bohrfeld aus dem Erdöl entfernt. Im **Röhrenofen** wird das gereinigte Erdöl erhitzt und anschließend in **Fraktioniertürmen**, die Glockenböden enthalten, in Destillate bestimmter Siedebereiche zerlegt.

Produkte: **Leichtbenzin, Schwerbenzin, Petroleum, Gasöl, Spindelöl, Maschinenöl, Zylinderöl, Asphalt**

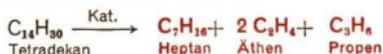


## Krackverfahren

Ausgangsstoffe: **höhersiedende Erdölfractionen**

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Verfahren: Die Ausgangsstoffe werden bei etwa 500 °C und unter 5 bis 80 at Druck (katalytisch, thermisch) in kleinere Moleküle zerlegt:



Produkte: **niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe**

## Karbidherstellung

Ausgangsstoffe: **Branntkalk, Koks**

Verfahren: Brantnkalk und Koks werden im **Elektrofen** bei etwa 2000 °C zu Kalziumkarbid und Kohlenmonoxid umgesetzt:



Hauptprodukt: **Kalziumkarbid**

Nebenprodukt: Kohlenmonoxid

## Äthinherstellung

Ausgangsstoffe: **Kalziumkarbid, Wasser**

Verfahren: Kalziumkarbid wird in geschlossenen Behältern mit Wasser umgesetzt:



Hauptprodukt: **Äthin**

Nebenprodukt: Kalziumhydroxid (Karbidkalkhydrat)

## Methanolsynthese

Ausgangsstoffe: **Kohlenmonoxid, Wasserstoff**

Hilfsstoffe: Katalysatoren

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



Hauptprodukt: **Methanol**

## Äthanolgärung

Ausgangsstoffe: **Stärke, Zellulose, Zucker, Fruchtsäfte oder Ablaugen der Zellstoffgewinnung**

Hilfsstoffe: Hefe, Wasser

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



Aus der gewonnenen äthanolhaltigen Lösung wird Äthanol durch Destillation abgetrennt.

Hauptprodukt: **Äthanol**

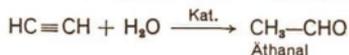
Nebenprodukte: Hefe, Kohlendioxid, höhere Alkanole

## Äthanol synthese

Ausgangsstoffe: **Äthin, Wasserstoff**

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Verfahren: An Äthin wird katalytisch Wasser angelagert, wobei Äthanal entsteht:



Äthanal wird dann katalytisch mit Wasserstoff zu Äthanol hydriert:



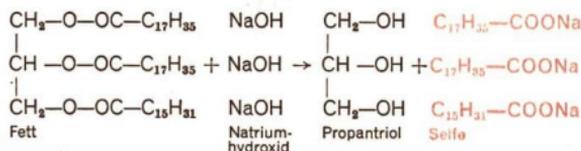
Hauptprodukt: **Äthanol**

## Seifenherstellung (Laugenverfahren)

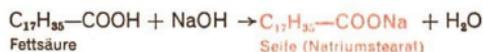
Ausgangsstoffe: **Fette oder Fettsäuren, Natriumhydroxidlösung**

Hilfsstoffe: Natriumchlorid, Wasser, Wasserdampf

Verfahren: Fette und Natriumhydroxidlösung werden in **Siedekesseln** erhitzt und umgesetzt.



Fettsäuren (in einem besonderen Arbeitsgang durch Fettspaltung hergestellt) werden mit Natriumhydroxidlösung umgesetzt:



Nach Beendigung der Reaktion wird der Seifenkern durch Zugabe von Natriumchlorid aus der Lösung ausgesalzen. Weitere Verarbeitung des Seifenkerns: Kühlen, Trocknen und Formen.

Hauptprodukt: **Seife**

Nebenprodukt: Propantriol (Fette als Ausgangsstoff)

## Zuckergewinnung aus Rüben

Ausgangsstoff: **Zuckerrüben**

Hilfsstoffe: Branntkalk, Kohlendioxid, Wasser

Verfahren: Die Zuckerrüben werden gewaschen, geschnitzelt und in **Diffuseuren** ausgelaut. Den erhaltenen Rohsaft befreit man von Verunreinigungen (Scheidung und Satura-tion) und filtriert mit **Drehfiltern**. Als Rückstand verbleibt Scheideschlamm. Das Filtrat, der Dünnsaft, wird in mehreren Arbeitsgängen über Dicksaft zur Füllmasse eingedampft. Die Füllmasse trennt man nach erfolgter Kristallisation durch Zentrifugieren in Rohzucker und Melasse.

Hauptprodukt: **Rohzucker**

Nebenprodukte: Scheideschlamm (Kalkdünger), Melasse, ausgelaugte Rübenschnitzel (Futtermittel)

## Zellstoffgewinnung (Sulfitverfahren)

Ausgangsstoffe: **Holz, Kalziumhydrogensulfit**

Hilfsstoff: Wasser

Verfahren: Zerkleinertes Holz und Kochsäure (Kalziumhydrogensulfitlösung) werden in **Kochern** unter etwa 3 at Druck auf etwa 130 °C erhitzt. Dann trennt man den Zellstoffbrei von der Kochsäure, reinigt, bleicht und entwässert ihn.

Hauptprodukt: **Zellstoff**

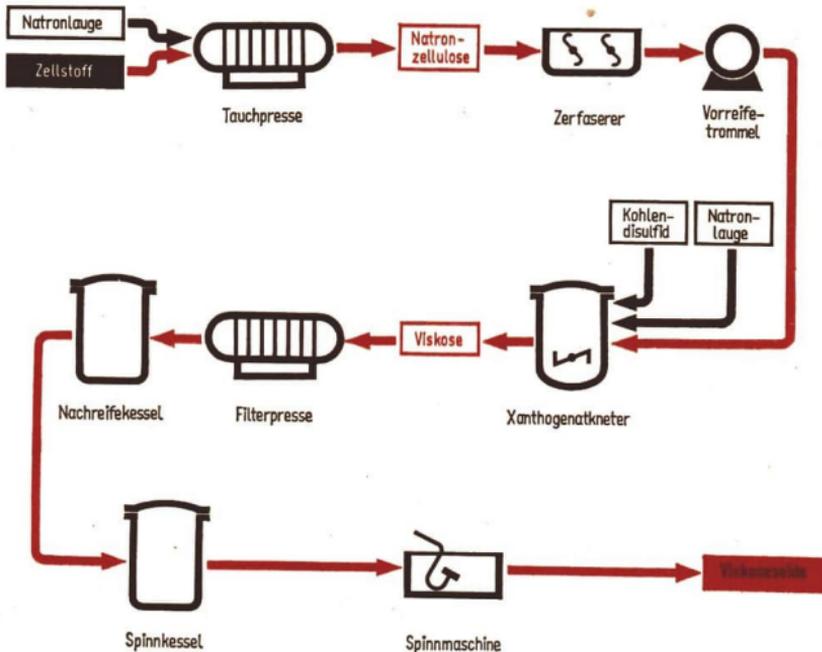
Nebenprodukt: Sulfitablaugen

## Herstellung von Viskoseseide

**Ausgangsstoffe: Zellstoff, Natriumhydroxidlösung, Kohlendisulfid**

**Verfahren:** Zellstoff wird mit Natriumhydroxidlösung in Natronzellulose umgewandelt, die nach Zerfaserung und Vorreife in Knetmaschinen mit Kohlendisulfid reagiert. Das entstandene Xanthogenat löst man in Natriumhydroxidlösung zu Viskose, die nach Filtrieren und Nachreife durch Spinndüsen in ein Fällbad gepreßt wird.

**Hauptprodukt: Viskoseseide**



## Herstellung von PVC (Emulsionsverfahren)

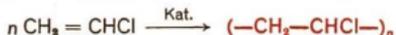
**Ausgangsstoffe: Äthin, Chlorwasserstoff**

**Hilfsstoffe: Katalysatoren**

**Verfahren:** Man läßt Äthin katalytisch mit Chlorwasserstoff zu Monochloräthen (Vinylchlorid) reagieren:



Monochloräthen wird in Autoklaven bei etwa 45 °C katalytisch polymerisiert:



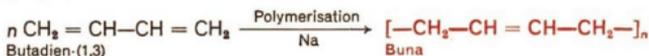
Aus der entstandenen Emulsion erhält man durch Zerstäubungstrocknung PVC-Pulver.  
Hauptprodukt: **PVC-Pulver**

### Kautschuksynthese

Ausgangsstoffe: **Äthin, Wasser, Wasserstoff**

Hilfsstoffe: Katalysatoren

Verfahren: Aus den Ausgangsstoffen wird über mehrere Zwischenprodukte [Äthanal, 3-Hydroxybutanal, Butandiol-(1,2)] Butadien-(1,3) hergestellt, das dann zu einem synthetischen Kautschuk polymerisiert:



Hauptprodukt: **Synthesekautschuk**

## 3. Industrieprodukte

### Anorganische Grundchemikalien

Name (Handelsbezeichnung)	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
<b>Ammoniak</b>	NH <sub>3</sub>	Herstellung von Salpetersäure Düngemitteln, Soda; Kühlmittel
<b>Ätznatron</b>	Natriumhydroxid NaOH	Herstellung von Seifen und Chemikalien; Hilfsstoff zur Zellstoffherstellung und zur Reinigung von Fetten und Mineralölen
<b>Branntkalk</b>	Kalziumoxid CaO	Zuschlagstoff bei der Stahlerzeugung; Hilfs- stoff bei der Zuckergewinnung und für die Sodaerzeugung; zur Herstellung von Lösch- kalk und Kalziumkarbid; Düngemittel
<b>Chlor</b>	Cl <sub>2</sub>	Herstellung von Plasten, Farbstoffen, Arznei- mitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln; Desinfektions- und Bleichmittel

Name (Handelsbezeichnung)	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
<b>Salpetersäure</b>	$\text{HNO}_3$	Herstellung von Düngemitteln, Farbstoffen, Lacken, Plasten, Arzneimitteln, Explosivstoffen, Chemiefasern
<b>Schwefel</b>	S	Herstellung von Kohlendisulfid, Farbstoffen, Arzneimitteln, Desinfektionsmitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln; Vulkanisation von Kautschuk
<b>Schwefelsäure</b>	$\text{H}_2\text{SO}_4$	Herstellung von Düngemitteln, Farbstoffen, Chemiefasern, Plasten, Arzneimitteln; Aufbereitung von Erzen, Reinigung von Erdöl; Trockenmittel
<b>Soda</b>	Natriumkarbonat $\text{Na}_2\text{CO}_3$	Herstellung von Seifen, Glas, Natriumverbindungen, Düngemitteln; Wasserenthärtung

## Düngemittel

Gruppe	Name	wichtigste Bestandteile Verbindung	Gehalt in %
<b>Kalkdüngemittel</b>	<b>Branntkalk</b>	Kalziumoxid $\text{CaO}$	75 bis 90
	<b>Karbidkalk- hydrat</b>	Kalziumhydroxid $\text{Ca(OH)}_2$	70 bis 90
	<b>Kohlensaurer Kalk</b>	Kalziumkarbonat $\text{CaCO}_3$	80
	<b>Leunakalk</b>	Kalziumkarbonat $\text{CaCO}_3$	70
	<b>Löschkalk</b>	Kalziumhydroxid $\text{Ca(OH)}_2$	70 bis 90
<b>Kalidüngemittel</b>	<b>Emgekali</b>	Kaliumchlorid $\text{KCl}$	56
		Magnesiumsulfat $\text{MgSO}_4$	15
		Natriumchlorid $\text{NaCl}$	17
		Kalziumsulfat $\text{CaSO}_4$	3,5
		Kaliumchlorid $\text{KCl}$	63
	<b>Kalidüngesalz 40%</b>	Magnesiumsulfat $\text{MgSO}_4$	1,5
		Natriumchlorid $\text{NaCl}$	26
	Kalziumsulfat $\text{CaSO}_4$	5	

Fortsetzung der Tabelle siehe S.114

Gruppe	Name	wichtigste Bestandteile Verbindung	Gehalt in %	
Kalidüngemittel	Reformkali	Kaliumchlorid	KCl	21
		Kaliumsulfat	$K_2SO_4$	25
		Magnesiumsulfat	$MgSO_4$	32
		Natriumchlorid	NaCl	2
		Kalziumsulfat	$CaSO_4$	8
	Schwefelsaures Kali	Kaliumchlorid	KCl	3
		Kaliumsulfat	$K_2SO_4$	89
		Magnesiumsulfat	$MgSO_4$	4,5
		Kalziumsulfat	$CaSO_4$	1
		Natriumchlorid	NaCl	1
Stickstoffdüngemittel	Ammonsulfat	Ammoniumsulfat	$(NH_4)_2SO_4$	100
	Kalkammonsalpeter	Ammoniumnitrat	$NH_4NO_3$	60
		Kalziumkarbonat	$CaCO_3$	35
	Kalkstickstoff	Kalziumzyanamid	$CaCN_2$	62
		Kalziumoxid	CaO	17
		Kohlenstoff	C	12
	Natronsalpeter	Natriumnitrat	$NaNO_3$	100
Phosphatdüngemittel	Alkalisinterphosphat	säurelösliche Alkaliphosphate		
	Mg-Phosphat	Trimagnesiumphosphat	$Mg_3(PO_4)_2$	37
		Kalziumsulfat	$CaSO_4$	43
	Superphosphat	Kalziumdihydrogenphosphat	$Ca(H_2PO_4)_2$	45
		Kalziumsulfat	$CaSO_4$	50
	Thomasphosphat	säurelösliche Phosphate		
	Mehrnährstoffdünger	Am-Sup-Ka	Ammoniumsulfat	$(NH_4)_2SO_4$
Kaliumchlorid			KCl	33
Kalziumdihydrogenphosphat			$Ca(H_2PO_4)_2$	21
Kaliumnitrat			$KNO_3$	55
Kaliammonsalpeter		Kaliumchlorid	KCl	7
		Ammoniumchlorid	$NH_4Cl$	28
		Kalziumkarbonat	$CaCO_3$	7

## Düngermischungstafel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Brannkalk, kalziumhydroxid- haltige Düngemittel	Karbonathaltige Kalkdüngemittel	Kainit, Sylvinit, Kalidünger- salze, Emgekali, Reform-Kali	Natronsalpeter	Kalkammonsalpeter	Ammonsulfat	Kalkstickstoff	Superphosphat, Am-Sup-Ka	Thomasphosphat	Mg-Phosphat, schwefelsaures Kali	Kaliammonsalpeter	
											1 Brannkalk, kalziumhydroxid- haltige Düngemittel
											2 Karbonathaltige Kalkdüngemittel
											3 Kainit, Sylvinit, Kalidüngesalze, Emgekali, Reform-Kali
											4 Natronsalpeter
											5 Kalkammonsalpeter
											6 Ammonsulfat
											7 Kalkstickstoff
											8 Superphosphat, Am-Sup-Ka
											9 Thomasphosphat
											10 Mg-Phosphat, schwefelsaures Kali
											11 Kaliammonsalpeter

- Mischen ist zu empfehlen
- Mischen darf nicht erfolgen
- Nach dem Mischen sofort ausstreuen

## Angabe des Nährstoffgehaltes in Düngemitteln

Nährstoff	Angabe des Nährstoffgehaltes
Kalzium	Kalziumoxid <span style="color: red;">CaO</span>
Phosphor	Phosphorpentoxid <span style="color: red;">P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></span>
Kalium	Kaliumoxid <span style="color: red;">K<sub>2</sub>O</span>
Stickstoff	Stickstoff <span style="color: red;">N</span>

## Metalle

Name	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
<b>Roheisen</b>	Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 4%	graues Roheisen: Gußeisen zur Herstellung von wenig beanspruchten Maschinenteilen und Geräten weißes Roheisen: Ausgangsstoff für die Stahlerzeugung
<b>Kohlenstoffstähle</b>	Eisen-Kohlenstoff-Legierungen mit einem Kohlenstoffgehalt bis 1,7%	Herstellung von Stahlerzeugnissen durch Gießen, Walzen, Ziehen, Schmieden
<b>Legierte Stähle</b>	Eisenlegierungen mit Metallen und Kohlenstoff Legierungszusätze: Mangan bis 14% (Verschleißfestigkeit) Chrom über 13% (Härte, Rostbeständigkeit) Nickel etwa 25 bis 36% (Zähigkeit, fast keine Ausdehnung beim Erwärmen) Chrom und Nickel (Härte, Zähigkeit, chemische Widerstandsfähigkeit) Wolfram 15 bis 18% (Festigkeit in der Wärme)	Eisenbahnschienen Werkzeuge und Kugellager Bau von Meßinstrumenten  Kurbelwellen, Achsen, Bau chemisch-technischer Apparate Zerspanungswerkzeuge
<b>Kupfer</b>	Cu	Leiternmetall für die Elektroindustrie; Herstellung von Rohren für Heizungs- u. Kältetechnik, Apparaten für die chemische Industrie; Legierungsmetall
<b>Blei</b>	Pb	Legierungsmetall; Material zum Schutz gegen radioaktive Strahlen; Herstellung von Kabeln und Rohren; für Bleiakumulatoren
<b>Zink</b>	Zn	Oberflächenschutzmittel für Bleche, Rohre, Drähte, Nägel aus Eisenlegierungen; Herstellung von Blechen, Taschenlampenbatterien; Legierungsmetall

Name	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
Zinn	Sn	Legierungsmetall; Oberflächenschutzmittel für Stahlbleche (Weißbleche)
Aluminium	Al	Leitermetall für die Elektroindustrie; Herstellung von Haushaltgeräten, Behältern, Profilen, Formteilen; Folie für Verpackungszwecke; aluminothermisches Schweißen; Legierungsmetall; Baustoff
Messinge	Legierungen aus 54 bis 90% Kupfer, 46 bis 10% Zink	Herstellung von Drähten, Blechen, Profilen; Armaturen; Formteile für die Elektroindustrie
Bronzen	Legierungen aus 70 bis 96% Kupfer, 30 bis 4% Zinn	Herstellung von hochbeanspruchten Maschinenteilen, Armaturen
Rotguß	Legierung aus 86% Kupfer, 4% Zink, 10% Zinn	Herstellung von Maschinenteilen
Lötzinn	Legierung aus 25 bis 50% Zinn, 75 bis 50% Blei	Lötmetall für Kupfer, Zink und Stahl

### Organische Grundchemikalien

Name	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
Äthanal	$\text{CH}_3\text{—CHO}$	Zwischenprodukt zur Herstellung von synthetischem Kautschuk, Äthanol, Äthansäure, Farbstoffen, Arzneimitteln
Äthanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{—OH}$	Lösungsmittel, Raketentreibstoff, Brennstoff, Ausgangsstoff für chemisch-technische Verfahren
Äthansäure	$\text{CH}_3\text{—COOH}$	Herstellung von Chemiefasern, Sicherheitsfilmen, Farbstoffen, Arzneimitteln, Riechstoffen, Lösungsmitteln; Speisewürze und Konservierungsmittel

Fortsetzung der Tabelle siehe S. 118

Name	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
<b>Benzol</b>	$C_6H_6$	Lösungsmittel; Zusatz für Kraftstoffe; Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Chemiefasern, Farbstoffen, Arzneimitteln, Waschmitteln, synthetischem Kautschuk
<b>Kalziumkarbid</b>	$CaC_2$	Herstellung von Kalkstickstoff, Plasten, synthetischem Kautschuk, Chemiefasern, Lösungsmitteln, Arzneimitteln, Äthanol, Äthansäure
<b>Methanal</b>	HCHO	Desinfektionsmittel, Konservierungsmittel; Herstellung von Plasten
<b>Methanol</b>	$CH_3-OH$	Lösungsmittel, Raketentreibstoff, Brennstoff, Ausgangsstoff für chemisch-technische Verfahren
<b>Methansäure</b>	HCOOH	Desinfektionsmittel, Konservierungsmittel; Hilfsstoff in der Textilveredlung und Gerberei
<b>Paraffin</b>	Gemisch fester Alkane	Herstellung von Kerzen, Pflegemitteln und Polituren, Kunstblumen; Isolierstoff, Imprägniermittel, Salbengrundlage; Herstellung von Fettsäuren
<b>Phenol</b>	$C_6H_5-OH$	Herstellung von Plasten, Chemiefasern, Schädlingsbekämpfungsmitteln, Gerbstoffen, Farbstoffen, Arzneimitteln
<b>Propantriol</b>	$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2OH$	Zusatz zu Zahnpasten, Stempelfarben, Modelliermassen, Tubenfarben, Schuhcreme, Seifen, Kosmetika; Frostschutzmittel, Druckflüssigkeit in hydraulischen Pressen, Füllung von Gasmeßuhren, Lösungsmittel, Konservierungsmittel, Ausgangsstoff für chemisch-technische Verfahren
<b>Zellstoff</b>	fast reine Zellulose	Herstellung von Chemiefasern, Papier, Folien, Plasten, Kleb- und Appreturmitteln, Lacken, Explosivstoffen, Verbandmaterial

**Plaste**

Name	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
<b>Epoxidharze</b>	Polykondensationsprodukte von Epoxiden	Gießharze, Lackrohstoff, Isolierstoff für die Elektrotechnik, Metallklebemittel
<b>Gummi</b>	Synthesekautschuk (Buna) oder Naturkautschuk, mit Schwefel vulkanisiert	Fahrzeugreifen, Regen- und Arbeitsschutzbekleidung, Schläuche, Treibriemen, Massenbedarfsartikel
<b>Phenoplaste</b>	Polykondensationsprodukte von Phenol (bzw. seinen Homologen) und Methanal	Herstellung von Gießharzen, Lacken, Leimen, Kitten, Schichtpreßstoffen, Glakresit, Preßmassen
<b>Polyamide</b>	Polykondensationsprodukte von $\epsilon$ -Aminokaprolaktam und anderen Stoffen	Herstellung von Formteilen für die Industrie, Massenbedarfsartikeln, Möbelbeschlägen, Armaturen, Haushaltsgeräten, Schnüren, Seilen, Folien
<b>Polyäthylen</b>	Polymerisationsprodukt des Äthens	Herstellung von Haushaltgeräten, Verpackungsmaterial, Rohren, Schläuchen; Isolierstoff in der Elektrotechnik
<b>Polyester</b>	Polykondensationsprodukte von mehrwertigen organischen Säuren mit mehrwertigen Alkoholen	Herstellung von Behältern, Waschbecken, Booten, Fahrzeugkarosserien; Klebemittel für Metalle und andere Werkstoffe
<b>Hart-PVC</b>	Polymerisationsprodukt des Chloräthens	Herstellung von Armaturen, Dichtungen, Rohrleitungen, Apparaturen für die chemische Industrie, Verpackungsmaterial, Haushaltgeräten, Platten, Folien; Isolierstoff für die Elektrotechnik
<b>Weich-PVC</b>	Polymerisationsprodukt des Chloräthens, mit Weichmachern verknüpft	Herstellung von Polstern, Polsterbezügen, Fußbodenbelag, Arbeitsschutz- und Regenbekleidung, Taschenwaren, Bucheinbänden, Spielwaren, Förderbändern, Schläuchen, Kabelisolierungen
<b>Silikone</b>	siliziumorganische Verbindungen	Herstellung von Ölen, Fetten, synthetischem Kautschuk, Lacken

## Chemiefasern

Name (Handelsbezeichnung)	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
<b>PC-Faser (Piviacid)</b>	Chemiespinnfaser auf Basis von nachchloriertem Polyvinylchlorid	Unterbekleidung, Arbeitsschutzbekleidung, Planen, Vorhänge, Schläuche, Seile, technische Gewebe
<b>Polyakrylnitrilfasern (Wolpryla)</b>	Chemiespinnfasern auf Basis von Polyakrylnitril	Unterbekleidung, Oberbekleidung, Dekorationsstoffe, Planen, technische Gewebe
<b>Polyamidfasern (Dederon)</b>	Chemiefäden und Chemiespinnfasern auf Basis von $\epsilon$ -Aminokaprolaktam	Strümpfe, Unterbekleidung, Oberbekleidung, Dekorationsstoffe, Teppiche, Seile, Schläuche, technische Gewebe
<b>Polyesterfasern (Grisuten)</b>	Chemiefäden und Chemiespinnfasern auf Basis von Polyestern	Oberbekleidung, Gardinen, Dekorationsstoffe, Planen, technische Gewebe
<b>Viskosefasern (Regan)</b>	Chemiefäden und Chemiespinnfasern auf Basis von Zellulose	Strümpfe, Unterbekleidung, Oberbekleidung, Dekorationsstoffe, technische Gewebe

## Brennstoffe und Kraftstoffe

Name	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
<b>Braunkohlenkokereigas</b>	etwa 35% $H_2$ etwa 20% CO, 18% $CO_2$ etwa 15% $CH_4$ , 11% $N_2$	Stadtgas, Industriegas
<b>Generatorgas</b>	etwa 30% CO etwa 60% $N_2$ etwa 5% $CO_2$	Industriegas
<b>Propan</b>	$C_3H_8$ (95%)	Heizgas für bewegliche Heizgeräte
<b>Wassergas</b>	etwa 50% $H_2$ etwa 40% CO	Industriegas

Name	Erläuterung, Zusammensetzung	Verwendung
Steinkohlenkokereigas	etwa 50% H <sub>2</sub> etwa 30% CH <sub>4</sub> etwa 10% CO	Stadtgas, Industriegas
Dieseldieselkraftstoff	Gemisch aus Alkanen und ringförmigen Kohlenwasserstoffen des Siedebereichs 190 bis 345 °C	Kraftstoff für Dieselmotoren
Petroleum	Kohlenwasserstoffgemisch (Siedebereich 150 bis 300 °C)	Brennstoff, Raketentreibstoff, Kraftstoff
Treibgas	Gemisch aus Butan, Propan, Äthan, Pentan	Kraftstoff für Ottomotoren
Vergaserkraftstoff	Gemisch aus Alkanen (Pentan bis Dodekan), Alkenen, ringförmigen Kohlenwasserstoffen und Antiklopfmitteln	Kraftstoff für Ottomotoren

#### 4. Industrieproduktion der DDR

##### Industrielle Bruttoproduktion

Industriebereich	1955 <sup>1</sup>	1960 <sup>1</sup>	1965 <sup>1</sup>	1965 (in %)
Grundstoffindustrie	13598	20203	25305	28,5
davon Energiebetriebe	706	1137	1481	1,7
Bergbau	2286	2626	2597	2,9
Metallurgie	2962	4578	4272	4,8
<b>Chemische Industrie</b>	<b>6864</b>	<b>10470</b>	<b>15056</b>	<b>17,0</b>
Baumaterialindustrie	780	1392	1899	2,1
Metallverarbeitende Industrie	13103	23585	33209	37,4
Leichtindustrie	10773	15514	18464	20,8
Nahrungs- und Genußmittelindustrie	7323	10128	11898	13,3
<b>Industrie insgesamt</b>	<b>44797</b>	<b>69430</b>	<b>88876</b>	<b>100</b>

Angaben in Millionen MDN (gerundet)

## Bruttoproduktion, Beschäftigte und Betriebe der chemischen Industrie 1965

	Bruttoproduktion		Beschäftigte	Betriebe
	in Mill. MDN	in %		
Chemische Industrie	15 056	100	280 645	1 014
davon				
Grundchemikalien	3 702	24,6	76 745	73
Chemische und chemisch-technische Spezialerzeugnisse	3 146	20,9	52 480	421
Plaste und Plasterzeugnisse	973	6,5	25 994	264
Pharmazeutika	1 121	7,4	14 341	112
Gummi und Asbestwaren	2 813	18,7	47 436	104
Chemiefasern	883	5,9	22 950	8
Mineralöle, Teerprodukte	2 418	16,0	40 699	32

## Produktion ausgewählter Erzeugnisse

Erzeugnis	Einheit	1950	1955	1960	1961	1962	1963	1964	1965
BHT-Koks	Mill. t	—	0,46	1,01	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05
Braunkohlenbriketts	Mill. t	38	51	56	58	60	60	61	60
Braunkohlenschwelkoks	Mill. t	5,22	6,37	6,69	6,64	6,63	6,53	6,56	6,29
Kalialze	Mill. t K <sub>2</sub> O	1,34	1,55	1,67	1,68	1,75	1,84	1,86	1,93
Rohbraunkohle	Mill. t	137	201	225	237	247	254	257	251
Steinkohle	Mill. t	2,81	2,68	2,72	2,67	2,58	2,48	2,34	2,21
Steinkohlenkoks	Mill. t	1,53	2,71	3,21	3,08	3,12	3,26	3,40	3,21
Roheisen	Mill. t	0,34	1,52	1,99	2,03	2,08	2,15	2,26	2,34
Rohstahl	Mill. t	1,0	2,51	3,34	3,44	3,62	3,63	3,85	3,89
Branntkalk	Mill. t	1,50	2,45	3,05	2,82	3,34	3,46	3,67	3,44
Fensterglas (Einheitsdicke)	Mill. m <sup>2</sup>	13,21	14,28	16,09	16,39	16,00	17,48	19,19	21,28
Zement	Mill. t	1,41	2,97	5,03	5,28	5,43	5,46	5,77	6,09

Erzeugnis	Einheit	1950	1955	1960	1961	1962	1963	1964	1965
<b>Ammoniak</b>	1000 t NH <sub>3</sub>	<b>294</b>	408	477	481	491	501	508	<b>533</b>
<b>Ätzkali</b>	1000 t	<b>21</b>	30	35	34	34	34	35	<b>37</b>
<b>Ätznatron</b>	1000 t	<b>150</b>	257	327	335	355	356	365	<b>364</b>
<b>Salzsäure</b>	1000 t HCl	<b>56</b>	80	75	78	80	82	83	<b>66</b>
<b>Schwefel</b>	1000 t	<b>65,5</b>	95,5	111,9	117,3	120,5	119,9	125,1	<b>124,8</b>
<b>Schwefelsäure</b>	1000 t SO <sub>3</sub>	<b>245</b>	483	596	668	703	750	765	<b>804</b>
<b>Soda</b>	1000 t	<b>103</b>	458	594	599	646	653	671	<b>682</b>
<b>Ammonsulfat</b>	1000 t N	<b>132</b>	166	178	175	173	177	171	<b>171</b>
<b>Kalkammonsalpeter</b>	1000 t N	<b>62</b>	97,2	122	119,6	136,4	120	121	<b>123</b>
<b>Kalkstickstoff</b>	1000 t N	<b>23,3</b>	14,2	16,5	16,0	16,7	16,2	18,1	<b>17,5</b>
<b>Superphosphat</b>	1000 t P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<b>17,8</b>	52,3	99,6	108,9	111,3	123	123	<b>152</b>
<b>Äthansäure (100%)</b>	1000 t	<b>23,9</b>	31,9	51,3	50,8	60,4	67,9	80,3	<b>88,1</b>
<b>Kalziumkarbid</b>	1000 t	<b>606</b>	793	923	951	1013	1068	1160	<b>1193</b>
<b>Methanol</b>	1000 t	<b>37,8</b>	59,6	73,4	82,1	90,5	106,0	109,7	<b>114,4</b>
<b>Polystyrol</b>	1000 t	<b>1,0</b>	2,0	4,0	4,5	7,5	9,8	11,2	<b>12,3</b>
<b>PVC-Pulver</b>	1000 t	<b>21,6</b>	42,0	58,6	70,4	87,4	98,9	102,8	<b>104,6</b>
<b>Rohfilm</b>	Mill. m <sup>2</sup>	<b>13,8</b>	17,2	25,3	24,0	26,3	27,8	27,2	<b>29,5</b>
<b>Synthesekautschuk</b>	1000 t	<b>39,8</b>	72,2	86,8	89,9	90,5	89,5	93,7	<b>94,8</b>
<b>Diesekraftstoff</b>	Mill. t	<b>0,45</b>	0,71	1,29	1,45	1,56	1,75	2,02	<b>2,26</b>
<b>PC-Faser</b>	1000 t	<b>0,4</b>	0,5	0,9	2,2	3,0	2,8	2,8	<b>3,0</b>
<b>Polyakrylnitrilfaser</b>	t	—	25	980	2560	3727	4426	5186	<b>5921</b>
<b>Polyamidfaser</b>	1000 t	<b>0,3</b>	2,9	5,8	6,0	7,1	7,9	8,4	<b>9,4</b>
<b>Polyesterfaser</b>	t	—	—	151	190	515	515	623	<b>542</b>
<b>Kunstseide</b>	1000 t	<b>9,0</b>	22,3	27,0	26,4	26,7	26,9	27,6	<b>29,7</b>
<b>Viskosefaser</b>	1000 t	<b>78,0</b>	96,9	110,6	113,8	114,4	114,4	113,7	<b>112,5</b>
<b>Zellstoff</b>	1000 t	<b>226,1</b>	303,0	336,5	341,6	344,3	350,4	358,3	<b>360,1</b>
<b>Seifen (berechnet auf 40%)</b>	1000 t	<b>34,4</b>	40,7	54,4	56,4	55,9	57,2	53,1	<b>52,4</b>
<b>Waschpulver</b>	1000 t	<b>72,3</b>	78,6	120,1	133,5	171,3	171,5	166,7	<b>178,1</b>

## Ausfuhr ausgewählter Erzeugnisse

Erzeugnisse	Einheit	1955	1960	1965
Braunkohlenbriketts	Mill. t	5,22	6,34	5,96
Kalisalze	Mill. t K <sub>2</sub> O	1,00	1,09	1,29
Ätznatron	1000 t	7,9	23,4	14,3
Soda	1000 t	78,2	123,4	230,9
Stickstoffdünger	1000 t	83,2	114,0	73,2
Äthansäure	1000 t	5,2	13,7	20,8
Seifen (berechnet auf 40%)	1000 t	3,1	10,1	18,5
Filme, schwarz/weiß	Mill. m <sup>2</sup>	5,0	7,9	11,3
PVC-Pulver	1000 t	11,9	13,5	28,9
Diesekraftstoff	1000 t	274,2	376,7	676,3
Vergaserkraftstoff	1000 t	183,1	200,6	473,0

## Elektroenergieverbrauch 1965

	GWh	%
Grundstoffindustrie	30090	55,6
davon		
Energiebetriebe	3772	7,0
Bergbau	6218	11,4
Metallurgie	3329	6,2
<b>Chemische Industrie</b>	<b>15688</b>	<b>29,0</b>
Baumaterialindustrie	1083	2,0
Metallverarbeitende Industrie	3026	5,6
Leichtindustrie	3203	5,9
Nahrungs- und Genußmittelindustrie	1034	1,9
übrige Wirtschaft	16748	31,0
zusammen	54101	100

Angaben in diesem Abschnitt nach den Statistischen Jahrbüchern der DDR

## A

Abrösten 98  
 Addition 72  
 Alkalimetalle 38, 39  
 -, Verbindungen 38, 39, 43, 44, 47  
 Alkanale 65, 66, 86  
 -, Nachweis 86  
 Alkandisäuren 68  
 Alkane 61, 62  
 Alkanole 64  
 Alkansäuren 66, 67  
 Alkantrirole 65  
 Alkene 62, 63  
 Alkine 63  
 Aluminium 42, 96, 117  
 -, Eigenschaften 42  
 -, Herstellung 96  
 -, Verwendung 117  
 --oxid 42  
 Amino-säuren, 2- 69  
 --benzol 70  
 Ammoniak 47, 80, 85, 100, 101, 112  
 -, Darstellung 80  
 -, Eigenschaften 47  
 -, Herstellung 100, 101  
 -, Nachweis 85  
 -, Verwendung 112  
 Ammonium-chlorid 47  
 --Ionen, Nachweis 85  
 Ammonsulfat, Herstellung 98  
 Anhydrit 93  
 Anionen 29  
 Apatit 93  
 Äthanal 66, 117  
 -, Eigenschaften 66  
 -, Verwendung 117  
 Äthandisäure 88  
 Äthanol 64, 109, 117  
 -, Eigenschaften 64  
 -, Herstellung 109  
 -, Verwendung 117  
 Äthansäure 67, 117  
 -, Eigenschaften 67  
 -, Verwendung 117  
 Äthen 63, 83  
 -, Darstellung 83  
 -, Eigenschaften 63  
 Äthin 63, 81, 108  
 -, Darstellung 81  
 -, Eigenschaften 63  
 -, Herstellung 108  
 Atom 12  
 --aufbau 14  
 --, Beziehungen zum Perioden-system 21  
 --bindung 20  
 --gewicht 15

Atom-kern 12  
 --masse, relative 15, 18, 19  
 --modell 13  
 Ätznatron 112  
 Auffangen von Gasen 77, 78  
 -, pneumatisches 77  
 -, durch Luftverdrängung 77, 78  
 Ausfuhr ausgewählter Erzeug-nisse 124  
 Außenelektronen 14

## B

Basen 34, 96  
 --anhydride 34  
 --nachweis 86  
 Benzol 69, 70, 118  
 -, Eigenschaften 69, 70  
 -, Verwendung 118  
 Blei 116  
 Bor 41  
 --gruppe 41, 42  
 --, Verbindungen 42  
 Branntkalk 112  
 Brauneisenstein 93  
 Braunkohle 93, 106, 107  
 -, Sauerstoffdruckvergasung 107  
 -, Spülgasschwelung 106  
 -, Verwendung 93  
 Braunkohlenkokereigas 120  
 Brennprobe 87-89  
 -, Plaste 87, 88  
 -, Fasern 88, 89  
 Brennstoffe 120, 121  
 Brom 52  
 --wasserstoff 52  
 Bromid-Ionen, Nachweis 84  
 Bronzen 117

## C

Calcium s. Kalzium  
 Cäsium s. Zäsium  
 Cellulose s. Zellulose  
 Chalkogene 48, 49  
 -, Verbindungen 49, 50  
 Chemiefasern, Verwendung 120  
 -, organische 54  
 Chemische Industrie der DDR 122  
 Chlor 52, 81, 112  
 -, Darstellung 81  
 -, Eigenschaften 52  
 -, Verwendung 112  
 Chlorid-Ionen, Nachweis 85  
 Chlorwasserstoff 52, 81  
 -, Darstellung 81  
 -, Eigenschaften 52

## D

Dehydrierung 72  
 Derivate 57  
 --kettenförmiger Kohlenwasser-stoffe, Nomenklatur 60, 61  
 Destillationskolonne vorderer Buchdeckel (innen)  
 Destillieren 76, 77  
 Diamant 42  
 Dieseldiastoff 121  
 Dissoziation elektrolytische 29  
 Drehfilter vorderer Buchdeckel (innen)  
 Düngemittel 113-115  
 -, Angabe des Nährstoff-gehalts 115  
 -, Kalk- 113  
 -, Kali- 113, 114  
 -, Mehrnährstoff- 114  
 -, Phosphat- 114  
 -, Stickstoff- 114  
 Düngermischungstafel 115

## E

Eindampfen 76  
 Elektroenergieverbrauch 124  
 Elektrofilter vorderer Buchdeckel (innen)  
 Elektrolyse 29, 84  
 --zelle vorderer Buchdeckel (innen)  
 Elektrolyte 29  
 elektrolytische Dissoziation 29  
 Elektronen 13  
 --hülle 13  
 --schreibweise 14  
 Elementaranalyse organischer Stoffe 87  
 Elemente, Atomaufbau 14  
 --, Übersicht 18, 19  
 endotherme Reaktionen 27  
 Epoxidharze 119  
 Erdalkalimetalle 40  
 -, Verbindungen 40, 41, 44  
 Erdgas 94  
 Erdöl 94, 107, 108

Erdöl, Aufarbeitung 107, 108  
-, Verwendung 94  
Esterbildung 73  
exotherme Reaktionen 27  
explosible Stoffe 92

## F

Fällungsreaktionen 84, 85  
Farbreaktionen 85, 86  
Fasern, Brennprobe 88, 89  
Fette 93  
feuergefährliche Stoffe 91  
Filterpresse vorderer Buch-  
deckel (innen)  
Filtern 76  
Fischer-Tropsch-Synthese 104  
Fluor 51  
--wasserstoff 51  
Formeln 9  
-, Darstellungsformen 10  
-, Aufstellen 11  
Füllkörperwäscher vorderer Bild-  
deckel (innen)  
Funktionelle Gruppen 58

## G

Gasentwicklung 79-81  
- durch Erhitzen 79, 80  
- durch Reaktion fester und flüs-  
siger Substanzen 80, 81  
Generator vorderer Buchdeckel  
- (innen)  
--gas 83, 107, 120  
---, Darstellung 83  
---, Herstellung 107  
---, Verwendung 120  
Gesetz 24  
- von der Erhaltung der Masse 24  
- der konstanten Proportionen 24  
Gifte 91  
Gleichgewicht, chemisches 27, 28  
Glukose 71  
Grammatom 16  
Graphit 42  
Grundchemikalien, anorganisch  
112, 113  
-, organisch 117, 118  
Gruppen des Periodensystems 21  
Gruppen, funktionelle 58  
Gummi 119

## H

Halogene 51  
- Verbindungen 51-53

Hart-PVC 119  
Hauptgruppen 21, 22  
Herdfrischen 102  
Hinreaktion 27  
Holz 93  
Homologe 56, 57  
homologe Reihe 55, 56  
Hydrierung 72  
-, Hochdruck-102, 103  
Hydrolyse 36, 37  
Hydroxide 34  
-, Bildung 34, 36  
Hydroxy-propansäure, 2- 68  
--säuren 68

## I

Industrielle Bruttoproduktion 121  
Industrie-produkte 112-121  
--produktion der DDR 121-124  
Ionen 17  
--bildung 17  
--bindung 20  
Isomere 57  
Isotope 15

## J

Jod 52  
--wasserstoff 53  
Jodid-Ionen, Nachweis 85

## K

Kall-düngemittel 113, 114  
--salze 93, 96, 97  
---, Aufbereitung 96, 97  
---, Verwendung 93  
Kalium 39  
--hydroxid 39  
--karbonat 44  
Kalk-brennen 95  
--düngemittel 113  
--löschen 95  
--stein 94  
Kalzium 40, 41  
--hydroxid 41  
--Ionen, Nachweis 84  
--karbid 108, 118  
---, Herstellung 108  
---, Verwendung 118  
--karbonat 44  
--oxid 41, 112  
---, Eigenschaften 41  
---, Verwendung 112  
Kationen 29  
Kautschuksynthese 112  
Kieselsäure 44

Kohlen-dioxid 43, 80, 81, 85  
---, Darstellung 80, 81  
---, Eigenschaften 43  
---, Nachweis 85  
--hydrate 71, 72  
--monoxid 43, 82  
---, Darstellung 82  
---, Eigenschaften 43  
--säure 43, 82  
---, Darstellung 82  
---, Eigenschaften 43  
--stoff 42  
--gruppe 42  
--stähle 116  
--verbindungen 43, 44  
---, gesättigte 55  
---, kettenförmige 54  
---, ringförmige 55  
---, ungesättigte 55  
--wasserstoffe, Nomenklatur  
58-60  
---, ringförmige 69, 70  
---, Synthese 104  
Kontaktoven vorderer Buch-  
deckel (innen)  
Konzentrationsmaße 35, 36  
Krackverfahren 108  
Kraftstoffe 121  
Kugelmühle vorderer Buchdeckel  
(innen)  
Kupfer 116

## L

Laborgeräte 74, 75  
legierte Stähle 116  
Lithium 39  
Lötzinn 117  
Luft 94

## M

Magnesium 40  
--oxid 40  
Magnetisenstein 94  
Masseprozent 35  
Mehrfachbindungen, Nachweis  
86  
Mehrnährstoffdünger 114  
Metalle 116, 117  
metallische Bindung 20  
Methan 62, 80  
-, Darstellung 80  
-, Eigenschaften 62  
Methanal 66, 80, 83, 118  
-, Darstellung 80, 83  
-, Eigenschaften 66  
-, Verwendung 118  
Methanol 64, 109, 118

Methanol, Eigenschaften 64  
 -, Herstellung 109  
 -, Verwendung 118  
 Methansäure 67, 118  
 -, Eigenschaften 67  
 -, Verwendung 118  
 Methylbenzol 70  
 Messinge 117  
 Mol 16  
 Molarität 36  
 Molekül 15  
 --masse, relative 15  
 Molekulargewicht 15  
 Molvolumen 16  
 Müller-Kühne-Verfahren 98

## N

Nachweisreaktionen 84-89  
 -, Ammoniak und Ammonium-  
 Ionen 85  
 -, Brennpote bei Fasern 88, 89  
 -, Brennpote bei Plasten 87, 88  
 -, Elementaranalyse 87  
 -, Fällungsreaktionen 84, 85  
 -, Farbreaktionen 85, 86  
 -, organische Verbindungen 86  
 Namen anorganischer Verbin-  
 dungen 53  
 Natrium 39  
 --chloridelektrolyse 96  
 --hydrogenkarbonat 43  
 --hydroxid 39, 112  
 --, Eigenschaften 39  
 --, Verwendung 112  
 --Kalzium-Glas 96  
 --karbonat 43, 113  
 --, Eigenschaften 43  
 --, Verwendung 113  
 --nitrat 47  
 --silikat 44  
 Nebengruppen 21  
 Neutralisation 36  
 Neutronen 13  
 Nichtelektrolyte 29  
 Nitrat-Ionen, Nachweis 86  
 Nitrobenzol 70  
 Nomenklatur kettenförmiger  
 Kohlenwasserstoffe 58-60  
 -einiger Derivate kettenförmiger  
 Kohlenwasserstoffe 60, 61  
 Normalität 36  
 Nukleonen 12

## O

Ordnungszahl 21  
 -, Übersicht 18, 19  
 Organische Chemie 54

Oxide 31  
 Oxydationen 30  
 Oxydationszahl 31

## P

Paraffin 118  
 PC-Faser 120  
 Peptidbildung 69  
 Perioden 21  
 --system 21-24, hinterer Buch-  
 deckel (innen)  
 Petroleum 121  
 Phenol 70, 118  
 -, Eigenschaften 70  
 -, Verwendung 118  
 Phenoplaste 119  
 Phosphat-Düngemittel 114  
 --Ionen, Nachweis 85  
 Phosphor 47  
 --pentoxid 48  
 --säure 48  
 pH-Wert 37  
 Plaste 87, 88, 119  
 -, Brennpote 87, 88  
 -, Verwendung 119  
 Poly-akrylnitrilfasern 120  
 --amid 119  
 --fasern 120  
 --äthylen 119  
 --ester 119  
 --fasern 120  
 --kondensation 73  
 --merisation 73  
 Portlandzementherstellung 95  
 Produktion ausgewählter Erzeug-  
 nisse 122, 123  
 Propan 120  
 --triol-(1, 2, 3) 65, 118  
 --, Eigenschaften 65  
 --, Verwendung 118  
 Protonen 13  
 PVC 111, 112, 119  
 -, Herstellung 111, 112  
 -, Verwendung 119  
 Pyrit 94

## Q

Quarzsand 94

## R

Radikale 58  
 Reaktion gasförmiger mit festen  
 Stoffen 82, 83  
 --gasförmiger mit flüssigen  
 Stoffen 81, 82

Reaktion zweier flüssiger Stoffe 81  
 Reaktions-geschwindigkeit 28  
 --gleichungen 11  
 --, Aufstellen 12  
 --wärme 27  
 Redoxreaktionen 30  
 Reduktionen 30  
 Reduktionswirkung, Nachweis 86  
 Regenerator vorderer Buch-  
 deckel (innen)  
 Reihe, homologe 55, 56  
 Reinigen von Gasen 78, 79  
 Roheisen 101, 116  
 -, Erzeugung 101  
 -, Verwendung 116  
 Röhrenwärmeaustauscher vor-  
 derer Buchdeckel (innen)  
 Rohstoffe der chemischen In-  
 dustrie 93, 94  
 Rotguß 117  
 Roteisenstein 94  
 Rückreaktion 27

## S

Sacharose 71  
 Salpetersäure 46, 47, 82, 101  
 -, Darstellung 82  
 -, Eigenschaften 46, 47  
 -, Herstellung 101  
 -, Verwendung 113  
 Salzbildung 35, 36  
 Salze 34, 35  
 Salzlösungen, Reaktion 37  
 Sauerstoff 49, 80, 81  
 -, Darstellung 80, 81  
 -, Eigenschaften 49  
 --druckvergasung 107  
 Säuren 31-33, 36, 86  
 -, Anhydride 31  
 --, anorganische 32, 33  
 --, Bildung 32, 36  
 --, Nachweis 86  
 --, organische 33  
 Schachtofen vorderer Buch-  
 deckel (innen)  
 Schmelzflußelektrolyse von Alu-  
 minium 96  
 Schwefel 49, 113  
 -, Eigenschaften 49  
 -, Verwendung 113  
 --dioxid 50, 80, 81, 83, 98  
 --, Darstellung 80, 81, 83  
 --, Eigenschaften 50  
 --, Herstellung 98  
 --säure 50, 99, 113  
 --, Eigenschaften 50  
 --, Herstellung 99

**Schwefel-säure, Verwendung 113**

- trioxid 50, 83, 99
- , Darstellung 83
- , Eigenschaften 50
- , Herstellung 99
- wasserstoff 49, 81, 83
- , Darstellung 81, 83
- , Eigenschaften 49
- schweflige Säure 50, 82
- , Darstellung 82
- , Eigenschaften 50
- Seifenherstellung 109, 110
- Siebbodenwäscher vorderer Buchdeckel (Innen)
- Silikone 119
- Silizium 44
- dioxid 44
- Soda 113
- Spülgasschmelze 106
- Stahl 102, 116
- , Erzeugung 102
- , Verwendung 116
- Stärke 71, 86
- , Eigenschaften 71
- , Nachweis 86
- Steinkohle 94, 105
- , Verkokung 105
- , Verwendung 94
- Steinkohlenkokerelgas 121
- Steinsalz 94
- Stickstoff 45, 46, 83
- , Darstellung 83
- , Eigenschaften 45, 46
- dioxid 46
- Düngemittel 114
- gruppe 45

**Stickstoff-gruppe, Verbindungen**

- 45-48
- monoxid 46, 81, 83
- , Darstellung 81, 83
- , Eigenschaften 46
- Stöchiometrisches Rechnen 25, 26
- Strukturformeln 10
- Substitution 72
- Sulfat-Ionen, Nachweis 85
- Sulfid-Ionen, Nachweis 85
- Superphosphatherstellung 98
- Symbole 9
- , Übersicht 18, 19

**T**

- Technologie 93-124
- Tetrachlormethan 62
- Treibgas 121
- Trichlormethan 62
- Trivialnamen anorganischer Verbindungen 53
- Trocknen von Gasen 78, 79

**U**

- Unfallverhütung 89-92
- , allgemeine Regeln 89, 90
- , Erste Hilfe 90, 92
- , Umgang mit Chemikalien 90

**V**

- Verfahren chemisch-technische 95-112
- Vergaserkraftstoff 121

**Verseifung 73**

- Versuchsapparaturen 76-84
- Viskosesseide 111, 120
- , Herstellung 111
- , Verwendung 120
- Volumenprozent 36

**W**

- Walzenbrecher vorderer Buchdeckel (Innen)
- Wassergas 83, 107, 120
- , Darstellung 83
- , Herstellung 107
- , Verwendung 120
- Wasserstoff 38, 81, 82
- , Darstellung 81, 82
- , Eigenschaften 38
- Weich-PVC 119
- Wertigkeit 10, 24
- , Übersicht 18, 19
- Windfrischen 102

**Z**

- Zeichensprache 9-12
- Zellstoff 110, 118
- , Gewinnung 110
- , Verwendung 118
- Zellulose 72, 86
- , Eigenschaften 72
- , Nachweis 86
- Zink 116
- Zinn 117
- Zuckergewinnung 110

# Periodensystem der Elemente

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

## Schlüssel

	basenbildend
	amphoter
	säurebildend
	Edelgase

Ordnungszahl	relative Atommasse	6
7	14,007	
<b>N</b>	Stickstoff	7
Farbe	Name	Symbol

## \* Lanthanide

58 140,12 <b>Ce</b> Zer	59 140,91 <b>Pr</b> Praseodym	60 144,24 <b>Nd</b> Neodym	61 [147] <b>Pm</b> Promethium	62 150,35 <b>Sm</b> Samarium	63 158,93 <b>Eu</b> Europium
----------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

## \*\* Aktinide

90 232,04 <b>Th</b> Thorium	91 [231] <b>Pa</b> Protaktinium	92 238,03 <b>U</b> Uran	93 [237] <b>Np</b> Neptunium	94 [242] <b>Pu</b> Plutonium	95 [244] <b>Am</b> Amerizium
--------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

ente

VIII.

Hauptgruppe Nebengruppe

V. Nebengruppe		VI. Hauptgruppe		VII. Nebengruppe		VIII. Hauptgruppe		VIII. Nebengruppe	
		8 15,999 <b>O</b> Sauerstoff		9 18,998 <b>F</b> Fluor		2 4,003 <b>He</b> Helium			
		16 32,06 <b>S</b> Schwefel		17 35,45 <b>Cl</b> Chlor		10 20,18 <b>Ne</b> Neon			
						18 39,95 <b>Ar</b> Argon			
23 50,94 <b>V</b> Vanadin		24 51,996 <b>Cr</b> Chrom		25 54,94 <b>Mn</b> Mangan		26 55,85 <b>Fe</b> Eisen	27 58,93 <b>Co</b> Kobalt	28 58,71 <b>Ni</b> Nickel	
		34 78,96 <b>Se</b> Selen		35 79,91 <b>Br</b> Brom		36 83,80 <b>Kr</b> Krypton			
41 92,91 <b>Nb</b> Niob		42 95,94 <b>Mo</b> Molybdän		43 [99] <b>Tc</b> Technetium		44 101,07 <b>Ru</b> Ruthenium	45 102,91 <b>Rh</b> Rhodium	46 106,4 <b>Pd</b> Palladium	
		52 127,60 <b>Te</b> Tellur		53 126,90 <b>I</b> Jod		54 131,30 <b>Xe</b> Xenon			
73 180,95 <b>Ta</b> Tantal		74 183,85 <b>W</b> Wolfram		75 186,2 <b>Re</b> Rhenium		76 190,2 <b>Os</b> Osmium	77 192,2 <b>Ir</b> Iridium	78 195,09 <b>Pt</b> Platin	
		84 210 <b>Po</b> Polonium		85 [210] <b>At</b> Astat		86 [222] <b>Rn</b> Radon			

64 157,25 <b>Gd</b> Gadolinium	65 158,92 <b>Tb</b> Terbium	66 162,50 <b>Dy</b> Dysprosium	67 164,93 <b>Ho</b> Holmium	68 167,26 <b>Er</b> Erbium	69 168,93 <b>Tm</b> Thulium	70 173,04 <b>Yb</b> Ytterbium	71 174,97 <b>Lu</b> Lutetium
--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

96 [247] <b>Cm</b> Kuriem	97 [247] <b>Bk</b> Berkelium	98 [251] <b>Cf</b> Kalifornium	99 [254] <b>Es</b> Einsteinium	100 [253] <b>Fm</b> Fermium	101 [256] <b>Md</b> Mendelevium	102 [254] <b>No</b> Nobelium	103 [257] <b>Lw</b> Lawrenzium
---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

