

# CHEMIE

## UND UMWELTSCHUTZ

Margarita Dimitrova Dimitrova  
Zlatina Veselinova Peteva

9. Klasse



**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**

**НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА**

„Учебници, учебни комплекти и учебни помагала“

**МОДУЛ**

„Разработване на учебни помагала на чужд език за обучение  
по общообразователни учебни предмети“

**9.**

**КЛАС**

**Химия и опазване  
на околната среда  
на немски език**

**Учебно помагало**

Разработено от авторски екип  
към Първа езикова гимназия – Варна

**АЗ·БУКИ**

Национално издателство за образование и наука

## **Химия и опазване на околната среда за 9 клас. на немски език**

Учебно помагало, разработено от авторски екип  
към Първа езикова гимназия – Варна

**Автори на текста:** Маргарита Димитрова, д-р Златина Петева, 2022 г.

**Редактор:** Катерина Огнянова Караиванова, 2022 г.

**Илюстрации и оформление:** инж. Ирина Филипова, 2022 г.

**Национално издателство за образование и наука „Аз-буки“**

1113 София, бул. „Цариградско шосе“ 125, бл. 5,

тел. 02/4250470; E-mail: [azbuki@mon.bg](mailto:azbuki@mon.bg); web: [www.azbuki.bg](http://www.azbuki.bg); [www.azbuki.eu](http://www.azbuki.eu)

Първо издание, 2022 г.

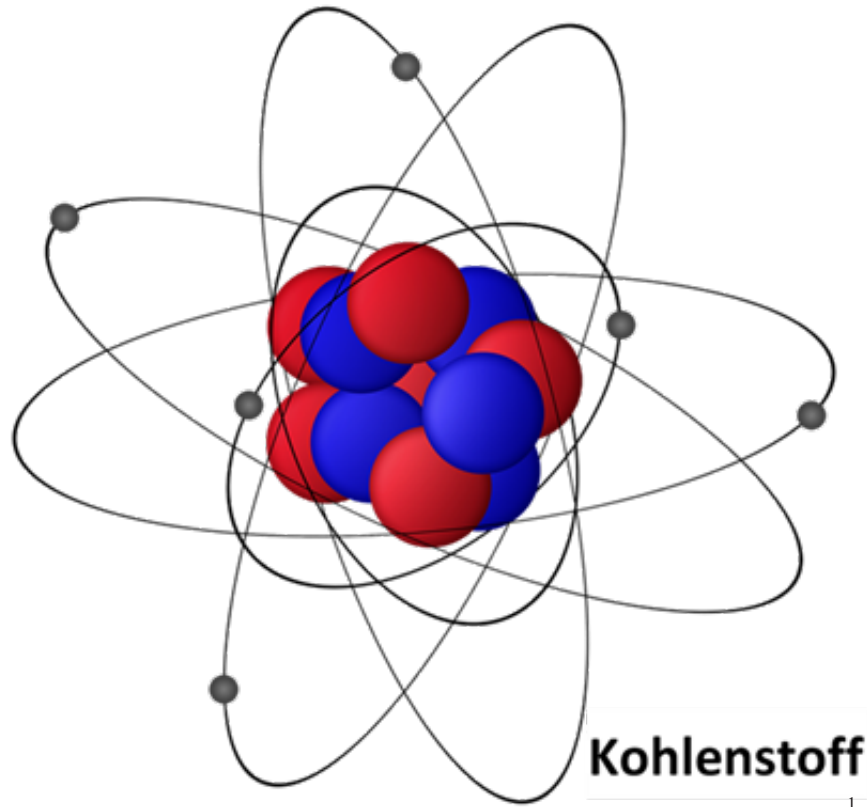
**Формат:** 210x280, 218 страници

e-ISBN 978-619-7667-42-4

<b>1. Stoffaufbau</b> .....	5
Anfangswiederholung. Atombau und Periodensystem, Wertigkeit, Erste und Siebzehnte Gruppen des Periodensystems der Elemente (PSE).....	6
Atombau .....	12
Atombau und Periodensystem (PSE).....	17
Chemische Bindung .....	21
Kristallgitter.....	30
Stoffaufbau. Zusammenfassung und Übungsaufgaben .....	34
<b>2. Eigenschaften der Metalle und ihrer Verbindungen</b> .....	38
Metalle der 2. Gruppe des Periodensystems.....	39
Basische Oxide und Hydroxide der Metalle der 2. Gruppe .....	39
Oxide und Hydroxide der Metalle der 2. Gruppe des Periodensystems.....	44
Arbeitsblatt.....	48
Metalle der 13. Gruppe (3. Hauptgruppe) des Periodensystems. ....	52
Amphotere Oxide und Hydroxide.....	52
Oxide und Hydroxide der Metalle der 13. Gruppe (3.Hauptgruppe) des Periodensystems .....	57
Metalle der 2. Und 13. Gruppe (3. Hauptgruppe) des Periodensystems. Basische und amphotere Oxide und Hydroxide. Zusammenfassung und Übungsaufgaben .....	59
<b>3. Eigenschaften der Nichtmetalle und ihrer Verbindungen</b> .....	66
Nichtmetalle der 16. Gruppe (6. Hauptgruppe) des Periodensystems. Saure Oxide und sauerstoffhaltige Säuren der Nichtmetalle der 16. Gruppe (6. Hauptgruppe) des Periodensystems .....	68
Nichtmetalle der 15. Gruppe (5. Hauptgruppe) des Periodensystems. Saure und neutrale Oxide. Sauerstoffhaltige Säuren der Nichtmetalle der 15. Gruppe (5.Hauptgruppe) .....	78
Nichtmetalle der Gruppe 14 (4. Hauptgruppe) des Periodensystems. Saure und neutrale Oxide. Sauerstoffhaltige Säuren der Nichtmetalle der 14. Gruppe(4. Hauptgruppe) .....	93
Nichtmetalle der 14., 15. und der 16. Gruppen. Saure und neutrale Oxide und Säuren.....	105
Zusammenfassung und Übungsaufgaben .....	108
<b>4. Stöchiometrie</b> .....	110
Molare Größen .....	111
<b>5. Organische Verbindungen. Kohlenwasserstoffe</b> .....	121
Einführung in die Organische Chemie.....	122
Kohlenwasserstoffe .....	128
Alkane .....	128
Alkene und Alkine .....	132
Aromatische Kohlenwasserstoffe. Benzen.....	137

Zusammenfassung und Übungsaufgaben .....	141
<b>6. Organische Verbindungen mit funktionellen Gruppen .....</b>	<b>147</b>
Organische Stoffklassen .....	148
Zusammenfassung und Übungsaufgaben .....	163
<b>7. Organische Verbindungen in der Natur und in unserem Alltag .....</b>	<b>171</b>
Fette und Waschmittel.....	172
Kohlenhydrate.....	178
Proteine (Eiweiße) .....	184
Zusammenfassung und Übungsaufgaben .....	194
<b>Anhang .....</b>	<b>210</b>
<b>Ausgangstest .....</b>	<b>211</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>216</b>
<b>Internetquellen .....</b>	<b>216</b>

# 1. Stoffaufbau



Die Vorstellung vom atomaren Aufbau der Materie existierte bereits in der Antike, war jedoch bis in die Neuzeit umstritten. Der endgültige Nachweis konnte erst Anfang des 20. Jahrhunderts erbracht werden und gilt als eine der bedeutendsten Entdeckungen in Physik und Chemie. Für den Atomaufbau wurden verschiedene Atommodelle entwickelt. Das erste in Teilen sehr erfolgreiche Modell war 1913 das Bohrsche Atommodell (nach Niels Bohr), das auch heute noch vielen populären Darstellungen zugrunde liegt. Es wurde ab 1925 durch die wesentlich umfassenderen und genaueren quantenmechanischen Atommodelle abgelöst, die bis heute die theoretische Grundlage der Atomchemie bilden.

Die **chemische Bindung** ist eine der wichtigsten Grundlagen der Chemie, denn die Bildung von Bindungen ist die Grundlage dafür, dass sich Moleküle und damit chemische Verbindungen bilden können.

In diesem Kapitel lernen Sie

- Atombau und Periodensystem
- Chemische Bindung

# Anfangswiederholung. Atomaufbau und Periodensystem, Wertigkeit, Erste und Siebzehnte Gruppen des Periodensystems der Elemente (PSE)

## Schlüsselbegriffe

- das Atom, -e
- das Elektron, -en
- das Neutron, -en
- die Elektronenhülle
- die Ordnungszahl
- das Proton, -en
- die Atommasse
- das Nukleon, -en
- das Periodensystem
- die Wertigkeit (aufweisen)
- das Metall, -e
- das Nichtmetall, -e
- das Oxid, -e – basisch und sauer
- das Hydroxid, -e – basisch
- die Säure, -n
- das Salz, -e
- die Periode, -n
- die Gruppe, -n
- die Flammenprobe, -n
- der Bunsenbrenner, -

1. Die Atome haben einen bestimmten Bau. Ergänzen Sie die Lücken im Text! Benutzen Sie dabei die in Tabelle 1.1. angegebenen Wörter!

**Tabelle 1.1.**

Die Atome sind _____. Sie bestehen aus einem elektrisch _____ geladenen, winzigen, massenreichen Atomkern und einer elektrisch _____ geladenen, größeren, fast masselosen _____. Die negativen _____ der Atomhülle umkreisen den positiven Atomkern.	Elektronen Neutronen positiv Elektronenhülle Ordnungszahl teilbar
Der Atomkern besteht aus _____ geladenen _____ und elektrisch neutralen _____.	negativ Protonenzahl
Die Anzahl der Protonen im Atomkern ist gleich der _____ (Z) des Elementes im Periodensystem.	relative Atommasse Nukleon Protonen

2. Wodurch unterscheiden sich die Begriffe „Periode“ und „Gruppe“ im Periodensystem der Elemente?

3. In welchem Teil des PSE finden wir die Nichtmetalle bzw. die Metalle?

4. Setzen Sie die in Tabelle 1.2. angegebenen Wörter im Text ein:

**Tabelle 1.2.**

Lothar Meyer und Dimitri Mendelejew stellten unabhängig voneinander und fast gleichzeitig (1868 – 1869) das sogenannte \_\_\_\_\_ auf.

Atommasse

Periodensystem

Sie ordneten die Elemente im PSE auf Grund ihrer \_\_\_\_\_.

5. Bestimmen Sie die Wertigkeit des Schwefels gegenüber dem Wasserstoff und die höchste Wertigkeit gegenüber dem Sauerstoff! Stellen Sie Beispielsverbindungen dar!

6. Auf Abb. 1.1. ist in der Kolbe ein Gas (Chlor) gesammelt. Welche physikalischen Eigenschaften dieses Stoffes sind auf der Abbildung dargestellt?

7. Kennzeichnen Sie die Eigenschaften und die Anwendung der Elemente und der Verbindungen der Gruppen XVII und I – Nichtmetalle bzw. Metalle!



**Abbildung 1.1.** Chlor<sup>2</sup>

8. Ergänzen sie die Tabellen. Stellen Sie nur die möglichen Wechselwirkungen durch chemischen Gleichungen dar!



**Tabelle 1.3.**

<b>Wechselwirkung mit:</b>	<b>Natrium</b>	<b>Chlor</b>
Wasserstoff		
Sauerstoff		
Wasser		
Nichtmetallen		
Säuren		
Metallen		
Alkalilaugen		

**Tabelle 1.4.**

<b>Wechselwirkung mit:</b>	<b>Basische Oxide der Elemente der IA-Gruppe</b>	<b>Basische Hydroxide der Elemente der IA-Gruppe</b>
Wasser		
sauren Oxiden		
Säuren		

**Tabelle 1.5.**

<b>Wechselwirkung mit:</b>	<b>Säuren der Elemente der XVIIA-Gruppe</b>
Wasser	
Basen	
basischen Oxiden	
Metallen	
Nichtmetallen	

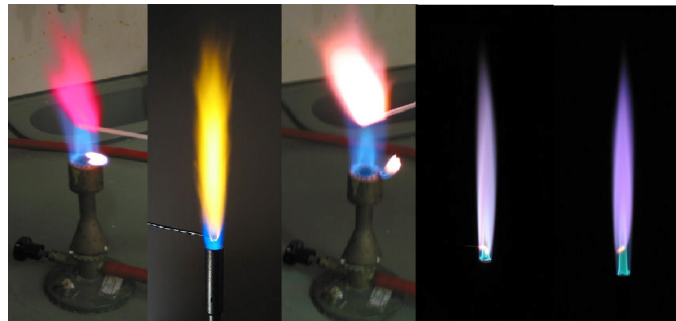
9. Lesen Sie den Text! Beantworten Sie die Fragen!

Bei der Flammenfärbung, in der Chemie auch Flammenprobe genannt, verfärbt sich eine Flamme. Meistens handelt es sich um die blaue Flamme eines Bunsenbrenners. Je nachdem, welches chemische Element in die Nähe der Flamme kommt, nimmt sie eine andere Farbe an. Beispielsweise sorgt Natrium (Na) dafür, dass sich die Flammenfarbe von blau zu gelb ändert.

Lithium (Li) hingegen färbt die Flamme rot. Nicht nur die Elemente, sondern auch die meisten ihrer Salze (Natriumchlorid NaCl, Lithiumchlorid LiCl) verfärbt die Flamme. Caesium und seine Salze färben die Flamme blauviolett. Aufgrund dieser Flammenfärbung werden Alkalimetallverbindungen für Feuerwerke benutzt.

a) Welches Metall auf Abb. 1.2 brennt?

A- \_\_\_\_\_ B- \_\_\_\_\_ C- \_\_\_\_\_



**Li Na K Rb Cs**

Abbildung 1.2. Flammen der Alkalimetalle<sup>3</sup>

b) Beschreiben Sie die Flammenfärbung von Kalium und Rubidium!

K - \_\_\_\_\_ Rb- \_\_\_\_\_

c) Was für eine Anwendung findet die Flammenfärbung?

---

### Einstufungstest

1. Bestimmen Sie die Wertigkeit des Phosphors in den Verbindungen:  $\text{PH}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$

- a) 2, 4, 6
- b) 4, 2, 6
- c) 3, 3, 5
- d) 2, 6, 4

2. Welche Reihe enthält nur Formeln von Basen?

- a) CsOH, NaOH, KOH
- b) NaOH,  $\text{Li}_2\text{O}$ , NaBr
- c)  $\text{Na}_2\text{O}$ , LiOH,  $\text{K}_2\text{O}_2$
- d) NaH,  $\text{Li}_2\text{O}$ , KOH

3. Mit welchem Stoff reagiert das  $\text{Na}_2\text{O}$  nicht:

- a)  $\text{HCl}$
- b)  $\text{CO}_2$
- c)  $\text{P}$
- d)  $\text{H}_2\text{O}$

Stellen Sie die möglichen Wechselwirkungen dar!

4. Welches chemische Element befindet sich in der 3. Periode des PSE, das ein Gas mit grüner Farbe ist und immer erste Wertigkeit gegenüber dem Wasserstoff und den Metallen aufweist?

- a)  $\text{Na}$
- b)  $\text{F}$
- c)  $\text{Cl}$
- d)  $\text{K}$

5. Mit welchen Stoffen reagiert die  $\text{HCl}$  nicht?

- a)  $\text{KOH}$
- b)  $\text{CO}_2$
- c)  $\text{Na}$
- d)  $\text{AgNO}_3$

Stellen Sie die möglichen Wechselwirkungen dar. Bezeichnen Sie die Neutralisation!

6. Welche chemische Gleichung ist falsch? Erklären Sie warum!

- a)  $4\text{Na} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O}_2$
- b)  $2\text{Cl}_2 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cl}_2\text{O}_3$
- c)  $4\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$
- d)  $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$

7. Welche Verbindung färbt das Lackmus blau:

- a)  $\text{NaH}$
- b)  $\text{H}_2\text{O}$
- c)  $\text{NaOH}$
- d)  $\text{HBr}$

8. Finden Sie die richtige Kombination von Wasserlösungen folgender Stoffe und ihrer pH:

- a) NaH,  $\text{pH} > 7$
- b) NaOH,  $\text{pH} = 7$
- c) HClO,  $\text{pH} < 7$
- d)  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{pH} < 7$

# Atombau

**Atome** (von altgriechisch ἄτομος *átomos* „unteilbar“) sind die Bausteine, aus denen alle Stoffe bestehen. Jedes Atom gehört zu einem bestimmten chemischen Element und bildet dessen kleinste Einheit.

Zurzeit sind 118 Elemente bekannt, von denen etwa 90 auf der Erde natürlich vorkommen. Atome verschiedener Elemente unterscheiden sich in ihrer Größe und Masse und vor allem in ihrer Fähigkeit, mit anderen Atomen chemisch zu reagieren und sich zu Molekülen oder festen Körpern zu verbinden. Die Durchmesser von Atomen liegen im Bereich von  $6 \cdot 10^{-11}$  m (Helium) bis  $5 \cdot 10^{-10}$  m (Caesium), ihre Massen in einem Bereich von  $1,7 \cdot 10^{-27}$  kg (Wasserstoff) bis knapp  $5 \cdot 10^{-25}$  kg (die derzeit schwersten synthetisch hergestellten Kerne).

Atome bestehen aus einem Atomkern und einer Elektronenhülle. Der Atomkern hat einen Durchmesser von etwa einem Zehn- bis Hunderttausendstel des gesamten Atomdurchmessers, enthält jedoch über 99,9 Prozent der Atommasse.

**Der Atomkern** besteht aus positiv geladenen Protonen und elektrisch neutralen Neutronen.

Protonen und Neutronen als die Bausteine von Atomkernen bezeichnet man zusammenfassend als **Nukleonen**. Diese Nukleonen sind durch die starke Wechselwirkung aneinandergebunden.

**Die Atomhülle** besteht aus negativ geladenen Elektronen.

Sie trägt mit weniger als 0,06 Prozent zur Masse bei, bestimmt jedoch die Größe des Atoms. Der positive Kern und die negative Hülle sind durch elektrostatische Anziehung aneinandergebunden.

**In der elektrisch neutralen Grundform des Atoms ist die Anzahl der Elektronen in der Hülle gleich der Anzahl der Protonen im Kern.**

Alle Atome desselben Elements haben die gleiche Ordnungszahl.

Die Anzahl der Protonen im Kern wird als **chemische Ordnungszahl (Z)** bezeichnet.

Sind zusätzliche Elektronen vorhanden oder fehlen welche, ist das Atom negativ bzw. positiv geladen und wird als **Ion** bezeichnet.

Die Summe der Protonen und Neutronen im Atomkern wird **Massenzahl (A)** genannt.

Atomarten der chemischen Elemente, deren Atomkerne bei gleicher Protonenzahl verschiedene Neutronenzahlen besitzen und unterschiedliche Massenzahlen haben, werden **Isotope** genannt.

Das chemische Element Wasserstoff z.B. hat drei Isotope – *Protium* (mit einem Proton im Kern), *Deuterium* (mit einem Proton und einem Neutron) und *Tritium* (mit einem Proton und zwei Neutronen) (Abb. 1.3).

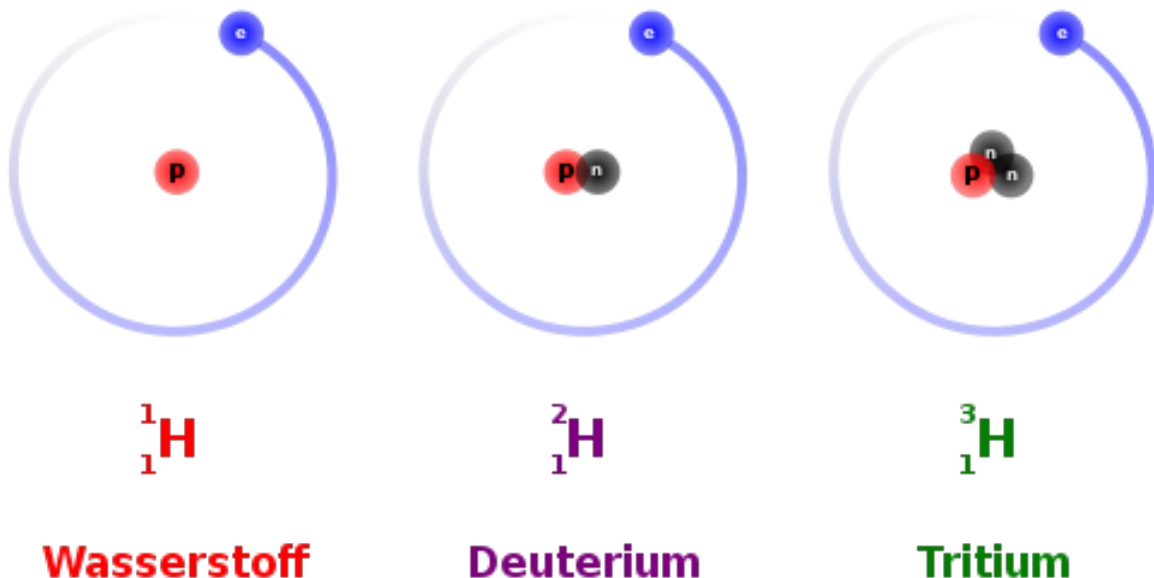


Abbildung 1.3. Isotope des Wasserstoffs<sup>4</sup>

Die Elektronenhülle der Atome hat einen *Schalenbau*. Elektronen mit fast gleichen Energien bilden Elektronenschalen, die allmählich von Elektronen in Richtung von Schalen mit geringerer Energie (K=1) zu Schalen mit größerer Energie (L=2, M=3 usw.) besetzt werden (Abb. 1.4.). Die höchste Energie in einem Atom besitzen die Elektronen der äußersten Elektronenschale. Die maximale Anzahl der Elektronen in der Schale wird nach der Formel  $2n^2$  bestimmt, wo „n“ die Nummer der Schale ist.

**1.1. Denken Sie einmal nach!**

Ein Atom hat 6 Neutronen im Kern und 5 Elektronen in der Elektronenhülle. Bestimmen Sie die Anzahl seiner Protonen, seine Ordnungszahl und das chemische Element! Stellen Sie schematisch seinen Atombau dar!

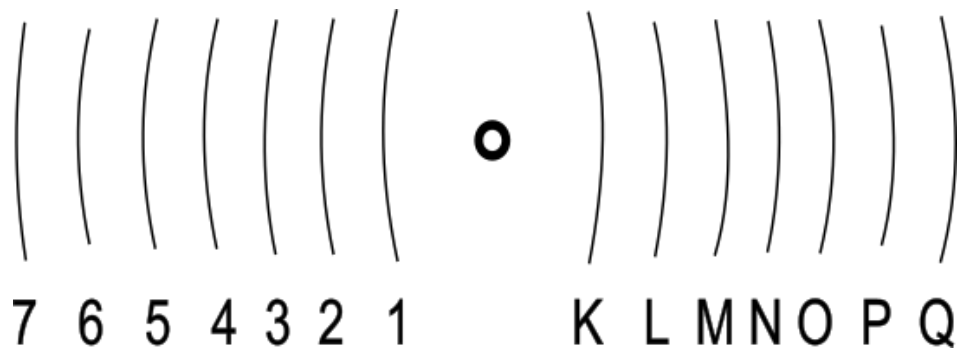
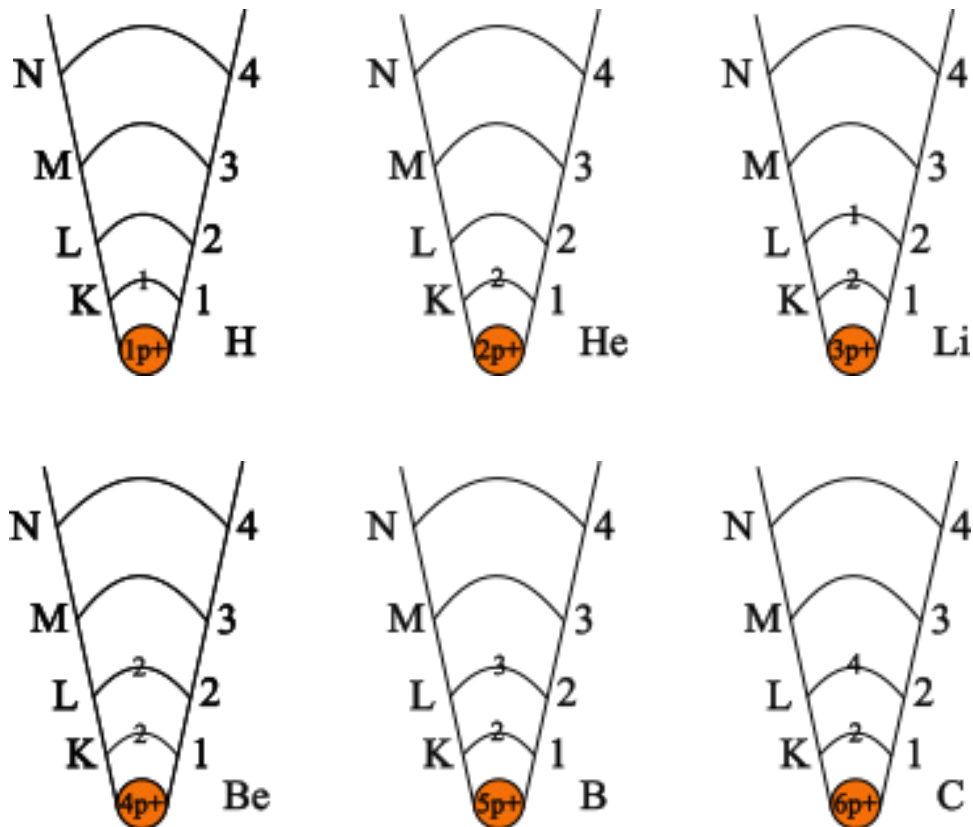


Abbildung 1.4. Schalenbau der Elektronenhülle

Die Besetzung der Elektronenschalen der Atome der Elemente mit  $Z$  von 1 bis 8 und mit  $Z=11, 14, 19$  ist auf Abb. 1.5. angegeben.



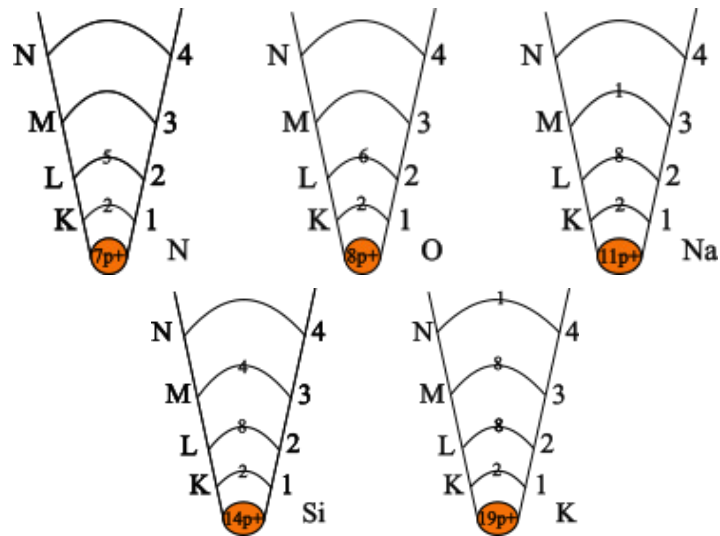


Abbildung 1.5. Gruppierung der Elektronen der äußersten Elektronenschale

### 1.2. Denken Sie einmal nach!

Besteht ein Unterschied zwischen den Elektronenhüllen der Schwefelisotope mit den Massenzahlen  $A_1A_1=32$ ,  $A_2A_2=33$ ,  $A_3A_3=34$ ,  $A_4A_4=36$ ? Begründen Sie Ihre Antwort!

Die **Elektronenformel** – auch *Lewis-Formel* oder Lewis-Struktur dient zur Darstellung, wie die Elektronen in der Außenschale (Valenzelektronen) gruppiert werden (Tabelle 1.6.). Sie ist eine Symbolschreibweise. In der Elektronenformel steht das Elementsymbol mit Valenzelektronen in der äußersten Elektronenschale des Atoms. Jedes Valenzelektron wird als Punkt dargestellt – egal ob einzelnes Elektron, Elektronenpaar oder Bindungselektronen zweier Atome.

Die Elektronen werden auf möglichst vier Positionen um das Atomsymbol herum verteilt.

Tabelle 1.6. Lewis-Formeln von verschiedenen Atomen

Gruppe \ Periode	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A
1	•H							•He
2	•Li	:Be	:B	:C•	:N•	:O•	:F•	:Ne:
3	•Na	:Mg	:Al	:Si•	:P•	:S•	:Cl•	:Ar:
4	•K	:Ca						



### 1.1. Überlegen Sie

Füllen Sie Tabelle 1.7. aus!

Tabelle 1.7.

Benennung des chemischen Elements	Chemisches Zeichen	Ordnungszahl	Anzahl der Protonen	Anzahl der Elektronen	Anzahl der Elektronen in der Außenschale
Kalium					
		15			
			16		
	Cl				
				20	

### 1.1. Exkurs

**Deuterium** wird als Moderator in Kernreaktoren (hier in Form von schwerem Wasser) eingesetzt. Deuterium findet Anwendung:

als Brennstoff in Wasserstoffbomben und in Kernfusionsreaktoren,

als Ersatz für gewöhnlichen Wasserstoff in Lösungsmitteln für die HNMR Spektroskopie.

Unter anderem in der Biologie, Chemie und Medizin wird **Tritium** als Tracer zur Markierung bestimmter Substanzen verwendet. Tritium findet Anwendung als Ionisator. Wegen seiner relativ kurzen Halbwertszeit von 12,3 Jahren wird Tritium zur Altersbestimmung benutzt.

# Atombau und Periodensystem (PSE)

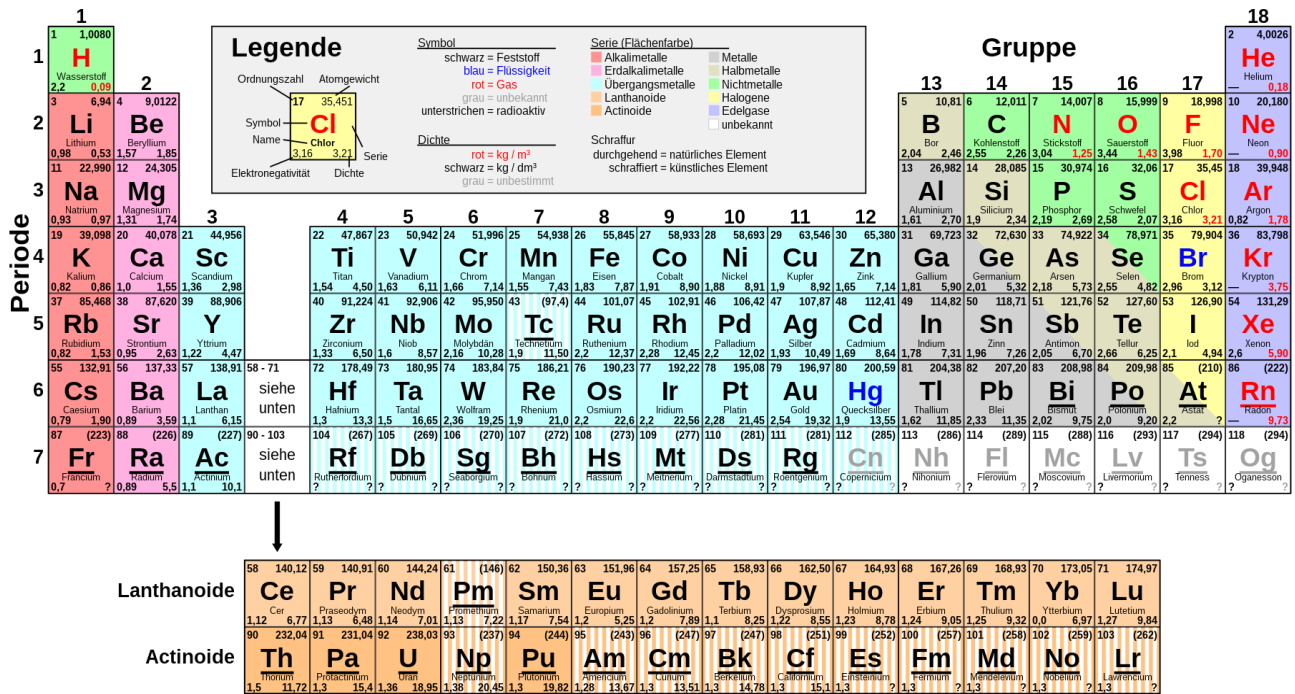


Abbildung 1.6. PSE<sup>5</sup>

Bei der Aufstellung des PSE wurden die Ordnungsprinzipien chemische Ähnlichkeit und Atommasse berücksichtigt. Diese Theorie ist von D. I. Mendelejew erarbeitet worden. Heute wissen wir, dass die Elemente nach steigender Atommasse angeordnet werden.

## Projektarbeit

Bereiten Sie eine Präsentation über die Ordnungsversuche der Elemente und wie das moderne Periodensystem entstanden ist, vor.

Die Kenntnisse über den Bau der Elektronenhülle der Atome erklären die neue Definition des Gesetzes der Periodizität:

Die Eigenschaften der chemischen Elemente und ihrer Verbindungen verändern sich periodisch mit Erhöhung ihrer Ordnungszahl.

**Die Periode** ist eine waagerechte Reihe aus chemischen Elementen, deren Atome die gleiche Anzahl von Elektronenschalen besitzen.

**Hauptgruppe (A-Gruppe)** im PSE nennt man eine senkrechte Reihe chemischer Elemente, deren Atome die gleiche Anzahl von Elektronen in ihrer Außerschale haben (diese Anzahl ist der Nummer der A-Gruppe gleich).

Die Atome derselben Hauptgruppe besitzen jeweils dieselbe Anzahl an Außenelektronen.

Die Atome derselben Periode besitzen jeweils dieselbe Anzahl an besetzten Schalen.

Das Chloratom und das Natriumatom z.B. besitzen beide jeweils drei besetzte Schalen, deshalb sind sie in der dritten Periode. In der äußersten Schale von Chloratom wie auch vom Bromatom befinden sich sieben Außenelektronen, deswegen sind die in der siebten Gruppe. Das Wasserstoffatom besitzt wie die Atome der Alkalimetalle ein Außenelektron, deshalb bilden sie alle die erste Gruppe.

## 1.2. Überlegen Sie!

Vervollständigen Sie Tabellen 1.8. und 1.9.!

**Tabelle 1.8.**

Gruppe	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
K-Schale								
1. Periode	1 H							2 He
L-Schale								
K-Schale								
2. Periode	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
M-Schale								
L-Schale								
K-Schale								
3. Periode	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

Tabelle 1.9.

Bau der Elektronenhülle		Stellung im Periodensystem		Chemisches Element	Verteilung der Elektronen in der Außenschale
Anzahl der Elektronenschalen	Anzahl der Elektronen in der Außenschale	Periode	Gruppe		
3	2				
		II	IV A		
3			III A		
	7	III			
	8	II			
	6	II			

**1.3. Denken Sie einmal nach!**

1. Geben Sie die Gemeinsamkeit im Atombau folgender Elementen an:

1. Hauptgruppe: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

7. Hauptgruppe: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2. Periode: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

3. Periode: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Zeichnen Sie schematisch den Atombau der chemischen Elemente mit den Ordnungszahlen  $Z=11$ ; 3; 9; 17 auf! Welche sind diese Elemente? Welche davon befinden sich:

a) in der gleichen Periode?

b) in der gleichen Gruppe?

# Chemische Bindung

Die chemische Bindung ist die Bezeichnung für den Zusammenhalt der kleinsten Teilchen in chemischen Stoffen. Die kleinsten Teilchen können Atome, Anionen, Kationen oder Moleküle sein. Durch Lösen und Knüpfen von chemischen Bindungen in einer chemischen Reaktion werden Stoffe ineinander umgebaut. Die Produkte können völlig andere Eigenschaften als die Ausgangsstoffe besitzen.

**Chemische Bindungen** liegen vor, wenn zwei oder mehr Atome oder Ionen stark miteinander verbunden sind und dadurch chemische Verbindungen bilden.

Dass es überhaupt zur Ausbildung von chemischen Bindungen kommt, beruht darauf, dass es für die betroffenen Atome oder Ionen energetisch günstiger ist, mit geeigneten Bindungspartnern verbunden zu sein, als separat in Form von einzelnen, ungebundenen Teilchen vorzuliegen. Grundlage der Ausbildung von Bindungen sind elektrostatische Wechselwirkungen oder Wechselwirkungen der Elektronen zwischen zwei oder mehreren Atomen. In vielen Fällen spielen beide Arten von Wechselwirkungen eine Rolle.

Die chemische Bindung, die durch gemeinsame, beiden Atomen gehörende Elektronenpaare zustande kommt, wird **kovalente Bindung** genannt.

Durch die Bildung der Bindung tritt ein Zustand geringerer Energie im Wasserstoff-Molekül z.B. im Vergleich zu den beiden Wasserstoff-Atomen ein. Die Elektronenkonfiguration der Atome im Molekül entspricht der Edelgaskonfiguration. Die Abstoßung zwischen den Atomkernen und die Anziehung durch das **bindende (gemeinsame) Elektronenpaar** führen zu einem Energieminimum bei einem bestimmten Kernabstand.



Durch die vereinfachte Lewis-Schreibweise kann man die Elektronenpaarbindungen zwischen den jeweiligen Bindungsatomen in einem Molekül einfach darstellen.

Die **Oktettregel** (Acht-Elektronen-Regel) ist eine spezielle Form der Edelgasregel und besagt, dass Atome eine Valenzelektronenanzahl von 8 anstreben. Das führt dazu, dass die Atome Moleküle oder Ionen bilden. Dabei wird die Edelgaskonfiguration erreicht, die ein energetisch stabiler Zustand ist.

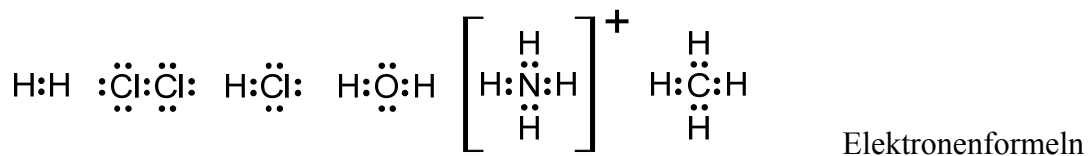
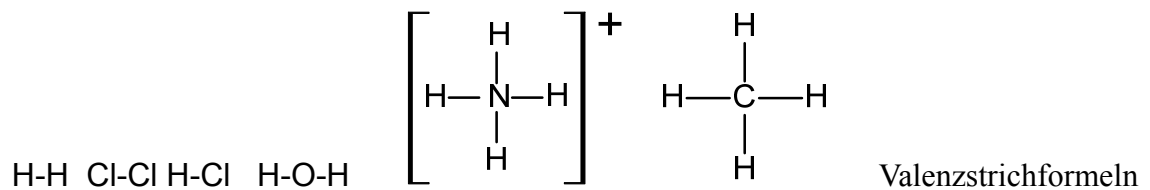
### 1.4. Denken Sie einmal nach!

Erläutern Sie, ob zwischen den Atomen der angegebenen Elementenpaare die Bildung einer kovalenten Bindung möglich ist: **H** und **O**, **H** und **S**, **H** und **C**, **S** und **O**, **N** und **O**, **Br** und **Br**, **H** und **N**, **K** und **I**! Stellen Sie die Bildung der möglichen kovalenten Bindungen dar!

Die kovalenten Bindungen haben sämtliche Besonderheiten.

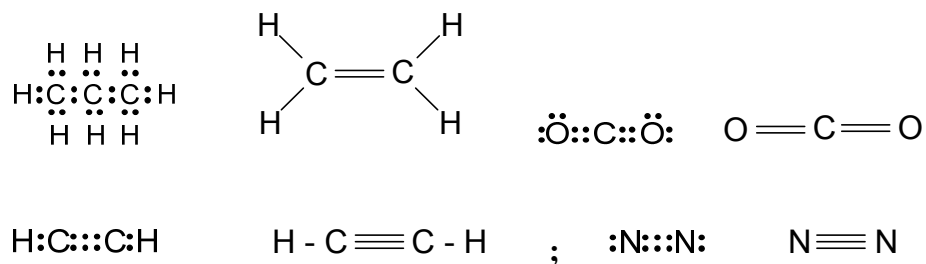
Die Anzahl der gemeinsamen Elektronenpaare bestimmt die Art der kovalenten Bindung **Einfachbindung** – 1 gemeinsames Elektronenpaar. Immer ein Elektronenpaar kann mit einem Strich versetzt werden. So schreibt man eine **Valenzstrichformel**.

Beispiel: H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, HCl



**Mehrfachbindung** (Doppel- oder Dreifachbindung) – 2 oder 3 gemeinsame Elektronenpaare

Beispiele: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> u.a.





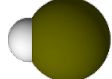
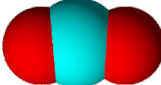
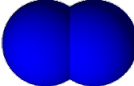
$\text{H} \cdot \cdot \text{H}$	$\text{H}-\text{H}$		$\text{H}_2$	Wasserstoff-Molekül
$ \underline{\text{F}} \cdot \cdot \cdot \underline{\text{F}} $	$ \underline{\text{F}}-\underline{\text{F}} $		$\text{F}_2$	Fluor-Molekül
$\text{H} \cdot \cdot \underline{\text{F}} $	$\text{H}-\underline{\text{F}} $		$\text{HF}$	Fluorwasserstoff-Molekül
$ \underline{\text{O}} \cdot \cdot \cdot \underline{\text{C}} \cdot \cdot \cdot \underline{\text{O}} $	$\langle \text{O} = \text{C} = \text{O} \rangle$		$\text{CO}_2$	Kohlenstoffdioxid-Molekül
$ \underline{\text{N}} \cdot \cdot \cdot \underline{\text{N}} $	$ \text{N} \equiv \text{N} $		$\text{N}_2$	Stickstoff-Molekül

Abbildung 1.7. Bildung der kovalenten Bindungen

### 1.3. Überlegen Sie!

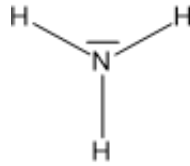
Vervollständigen Sie Tabelle 1.10.!

Tabelle 1.10.

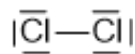
Name	Valenzstrichformel	Anzahl der freien Elektronenpaare
Fluorwasserstoff (HF)		3
Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ )		
Ammoniak ( $\text{NH}_3$ )		
Methan ( $\text{CH}_4$ )		
Fluor ( $\text{F}_2$ )		
Tetrachlormethan ( $\text{CCl}_4$ )		
Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )		



Eine **polare** kovalente chemische Bindung wird durch ein gemeinsames, asymmetrisch zwischen beiden Atomen gelagertes Elektronenpaar verwirklicht, bzw. die beiden Atome haben unterschiedliche Elektronegativität.



Eine **nichtpolare (unpolare)** kovalente chemische Bindung wird durch ein gemeinsames, symmetrisch zwischen beiden Atomen gelagertes Elektronenpaar verwirklicht, bzw. die beiden Atome haben gleiche Elektronegativität.



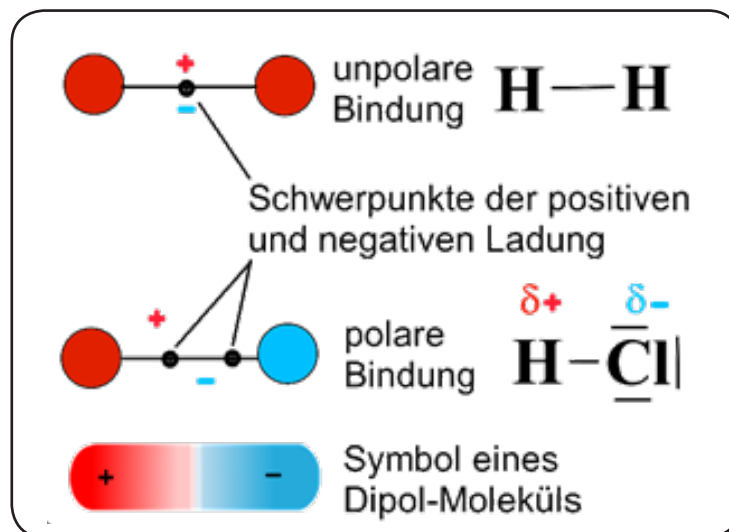
Die **Elektronegativität** ist ein Maß für das Bestreben eines Atoms, innerhalb eines Moleküls von benachbarten Atomen die Elektronen anzuziehen.

**1.5. Denken Sie einmal nach!**

Welche der chemischen Bindungen **H-Cl**, **H-Br**, **H-I**, **H-F** ist am stärksten polar? Warum?

Man unterscheidet auch polare und nichtpolare Moleküle.

Nichtpolare (unpolare) Moleküle sind z.B.  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  u. a.  
polare Moleküle (**Dipole**) z.B.  $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $NH_3$ ,  $CH_3Cl$  u. a. (Abb. 1.8.)




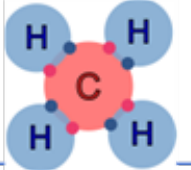


**Abbildung 1.8.** Polare und nichtpolare Moleküle

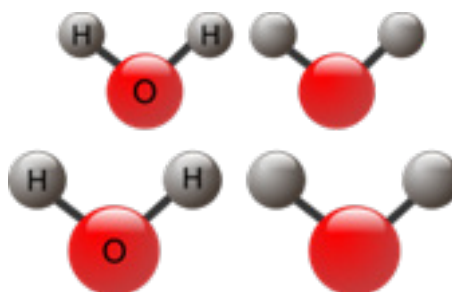
Im Molekül treten elektrische Teilladungen (z.B. negative ( $\delta^-$ ) bei dem Chloratom und positive ( $\delta^+$ ) bei dem Wasserstoffatom ein.

In Tabelle 1.11. sind andere Beispiele gegeben.

**Tabelle 1.11.** Schematische Darstellung und Valenzformel der Moleküle

Beispiele	Summenformel	Schematische Darstellung	Elektronenformel	Valenzstrichformel
Elementarer Wasserstoff	$H_2$		$H\cdot + H\cdot$	$= H-H$
Elementares Chlor	$Cl_2$		$:\ddot{Cl}\cdot + \cdot\ddot{Cl}:$	$= \overline{Cl}-Cl}$
Wasser	$H_2O$		$2 H\cdot + \cdot\ddot{O}\cdot$	$= \begin{array}{c} \overline{O}-H \\   \\ H \end{array}$
Methan	$CH_4$		$4 H\cdot + \cdot\ddot{C}\cdot$	$= \begin{array}{c} H \\   \\ H-C-H \\   \\ H \end{array}$
Kohlenstoffdioxid	$CO_2$	—	$\cdot\ddot{C}\cdot + 2 \cdot\ddot{O}\cdot$	$= \langle O=C=O \rangle$
Ethylen	$C_2H_4$	—	$2 \cdot\ddot{C}\cdot + 4 H\cdot$	$= \begin{array}{c} H & & H \\ & \backslash & / \\ & C=C & \\ & / & \backslash \\ H & & H \end{array}$

Der Dipolcharakter vom Wassermolekül wird durch die freien Außenelektronenpaare am Sauerstoffatom bestimmt und so werden die Wasserstoffatome abgewinkelt. Dabei entsteht eine positive Ladungsverteilung im Bereich der Wasserstoffatome. Wasserstoffatom hat im Molekül die kleinere Elektronegativität und ist damit positiv geladen. Sauerstoff hat im Molekül die höhere Elektronegativität und ist damit negativ geladen. Wassermolekül wirkt also als Dipol (Abb. 1.9).



**Abbildung 1.9.**

## 1.2. Exkurs

Überprüfen Sie durch Aufstellen der LEWIS-Formeln, ob folgende Summenformeln mit der Oktettregel in Einklang zu bringen sind!

- a)  $\text{NO}_2$
- b)  $\text{OF}_2$
- c)  $\text{CBr}_2$

Die chemische Bindung, die durch entgegengesetzt geladene Ionen zustande kommt, wird **Ionenbindung** genannt.

Bei der Ionenbindung verbinden sich die entgegengesetzt geladenen Ionen durch elektrische Anziehungskräfte miteinander. Die Atome der Elemente mit metallischem chemischen Charakter verbinden sich mit den Atomen der Elemente mit nichtmetallischem Charakter durch Ionenbindung. Der Mechanismus der Ionenbindung ist auf Abb. 1.10. und Abb. 1.11. veranschaulicht.

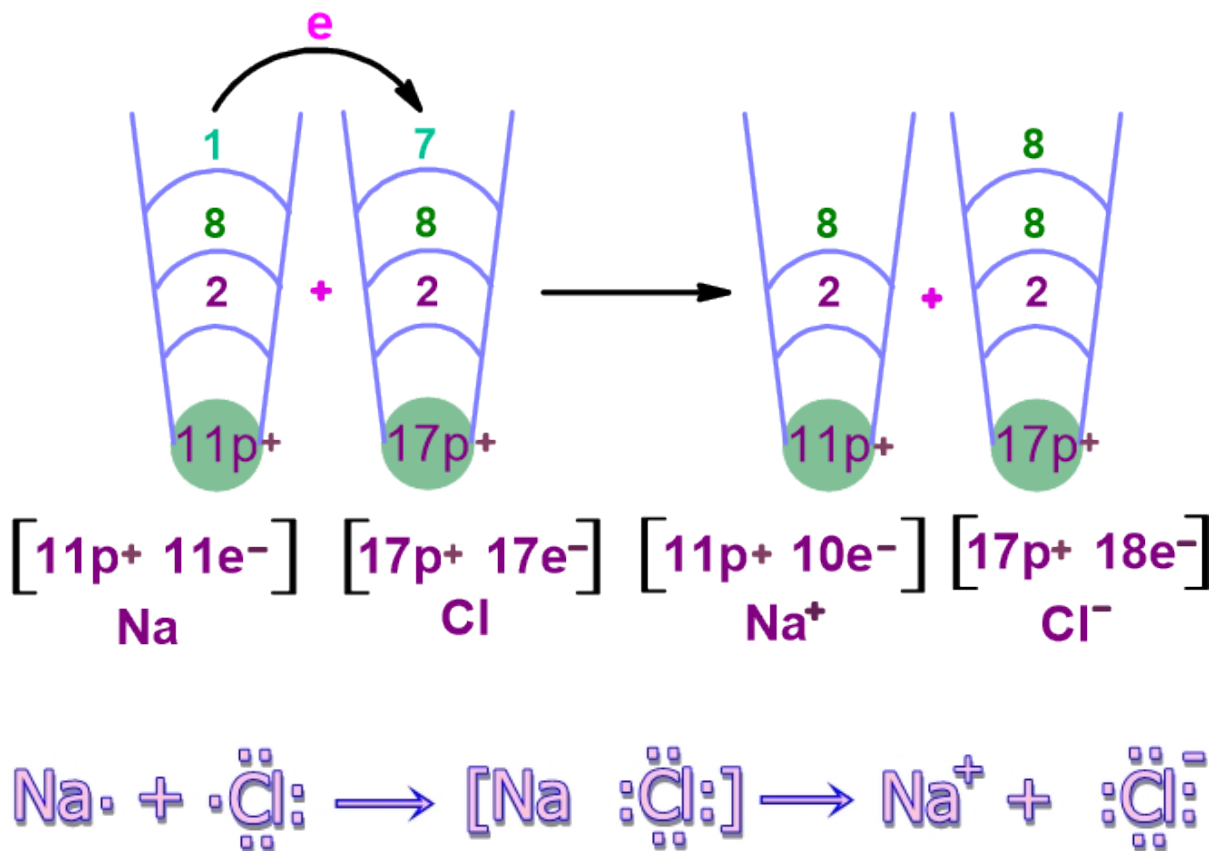


Abbildung 1.10. Ionenbindung

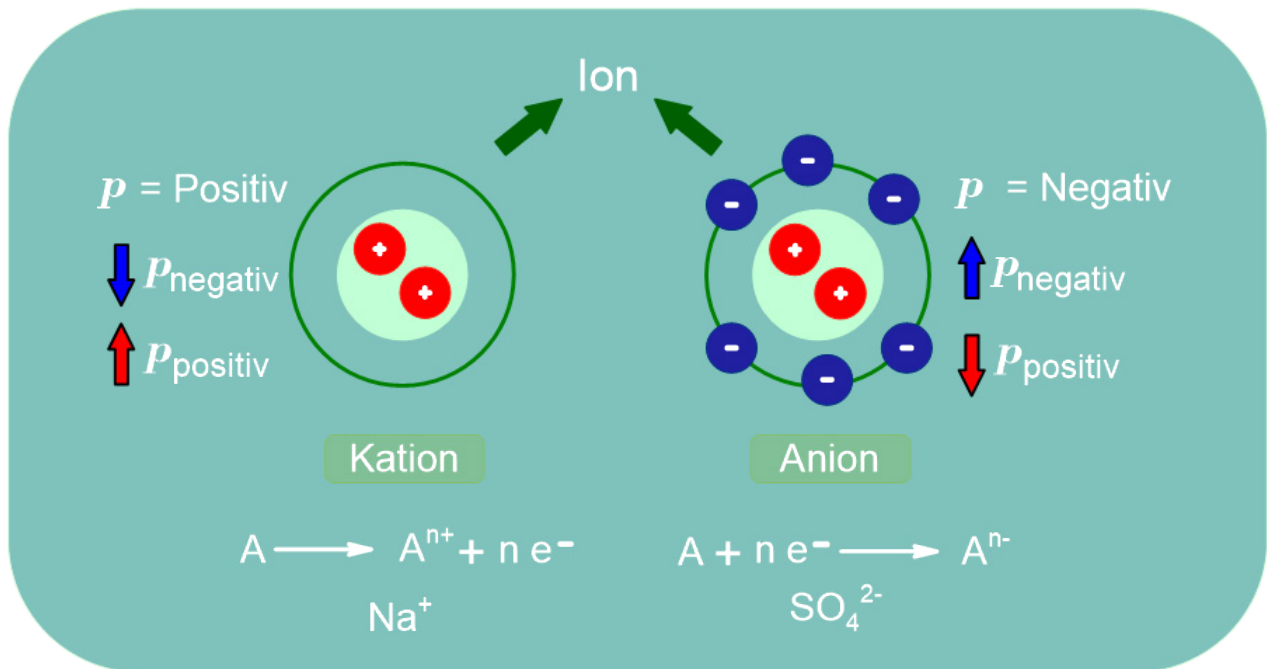
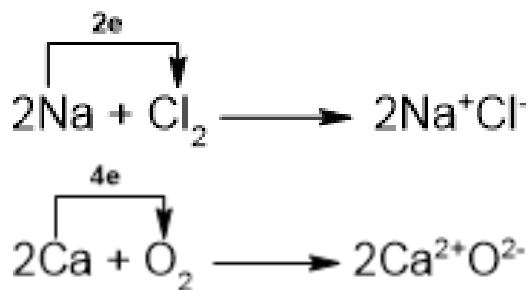


Abbildung 1.11. Ionenbindung

Wegen des großen Unterschieds in der Elektronegativität ( $\Delta EN > 1.67$ ) verwandeln sich die Atome der Nichtmetalle in negative Ionen und die Atome der Metalle in positive Ionen:



Die **Ionen** sind also Teilchen, die aus den Atomen durch Abgabe oder Aufnahme von Elektronen entstehen.

Die Ionenbindung hat folgende Besonderheiten:

fast alle Salze sind Ionenverbindungen

Die Verhältnisformeln der Ionenverbindungen geben das einfachste Verhältnis zwischen den Ionen im Kristall wieder. Das quantitative Verhältnis zwischen den Natrium- und den Chloridionen z.B. im Natriumchlorid beträgt 1:1.

Der Zahlenwert der Ladung der positiven/ negativen Ionen wird von der Anzahl der abgegebenen/ aufgenommenen Elektronen bestimmt.

### 1.6. Denken Sie einmal nach!

1. Stellen Sie die Bildung der Ionenbindung zwischen den Atomen des Magnesiums und des Chlors; des Natriums und des Schwefels, des Calciums und des Stickstoffs dar!

2. Stellen Sie schematisch dar:

a) die Umwandlung des Sauerstoff- und der Natriumionen in Atome;

b) die Umwandlung der Kalium- und der Schwefelatome in Ionen!

3. Welche der folgenden Elementenpaare können Ionenverbindungen bilden:

a) Na und O

b) K und S

c) Ca und H

Drücken Sie durch Gleichungen die Bildung der möglichen Ionenverbindungen aus!

Bei Metallen bilden die Atomrümpfe ein Metallgitter. Zwischen den Metallrümpfen können sich die Valenzelektronen frei bewegen. Beim Anlegen einer Gleichspannung bewegen sich die Elektronen in Richtung Pluspol.

Eine **Metallbindung** (auch metallische Bindung oder ungerichtete Bindung) ist eine Bindung von Metallen, die ihre Valenzelektronen zur Verfügung stellen und somit ein Elektronengas bilden (Abb. 1.12.).

Das Elektronengas kann von allen beteiligten Metallatomen genutzt werden, um die Edelgaskonfiguration zu erreichen.

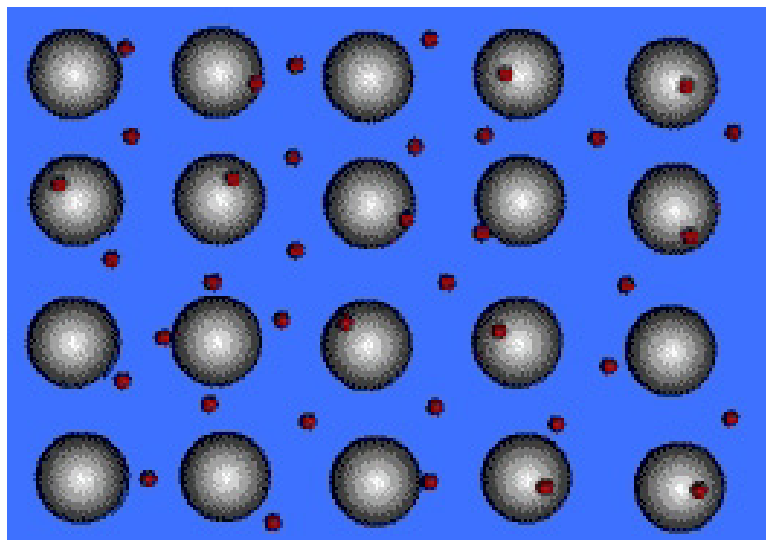


Abbildung 1.12. Metallbindung entsteht durch Bildung von Elektronengas<sup>6</sup>

Erhitzt man ein Metallstück, so wird sowohl den Atomrümpfen als auch dem Elektronengas Energie zugeführt. Die thermische Energie breitet sich zum einen durch Stöße zwischen den Atomrümpfen aus, zum anderen durch die frei beweglichen Elektronen. Da die Energie von den Elektronen sehr schnell transportiert wird, haben Metalle eine hohe Wärmeleitfähigkeit und man spürt die Wärme der Flamme.

# Kristallgitter

Das **Kristallgitter** ist eine regelmäßige dreidimensionale Anordnung von (mathematischen) Punkten. Untereinheit des Gitters ist die Elementarzelle; sie enthält alle Informationen, die zum Beschreiben des Kristalls notwendig sind. Die Basis einer Kristallstruktur besteht aus Atomen, Ionen oder Molekülen. Sie stellt die kleinste Gruppe dieser Elemente dar, die sich periodisch im dreidimensionalen Raum wiederholt. Die Basis besteht mindestens aus einem Atom, kann aber auch einige tausend Atome umfassen (Proteinkristalle). Bei Natriumchlorid besteht die Basis z. B. aus einem  $\text{Na}^+$ - und einem  $\text{Cl}^-$ -Ion. (Abb. 1.13.) Feste Stoffe, die keine Kristallgitter haben, bezeichnet man als amorph.

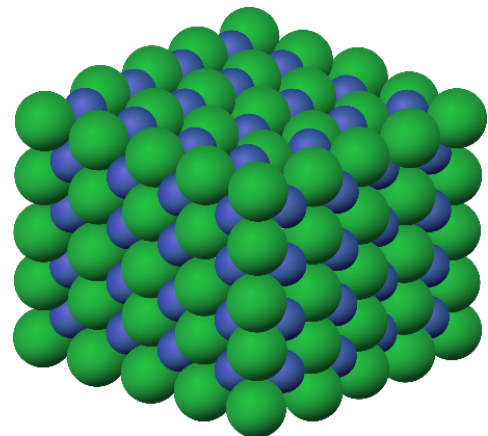
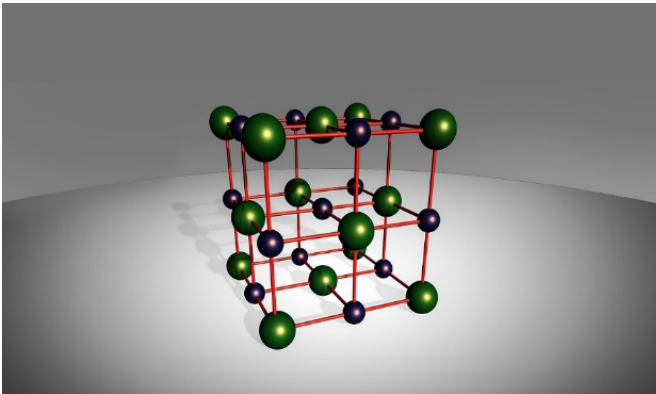


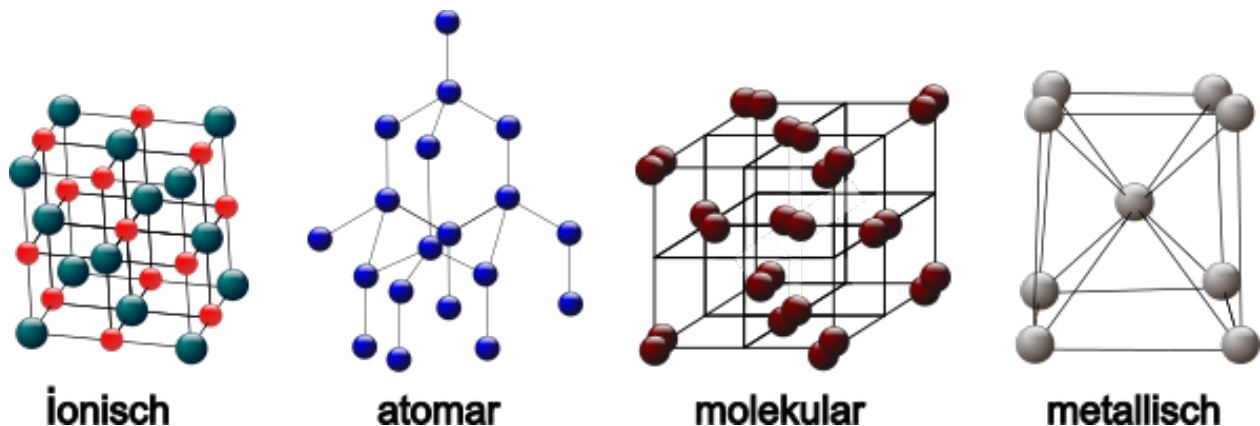
Abbildung 1.13. Ionenkristallgitter des Natriumchlorids<sup>7</sup>

Abhängig von den Aufbauteilchen und den chemischen Bindungen unterscheidet man Ionenkristallgitter, Atomkristallgitter, Molekülkristallgitter und Metallkristallgitter (Tabelle 1.12., Abb.1.14.).

Tabelle 1.12. Verschiedene Typen Kristallgitter

Arten der Kristallgitter	Art der Bindungen	Beispiele	Eigenschaften
Ionenkristallgitter	Ionenbindung	alle Ionenverbindungen (z.B. $\text{NaCl}$ , $\text{CaBr}_2$ , $\text{CuSO}_4$ )	Feststoffe, höhere Schmelztemperaturen; ihre Wasserlösungen besitzen elektrische Leitfähigkeit

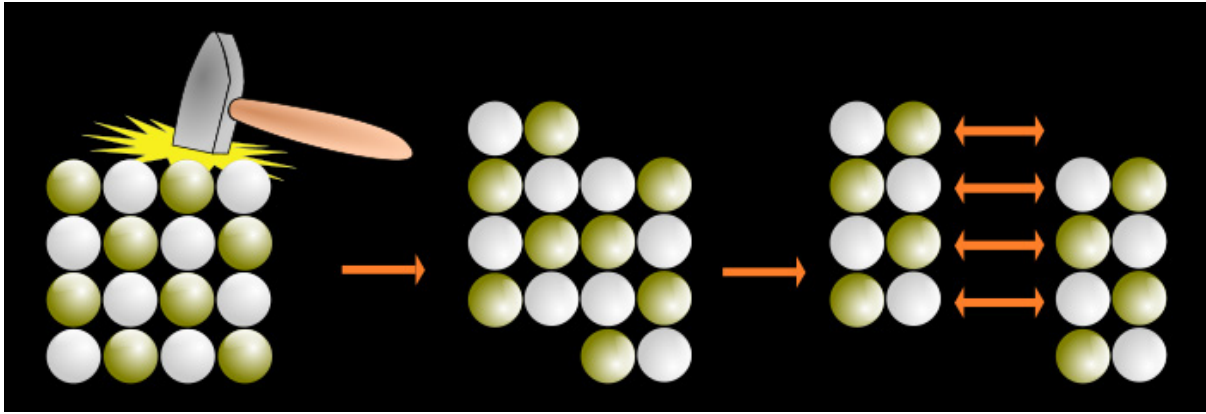
Atomkristallgitter	Atombindung	Graphit, Diamant, SiO <sub>2</sub>	Feststoffe, höhere Härte und Schmelztemperaturen; unlöslich im Wasser, keine oder niedrige elektrische Leitfähigkeit
Molekülkristallgitter	Schwache intermolekulare Kräfte	I <sub>2</sub> , S, H <sub>2</sub> O (fest), CO <sub>2</sub> (fest)	schwächere Kristallgitter, niedrige Schmelztemperaturen; keine elektrische Leitfähigkeit
Metallkristallgitter	Metallbindung	Metalle und Metalllegierungen	elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit; Metallglanz, Farbe, Schmiedbarkeit



**Abbildung 1.14.** Darstellung von Kristallgittern

Das Kristallgitter bestimmt also die Eigenschaften der Salze und der Ionenverbindungen (Abb.1.14.). Salze sind Ionenverbindungen. Die Ionen sind im festen Salz regelmäßig angeordnet. Die Kationen sind von Anionen umgeben und Anionen sind zwischen Kationen eingebettet, da die elektrostatischen Kräfte nach allen Richtungen wirken. Dadurch haben Salze eine hohe Festigkeit und Schmelztemperatur. Durch das Ionengitter sind sie bei mechanischer Krafteinwirkung spröde, d. h., sie brechen durch Verschiebung der Gitter-Ebenen auseinander.





**Abbildung 1.15.** Ionenkristalle sind spröde

### 1.7. Denken Sie einmal nach!

Beschreiben Sie das Ionengitter. Schreiben Sie die richtigen Begriffe in die Lücken.

Das Ionengitter besteht aus sehr vielen \_\_\_(1) und \_\_\_ (2) geladenen \_\_\_ (3) . Die Ionen sind in einem \_\_ (4) angeordnet und werden durch die \_\_ (5) in ihrer \_\_ (6) gehalten. Dadurch sind Ionengitter sehr \_\_ (7), solange sie nicht mit \_\_ (8) in Berührung kommen. Die Gitterenergie ist die Energie, die benötigt wird, um das Gitter \_\_\_ (9).

### Merken Sie sich!

Atome bestehen aus einem Atomkern und einer Elektronenhülle. Der Atomkern besteht aus positiv geladenen Protonen und elektrisch neutralen Neutronen. Die Hülle besteht aus negativ geladenen Elektronen.

Die Anzahl der Protonen im Kern wird als Ordnungszahl ( $Z$ ) bezeichnet.

Die Summe der Protonen und Neutronen im Atomkern wird Massenzahl ( $A$ ) genannt.

Atomarten der chemischen Elemente, deren Atomkerne bei gleicher Protonenzahl verschiedene Neutronenzahlen besitzen und unterschiedliche Massenzahlen haben, werden Isotope genannt.

Elektronen mit fast gleichen Energien bilden Elektronenschalen, die allmählich von Elektronen in Richtung von Schalen mit geringerer Energie ( $K$ ) zu Schalen mit größerer Energie ( $Q...$ ) besetzt werden. Die maximale Anzahl der Elektronen in der Schale wird nach der Formel  $2n^2$  bestimmt, wo „ $n$ “ die Nummer der Schale ist.

Die Eigenschaften der chemischen Elemente und ihrer Verbindungen verändern sich periodisch mit Erhöhung ihrer Ordnungszahl (Gesetz der Periodizität).

Die Periode ist eine waagerechte Reihe aus chemischen Elementen, deren Atome die gleiche Anzahl von Elektronenschalen besitzen.

Hauptgruppe (A-Gruppe) im PSE nennt man eine senkrechte Reihe chemischer Elemente, deren Atome die gleiche Anzahl von Elektronen in ihrer Außenschale haben (diese Anzahl ist der Nummer der A-Gruppe gleich).

Die chemische Bindung, die durch gemeinsame, beiden Atomen gehörende Elektronenpaare zustande kommt, wird kovalente Bindung genannt.

Die kovalente chemische Bindung kann einfach und mehrfach, polar und nichtpolar sein.

Die chemische Bindung, die durch entgegengesetzt geladene Ionen zustande kommt, wird Ionenbindung genannt.

Bei Metallen bilden die Atomrümpfe ein Metallgitter.

Abhängig von den Aufbauteilchen und den chemischen Bindungen unterscheidet man Ionenkristallgitter, Atomkristallgitter, Molekülkristallgitter und Metallkristallgitter.

# Stoffaufbau. Zusammenfassung und Übungsaufgaben

## Schlüsselbegriffe

- Die Elektronenschale, -n
- Die Außenelektronenschale, -n
- Die Elektronegativität
- Die Ionenbindung
- Kovalente Bindung
- Gemeinsames Elektronenpaar
- Polare kovalente Bindung
- Unpolare kovalente Bindung
- Kovalente Einfachbindung
- Kovalente Mehrfachbindung
- Strukturformel
- Elektronenformel
- Strukturformel
- Kristallgitter

### 1.8. Denken Sie einmal nach!

1. Zeichnen Sie schematisch den Atombau der chemischen Elemente mit den Ordnungszahlen 3,7,8, 17 und 19 auf.

2. Welche davon befinden sich in der gleichen Hauptgruppe? Warum?

---

---

---

---

---

---

3. Welche davon befinden sich in der gleichen Periode? Warum?

---

---

---

---

---

---

---

---

Wählen Sie die richtige Antwort aus!

1. Wie viele Elektronen hat Kohlenstoff in der vorletzten Elektronenschale?

- a) 2
- b) 5
- c) 3
- d) 6

2. Bestimmen Sie die chemischen Bindungen im  $N_2$ -Molekül!

- a) kovalent, zweifach, polar
- b) kovalent, einfach, unpolar
- c) kovalent, dreifach, unpolar
- d) kovalent, einfach, polar

3. Wo kommt nur unpolare kovalente chemische Bindung zustande?

- a)  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$
- b)  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$
- c)  $HCl$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$
- d)  $F_2$ ,  $S_8$ ,  $H_2O$

4. Der Diamant hat:

- a) Atomkristallgitter
- b) Metallkristallgitter
- c) Ionenkristallgitter
- d) Molekülkristallgitter

5. Die maximale Protonenzahl hat?

- a) F
- b)  $Cl^-$
- c) Ne
- d)  $Mg^{2+}$

6. Wieviel Elektronenschalen hat ein Atom mit 16 Protonen im Kern?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 6

7. Wo kommt nur polare kovalente chemische Bindung zustande?

- a)  $H_2$ ,  $NaBr$ ,  $H_2O$
- b)  $H_2O$ ,  $H_2$ ,  $NaBr$
- c)  $NaBr$ ,  $H_2O$ ,  $H_2$
- d)  $NH_3$ ,  $H_2O$ ,  $HBr$

8. Die Atome welcher chemischen Elemente werden durch Ionenbindung miteinander verbunden:

- a) H und Na
- b) H und O
- c) Na und Na
- d) H und H

9. Welche Behauptung ist falsch? Die Isotope des chemischen Elements haben:

- a) unterschiedliche chemische Eigenschaften
- b) unterschiedliche Neutronenanzahl
- c) gleiche Protonenanzahl
- d) gleiche Protonenanzahl und unterschiedliche Neutronenanzahl

10. Welche Stoffe haben Ionenkristallbau?

- a)  $\text{H}_2\text{O}$  (fest), C (Graphit)
- b) Na, C (Graphit)
- c)  $\text{H}_2\text{O}$  (fest),  $\text{I}_2$
- d) NaCl, KOH

11. Wie viele Elektronen hat Kohlenstoff in der letzten Elektronenschale?

- a) 2
- b) 5
- c) 3
- d) 4

12. Bestimmen Sie die chemischen Bindungen im  $\text{O}_2$ -Molekül!

- a) kovalent, zweifach, polar
- b) kovalent, einfach, nichtpolar
- c) kovalent, dreifach, nichtpolar
- d) kovalent, zweifach, unpolar

13. In welchem Stoff sind alle Atombindungen einfach und polar?

- a)  $\text{CO}_2$
- b)  $\text{HNO}_2$
- c)  $\text{CH}_4$
- d) CO

14. In welchem Stoff ist die Bindung eine Ionenbindung?

- a)  $\text{CaCl}_2$
- b)  $\text{HNO}_3$

- c)  $\text{CH}_4$
- d)  $\text{NH}_3$

15. Wo kommt nur zweifache polare kovalente chemische Bindung zustande?

- a)  $\text{O}_2$
- b)  $\text{SO}_2$
- c)  $\text{H}_2\text{O}$
- d)  $\text{HNO}_3$

16. Welche Verbindung hat Ionenkristallgitter?

- a) Ca
- b)  $\text{SO}_2$
- c)  $\text{NH}_3$
- d) NaNO

17. Die maximale Elektronenzahl hat?

- a) F
- b)  $\text{Cl}^-$
- c) Ne
- d)  $\text{Mg}^{2+}$

18. Wie viele Elektronenschalen hat ein Atom mit 6 Protonen im Kern?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 6

19. Welche Behauptung ist falsch? Die Isotope des chemischen Elements haben:

- a) unterschiedliche chemische Eigenschaften
- b) unterschiedliche Neutronenanzahl
- c) gleiche Protonenanzahl
- d) gleiche Protonenanzahl und unterschiedliche Neutronenanzahl

20. Welche Verbindungen haben Molekülbau ?

- a)  $\text{H}_2\text{O}$  (fest), C (Graphit)
- b) Na, C (Graphit)
- c)  $\text{H}_2\text{O}$  (fest),  $\text{I}_2$
- d) NaCl, KOH

22. Drücken Sie die Bildung der chemischen Bindungen aus! Bestimmen Sie die Art der Bindungen darin. Welche Moleküle sind polar?

- a) KF
- b)  $\text{CO}_2$

Beantworten Sie die Fragen

21. Drücken Sie die Bildung der chemischen Bindungen aus! Bestimmen Sie die Art der Bindungen darin. Welche Moleküle sind polar?

- a)  $\text{Na}_2\text{O}$
- b)  $\text{H}_2\text{S}$
- c)  $\text{N}_2$

## 2. Eigenschaften der Metalle und ihrer Verbindungen



8

Calcium ist schon seit dem Alten Rom bekannt. Die Römer entdeckten eine Möglichkeit, Calciumoxide durch Erhitzen von Kalkstein in einem Ofen herzustellen. Allerdings dauerte es noch bis 1808, bis pures Calcium von Sir Humphrey Davy isoliert wurde.

Das Aluminium ist das meist verbreitete Metall in der Erdkruste. Im Unterschied zu Erdalkalimetallen der 2. Gruppe des PSE reagiert es mit Basen. Die durchsichtigen Kristalle des Korunds, die Aluminium enthalten, sind als Edelsteine Rubin und Saphir bekannt.

In diesem Kapitel lernen Sie

- welche die Metalle der 2. und der 13. Gruppe im PSE sind
- welche die Eigenschaften dieser Metalle und ihrer Verbindungen sind
- was ein amphoteres Oxid und Hydroxid ist
- welche Bedeutung und Anwendung in der Praxis die gelernten Stoffe haben

# Metalle der 2. Gruppe des Periodensystems. Basische Oxide und Hydroxide der Metalle der 2. Gruppe

Die 2.IUPAC-Gruppe, wurde früher als **Gruppe der Erdalkalimetalle** bezeichnet. Alle Elemente der Gruppe 2 weisen zweite Wertigkeit auf. Auf Tabelle 2.1. sind einige physikalische Eigenschaften der Erdalkalimetalle angegeben. Füllen Sie die Elektronenkonfiguration der Außenschale aus.

## 2.1. Überlegen Sie

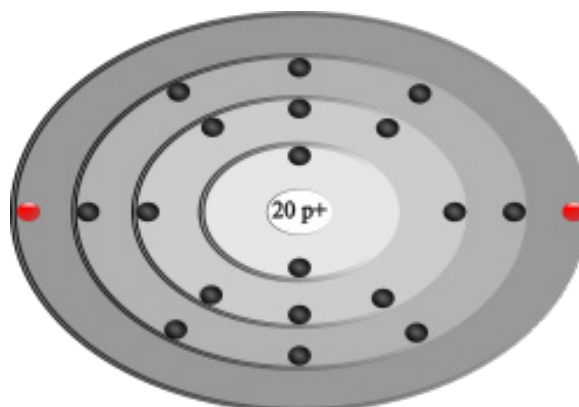
Füllen Sie dabei die Elektronenkonfiguration der Außenschale in Tabelle 2.1. aus.

**Tabelle 2.1. Physikalische Eigenschaften der 2 Gruppe des PSE**

Element	Elektronenkonfiguration der Außenschale	Siedepunkt (C°)	Dichte (g/mL)	Atomradius (A°)
Be		2469	1,851	104,0
Mg		1090	1,73	127,9
Ca		1484	1,54	169,0
Sr		1382	2,64	183,6
Ba		1897	3,59	206,0

## 2.2. Überlegen Sie

Erklären Sie die Stelle von Calcium im PSE Anhand seines Atombaus (Abb. 2.1.).



**Abbildung 2.1.** Atombau von Ca



**Calcium** (Kalzium) kommt von *calcis*, einem lateinischen Wort, welches Kalk bedeutet. Es ist das fünfthäufigste Element der Erdkruste. Calcium findet man nicht als pures Element, jedoch findet man es verbreitet in der Verbindung **Calciumcarbonat** ( $\text{CaCO}_3$ ). Viele Gesteine, wie Kalkstein (Abb. 2.2.), Marmor, Kreide und Calcit enthalten diese Substanz. Kalksteinhöhlen sind ein gutes Beispiel dafür, wo man Calcium finden kann. Muschelschalen und Schneckenhäuser bestehen hauptsächlich aus Calciumcarbonat. Eierschalen bestehen ebenfalls zum größten Teil aus diesem Stoff.

Calcium ist ein weiches silbriges Metall (Abb.2.3), dessen Eigenschaften den schwereren Erdalkalimetallen Magnesium, Strontium, Barium und Radium sehr ähnlich sind. Es brennt mit einer ziegelroten Flamme. Wenn es der Luft ausgesetzt ist, entwickelt es eine grauweiße Beschichtung. Es ist ein guter elektrischer Leiter und Wärmeleiter.

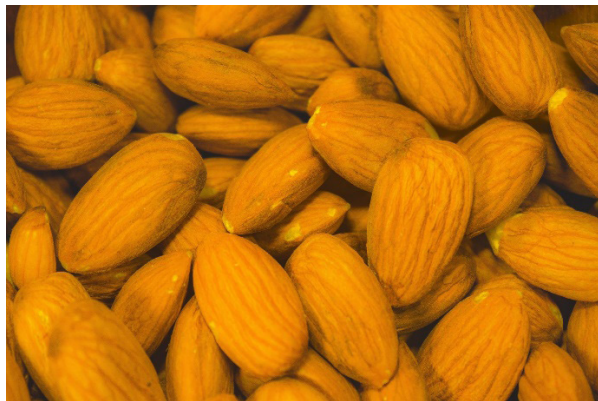


**Abbildung 2.2.** Kalkstein<sup>9</sup>



**Abbildung 2.3.** Calcium<sup>10</sup>

Calcium wird auch in vielen Nahrungsmitteln zu bedeutenden Mengen gefunden (Abb. 2.4.). Molkereiprodukte wie Milch, Joghurt und Käse enthalten Calcium. In grünem Gemüse steckt auch oft Calcium drin. Brokkoli, Kohlblätter, Mandeln, Sesam und Bohnen, enthalten alle bedeutenden Mengen an Calcium.



**Abbildung 2.4.** Nahrungsmittel, die Ca enthalten<sup>11</sup>

Calcium ist wichtig für unseren Körper. Es macht unsere Knochen und Zähne stark (Abb. 2.5.) und fördert die Arbeit unserer Muskeln und Gehirnzellen. Außerdem spielt Calcium (neben Kalium und Natrium) eine wichtige Rolle bei der Reizübertragung in Nervenzellen, ebenso ist es an der Blutgerinnung, sowie an der Aktivierung einiger Enzyme und Hormone beteiligt. Calcium ist zudem häufig in Tabletten gegen Sodbrennen und Magensäure zu finden.

### 2.1. Exkurs

Der Knochen besteht zu etwa 20 Prozent aus Wasser und zu 55 Prozent aus Mineralstoffen (Abb. 2.5.). Zusammen machen die anorganischen Stoffe rund drei Viertel der Knochenmasse aus. Wichtige Mineralstoffe sind Calcium, Phosphor (gebunden mit Sauerstoff Phosphat genannt) und Magnesium. Sie liegen in Form von Kalksalzen wie Calciumcarbonat, Calciumfluorid, Calciumchlorid und Magnesiumphosphat vor, die dem Knochen Härte, Stabilität und Festigkeit verleihen. 99 Prozent der gesamten Kalksalze macht das Calciumphosphat aus.

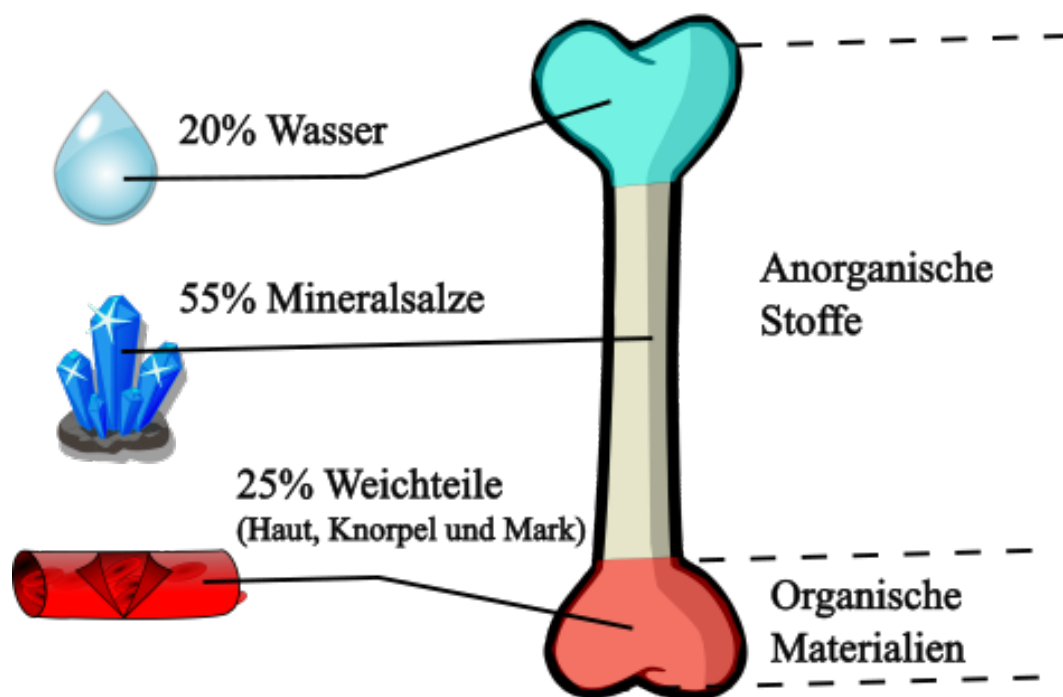


Abbildung 2.5. Aufbau eines Knochens<sup>12</sup>

Aufgrund dieser anorganischen Substanz – dem Calciumphosphat –, sagt der Volksmund auch, dass Knochen hauptsächlich aus Kalk und Calcium bestehen. Die chemische Verbindung, die für die hohe Druck-Festigkeit des Knochens verantwortlich ist, nennt man Hydroxylapatit.

Calcium ist eine wichtige Substanz in der Bauindustrie, denn Calciumhydroxid  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  wird in Zement und Mörtel gebraucht. Calciumcarbonat wird ebenso in Plastik und in Kleber als Füllstoff verwendet. Weil Calciumoxid ( $\text{CaO}$ ) Säure neutralisiert, kann es benutzt werden, um den Effekt des sauren Regens in Flüssen und Seen zu vermindern.

### Projektarbeit

**Recherchieren Sie im Internet und bereiten Sie Präsentationen über folgende Themen vor:**

- Mineralisierung der Zähne durch Calcium. Calciummangel.
- Die Rolle von Calcium für Blutgerinnung, Aktivierung von Enzymen und Hormonen.
- Zusammensetzung von Zement und Mörtel.

**Magnesium** ist ein Bestandteil des Chlorophylls und ist wichtig für die grünen Teile der Pflanzen (Abb. 2.6.). Die Magnesiumionen nehmen an der Leitung von Nervenimpulsen teil.

**Beryllium** und **Strontium** sind wichtige Metalle der Atomenergetik. Die wichtigste Anwendung des **Bariums** ist die als Gettermaterial in Vakuumröhren, beispielsweise von Fernsehern oder als Sonnenkollektoren.



**Abbildung 2.6.** Die grünen Teile der Pflanzen enthalten Magnesium als Bestandteil des Chlorophylls

Auf Abb. 2.7. sind typische chemische Eigenschaften der Metalle der 2. Gruppe gegeben.

Auf Abb. 2.7. sind typische chemische Eigenschaften der Metalle der 2. Gruppe gegeben.

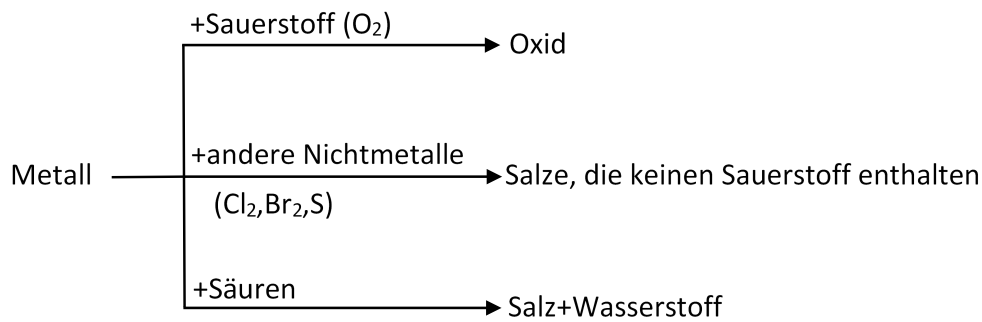


Abbildung 2.7. Chemische Eigenschaften der Erdalkalimetalle

Die chemischen Eigenschaften z.B. von Ca sind:

- Wechselwirkung mit O<sub>2</sub>  
 $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$  Calciumoxid (**Branntkalk**)
- Wechselwirkung mit Nichtmetallen (Cl<sub>2</sub>; Br<sub>2</sub>; I<sub>2</sub>; S; N<sub>2</sub>)  
 $\text{Ca} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2$  Calciumdichlorid
- Wechselwirkung mit H<sub>2</sub>  
 $\text{Ca} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CaH}_2$
- Wechselwirkung mit Säuren  
 $\text{Ca} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
- Wechselwirkung mit H<sub>2</sub>O  
 $\text{Ca} + 2\text{HOH} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\uparrow$

# Oxide und Hydroxide der Metalle der 2. Gruppe des Periodensystems

**Calciumoxid (Branntkalk)** ist eine weiße kristalline Substanz, die mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung reagiert. Es bildet Kristalle ähnlich der Natriumchlorid-Struktur (Abb. 2.8.) Gebrannter und anschließend mit Wasser gelöschter Kalk wird in der Bauindustrie als Beimischung zu Mörtel verwendet. In der Chemie nutzt man Calciumoxid zur Absorption von Kohlenstoffdioxid.

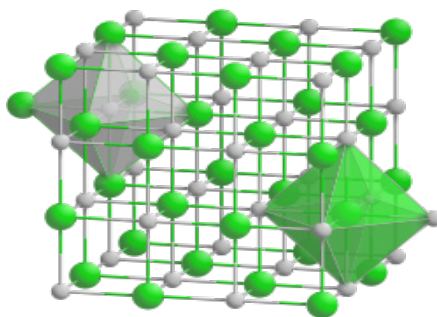


Abbildung 2.8. Calciumhydroxid – Ionenkristalle<sup>14</sup>

Wenn Calciumoxidstaub ins Auge gelangt, reagiert er sofort mit der dort vorhandenen Tränenflüssigkeit zu Calciumhydroxid. Die daraus entstehende alkalische Lösung zerstört Bindehaut und Hornhaut im Auge und führt somit zu Entzündungen. Aus diesem Grund ist auch das Tragen einer Schutzbrille beim Arbeiten mit alkalischen Flüssigkeiten notwendig.

**Calciumhydroxid (Löschkalk)** ist ein farbloses Pulver, welches sich nur wenig in Wasser löst, wobei die Lösung stark basisch reagiert. Es wird zur Herstellung von Mörtel im Bauwesen, als Desinfektionsmittel, Säureregulator in Lebensmitteln und Pflanzenschutzmittel im Obstbau verwendet.

**Basische Oxide** sind Oxide, denen basische Hydroxide entsprechen. Als solche reagieren sie mit Wasser, Säuren und sauren Oxiden (Tabelle 2.2.).

Unter normalen Bedingungen ist ihr Aggregatzustand fest und ihre Struktur ionisch. Am häufigsten werden ihre entsprechenden Peroxide auf der äußeren Schicht von Alkali- oder Erdalkalimetallen in Kontakt mit Luft gebildet, wo sie sich an Sauerstoff in der Umgebung binden.

**Basische Hydroxide (Basen)** sind ionische Substanzen, deren wässrige Lösungen freie positive Metallionen und negative Hydroxidionen enthalten.

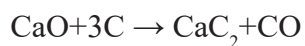
Das Hauptmerkmal von basischen Hydroxiden ist ihre Fähigkeit, Säuren zu neutralisieren. Neben Säuren können Basen mit sauren Oxiden reagieren. Spezifische Reaktionen für einige Basen sind die Wechselwirkungen mit Salzen, mit denen sie **Ablagerungen (Niederschläge)** bilden (Tabelle 2.2.).

**Tabelle 2.2.** Typische Wechselwirkungen von Erdalkalioxiden und -hydroxiden

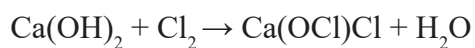
Wechselwirkung mit:	Basische Oxide	Basische Hydroxide
<b>Wasser</b>	Kalklöschen: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$	Die wässrige Lösung färbt Lackmus blau: $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$
<b>sauren Oxiden</b>	$\text{BaO} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$ $\text{BaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow$ $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow$ Calciumcarbonat (Kalkstein) $\text{CaO} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 \downarrow$ Calciumsulfat ( <b>Gips</b> )	Nachweis für Anwesenheit von Kohlendioxid: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \downarrow$ $\text{Ba(OH)}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{BaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
<b>Säuren</b>	$\text{CaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{BaO} + 2\text{HBr} \rightarrow \text{BaBr}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca(OH)}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{Ca(OH)Cl} + \text{H}_2\text{O}$ Neutralisation

## 2.2. Exkurs

Andere spezifische Wechselwirkungen sind die Reaktionen mit Nichtmetallen:



Calciumcarbid



## 2.1. Denken Sie einmal nach!

1. Schreiben Sie die Trivial (Praxis) – Benennungen der Verbindungen:

- a)  $\text{CaCO}_3$  – \_\_\_\_\_
- b)  $\text{CaO}$  – \_\_\_\_\_
- c)  $\text{Ca(OH)}_2$  – \_\_\_\_\_
- d)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – \_\_\_\_\_

2. Drücken Sie die möglichen Wechselwirkungen des  $\text{BaO}$  mit ... aus:

- a)  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- b)  $\text{Ca(OH)}_2$
- c)  $\text{CaCl}_2$
- d)  $\text{CO}_2$

3. Drücken Sie die möglichen Wechselwirkungen von  $\text{Mg(OH)}_2$  mit ... aus:

- a)  $\text{HCl}$
- b)  $\text{NaCl}$
- c)  $\text{CO}_2$
- d)  $\text{O}_2$

**Calciumcarbonat** ( $\text{CaCO}_3$ ) ist weißes Pulver, das in Wasser praktisch unlöslich ist. In der Natur ist es beispielsweise im Kalkstein enthalten (einem Sedimentgestein), in den Mineralien Calcit (Kalkspat) und Aragonit, im Marmor, in der Kreide, in Muschelschalen, Eierschalen, Schneckengehäusern und in Perlen. Calciumcarbonat wird auch als **Kalk** (Kalkstein) bezeichnet. Die wichtigsten chemischen Eigenschaften von  $\text{CaCO}_3$  sind unten angegeben.

- Die Wechselwirkung mit Säuren wird als **Nachweis für Carbonationen** benutzt.  
 $\text{CaCO}_3 \downarrow + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- Calciumcarbonat reagiert mit der Kohlensäure zu wasserlöslichem Calciumhydrogencarbonat wandelt sich um. So entstehen in der Natur die Karsthöhlen (Abb. 2.9.)

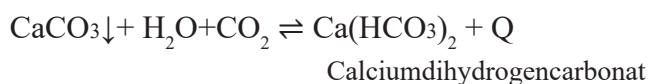




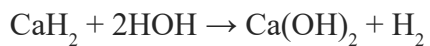
Abbildung 2.9. Stalagmiten und Stalaktiten<sup>15</sup>

- Thermische Zersetzung - endotherme Reaktion

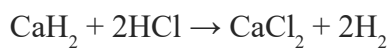


**Calciumhydrid** ist das Metallhydrid des Calciums.

- Da es sich bei Kontakt mit Wasser unter heftiger Wasserstoffentwicklung zersetzt, dient Calciumhydrid als Speichersubstanz damit Wasserstoff produziert werden kann.



- Wechselwirkung mit Säuren





# Arbeitsblatt

Name: \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 1:** Schreibe die richtigen Begriffe in die Lücken!

Begriffe: *Höhlen, Urmenschen, Calciumcarbonat, Schutzdächer, Flüsse, Stalaktiten*

Einige der ersten Wohnungen der \_\_\_\_\_ (1) waren die natürlichen \_\_\_\_\_ (2) und die Höhlen. Die \_\_\_\_\_ (3) bilden sich vor allem in Kalksteinfelsen unter Einwirkung unterirdischer Gewässer. Das geschieht im Laufe von Hunderttausenden von Jahren, indem das von den Höhlendecken tropfende Wasser \_\_\_\_\_ (4) liefert und die so genannten Stalagmiten und \_\_\_\_\_ (5) bildet, die oft verschieden gefärbt sind. In den Höhlen fließen \_\_\_\_\_ (6) und sind wunderschöne Seen zu finden.

**Aufgabe 2:** Ordnen Sie mithilfe des Bildes der jeweiligen Zahl einen Satz zu!

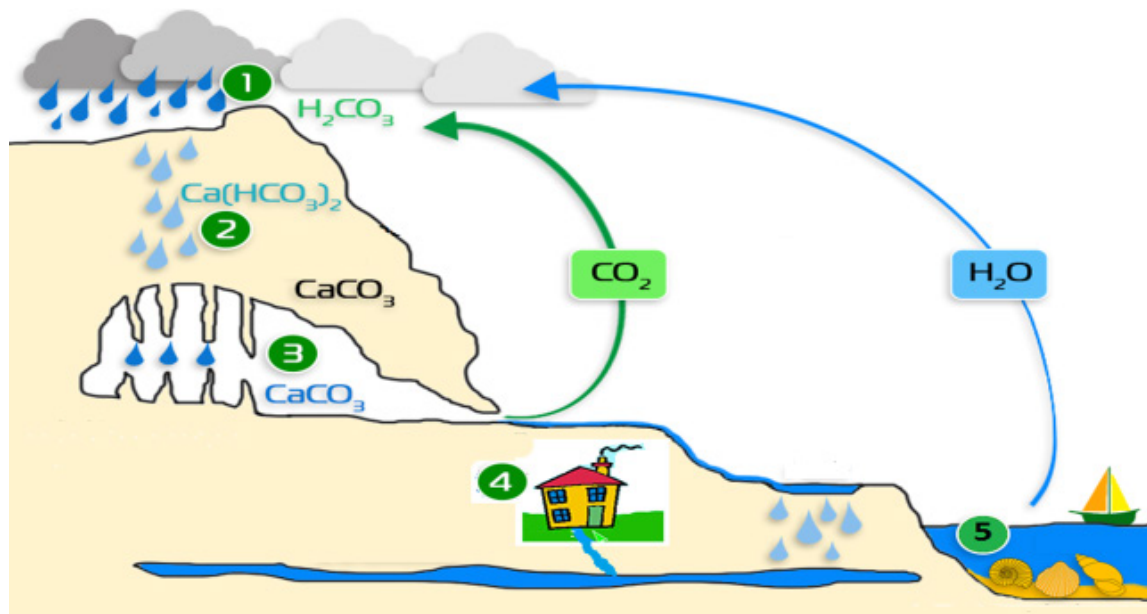


Abbildung 2.10.

- In Kalkgebirgen enthält hartes Wasser gelöstes  $Ca(HCO_3)_2$ . Beim Erhitzen zerfällt es unter  $CO_2$  – Abgabe zu Kalk und Wasser. So lagert sich Kalk in Kesseln in “Kesselstein” ab.
- Durch die Kohlensäure des Regenwassers wird wasserunlöslicher Kalkstein  $CaCO_3$  zu Calciumhydrogencarbonat  $Ca(HCO_3)_2$  umgewandelt, das wasserlöslich und dadurch

auswaschbar ist. So konnten im Kalkgebirge im Laufe der Erdgeschichte riesige Höhlen entstehen.

Entweichen aus der  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  – Lösung Wasser und Kohlenstoffdioxid, scheidet sich Kalk wieder ab. Auf diese Weise bilden sich Tropfsteine in der Natur. Viel  $\text{CO}_2$  wird frei.



Regenwasser enthält Kohlesäure, weil Kohlenstoffdioxid der Luft mit dem Niederschlag zu Säure reagiert.

Die Kalkablagerungen wurden von vielen Schalentieren (Muscheln, Schnecken, Korallen) des Meeres gebildet.

**Aufgabe 3:** Welche Aussage passt? Ergänzen Sie die richtige Zahl!

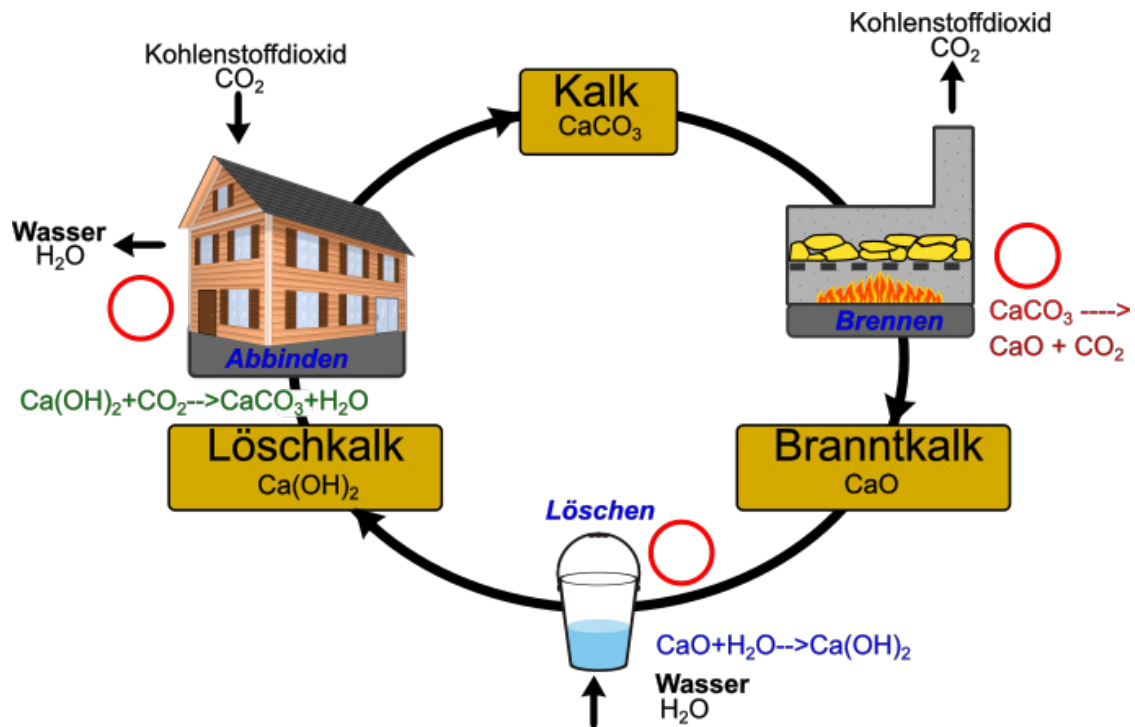


Abbildung 2.11.<sup>16</sup>

1. In Steinbrüchen abgebauter Kalkstein zerfällt beim Brennen um  $1000^\circ\text{C}$  in Branntkalk und Kohlenstoffdioxid.
2. Mit Wasser bildet Branntkalk Löschkalk.
3. Löschkalk wird mit Sand und Wasser zu Mörtel vermischt. Beim Abbinden nimmt Mörtel  $\text{CO}_2$  aus der Luft auf und gibt gleichzeitig Wasser ab. Am Ende erhärtet er zu festem Kalkstein.

## Flammenfärbungen

### Experimentelle Aufgabe

Bringt man die Salze der Alkali- und Erdalkalimetalle in die rauschende Brennerflamme, so erkennt man jeweils charakteristische Flammenfärbungen. Die einzelnen Elemente lassen sich allerdings nur dann gut voneinander unterscheiden, wenn man sehr reine Salze verwendet. Besonders geeignet sind die leicht verdampfbaren Chloride.

#### Materialien:

- Gasbrenner
- Stativ
- Uhrgläser
- Bechergläser
- Magnesiastäbchen

#### Chemikalien:

- Lithiumchlorid
- Natriumchlorid
- Kaliumchlorid
- Calciumchlorid
- Strontiumchlorid
- Bariumchlorid
- Salzsäure, verdünnt

#### Durchführung:

Tauchen Sie ein sauberes Magnesiastäbchen in verdünnte Salzsäure und glühen Sie es in der heißen Brennerflamme so lange aus, bis die Flamme kaum noch gefärbt erscheint.

Halten Sie es dann in eine der auf den Uhrgläsern bereitgestellten, leicht angefeuchteten Salzproben und nehmen Sie einige Salzkörnchen damit auf. Bringen Sie die Probe oberhalb des Innenkegels in die Brennerflamme und betrachten Sie die Flammenfärbung bei gedämpftem Licht.

Reinigen Sie das Magnesiastäbchen vor jeder Probe durch Ausglühen.

Ergänzen Sie Tabelle 2.3.!

**Tabelle 2.3.**

<b>Metall</b>	<b>Element-Symbol</b>	<b>Flammenfarbe</b>
Barium		
	Cs	
		ziegelrot
Kalium		
	Cu	
		karminrot
Rubidium		
Natrium		
	Mg	
		rot

# Metalle der 13. Gruppe (3. Hauptgruppe) des Periodensystems.

## Amphotere Oxide und Hydroxide

Die 13. Gruppe wurde früher als **Gruppe der Erdmetalle** bezeichnet. Alle Elemente der Gruppe 13, mit Ausnahme des Thalliums, weisen dritte Wertigkeit auf. Auf Tabelle 2.4. sind einige physikalische Eigenschaften der Erdmetalle dargestellt. Zeichnen Sie die Elektronenkonfiguration der Außenschale.

### 2.3. Überlegen Sie!

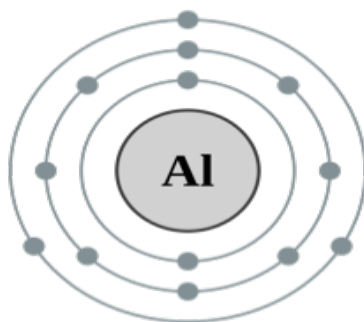
Füllen Sie dabei die Elektronenkonfiguration der Außenschale in Tabelle 2.4. aus!

**Tabelle 2.4.** Physikalische Eigenschaften der 13. Gruppe des PSE

Element	Elektronenkonfiguration der Außenschale	Siedepunkt (°C)	Dichte (g/mL)	Atomradius (Å°)
B		3927	2,34	77,6
Al		2467	2,70	131,2
Ga		2403	5,91	125,4
In		2080	7,31	132,8
Tl		1457	11,85	131,9

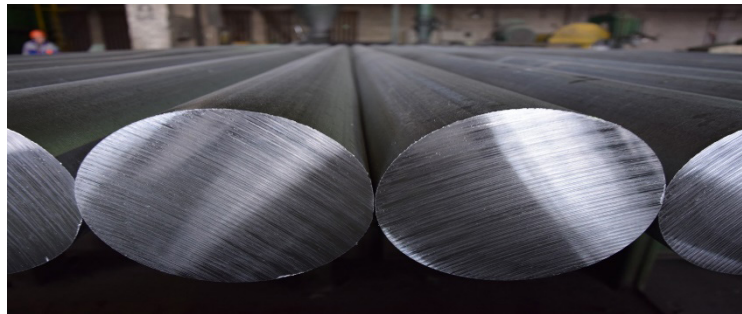
### 2.4. Überlegen Sie!

Erklären Sie den Platz von Aluminium im PSE anhand seines Atombaus (Abb. 2.12.)!



**Abbildung 2.12.** Atombau von Al<sup>17</sup>

**Aluminium** ist ein silberweißes, plastisches Leichtmetall (Abb. 2.13.) In der Erdhülle ist es, nach Sauerstoff und Silicium, das dritthäufigste Element und in der Erdkruste das häufigste Metall. Aluminium besitzt gute Wärme- und elektrische Leitfähigkeit.



**Abbildung 2.13.** Aluminium<sup>18</sup>

Die wirtschaftliche Gewinnung des Aluminiums ist nur aus den Mineralen Bauxit und Korund möglich.

Das Metall reagiert an frisch angeschnittenen Stellen bei Raumtemperatur mit der Luft und Wasser zu Dialuminiumtrioxid. Dies bildet aber sofort eine dünne, für Luft und Wasser undurchlässige Oxidschicht (Passivierung) und schützt so das Aluminium vor Korrosion. Also Al hat folgende chemische Eigenschaften:

- Oxidation



Diese Reaktion nennt man Passivierung.

**Passivierung** ist eine Oberflächentechnik der Entstehung einer nichtmetallischen Schutzschicht auf einem metallischen Werkstoff, die die Korrosion des Grundwerkstoffes verhindert oder stark verlangsamt.

### 2.2. Denken Sie einmal nach!

Welche Metalle werden von k.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und k.  $\text{HNO}_3$  passiviert?

- a) Na, K und Ca
- b) Al, Fe und Cr
- c) Al, Ga und In

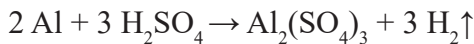
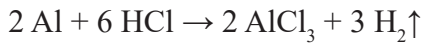
- Wechselwirkung mit Nichtmetallen (z.B. Schwefel, Iod, Chlor, Brom)



Dialuminiumtrisulfid



- Wechselwirkung mit Säuren



**! Aluminium wird von konzentrierter Salpeter – und Schwefelsäure passiviert.**

- Wechselwirkung mit Basen



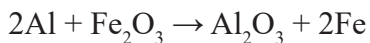
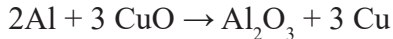
Natriumaluminat

Aluminium reagiert heftig mit konzentrierten, starken Basen unter Abgabe von Wasserstoff.

- Wechselwirkung mit  $\text{ H}_2\text{ O}$



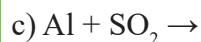
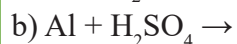
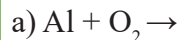
- Aluminothermie



**Aluminothermie** ist eine wirtschaftliche Methode zur Gewinnung von hochschmelzenden Reinmetallen

### 2.3. Denken Sie einmal nach!

Drücken Sie die möglichen Wechselwirkungen des Al mit ... aus.



Reines Aluminium weist eine geringe Festigkeit auf, die bei Legierungen deutlich höher ist. Im Flugzeugbau, Autobau und in der Weltraumtechnik sind Aluminium und Duraluminium weit verbreitet.

### 2.3. Exkurs

Kurz vor und während des Ersten Weltkriegs wurden in Deutschland Flugzeuge mit Rumpf und Flügeln aus der leichten, festen Aluminiumlegierung Duralumin hergestellt sowie Kolben aus Aluminium für die Flugmotoren (Abb. 2.14.).



**Abbildung 2.14.** Flugzeug mit Al-Rumpf und Flügeln<sup>19</sup>

Die Fahrzeugindustrie ist ständig auf der Suche nach Möglichkeiten, ein Fahrzeug sicherer und zugleich komfortabler zu machen. Auch erfordert die ständige Weiterentwicklung von Materialien und Bauteilen ein Umdenken in Produktion und Karosseriebau. Aus diesem Grund werden immer häufiger Aluminium-Karosserien in Fahrzeugen verbaut (Abb. 2.14.). Das liegt überwiegend an den gesteigerten Anforderungen hinsichtlich des Gewichtes und der Nachhaltigkeit des verbauten Materials.

Die Dichte von Aluminium ist weitaus geringer als die von Stahl, was Aluprofile zum nachhaltigen Trend im Karosseriebau macht. Aluminium-Karosserien weisen außerdem eine hohe Qualität auf, wodurch vor allem Hersteller hochwertiger Modelle auf Aluminium setzen. Aber auch in der Mittelklasse wurden in den letzten Jahren die Vorteile des Leichtbau-Metalls hinreichend ausgenutzt. Zusätzlich kann bei Innovationen wie Elektrofahrzeugen eine Alu-Karosserie verbaut werden.



**Abbildung 2.15.** Aluminium wird immer wieder im Autobau verwendet<sup>20</sup>



In der Verpackungsindustrie wird Aluminium zu Getränke- und Konservendosen (Abb. 2.15.) sowie zu Aluminiumfolie verarbeitet. Dabei macht man sich die Eigenschaft der absoluten Barrierewirkung gegenüber Sauerstoff, Licht und anderen Umwelteinflüssen zunutze.



**Abbildung 2.16.** In den osteuropäischen Ländern erreicht die Aluminiumdose einen Marktanteil von rund 98%<sup>21</sup>

Die elektrische und thermische Leitfähigkeit ist hoch, weshalb Aluminium für leichte Kabel und Wärmetauscher verwendet wird.

### Projektarbeit

Recherchieren Sie im Internet und bereiten Sie Präsentationen über folgende Themen vor:

- **Anwendung von Al in der Optik und Lichttechnik.**
- **Das Aluminiumrecycling**
- **Aluminium in Handys**
- **Verwendung von Gallium**

# Oxide und Hydroxide der Metalle der 13. Gruppe (3. Hauptgruppe) des Periodensystems

Oxide und Hydroxide der Metalle der 13. Gruppe sind weiße, pulverförmige Stoffe, unlöslich im Wasser. Das **Aluminiumoxid**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kommt in verschiedenen Formen natürlich vor:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  als Korund oder Saphir (Abb. 2.17.) und – durch Chrom rot gefärbt – als Rubin (Abb. 2.18.).

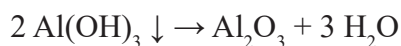


Abbildung 2.17. Saphir<sup>22</sup>



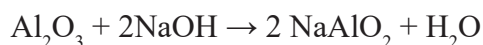
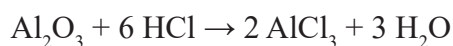
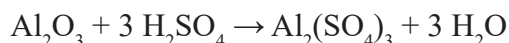
Abbildung 2.18. Rubin<sup>23</sup>

Dialuminiumtrioxid wird durch die folgende Reaktion gewonnen:

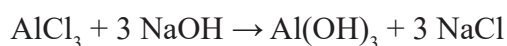


Oxide und Hydroxide, deren elementare Stoffe Metalle sind, die sowohl mit Säuren als auch mit Basen reagieren, nennt man **amphotere Oxide** und **Hydroxide**.

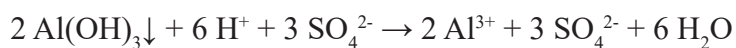
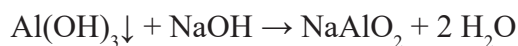
Als amphoterer Oxid reagiert  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sowohl mit Säuren, als auch mit Basen



Aluminiumtrihydroxid wird durch die folgende Reaktion gewonnen:



Als amphoterer Hydroxid reagiert  $\text{Al}(\text{OH})_3$  sowohl mit Säuren, als auch mit Basen



Den unreinen Korund verwendet man bei der Herstellung von Schleifscheiben, Sandpapier. Das reine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wird für die Zubereitung von Zahnzement gebraucht. Die künstlich hergestellten Kristalle von Rubin und Saphir finden in der Uhrenindustrie, bei der Fertigung von Lasern und Schmuck Anwendung.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  wird zur Klärung von trüben Wassern verwendet.

#### 2.4. Denken Sie einmal nach!

Drücken Sie die möglichen Wechselwirkungen des  $\text{Al}(\text{OH})_3$  mit ..... aus.

$\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$

#### Merken Sie sich!

Calcium findet man nicht als pures Element, jedoch findet man es verbreitet in der Verbindung Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Viele Gesteine, wie Kalkstein, Marmor, Kreide und Calcit enthalten diese Substanz. Kalksteinhöhlen sind ein gutes Beispiel dafür, wo man Calcium finden kann. Muschelschalen und Schneckengehäuser bestehen hauptsächlich aus Calciumcarbonat. Eierschalen bestehen ebenfalls zum größten Teil aus diesem Stoff. Milch, Joghurt und Käse enthalten Calcium. Es macht unsere Knochen und Zähne stark und fördert die Arbeit unserer Muskeln und Gehirnzellen. Wenn es brennt, brennt es mit einer ziegelroten Flamme. Calcium reagiert mit Wasser, Säuren, Sauerstoff, Wasserstoff u. a. Calcium bildet basisches Oxid und Hydroxid. Diese reagieren mit Wasser, Säuren und sauren Oxiden.

Aluminium ist ein silberweißes, plastisches Leichtmetall. Aluminium reagiert an frisch angeschnittenen Stellen bei Raumtemperatur mit Luft und Wasser zu Aluminiumoxid. Dies bildet aber sofort eine dünne, für Luft und Wasser undurchlässige Schicht (Passivierung) und schützt so das Aluminium vor Korrosion. Aluminium reagiert mit Säuren und Basen und bildet amphoterer Oxid und Hydroxid.

Oxide und Hydroxide, deren elementare Stoffe Metalle sind, die sowohl mit Säuren als auch mit Basen reagieren, nennt man amphotere Oxide und Hydroxide.

Aluminium findet Anwendung in der Optik und Lichttechnik.

Weitere Produkte sind Bauteile in Fahrzeugen und Maschinen, elektrische Leitungen, Rohre, Dosen und Haushaltsgegenstände. Das reine  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wird für die Zubereitung von Zahnzement gebraucht. Die künstlich hergestellten Kristalle von Rubin und Saphir finden in der Uhrenindustrie, bei der Fertigung von Lasern und Schmuck Anwendung.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  wird zur Klärung von trüben Wassern verwendet.

# Metalle der 2. und 13. Gruppe (3. Hauptgruppe) des Periodensystems. Basische und amphotere Oxide und Hydroxide. Zusammenfassung und Übungsaufgaben

## Schlüsselbegriffe

- **basisches Oxid**
- **basisches Hydroxid**
- **Base**
- **Löschkalk**
- **Branntkalk**
- **Kalkstein**
- **amphoterer Oxid**
- **amphoterer Hydroxid**
- **Passivierung**
- **Aluminothermie**

Löse das Kreuzworträtsel, nach Möglichkeit ohne in das Heft zu schauen!

waagrecht →

1: Die Zeilen im Periodensystem der Elemente sind die....

3: Mg ist das Symbol für...

4: Gleiche Atome eines der selben Elements mit unterschiedlicher Anzahl an Neutronen heißen...

6: Das Element mit der Ordnungszahl 37 ist ...

9: Alle Elemente sind darin aufgezählt.

12: Im Atomkern sind Protonen und .... vorhanden.

15: Geladene Teilchen sind die...

16: Na ist das Symbol für:

17: Elemente unterscheiden sich in der Anzahl an...

18: Calciumcarbonat heißt auch....

senkrecht ↓

2: Mit Calciumhydroxid-Lösung (Kalkwasser)

wird .... nachgewiesen.

5: Das Element mit der Ordnungszahl 19 ist ....

7: In der 2. Hauptgruppe sind die....

8: Natrium kann mit der .... nachgewiesen werden.

10: Die Reaktion von Calciumoxid mit .... heißt Kalklöschchen.

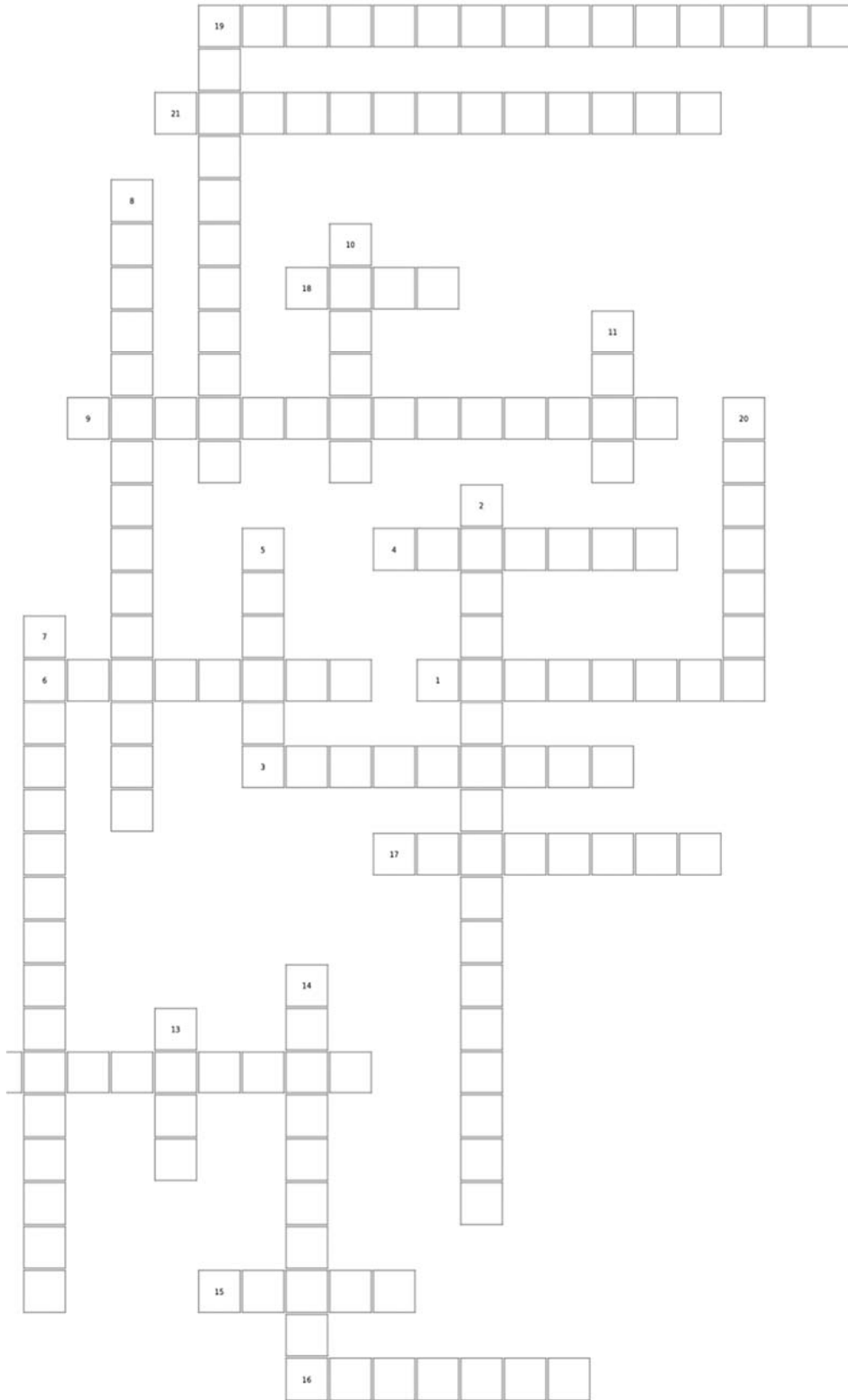
11: Beryllium hat die Ordnungszahl .... (ausgeschrieben)

13: Lithium hat die Ordnungszahl.... (ausgeschrieben)

14: Auf den Elektronenschalen befinden sich ....

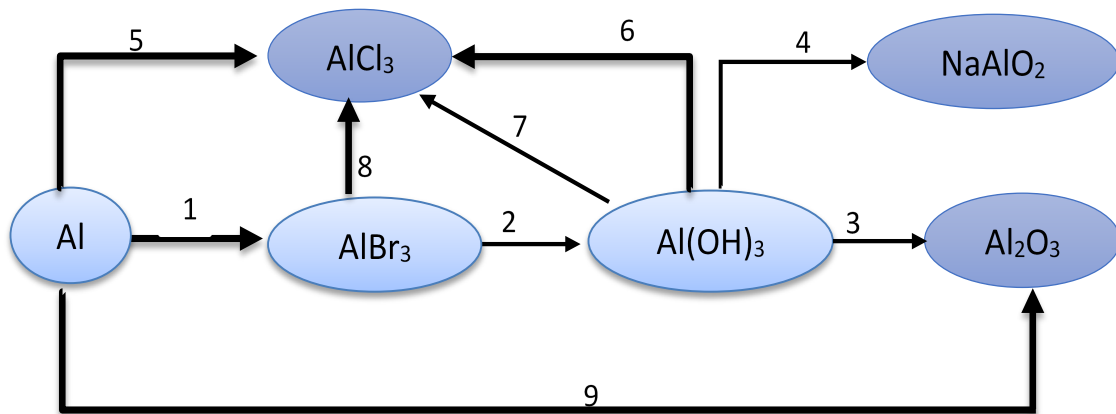
19: Beim Kalkbrennen entstehen Kohlenstoffdioxid und ....

20: Die Spalten im Periodensystem der Elemente sind...



## 2.5. Überlegen Sie!

Drücken Sie die chemischen Prozesse mit Gleichungen aus!

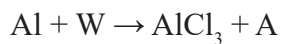
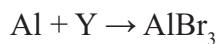
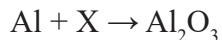


## 2.5. Denken Sie einmal nach!

1. Schreiben Sie die chemischen Gleichungen zu Ende!

- $\text{MgO} + \text{HCl} \rightarrow$
- $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$
- $\text{Ca} + \text{S} \rightarrow$

2. Finden Sie die unbekanntten Verbindungen (X, Y, Z, W, A, G) und schreiben Sie die chemischen Gleichungen und die Namen der chemischen Verbindungen!



## Test 1

### Eigenschaften der Metalle der 2. und der 13. Gruppe und ihrer Verbindungen

Wählen Sie die richtige Antwort aus!

1. Welche Verbindungen finden Anwendung im Bauwesen?

- a)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- b)  $\text{CaCO}_3$ , Ca
- c) NaOH, S
- d)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCO}_3$

2. Die Metalle Ca, Sr, Ba bilden:

- a) nur basische Oxide
- b) nur saure Oxide
- c) basische Oxide und saure Oxide
- d) basische, saure und neutrale Oxide

3. Welche Reaktion zeigt die Trübung des klaren Kalkwassers:

- a)  $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
- c)  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- d)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

4. Wo sind nur Elemente und Verbindungen der Elemente der 2. Gruppe aufgeschrieben?

- a) Mg, HCl,  $\text{MgCl}_2$ ;
- b) Ca, MgO,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ;
- c) NaOH,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- d) Zn, ZnO,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$

5. Die Atome des Aluminiums besitzen 13 Protonen, 13 Neutronen und 13 Elektronen. Wieviel Elektronen besitzt  $\text{Al}^{3+}$ ?

- a) 26
- b) 10
- c) 13
- d) 16

6. Welche Verbindung ist Produkt der thermischen Zersetzung von  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ?

- a)  $\text{Al}_3\text{O}_2$
- b)  $\text{AlO}_3$
- c)  $\text{H}_2\text{O}$
- d)  $\text{H}_2$

7. Finden Sie die Reaktion, die die richtige Zersetzung des Kalksteins darstellt:

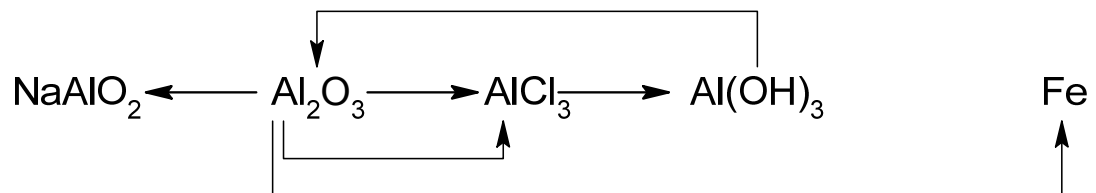
- a)  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$
- b)  $2\text{CaO} \rightarrow 2\text{Ca} + \text{O}_2$
- c)  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO}_2 + \text{CO}$
- d)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$

8. Welche Verbindung ist Produkt der Wechselwirkung von  $\text{CO}_2$  und  $\text{CaO}$ ?

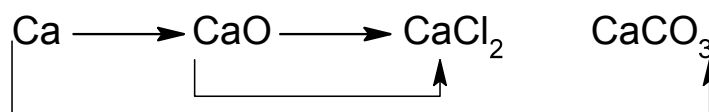
- a)  $\text{CaCO}_3$
- b)  $\text{CaCO}$
- c)  $\text{CaCO}_2$
- d)  $\text{CaH}$

Drücken Sie die chemischen Prozesse mit Gleichungen aus!

### Aufgabe 1:



### Aufgabe 2:





## Test 2

### Eigenschaften der Metalle der 2. und der 13. Gruppe und ihrer Verbindungen

Wählen Sie die richtige Antwort aus!

1. Welche Verbindung ist Produkt der thermischen Zersetzung des Kalksteins?
  - a)  $\text{CaCO}_3$
  - b)  $\text{CaCl}_2$
  - c)  $\text{CO}_2$
  - d)  $\text{CaH}_2$
  
2. Welche Wechselwirkung der amphoteren Oxide ist nicht möglich? Die Wechselwirkung mit:
  - a) basischen Oxiden
  - b) Säuren
  - c) Basen
  - d) Nichtmetallen
  
3. Wo sind nur Elemente und Verbindungen der Elemente der 13. Gruppe aufgeschrieben?
  - a) Mg,  $\text{BaCl}_2$ , CaO
  - b) Ga,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$
  - c) NaOH,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - d) Zn, ZnO,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$
  
4. Die Atome des Calciums besitzen 20 Protonen, 20 Neutronen und 20 Elektronen. Wieviel Elektronen besitzt  $\text{Ca}^{2+}$ ?
  - a) 18
  - b) 22
  - c) 20
  - d) 24
  
5. Finden Sie die Wechselwirkung, die „Kalklöschen“ darstellt!
  - a)  $\text{Ca} + \text{SO}_3$
  - b)  $\text{CaO} + \text{HCl}$
  - c)  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$
  - d)  $\text{CaO} + \text{CO}_2$

6. Welche Reaktion verläuft unter Normalbedingungen zwischen Löschkalk und  $\text{CO}_2$ ?

- a)  $2\text{CaO} + 4\text{CO} \rightarrow 2\text{CaC}_2 + 3\text{O}_2$
- b)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- c)  $2\text{CaO} + 5\text{C} \rightarrow 2\text{CaC}_2 + \text{CO}_2$
- d)  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

7. Welche Verbindungen finden Anwendung im Bauwesen?

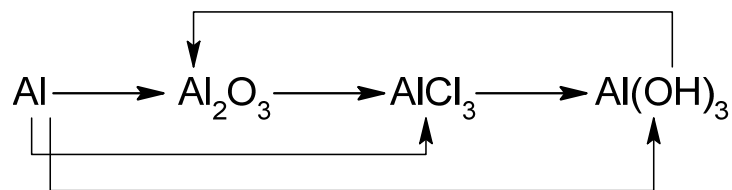
- a)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- b)  $\text{CaSO}_3$ ,  $\text{CaO}$
- c)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{CaSO}_4$
- d)  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaCO}_3$

8. Welche Wechselwirkung der Metalle ist nicht möglich?

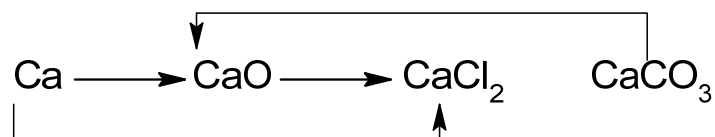
- a)  $\text{Ca} + \text{HCl} \rightarrow$
- b)  $\text{Al} + \text{Cl}_2 \rightarrow$
- c)  $\text{Mg} + \text{K}_2\text{O} \rightarrow$
- d)  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow$

Drücken Sie die chemischen Prozesse mit Gleichungen aus!

Aufgabe 1:



Aufgabe 2:



### 3. Eigenschaften der Nichtmetalle und ihrer Verbindungen



24

Schwefel ist ein seit langem vom Menschen genutztes Element. Chinesen und Ägypter nutzten um etwa 5000 v. Chr. Schwefel zum Bleichen von Textilien, als Arzneimittel und zur Desinfektion. Das vorklassische Griechenland verwendete Schwefel als Arzneimittel und das durch Verbrennung von Schwefel entstehende Schwefeldioxid sowohl als Desinfektionsmittel zur Verhütung von Infektionskrankheiten wie der Pest als auch zur Schwefelung von Wein. Bereits um 800 v. Chr. Erwähnte Homer dies in der Odyssee. Die antike Kriegsführung verwendete Schwefel als Brandwaffe oder Brandbeschleuniger.

Das Symbol N leitet sich von der lateinischen Bezeichnung *Nitrogenium* ab. Die Bezeichnung *Stickstoff* erinnert daran, dass molekularer Stickstoff Flammen durch Verdrängen von Sauerstoff löscht und dass in reinem Stickstoff Lebewesen ersticken, weil Sauerstoff fehlt.

Kohlenstoff ist das Element, das nach Wasserstoff die meisten Verbindungen aller Elemente bilden kann.

In diesem Kapitel lernen Sie:

- welche die Nichtmetalle der 14., 15. und der 16. Gruppen im PSE sind
- welche die Eigenschaften dieser Nichtmetalle und ihrer Verbindungen sind
- was ein saures Oxid und eine sauerstoffhaltige Säure ist
- welche Bedeutung die Nichtmetalle und ihre Verbindungen haben und welche Anwendung sie in der Praxis finden
- die Rolle der Düngemittel
- welche die Schadstoffe in der Luft sind
- die Bildung des sauren Regens
- Treibhauseffekt-Folgen und Lösungen

# Nichtmetalle der 16. Gruppe (6. Hauptgruppe) des Periodensystems. Saure Oxide und sauerstoffhaltige Säuren der Nichtmetalle der 16. Gruppe (6. Hauptgruppe) des Periodensystems

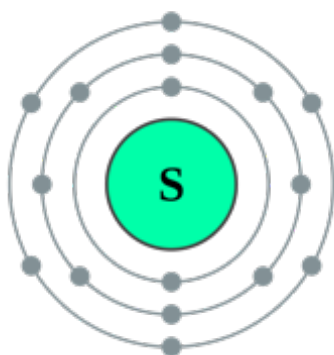
Die Elemente der 16. Hauptgruppe des Periodensystems werden **Chalkogene** genannt (wörtlich „Erzbildner“, vom Altgriechischen χαλκός chalkós. Zu dieser Stoffgruppe gehören die Elemente Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Polonium, sowie das künstlich hergestellte Livermorium.

## 3.1. Überlegen Sie!

Anhand seines Atombaus (Abb. 3.1.) erklären Sie den Platz von Schwefel im PSE!

**16: Sulfur**

**2,8,6**



**Abbildung 3.1.** Atombau von S<sup>25</sup>

Die Chalkogene niedriger Ordnungszahl sind Nichtmetalle, wobei von Selen und Tellur auch metallische Modifikationen existieren: Selen und Tellur sind im Prinzip Halbmetalle, Polonium und Livermorium Metalle. Auf Tabelle 3.1. sind einige physikalische Eigenschaften der Chalkogene angegeben. Füllen Sie dabei die Elektronenkonfiguration der Außenschale aus.

### 3.2. Überlegen Sie!

Füllen Sie die Elektronenkonfiguration der Außenschale in Tabelle 3.1 aus!

**Tabelle 3.1.** Physikalische Eigenschaften der 16. Gruppe des PSE

Element	Elektronenkonfiguration der Außenschale	Siedepunkt (°C)	Dichte (g/mL)	Atom- radius (Å°)
O		-182,962	0,001429	45
S		444,6	1,94 -2,07	81
Se		684,9	4,82	91,8
Te		990	6,24	111,1
Po		962	9,24	121,2



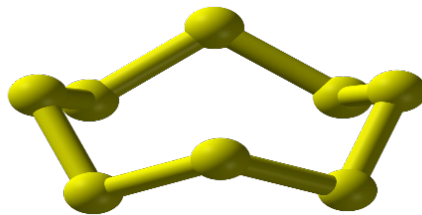
**Abbildung 3.2.** Chalkogene<sup>26</sup>

Elementarer Schwefel ist ein bei 25°C gelber, nichtmetallischer Feststoff (Abb. 3.2.), der eine Vielzahl allotroper Modifikationen bildet. Die physikalischen Eigenschaften des Schwefels sind stark temperaturabhängig, da bei bestimmter Temperatur eine Reihe allotroper Modifikationen vorliegen kann. Wird Schwefel auf über 120°C erhitzt, bildet sich zunächst eine Flüssigkeit hellgelber Farbe, in der überwiegend S<sub>8</sub>-Ringe vorhanden sind. Wird die Temperatur gehalten, kommt es durch eine Teilumwandlung der S<sub>8</sub>-Ringe in kleinere und größere Ringe zu einer Schmelzpunkterniedrigung. Bei 178°C brechen die Schwefelringe auf und bilden langkettige Moleküle. Oberhalb von 180°C zerfallen die Makromoleküle in kleinere Bruchstücke und die Viskosität nimmt wieder ab. Schwefel ist das Element mit den meisten allotropen Modifikationen.

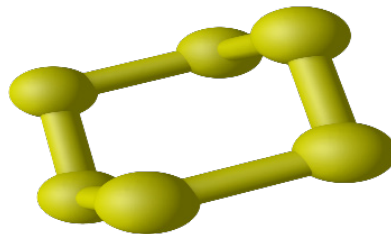


**Abbildung 3.3.** Schwefel<sup>27</sup>

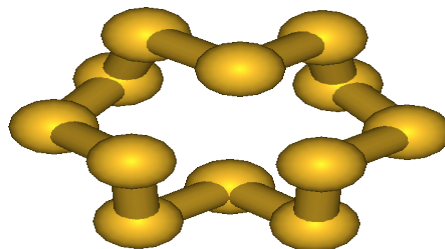
Die unter Normalbedingungen thermodynamisch stabile Form ist der orthorhombische Schwefel, der aus kronenförmigen  $S_8$ -Ringern besteht (Abb. 3.4.).



**Abbildung 3.4.** Struktur von Cyclooctaschwefel<sup>28</sup>



**Abbildung 3.5.** Struktur von Cyclohexaschwefel<sup>29</sup>

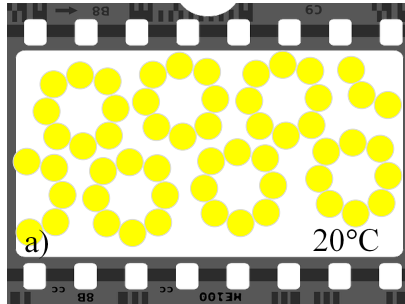


**Abbildung 3.6.** Struktur von Cyclododecaschwefel<sup>30</sup>

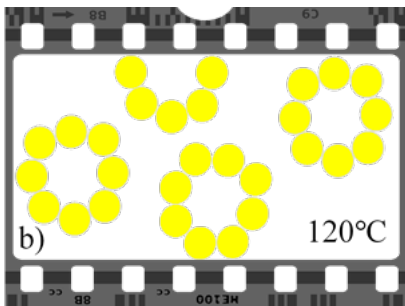
### 3.3. Überlegen Sie!

Die 3.7. Abbildungen a – d zeigen Veränderungen des molekularen Aufbaus im Schwefel in Abhängigkeit von der Temperatur. Beschreiben Sie die Abbildungen!

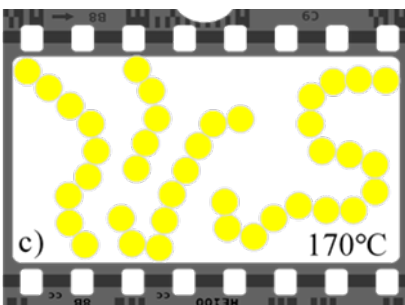
Abbildung 3.7. Veränderungen beim Erhitzen von Schwefel<sup>31</sup>



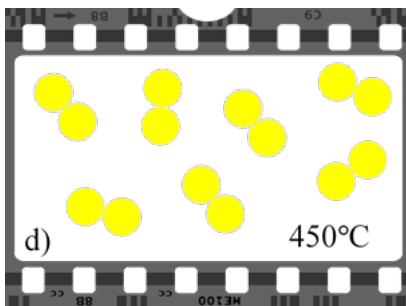
1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Chalkogene reagieren mit dem Sauerstoff (Abb. 3.8.) und den Metallen. Mit Wasserstoff reagieren sie zu Chalkogenwasserstoffen: Wasser, Schwefelwasserstoff, Selenwasserstoff und



Tellurwasserstoff, wobei die Verbindungen analoge Summenformeln,  $H_2X$ , haben. Chalkogene bilden auch untereinander Verbindungen wie z. B. Die Schwefeloxide oder die Selenulfide.

- $S + Ca \rightarrow CaS$
- $S + 2 Na \rightarrow Na_2S$
- $3 S + 2 Al \rightarrow Al_2S_3$
- $S + Fe \rightarrow FeS + Q$
- $O_2 + S \rightarrow SO_2$
- $O_2 + 2 SO_2 \rightleftharpoons 2 SO_3$
- $O_2 + 2 H_2 \rightarrow 2 H_2O$
- $S + H_2 \rightleftharpoons H_2S$



Abbildung 3.8. Brennender Schwefel<sup>32</sup>

Chalkogen-Oxide bilden mit Wasser zusammen Säuren: die Schwefelige Säure, die Selenige Säure und die Tellurige Säure, Schwefelsäure u.a. Die Salze der Schwefelsäure werden **Sulfate** und die Salze der Schwefeligen Säure – **Sulfite** genannt.

### 3.4. Überlegen Sie!

Vergleichen Sie die chemischen Eigenschaften von den Oxiden und Säuren von Schwefel! (Tabelle 3.2.)

**Tabelle 3.2.** Chemische Eigenschaften schwefelhaltiger Oxide und Säuren

Wechselwirkung mit:	Saures Oxid	Säure
Wasser	$SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$ $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$	<p>Die wässrige Lösung färbt das Lackmus rot, <math>pH &lt; 7</math></p> $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$ $H_2SO_3 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_3^{2-}$ $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$

Metallen	keine Reaktion	Mit verdünnter Säure: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca} \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ $\text{H}_2\text{S} + 2\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\uparrow$
basischen Oxiden	$\text{SO}_3 + \text{CaO} \rightarrow \text{CaSO}_4$ <b>Calciumsulfat</b> $\text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$ <b>Natriumsulfit</b>	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaO} \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Basen	$\text{SO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ <b>Natriumhydrogensulfat</b>

Die **Schwefelsäure**: eine der stärksten Säuren (Abb. 3.9). Abhängig vom Wassergehalt ist die Schwefelsäure konzentriert oder verdünnt. Beim Verdünnen wird die konzentrierte Schwefelsäure langsam zum Wasser hineingegossen. Sie ist:

- eine farblose, ölige, sehr viskose und hygroskopische Flüssigkeit (Verkohlt z.B. den Zucker)
- stark ätzend
- wirkt oxidierend:



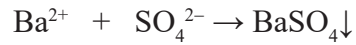
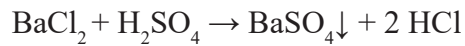
**Abbildung 3.9.** Strukturformel und ätzende Wirkung der Schwefelsäure

### 3.1. Exkurs

Beispiel für die oxidierende Wirkung von Schwefelsäure sind folgende Reaktionen:

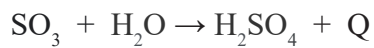
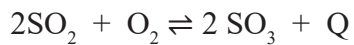
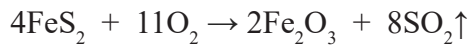
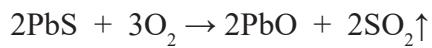


$\text{Ba}^{2+}$  und der  $\text{SO}_4^{2-}$  können durch **Nachweisreaktion** nachgewiesen werden:



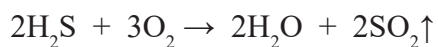
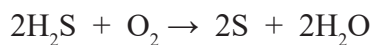
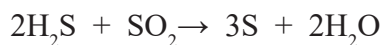
**weißer Niederschlag**

Die sulfidischen Erze des Eisens (Abb. 3.10.), Kupfers, Zinks, Bleis und anderer Metalle werden an Luft bei hoher Temperatur zum entsprechenden Metalloxid und Schwefeldioxid geröstet. Das entstehende Schwefeldioxid wird durch katalytische Oxidation zu Schwefeltrioxid oxidiert und direkt zu Schwefelsäure weiterverarbeitet.

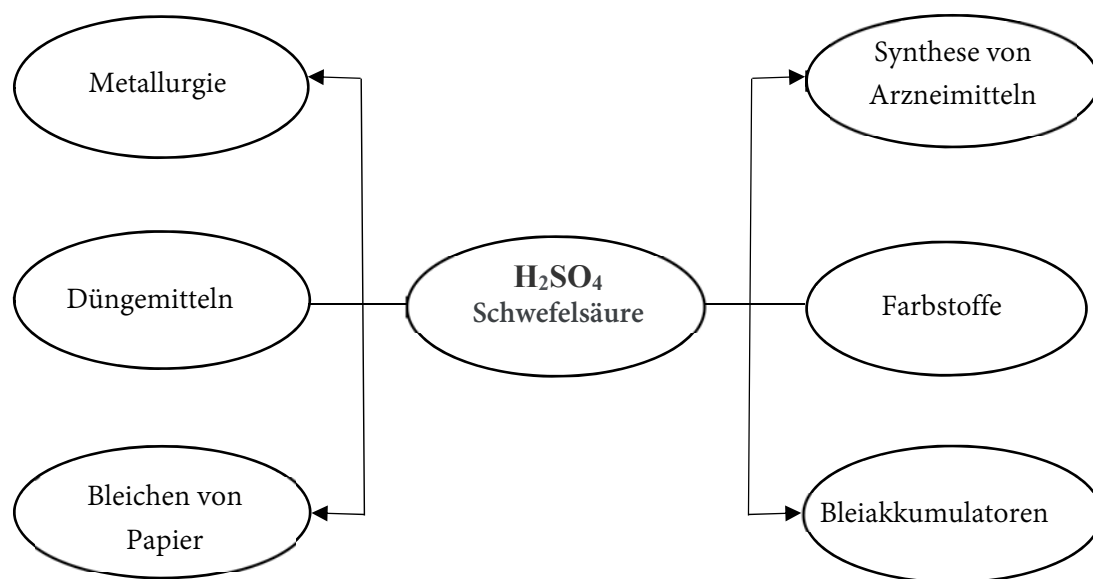


**Abbildung 3.10.** Pyritkristalle <sup>33</sup>

Schwefelwasserstoff kann auch oxidiert werden:



Schwefelverbindungen sind auch Bestandteile aller Pflanzen, Tiere und Menschen, zum Beispiel als essentielle Aminosäuren und Coenzyme. Auch Kohle und Erdöl enthalten daher Schwefelverbindungen. In Mikroorganismen spielt Schwefel auch eine Rolle bei der anaeroben Energiegewinnung. Den größten Teil des elementar gewonnenen oder in Raffinerien erzeugten Schwefels verwendet die chemische Industrie zur Herstellung von Schwefelsäure, einer der technisch wichtigsten und meistproduzierten Grundchemikalien. Der größte Teil wird in der Produktion von Sulfaten bei der Herstellung von Düngemitteln verbraucht. Mit Hilfe von Schwefelsäure werden vor allem Phosphat- und Ammoniumsulfatdünger gewonnen. Schwefeldioxid E220 und Sulfit E221 – E228 werden als Konservierungsmittel eingesetzt. Auf Abb. 3.11. sind die Verwendungsbereiche der Schwefelsäure dargestellt.



**Abbildung 3.11.** Verwendung von Schwefelsäure

Bei der Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen wie Steinkohlen, Braunkohlen und Erdöl werden große Mengen Schwefeldioxid  $\text{SO}_2$  freigesetzt. Dieses bleibt als Gas oder im Wasser der Wolken gelöst zunächst in der Erdatmosphäre. Es bildet auch einen Bestandteil des gesundheitsgefährdenden Smogs. Abgebaut werden kann es, indem es von Sauerstoff zu Schwefeltrioxid  $\text{SO}_3$  oxidiert wird und als Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mit dem Regen ausgespült wird. Daraus ergibt sich ein weiteres Problem, da diese als Bestandteil des sauren Regens zur Versauerung der Böden beiträgt. Saurer Regen verursacht Waldsterben. Er kann auch Gebäude und Denkmäler beschädigen (Abb. 3.12.).



**Abbildung 3.12.** Folgen des sauren Regens<sup>34</sup>

Seit den 1970er-Jahren sind deshalb Maßnahmen zur Rauchgasentschwefelung gesetzlich vorgeschrieben. Das geschieht meist durch Kalkwäsche. Dabei werden die Rauchgase in einem Absorber mit Calciumhydroxid-Lösung besprüht, wodurch sich das Schwefeldioxid unter Weiteroxidation in Calciumsulfat (Gips) umsetzt. Heute fällt Schwefel in großen Mengen als Abfallprodukt bei der Abtrennung von Schwefelwasserstoff aus Erdgasen und von Erdöl.

### 3.5. Überlegen Sie!

Schreiben Sie die richtigen Begriffe in die Lücken!

Waldsterben	saure Regen	Verbrennung
	fossiler	Förderung
Steinfraß	Basen	Säuren erneuerbarer
		saure Gase

Die Menschheit benötigt viel Energie. Der Großteil wird aus der \_\_\_\_\_ (1) der Brennstoffe gewonnen. Dadurch entstehen \_\_\_\_\_ (2), die in die Umwelt gelangen und hier mit Wasser zu \_\_\_\_\_ (3) reagieren. Der so entstandene \_\_\_\_\_ (4) schädigt die Natur und es kommt unter anderem zum \_\_\_\_\_ (5).

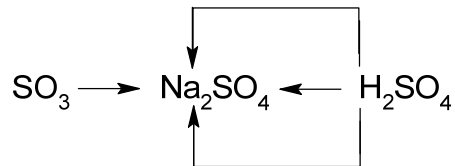
### 3.1. Denken Sie einmal nach!

1. Welche chemischen Wechselwirkungen sind für die sauren Oxide und die sauerstoffhaltigen Säuren charakteristisch?
2. Die konzentrierte  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hat oxidierende Wirkung. Geben Sie die Wechselwirkung von Kupfer und konzentrierter Schwefelsäure wieder!

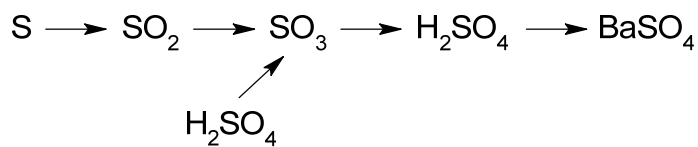
### 3.6. Überlegen Sie!

Geben Sie durch chemische Gleichungen folgenden Übergang an:

#### Aufgabe 1:



#### Aufgabe 2:



### Projektarbeit

- Schwefeldioxid – seine Herkunft und seine Wirkungen
- Erklären Sie das Phänomen des sauren Regens! Benutzen Sie dabei Abb. 3.13. und Abb. 3.14.

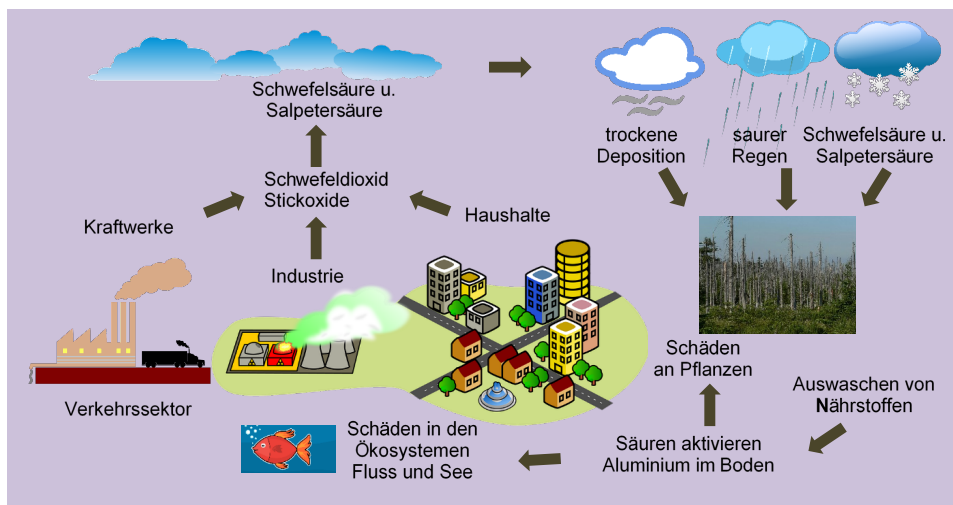


Abbildung 3.13. Herkunft und Wirkungen des sauren Regens<sup>35</sup>

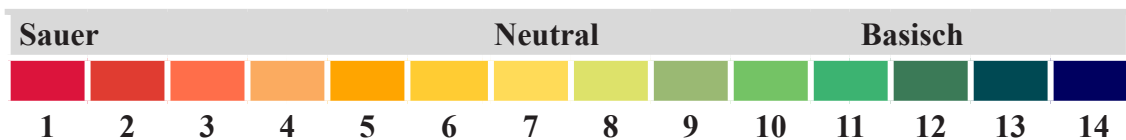


Abbildung 3.14. PH-Werte

# Nichtmetalle der 15. Gruppe (5. Hauptgruppe) des Periodensystems. Saure und neutrale Oxide. Sauerstoffhaltige Säuren der Nichtmetalle der 15. Gruppe (5. Hauptgruppe)

Die 15. Hauptgruppe enthält die Elemente Stickstoff, Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut. Stickstoff und Phosphor sind Nichtmetalle, Arsen und Antimon Halbmetalle und Bismut ist ein Metall.

### 3.7. Überlegen Sie!

Erklären Sie die Stelle von Stickstoff im PSE anhand seines Atombaus (Abb. 3.15.)!

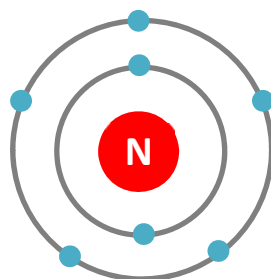


Abbildung 3.15. Atombau von N

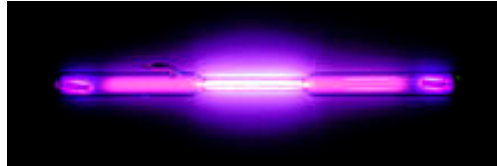
### 3.8. Überlegen Sie!

Füllen Sie dabei die Elektronenkonfiguration der Außenschale in Tabelle 3.3. aus!

**Tabelle 3.3.** Physikalische Eigenschaften der 15. Gruppe des PSE

Element	Elektronenkonfiguration der Außenschale	Siedepunkt (°C)	Dichte (g/mL)	Atom- radius (Å°)
N		-196	0,00125	52,1
P		280,5	1,82 -2,69	91,9
As		615	1,97-5,73	100,1
Sb		1587	6,697	119,3
Bi		1564	9,73-10,5	129,5

**Stickstoff** (Abb. 3.16.) ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, welches bei tiefen Temperaturen ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) zu einer farblosen Flüssigkeit kondensiert (Abb. 3.17.). Stickstoff ist in Wasser wenig löslich und nicht brennbar, unterhält die Verbrennung und die Atmung nicht. Die Steigerung der Konzentration des Stickstoffs in den Geweben wird **Taucherkrankheit** genannt.



**Abbildung 3.16.** Stickstoff in einer Entladungsröhre<sup>36</sup>



**Abbildung 3.17.** Stickstoff<sup>37</sup>

Die Stickstoffatome sind durch stabile Dreifachbindung verbunden (Abb. 3.18.) und deshalb besitzt der Stickstoff niedrige Reaktionsfähigkeit (unter normalen Bedingungen).



**Abbildung 3.18.** Elektronenformel des Stickstoffmoleküls

**Phosphor** kommt, auf Grund seiner hohen Affinität zu Sauerstoff in der Natur nur in Verbindungen vor. In der Lithosphäre (Erdkruste) liegt der Phosphor meist als Phosphat vor. Das Phosphat wird durch den Kohlenstoff zu Phosphor reduziert. Der Phosphor liegt zunächst gasförmig vor (vor allem  $\text{P}_2$  Moleküle). Durch Kondensation werden aus den  $\text{P}_2$ -Molekülen  $\text{P}_4$ -Moleküle (weißer Phosphor). Der entstehende Phosphor wird dann unter Wasser gesammelt. Aus weißem Phosphor kann man alle anderen Modifikationen (schwarz, violett, rot) herstellen. Erhitzt man weißen Phosphor unter Luftabschluss auf  $200 - 400^{\circ}\text{C}$ , erhält man roten Phosphor (Iod kann den Vorgang katalysieren). Um violetten Phosphor zu gewinnen, muss man weißen Phosphor 1 – 2 Wochen auf über  $550^{\circ}\text{C}$  erhitzen. Schwarzer Phosphor ist die dichteste Modifikation, deswegen



begünstigt hoher Druck die Entstehung. Wird der weiße Phosphor bei 12 kbar auf 200°C erhitzt, entsteht schwarzer Phosphor. Die Struktur von Phosphor kann zusammengefasst dargestellt werden (Abb. 3.19.)

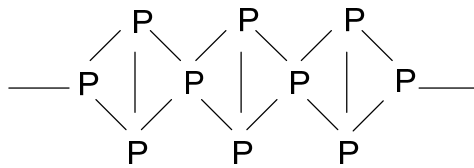
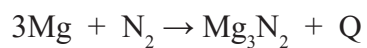
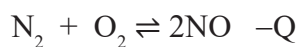


Abbildung 3.19. Phosphor (P<sub>n</sub>)

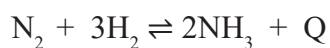
### 3.2. Denken Sie einmal nach!

Stellen Sie durch ein Schema die Modifikationsumwandlung von Phosphor dar.

Die elementaren Stoffe der 15. Gruppe reagieren mit dem Sauerstoff und Metallen zu Oxiden, Nitriden usw.



Mit Wasserstoff reagiert N<sub>2</sub> bei hoher Temperatur, unter hohem Druck in Anwesenheit eines Katalysators.



Ammoniak

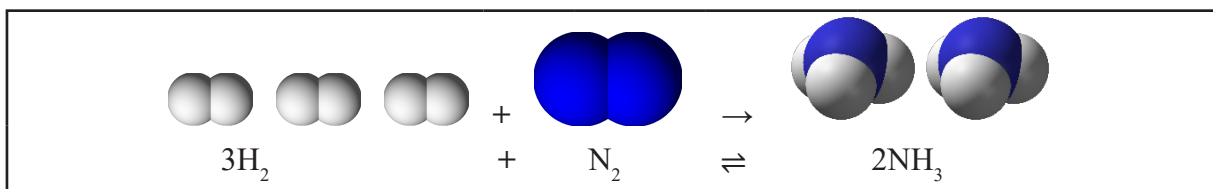


Abbildung 3.20. Ammoniakherstellung

**Ammoniak** ist nach der Schwefelsäure die zweitwichtigste anorganische Grundchemikalie. Ammoniak ist ein farbloses, stechend riechendes Gas. Etwa 85 % des erzeugten Ammoniaks werden heute zur Gewinnung von Düngemitteln eingesetzt. Der Rest dient zur Herstellung von Vorprodukten für Kunststoffe, Pflanzenschutzmittel und Sprengstoffe.

### 3.3. Denken Sie einmal nach!

Stellen Sie den Bau des Ammoniakmoleküls dar!

## Springbrunnen

### Experimentelle Aufgabe

Ammoniakgas löst sich hervorragend in Wasser (1 L Wasser kann bei 20°C 702 L Ammoniakgas lösen!). Das Springbrunnenexperiment zeigt auf eindrucksvolle Weise die Heftigkeit dieses Vorgangs. Der erste Wassertropfen, der in den Rundkolben gelangt, löst schlagartig einen beträchtlichen Teil des Ammoniakgases, das im gelösten Zustand ein sehr viel geringeres Volumen einnimmt. Dadurch entsteht ein starker Unterdruck, der weiteres Wasser förmlich in den Kolben „saugt“. Die fortlaufende Aufnahme von Ammoniak verstärkt den Unterdruck weiter, sodass das Wasser immer rascher durch das Glasrohr nach oben schießt und einen „Springbrunnen“ ausbildet (Abb. 3.21.).

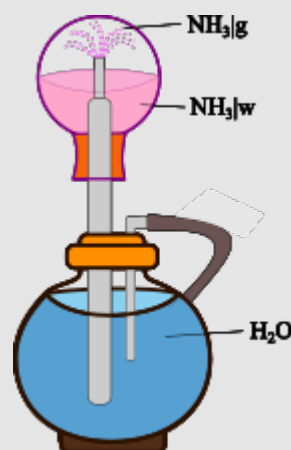


Abbildung 3.21. Springbrunnen – Versuch

**Materialien:**

- 2 L-Rundkolben
- Tropftrichter
- 250 mL-Zweihals-Rundkolben
- Glasrohre
- Verbindungsschlauch
- Stative, Muffen, Klemmen,  
Ring Glasrohr mit ausgezogener Spitze
- Gummistopfen
- kleiner Gummistopfen
- Glaswanne oder Becher
- Fön

**Chemikalien:**

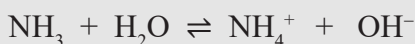
- konzentrierte Ammoniaklösung
- Natriumhydroxidplättchen
- entionisiertes Wasser
- Phenolphthaleinlösung
- verd. Salzsäure

**Durchführung:**

Die Wanne wird mit leicht angesäuertem entionisiertem Wasser gefüllt und Indikatorlösung wird zugegeben. Darüber wird der Kolben umgekehrt, mit dem Glasrohr nach unten in das Stativ eingespannt und mit einem Ring gesichert. Das Ende des Steigrohrs muss hierbei weit in das Wasser eintauchen. Dann entfernt man den kleinen Stopfen. Das Wasser steigt infolge des leichten Unterdrucks langsam im Glasrohr nach oben. Sobald aber die ersten Tropfen in den Rundkolben gelangt sind, setzt schlagartig eine zunehmend kräftiger werdende violette Wasserfontäne („Springbrunneneffekt“) ein. Schließlich ist der Kolben fast vollständig gefüllt.

**Lösen Sie die Aufgaben:**

1. Erläutern Sie den Farbumschlag des Indikators!
  
2. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf und bestimmen Sie die Reaktionsart!

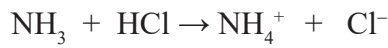


Ammonium-Ion    Hydroxid-Ion

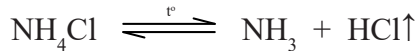
Diese Ionen sind in **Ammoniaklösung** enthalten

### 3.2. Exkurs

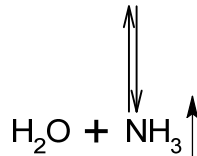
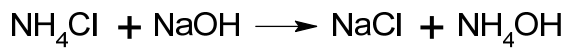
Reine Basen wie das Ammoniakgas sind **Protonenempfänger** und bilden mit Wassermolekülen Hydroxid-Ionen.



Ammoniumchlorid (**Salmiak**)

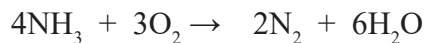


**Nachweisreaktion** zum Nachweis der  $\text{NH}_4^+$  (Wechselwirkung mit Basen):



stechend riechendes Gas

Bei der Oxidation des Ammoniaks entsteht Stickstoff:



Stickstoff bildet fünf Oxide:  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Das **Stickstoffoxid NO** und das **Distickstoffoxid  $\text{N}_2\text{O}$**  sind neutrale Oxide.

**Neutrale Oxide** reagieren mit Basen, Säuren und Wasser nicht.

Das Distickstoffoxid wirkt in geringen Mengen erregend und wird Paradiesgas oder Lachgas genannt.

$\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$  (Abb. 3.22.),  $\text{N}_2\text{O}_5$  sind saure Oxide wie die Oxide des Phosphors –  $\text{P}_2\text{O}_3$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Die **sauren Oxide** bilden mit dem Wasser **Oxosäuren (sauerstoffhaltige Säuren)**.

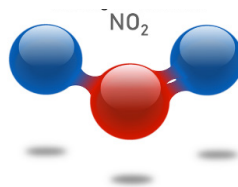
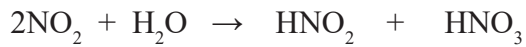
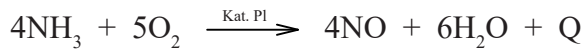
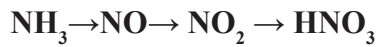


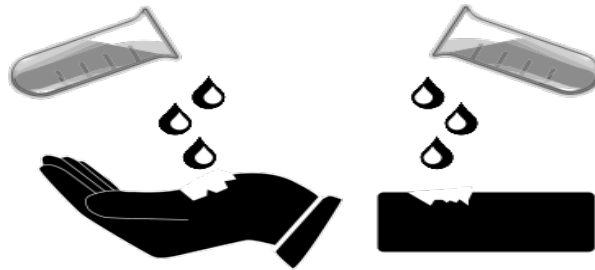
Abbildung 3.22. Struktur von Stickstoffdioxid<sup>39</sup>



Salpetrige Säure      Salpetersäure



Reine **Salpetersäure** ist eine einprotonige starke Säure (Abb. 3.23.) – farblose Flüssigkeit von eigenartigem Geruch. Wenn sie konzentriert ist, hat sie eine gelbe Farbe.

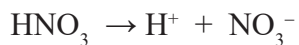


**Abbildung 3.23.** Die Salpetersäure wirkt ätzend

### 3.4. Denken Sie einmal nach!

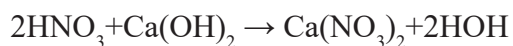
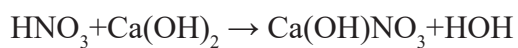
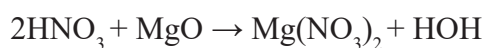
Erklären Sie, warum die konzentrierte Salpetersäure eine gelbe Farbe hat!

Bei der elektrolytischen Dissotiation von Salpetersäure entstehen folgende Ionen in der Lösung:



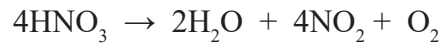
Die wässrige Lösung färbt das Lackmus rot ( $\text{pH} < 7$ )

Bei der Wechselwirkung mit Metalloxiden und Basen entstehen Salze.

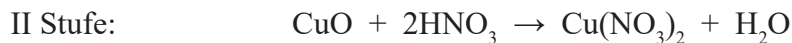
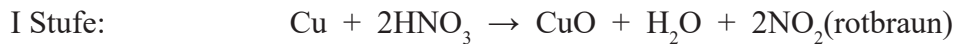


### 3.3. Exkurs

Die konzentrierte Salpeteräure (über 65%-ig) ist unbeständig und zerfällt unter Normalbedingungen.



Sie reagiert mit allen Metallen. Fe, Pb, Al und Cr werden von  $\text{HNO}_3$  passiviert.



Der Stickstoff nimmt etwa 78 % der Luft (Abb. 3.24.) ein. Er ist wichtiger Bestandteil der Eiweißstoffe.

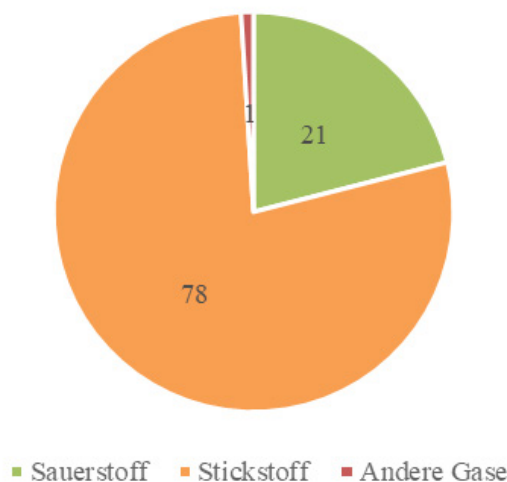


Abbildung 3.24. Prozentenanteil der Bestandteile der Luft

Die Stickstoffverbindungen finden mannigfaltige Anwendungen im Bereich der organischen Chemie und dienen als **Düngemittel**. Viele Sprengstoffe sind Stickstoffverbindungen.

Salpetersäure wird zur Herstellung von Düngemitteln, Farbstoffen und Sprengstoffen verwendet. Die Salze der Salpetersäure werden **Nitrate** genannt. Ammoniumnitrat, Natriumnitrat, Kaliumnitrat und Calciumnitrat sind wichtige Düngemittel.

Salpetrige Säure ist eine mittelstarke, instabile Säure. Die Salze der Salpetrigen Säure sind die **Nitrite**. Natriumnitrit und Kaliumnitrit werden als Konservierungsmittel eingesetzt.

### 3.9. Überlegen Sie!

1. Benutzen Sie Tabelle 3.4. und erläutern Sie die Verwendung von Stickstoffverbindungen

**Tabelle 3.4.** Verwendung der Stickstoffverbindungen

Ammoniak	Salpetersäure	Ammoniumsalze und Nitrate
<b>Salpetersäure</b>	Stickstoffdünger	<b>Mineraldünger</b>
<b>Mineraldünger</b>	Farbstoffe	<b>In der Bäckerei</b>
<b>In der Medizin</b>	In der Medizin	<b>Schutzschichten</b>
<b>In der Kühltechnik</b>		<b>Chemikalien</b>
<b>Plaste</b>		

2. Nitrate werden als Düngemittel eingesetzt. Ergänzen Sie Tabelle 3.5! Welche Stoffe sind in den Düngemitteln enthalten?

**Tabelle 3.5.** Chemische Zusammensetzung der Düngemittel

Handelsname des Düngers	Stickstoffhaltiges Salz	Formel
Natronsalpeter	Natriumnitrat	
		$\text{KNO}_3$
Ammonsalpeter (Abb. 3.25.)		$\text{NH}_4\text{NO}_3$
Kalksalpeter	Calciumnitrat	



**Abbildung 3.25.** Ammonsalpeter<sup>40</sup>

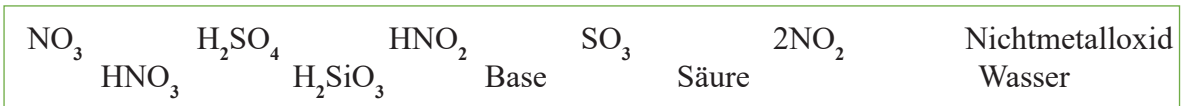
3. Pflanzen können Stickstoff nicht aus der Luft aufnehmen, sondern im Allgemeinen nur als Nitrat-Ionen aus dem Boden. Manchmal kann man die Meinung hören, dass Pflanzen nach einem Gewitter besonders gut wachsen. Auf nährstoffarmen Böden kann es wirklich einen Zusammenhang geben. Durch die Energie des Blitzes (Abb. 3.26.) kommt es zur

Aufspaltung der Bindung innerhalb des Stickstoffmoleküls und Stickstoff reagiert mit Sauerstoff. Das Stickstoffmonooxid reagiert zu Stickstoffdioxid. Stickstoffdioxid verbindet sich mit Wasser und Sauerstoff zu Salpetersäure. Die Salpetersäure enthält das Nitration, welches mit dem Regen in den Boden gelangt. Geben Sie jeweils die Reaktionsgleichungen an!

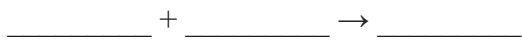


Abbildung 3.26. Blitz<sup>41</sup>

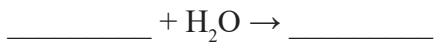
4. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Entstehung der genannten Säuren. Ergänzen Sie die richtigen Formeln oder Wörter in die Lücken!



Allgemein



Schwefelsäure



Salpetersäure





## Ammoniak-Synthese

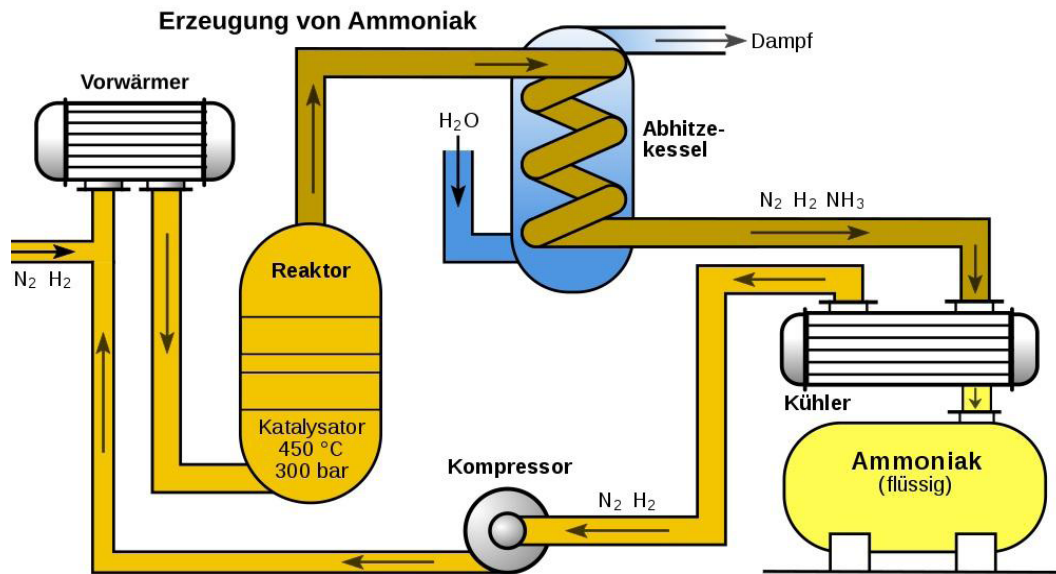


Abbildung 3.27. Synthese von Ammoniak<sup>42</sup>

**Ergänzen Sie den Text über die Synthese von Ammoniak mit den gegebenen Wörtern:**

**Sonne \* Synthesegas \* Wasserstoff \* Haber-Bosch \* Müller-Rochow \* Stickstoff \* Sauerstoff \* Katalysator \* Erdöl \* Destillation**

Ammoniak wird durch eine Synthese aus \_\_\_\_\_ (1) und Stickstoff hergestellt. Dieser Prozess wird unter hoher Temperatur, hohem Druck und Anwesenheit eines \_\_\_\_\_ (2) durchgeführt. Der Wasserstoff wird aus \_\_\_\_\_ (3) oder Erdgas gewonnen und der \_\_\_\_\_ (4) kommt aus der Luft. Dieses Gas wird auch als \_\_\_\_\_ (5) bezeichnet. Das Herstellungsverfahren wird nach seinen Erfindern \_\_\_\_\_ (6) – Verfahren genannt.

### Wie funktioniert ein Zündholz?

Der Zündholzkopf besteht aus einer Mischung von Antimonsulfid (Brennstoff), Kaliumchlorat (Sauerstoffspender) und einem Bindemittel. In der Reibfläche der Zündholzschachtel sind in einem Bindemittel roter Phosphor und Glaspulver enthalten.

Eine Mischung aus Kaliumchlorat und rotem Phosphor entzündet sich beim Erhitzen schnell. Der Holzkörper des Zündholzes ist mit Natriumphosphat getränkt, das Nachglühen verhindert, und ist mit einer Schicht Paraffin (Brennstoff) überzogen.



**Abbildung 3.28.** Zündholz<sup>43</sup>

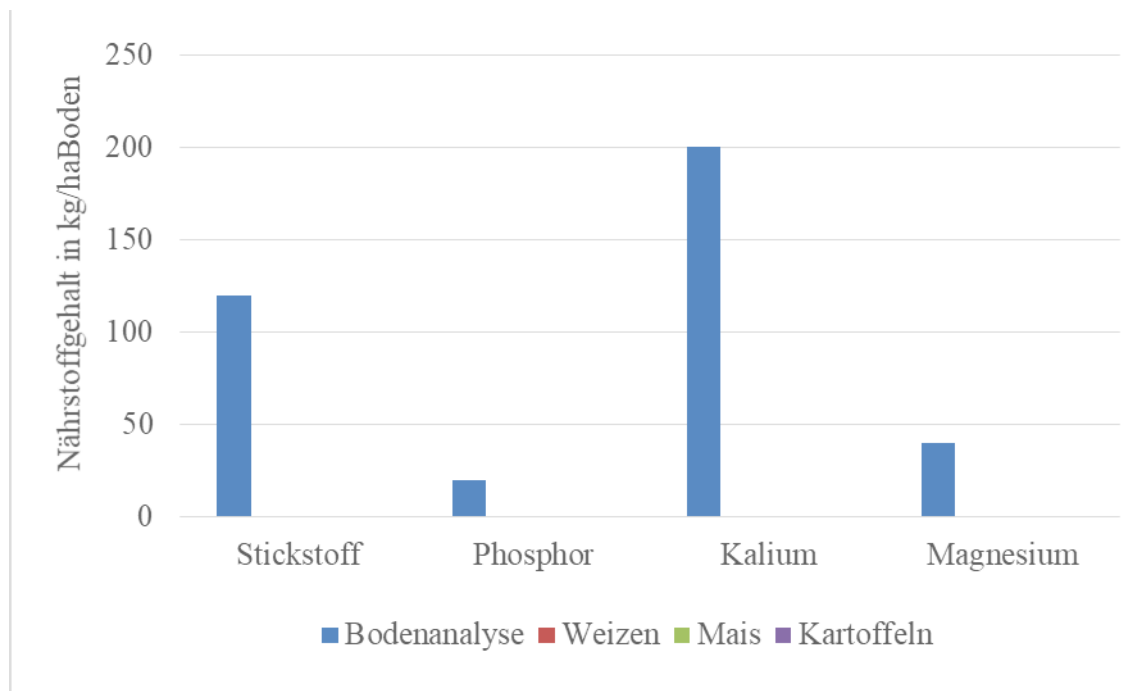
# Arbeitsblatt

Name: \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_.

**Aufgabe 1:** Tragen Sie die Werte der Nährstoffaufnahme (Tabelle 3.6.) für die Pflanzenarten in die Grafik ein! Benutzen Sie dabei verschiedene Farben.

**Tabelle 3.6.** Nährstoffaufnahme einiger Pflanzen in kg/ha bei durchschnittlicher Ernte

	N	P	K	Mg
Weizen	125	25	70	15
Mais	180	35	110	25
Kartoffeln	90	20	120	10



**Abbildung 3.29.** Grafik der Bodenanalyse

**Aufgabe 2:** Ermitteln Sie grafisch die benötigte Düngemittelmenge (in kg/ha) für die Pflanzenarten und geben Sie anhand der Tabelle 3.7. eine Düngemittellempfehlung (Tabelle 3.8.)!

**Tabelle 3.7.** Zusammensetzung von Düngemitteln

Name	Zusammensetzung
Ammoniumsulfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Kalisalpeter	$\text{KNO}_3$
Kalkamonsalpeter	$\text{CaCO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$
Superphosphat	$\text{CaSO}_4 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
Kainit	$\text{KCl} + \text{MgSO}_4$

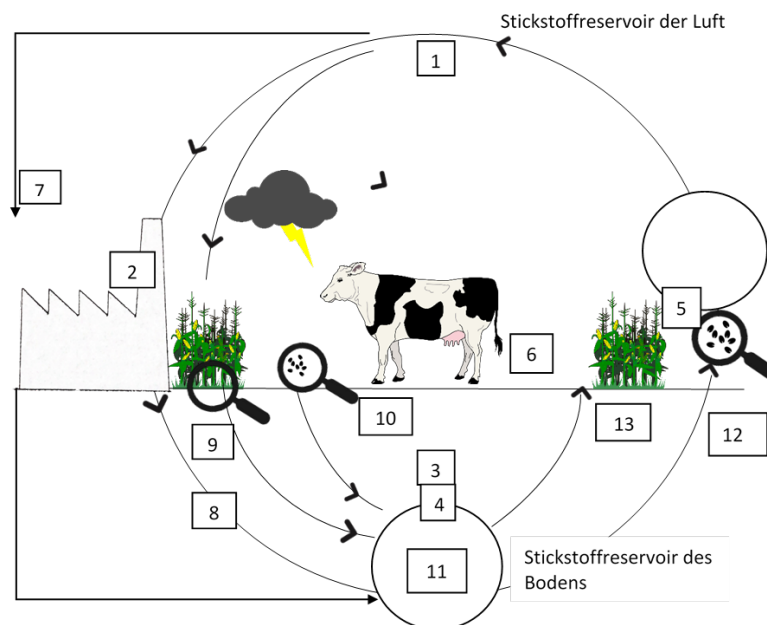
**Tabelle 3.8.** Düngemittlempfehlung

Pflanzenart	Düngemittelbedarf (kg/ha)				Düngemittelvorschlag
	N	P	K	Mg	

**Projektarbeit**

Die Klasse wird in zwei Gruppen geteilt, die mit Hilfe der Fragen die Projekte über den Stickstoff- und Phosphorkreislauf präsentieren sollen.

**Stickstoffkreislauf**



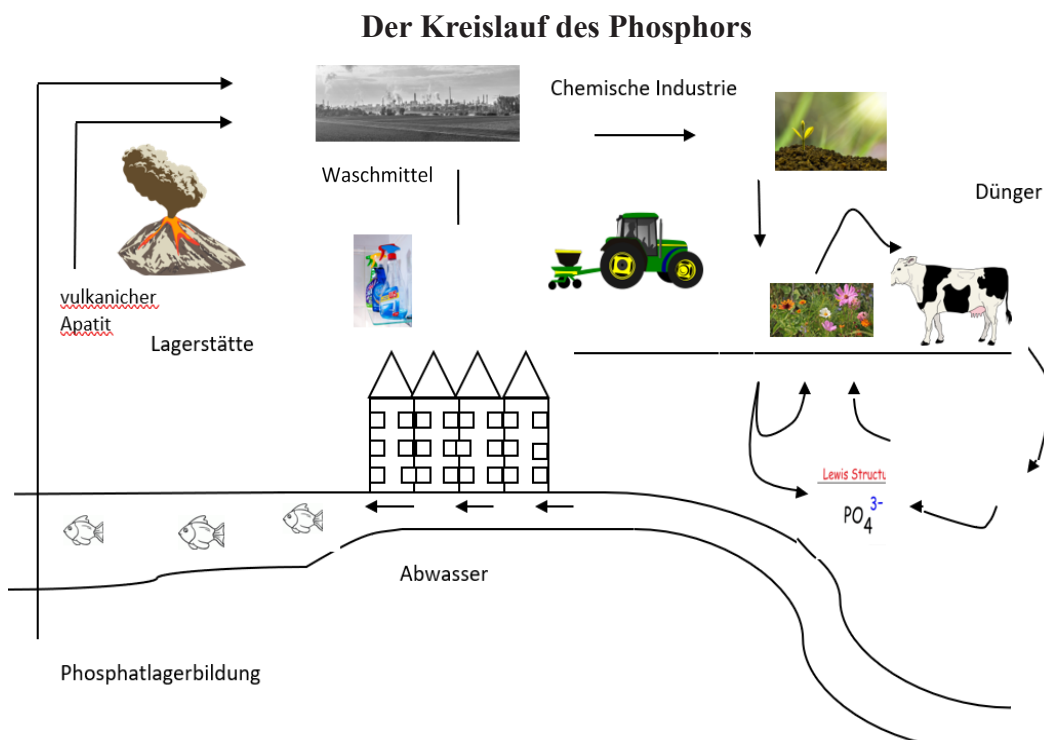
**Abbildung 3.30.** Stickstoffkreislauf<sup>44</sup>

1. Ordne den im Schema (Abb. 3.31.) angegebenen Ziffern die folgenden Begriffe zu:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="radio"/> Knöllchenbakterien                    | <input type="radio"/> Mineralisierter Stickstoffdünger |
| <input type="radio"/> identifizierende Bakterien            | <input type="radio"/> Verwechselungsbakterien          |
| <input type="radio"/> Nitrat-Ionen                          | <input type="radio"/> Ammoniumionen                    |
| <input type="radio"/> Pfälzisches Eiweiß                    | <input type="radio"/> Stickstoffoxide                  |
| <input type="radio"/> Luft-Stickstoff                       | <input type="radio"/> Tierisches Eiweiß                |
| <input type="radio"/> Mineralstoffaufnahme durch die Wurzel | <input type="radio"/> Auswaschung                      |
|   | <input type="radio"/> Ammoniaksynthese                 |

2. Beschreiben Sie den natürlichen Kreislauf des Stickstoffs!

3. Wie greift der Mensch in diesen natürlichen Kreislauf ein?



**Abbildung 3.31. Phosphorkreislauf**

1. Beschreiben Sie den natürlichen Kreislauf des Phosphors!

2. Wie greift der Mensch in diesen natürlichen Kreislauf ein?

# Nichtmetalle der Gruppe 14 (4. Hauptgruppe) des Periodensystems. Saure und neutrale Oxide. Sauerstoffhaltige Säuren der Nichtmetalle der 14. Gruppe (4. Hauptgruppe)

14 Gruppe des Periodensystems umfasst die Elemente Kohlenstoff (C), Silicium (Si), Germanium (Ge), Zinn (Sn) und Blei (Pb). Auch ein radioaktives Element, das Flerovium (Fl), ist vertreten.

### 3.10. Überlegen Sie!

Erklären Sie die Stelle von Kohlenstoff im PSE anhand seines Atombaus (Abb. 3.32.)!

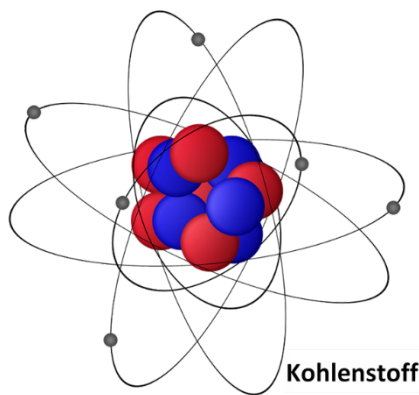


Abbildung 3.32. Atombau von C

### 3.11. Überlegen Sie!

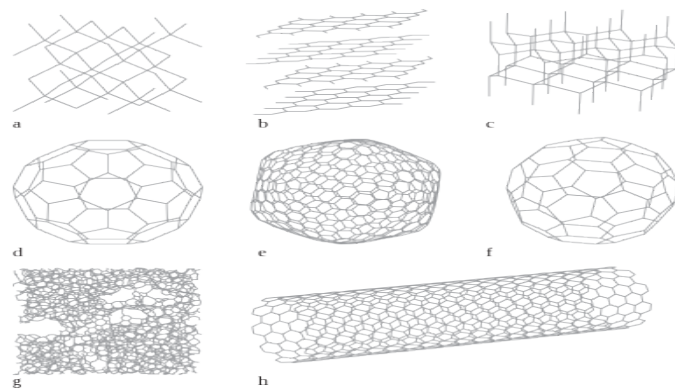
Füllen Sie dabei die Elektronenkonfiguration der Außenschale in Tabelle 3.9. aus!

Tabelle 3.9. Physikalische Eigenschaften der 14. Gruppe des PSE

Element	Elektronenkonfiguration der Außenschale	Siedepunkt (°C)	Dichte (g/mL)	Atom- radius (Å°)
C		-	2,08-3,515	62
Si		2350	2,33	106,8

Ge		2850	5,32	109,0
Sn		2270	5,77-7,30	124,0
Pb		1749	11,34	121,5

**Kohlenstoff** kommt in mehreren allotropen Modifikationen vor (Abb. 3.33.). Alle Feststoffe auf Kohlenstoff-Basis lassen sich auf die beiden Grundtypen **Diamant** und **Graphit** zurückführen. In den **Fullerenen** sind derartige Strukturen realisiert. Eines der stabilsten Fullerene besteht aus 60 Kohlenstoff-Atomen und gleicht dem Muster eines (altmodischen) Fußballs. Fullerene kommen vermutlich in allen Rußen vor.



**Abbildung 3.33.** Allotrope Modifikationen des Kohlenstoffs<sup>45</sup>

Im **Diamant** (Abb. 3.34.) ist Kohlenstoff dreidimensional kovalent gebunden. Diamant ist ein Isolator und ist transparent. Er ist das härteste bekannte natürliche Material und wird als Schleifmittel eingesetzt. Diamant hat eine Dichte von  $3,5\text{g./cm}^3$ .



**Abbildung 3.34.** Diamant<sup>46</sup>

Im Graphit (Abb. 3.35.) ist die kovalente Bindung schwächer als die beim Diamanten, während die Ebenen locker über Van-der-Waals-Kräfte gebunden sind. Graphit besitzt leichte Spaltbarkeit und hohe Wärme- und Elektroleitfähigkeit und dient als hochtemperaturbeständiges Dichtungsmaterial und Schmiermittel sowie als Grundstoff für Bleistifte. Graphit hat eine Dichte von  $2,1\text{g./cm}^3$ . Dies liegt daran, dass der Abstand zwischen den beiden Schichten größer ist als der Abstand zwischen den Kohlenstoffatomen in jeder Schicht. Daher können wir sagen, dass Diamanten aufgrund der kompakteren Struktur eine höhere Dichte als Graphit haben.



Abbildung 3.35. Graphit<sup>47</sup>

Die allotropen Formen des Kohlenstoffs – der Diamant und der Graphit können ineinander umgewandelt werden:

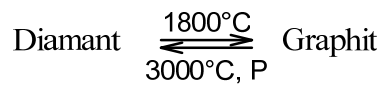
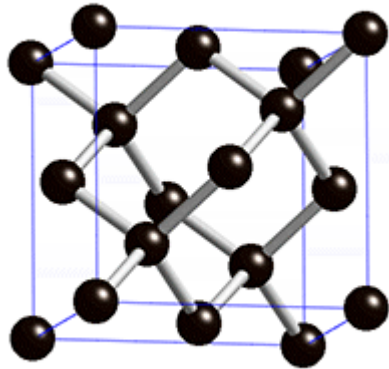


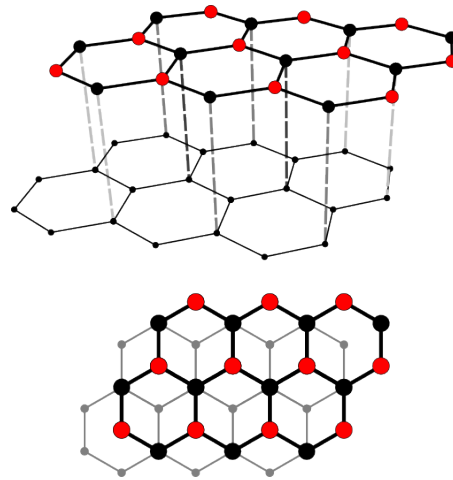
Abbildung 3.36. Graphit (Kohle) und Diamant<sup>48</sup>



### 3.12. Überlegen Sie!



Kristallgitter eines Diamanten



Kristallgitter des Graphits

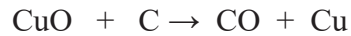
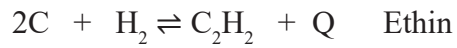
**Abbildung 3.37.** Das Kristallgitter des Diamanten und des Graphits<sup>49</sup>

1. Geben Sie die Zahl der Atombindungen an, die jedes Kohlenstoff-Atom im Diamanten und im Graphit eingeht:  
Diamant:                      Graphit:
2. Notiere den Abstand zwischen den Kohlenstoff-Atomen (0,142 nm oder 0,154 nm) im Diamanten und im Graphit:  
Diamant:                      Graphit:
3. Eine der beiden Kohlenstoffmodifikationen besitzt eine Dichte von  $2,1 \text{ g./cm}^3$ , die andere von  $3,5 \text{ g./cm}^3$ . Ordne die entsprechende Dichte den Modifikationen zu und begründe deine Entscheidung:

Molekularer Kohlenstoff weist aufgrund seiner stabilen Konfiguration eine geringe chemische Aktivität auf. Kohlenstoff hat in chemischen Verbindungen eine Wertigkeit von 2 und 4. Alle Reaktionen von Kohlenstoff mit Metallen und Nichtmetallen finden bei hohen Temperaturen statt.

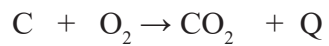
Er reagiert nicht mit Laugen und Säuren. Eine der wichtigsten Eigenschaften der Kohlenstoffatome ist miteinander Ketten zu bilden. Auf diese Weise entstehen millionenfach organische Verbindungen.

Die Wechselwirkungen von Kohlenstoff mit dem Wasserstoff, mit den Metallen und mit den Metalloxiden der hochschmelzenden Metalle verlaufen bei hoher Temperatur:

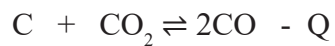
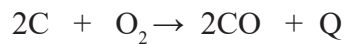


Kohlenstoffmonoxid

Der Kohlenstoff bindet sich mit dem Sauerstoff, wobei eine große Wärmemenge abgesondert wird (Abb. 3.38.).



Kohlenstoffdioxid

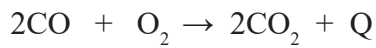
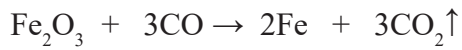


**Abbildung 3.38.** Verbrennung von Kohle<sup>50</sup>

Nur relativ wenige Kohlenstoffverbindungen werden traditionell zu den anorganischen Verbindungen zugeordnet, darunter am bedeutendsten die Sauerstoff-Verbindungen:

- **Kohlenstoffmonoxid** CO ist ein farbloses, geruchloses, sehr giftiges Gas, das mit

Hämoglobin Oxihämoglobin bildet, und bei der Metallverhüttung eine wichtige Rolle spielt. Kohlenstoffmonoxid reagiert mit dem Wasser nicht-es ist ein neutrales Oxid.



- **Kohlenstoffdioxid**  $\text{CO}_2$  (Abb. 3.39.) ist ein saures Oxid. Es ist durch viele Verbrennungsvorgänge entstehendes **Treibhausgas**.

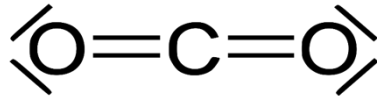


Abbildung 3.39. Kohlenstoffdioxid-Strukturformel<sup>51</sup>

Es wird von den meisten Lebewesen ausgeatmet und von Pflanzen (Abb. 3.40.) in der Photosynthese verwendet.

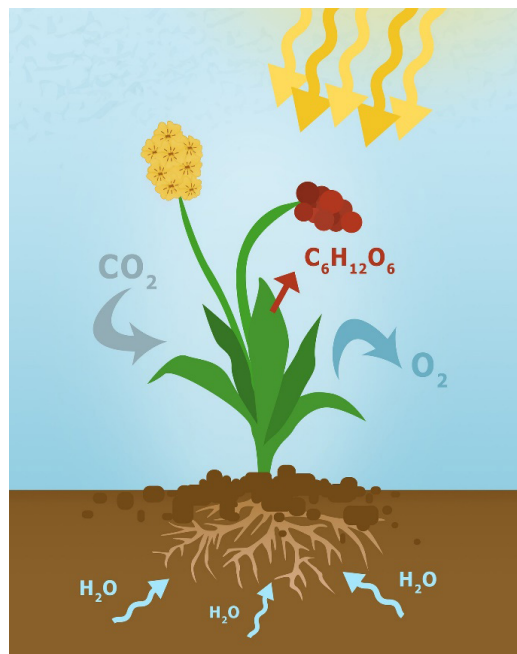
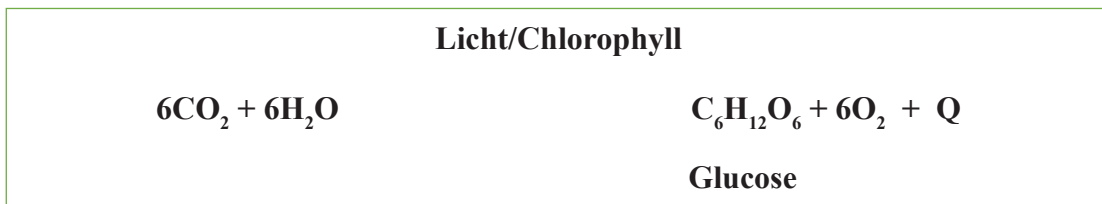


Abbildung 3.40. Photosynthese<sup>52</sup>

Kohlenstoffdioxid ist zu einem geringen Anteil, nämlich etwa 0,04 % in der Atmosphäre enthalten. Es ist ein farbloses, geruchloses Gas, wasserlöslich, brennt nicht, unterhält die Verbrennung nicht und deshalb findet Anwendung zur Herstellung von CO<sub>2</sub>-haltigen Getränken (Abb. 3.41.) und im Feuerlöscher (Abb. 3.42.).

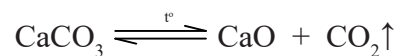


Abbildung 3.41. Sprudelwasser<sup>53</sup>



Abbildung 3.42. Feuerlöscher<sup>54</sup>

In der Industrie wird Kohlenstoffdioxid durch Zersetzen des Kalksteins bei Temperatur 900 – 1000 Grad Celsius hergestellt. Im Labor wird Kohlenstoffdioxid bei der Wechselwirkung von Kalkstein oder Marmor mit verdünnter Salzsäure gewonnen:



Durch folgende Nachweisreaktion werden Carbonate nachgewiesen:



**Kohlensäure** H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ist ein Produkt aus Wasser und im Wasser gelöstem CO<sub>2</sub>; eine schwache, zweiprotonige unbeständige Säure.

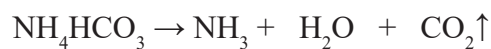
### 3.13. Überlegen Sie!

Ergänzen Sie Tabelle 3.10. Vermuten und stellen Sie nur die möglichen Wechselwirkungen dar!

**Tabelle 3.10.** Chemische Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid und Kohlensäure

Wechselwirkung mit:	Kohlenstoffdioxid	Kohlensäure
Wasser		$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
basischen Oxiden		
Basen		
Metallen		

**Hydrogenkarbonate** oder **Bicarbonat**  $\text{E}^+\text{HCO}_3^-$ , deren bekannteste Vertreter Natriumhydrogencarbonat  $\text{NaHCO}_3$  und Ammoniumhydrogencarbonat  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  unter anderem als Backtriebmitteln (Abb. 3.43.) verwendet werden. Beim Erwärmen dieser Verbindungen verlaufen die Prozesse:



**Abbildung 3.43.** Backpulver<sup>55</sup>

**Carbonate**  $\text{E}^2+\text{CO}_3^{2-}$  sind die zweiwertigen Salze der Kohlensäure. Die beiden bekanntesten Carbonate sind Natriumcarbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Trivialname **Soda**) – ein wichtiger Grundstoff für die Glasherstellung, und Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ , wichtiger Bestandteil von Felsen (Abb. 3.44.),

Höhlen, Kesselstein; aus dem z.B., Muscheln, Schnecken ihre Schalen aufbauen und das Steinkorallen abscheiden.



Abbildung 3.44. Kalksteinfelsen<sup>56</sup>

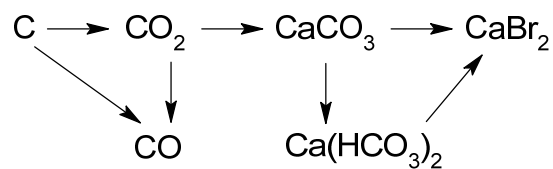
### 3.14. Überlegen Sie!

1. Ergänzen Sie Tabelle 3.11.

**Tabelle 3.11.** Verwendung von Carbonaten

Benennung	Trivial-name	Formel	Verwendung
Natriumhydrogencarbonat	-		
	Soda		
	Kalk		
Ammoniumhydrogencarbonat	-		

2. Drücken Sie die Vorgänge mit chemischen Reaktionen aus:



## Projektarbeit

Lesen Sie den Text und bereiten/stellen Sie mit Hilfe der Fragen Gruppenprojekte vor.

Was ist der **Treibhauseffekt**?

Der Treibhauseffekt (Abb. 3.45.) ist die Wirkung von Treibhausgasen in der Atmosphäre auf die Temperatur der Erde. Er bewirkt eine Temperaturerhöhung.

Die Luft der Atmosphäre enthält hauptsächlich Stickstoff und Sauerstoff. Das Gas Kohlenstoffdioxid kommt nur in geringen Konzentrationen vor. Die Pflanzen benötigen das Kohlenstoffdioxid für Ihre Stoffwechselfvorgänge. Menschen und Tiere atmen Sauerstoff ein und produzieren Kohlenstoffdioxid. Als Treibhausgas wirkt vor allem auch Wasserdampf.

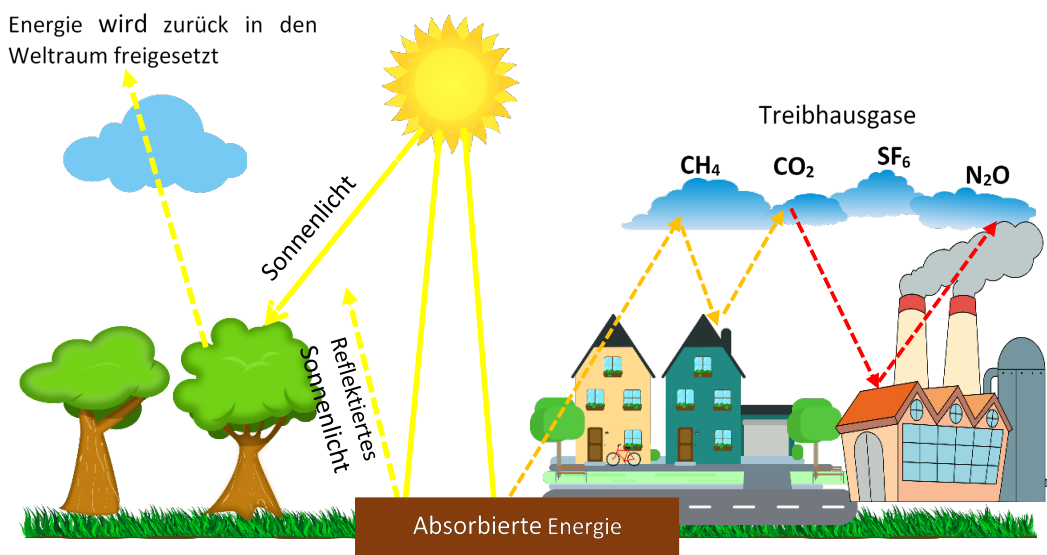


Abbildung 3.45. Treibhauseffekt<sup>57</sup>

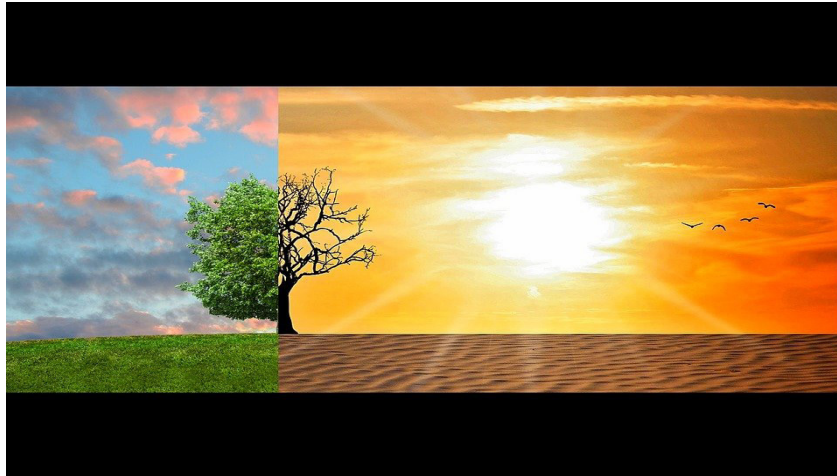
Der natürliche Treibhauseffekt

Kurzwellige Sonnenstrahlen durchdringen die Atmosphäre. Dabei wird kurzwellige Strahlung in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt. Die Strahlung wird absorbiert. Die Treibhausgase verhindern das Zurückstrahlen der Wärme ins Weltall. Die Atmosphäre erwärmt sich. Das ist eine Schutzschicht der Erde, weil ohne den Effekt die Temperaturen etwa 18 Grad bleiben.

Der anthropogene Treibhauseffekt

Seit Beginn des Industriezeitalters wurden durch menschliche Aktivitäten zusätzliche Treibhausgas-Anteile in die Atmosphäre aus Verbrennungsprozessen und der Landwirtschaft

freigesetzt: Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas sowie die indirekt bewirkte Entstehung von troposphärischem Ozon. Dieser Anstieg wird anthropogener Treibhauseffekt genannt und ist der Grund für zunehmende **globale Erwärmung** (Abb. 3.46.). Die Wärmestrahlung bleibt in der Atmosphäre. Je mehr Treibhausgase vorhanden sind, desto höher liegt die Temperatur. Die Folgen sind steigender Meeresspiegel, Schmelzen von Gletschern (Abb. 3.46.) usw.



**Abbildung 3.46.** Folgen der globalen Erwärmung<sup>58</sup>



**Abbildung 3.47.** Schmelzen von Gletschern<sup>59</sup>

- Beschreiben Sie den natürlichen Treibhauseffekt!
- Wie greift der Mensch in diesen natürlichen Treibhauseffekt ein?
- Äußern Sie Ihre Meinungen über die globale Erwärmung!
- Wie können Sie die globale Erwärmung stoppen?



## Merken Sie sich!

Die Elemente der 16. Hauptgruppe des Periodensystems werden Chalkogene genannt. Elementarer Schwefel ist ein bei 25°C gelber, nichtmetallischer Feststoff, der eine Vielzahl allotroper Modifikationen bildet.

Alle Feststoffe auf Kohlenstoff-Basis lassen sich auf die beiden Grundtypen Diamant und Graphit zurückführen.

Kohlenstoffdioxid  $\text{CO}_2$  ist ein saures Oxid. Es ist durch viele Verbrennungsvorgänge entstehendes Treibhausgas. Es ist ein farbloses, geruchloses Gas, brennt nicht, unterhält die Verbrennung nicht. Es wird von den meisten Lebewesen ausgeatmet und von Pflanzen in der Photosynthese verwendet.

Die Nichtmetalle reagieren mit dem Sauerstoff, Wasserstoff, den Metallen u. a.

$\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ , sind saure Oxide Die sauren Oxide bilden mit dem Wasser Oxosäuren. Die sauren Oxide und die Säuren reagieren mit Basen, basischen Oxiden, Salzen, mit denen sie schwer lösliche Produkte bilden.

Das Kohlenstoffmonooxid, das Stickstoffmonooxid und das Distickstoffoxid sind neutrale Oxide-reagieren mit Basen, Säuren und Wasser nicht. Das Distickstoffoxid wirkt in geringen Mengen erregend und wird Lachgas genannt.

Die Schwefelsäure und die Salpetersäure sind starke Säuren. In Abhängigkeit vom Wassergehalt sind sie konzentriert oder verdünnt. Die konzentrierten Säuren sind stark ätzende hygroskopische Flüssigkeiten, die oxidierende Wirkung haben.

Die Stickstoff-, Kohlenstoff- und Schwefelverbindungen finden mannigfaltige Anwendungen im Bereich der organischen und anorganischen Chemie.

Carbonate und Hydrogencarbonate sind Salze der Kohlensäure. Die bekanntesten Vertreter der Hydrogencarbonate sind Natriumhydrogencarbonat  $\text{NaHCO}_3$  und Ammoniumhydrogencarbonat  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , die als Backtriebmitteln verwendet werden. Die beiden bekanntesten Carbonate sind Natriumcarbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Soda) – ein wichtiger Grundstoff für die Glasherstellung, und Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ , wichtiger Bestandteil von Felsen, Höhlen, Kesselstein; aus dem Muscheln, Schnecken ihre Schalen aufbauen und das Steinkorallen abscheiden.

Schwefelverbindungen sind auch Bestandteile aller Pflanzen, Tiere und Menschen, zum Beispiel als essentielle Aminosäuren und Coenzyme. Den größten Teil des Schwefels verwendet die chemische Industrie zur Herstellung von Schwefelsäure. Der größte Teil wird

in der Produktion von Sulfaten bei der Herstellung von Düngemitteln verbraucht. Mit Hilfe von Schwefelsäure werden vor allem Phosphat- und Ammoniumsulfatdünger gewonnen.

Salpetersäure wird zur Herstellung von Düngemitteln, Farbstoffen und Sprengstoffen verwendet. Die Salze der Salpetersäure sind die Nitrate. Ammoniumnitrat, Natriumnitrat, Kaliumnitrat und Calciumnitrat sind wichtige Düngemittel.

Stickstoff- und Schwefeloxide sind Bestandteile des sauren Regens.

Der Treibhauseffekt ist die Wirkung von Treibhausgasen in der Atmosphäre auf die Temperatur der Erde. Er bewirkt eine Temperaturerhöhung. Dieser Anstieg wird anthropogener Treibhauseffekt genannt und ist der Grund für zunehmende globale Erwärmung

## Nichtmetalle der 14., 15. und der 16. Gruppen. Saure und neutrale Oxide und Säuren. Zusammenfassung und Übungsaufgaben

### Schlüsselbegriffe

- das Chalkogen, -e
- die allotrope Modifikation, -en
- die Schweflige Säure
- die Schwefelsäure
- saure Oxide
- das Sulfat-e
- das Sulfit-e
- saurer Regen
- photochemischer Smog
- das Ammoniak
- neutrale Oxide
- das Lachgas
- die Stickstoffbetäubung, -en
- die Salpetersäure, -en
- das Düngemittel, -
- das Nitrat, -e
- das Nitrit, -e
- der Diamant
- der Graphit/Grafit
- das Treibhausgas
- die Photosynthese, -n
- das Backtriebmittel, -
- der Treibhauseffekt, -e
- die globale Erwärmung

### 3.6. Denken Sie einmal nach!

1.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ist weiß und wasserlöslich. Erstellen Sie einen Plan zu seinem Nachweis!
2. Die Salze  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  und  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sind weiße, wasserlösliche Stoffe. Erstellen Sie einen Plan zu ihrem Nachweis!

## Test 1

### Eigenschaften der Nichtmetalle der 14., 15. und der 16. Gruppen und ihrer Verbindungen

Wählen Sie die richtige Antwort aus!

1. Welches Oxid nennt man Lachgas?

- a)  $\text{N}_2\text{O}$
- b)  $\text{NO}$
- c)  $\text{NO}_2$
- d)  $\text{N}_2\text{O}_5$

2. Welche von den Verbindungen haben basischen chemischen Charakter?

- a)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_2$
- b)  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{AsH}_3$
- c)  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- d)  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$

3. Wie färbt sich das Lackmuspapier in  $\text{CO}_2$ -Lösung?

- a) rot
- b) lila
- c) blau
- d) orange

4. Wo findet  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  Anwendung?

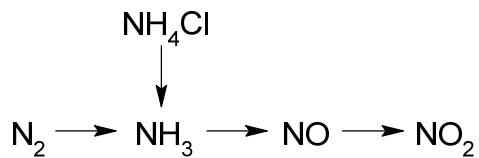
- a) in der Medizin
- b) in der Nahrungsmittelindustrie
- c) als Mineraldünger
- d) im Bauwesen

5. Welche der Reaktionen zeigt die Nachweisreaktion der Barium – und auch der Sulfationen?

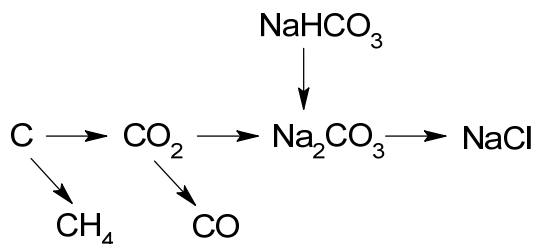
- a)  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$
- b)  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$
- c)  $2\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2$
- d)  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3 + 2\text{NaCl}$

Drücken Sie die chemischen Prozesse mit Gleichungen aus!

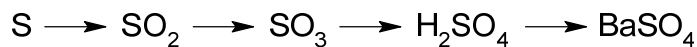
Aufgabe 1:



Aufgabe 2:



Aufgabe 3:



## Test 2

### Eigenschaften der der Nichtmetalle der 14., 15. und der 16. Gruppen und ihrer Verbindungen

Wählen Sie die richtige Antwort aus!

1. Wie färbt sich das Lackmuspapier in Ammoniaklösung?

- a) rot
- b) lila
- c) blau
- d) orange

2. Welches Oxid nennt man Treibhausgas?

- a)  $\text{SO}_2$
- b) CO
- c)  $\text{CO}_2$
- d)  $\text{SO}_3$

3. Welche der Stoffe riechen stechend?

- a)  $\text{NH}_3$
- b)  $\text{HNO}_2$
- c)  $\text{H}_2\text{S}$
- d)  $\text{N}_2$

4. Was ist der chemische Charakter von  $\text{CO}$ ?

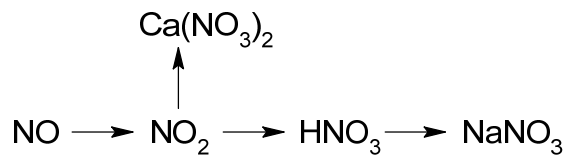
- a) basisch
- b) sauer
- c) neutral
- d) amphoter

5. Wo findet  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  Anwendung?

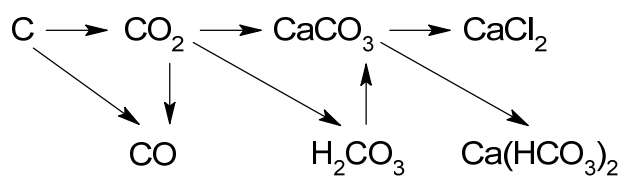
- a) in der Medizin
- b) in der Nahrungsmittelindustrie
- c) als Mineraldünger
- d) im Bauwesen

Drücken Sie die chemischen Prozesse mit Gleichungen aus!

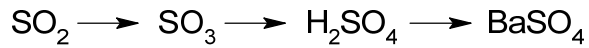
Aufgabe 1:



Aufgabe 2:



Aufgabe 3:



**3.15. Überlegen Sie!**

Ergänzen Sie die folgenden Aussagen. Benutzen Sie dabei Abb. 3.48.:

1. Nennen Sie die Schadstoffquellen, die auf die Umwelt einwirken!

---

---

2. Wo sammeln sich die Schadstoffe?

---

---

3. Nennen Sie die Vor- und Nachteile beim Einsatz hoher Schornsteine!

---

---

4. Welche Maßnahmen könnten die Klimagasemissionen tatsächlich vermindern?

---

---

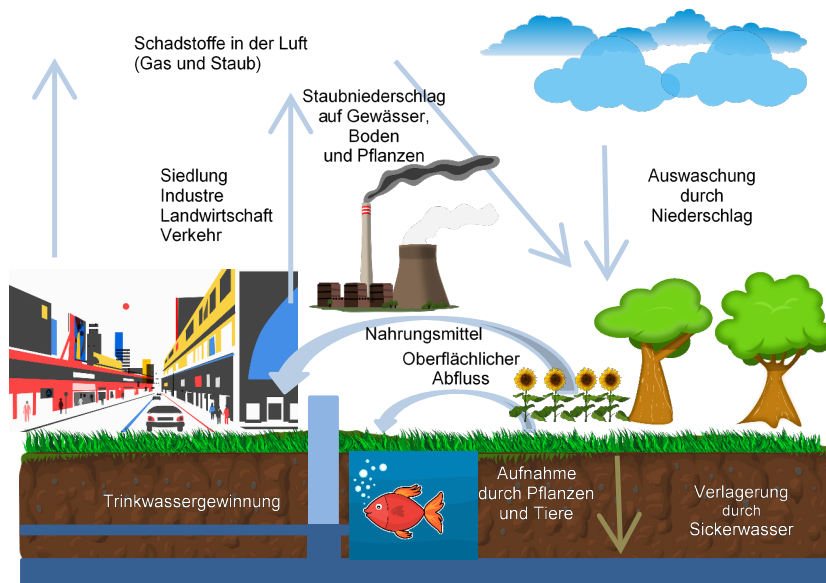


Abbildung 3.48. Schadstoffquellen<sup>60</sup>

## 4. Stöchiometrie



61

Die Eigenschaften der Stoffe und der Verlauf der Reaktion hängen nicht nur von der Art der Stoffe, sondern auch von der Anzahl der Teilchen im System ab. Die Lehre von der Berechnung der Zusammensetzung chemischer Verbindungen, von den Massen- und Volumenverhältnissen chemischer Reaktionen nennt man **Stöchiometrie**.

In diesem Kapitel lernen Sie:

- wie man die Mengen der Ausgangsstoffe für die Vorbereitung verschiedener Produkte ausrechnet.
- wie man die Menge der Produkte einer Synthese ausrechnet.
- welche Schadstoffe im Boden, in der Luft und im Wasser enthalten sind.
- wie man die Mengen einiger Stoffe in Nahrungsmitteln und Präparaten bestimmt.

# Molare Größen

Kleine Mengen jedes beliebigen Stoffes enthalten viele Teilchen. Z.B. ein Gramm Wasserstoffatome enthält  $6,022 \cdot 10^{23}$  Atome. Diese Teilchenanzahl entspricht der **Avogadro-Konstante** ( $N_A$ ). Dadurch wird die Berechnung extremer Zahlenwerte vereinfacht. Die Avogadro-Konstante verbindet die Teilchenanzahl und ihre Stoffmenge. Die **Stoffmenge** gibt an, wie viele Teilchen ( $N$ ) in einer Stoffprobe enthalten sind. Experimentell kann nicht die Stoffmenge bestimmt werden, sondern das Volumen und die Masse der Stoffprobe. Der Zusammenhang zwischen der Stoffmenge und diesen Größen wird über das **molare Volumen** und die **molare Masse** angegeben. Diese molaren Konstanten kann man direkt aus Tabellen entnehmen oder berechnen. Sie dienen dazu, dass die Masse und das Volumen von Stoffen umgerechnet werden.

In der Praxis arbeitet man sehr oft nicht mit den Feststoffen, sondern mit ihren Lösungen oder Stoffgemischen. Dabei wird, wenn ein Chemiker von Konzentration einer Lösung spricht, fast immer die Stoffmengenkonzentration gemeint. Die **Stoffmengenkonzentration** ( $c$ ) gibt den Zusammenhang zwischen der Stoffmenge und dem Volumen der Lösung (Tabelle 4.1.) an. Der Gehalt des gelösten Stoffes kann jedoch auch als Massenanteil angegeben werden.

## 4.1. Denken Sie einmal nach!

Die molare Masse ( $M$ ) einer chemischen Verbindung ergibt sich aus der Summe der Atommassen ( $A$ ) (im PSE gegeben) der beteiligten chemischen Elemente. An jeden "Wert" fügt man die Einheit g/mol an. Z.B. ist die molare Masse von NaCl:

$$M(\text{NaCl}) = A(\text{Na}) + A(\text{Cl})$$

$$M(\text{NaCl}) = 23 \text{ g/mol} + 35,5 \text{ g/mol} = 58,5 \text{ g/mol}$$

Berechnen Sie die molaren Massen von  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**Tabelle 4.1.** Molare Größen

Größe	Berechnung	Einheit	Beispiele
Stoffmenge ( $n$ )	$n = \frac{N}{N_A}$	mol	$n(\text{S}) = 3 \text{ mol}$ bedeutet 3 mol Schwefelatome $n(\text{NH}_3) = 2 \text{ mol}$ bedeutet 2 mol Ammoniakmoleküle
Molare Masse ( $M$ )	$M = \frac{m}{n}$	g/mol	$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$ , die molare Masse von Wasser beträgt immer 18 g/mol, unabhängig von der Größe der Stoffprobe. Das heißt, dass 1 mol Wasser immer 18 g von diesem Stoff enthält.



Molares Volumen (V <sub>m</sub> )	$V_m = \frac{V}{n}$	l/mol	$V_m(V_m(\text{O}_2) = 22,4 \text{ l/mol}$ heißt, dass 1 mol Sauerstoff ein Volumen von 22,4l einnimmt (bei Normalbedingungen-Temperatur von 273,15 K und Druck von 101,325 kPa)
Stoffmengen-konzentration	$c = \frac{n}{V_{\text{Lösung}}}$	mol/l	Die Kalilauge mit Konzentration von 3 mol/l enthält 0,3 mol KOH in 100 ml Lösung.

In einem Labor für Lebensmittelchemie verwendet man sehr oft Kaliumchlorid, denn dieses Salz dient als Geschmacksverstärker. Es wurden Untersuchungen mit 2 und 10 g KCl durchgeführt. Um das Experiment weiterzuführen, muss man die Stoffmengen in beiden Proben berechnen.

*Analyse:*

Man berechnet die molare Masse durch Tabelle 4.1.

*Gesucht:*  $n(\text{KCl}_{\text{erste Probe}}) = ?$   $n(\text{KCl}_{\text{zweite Probe}}) = ?$

*Gegeben:*  $m(\text{KCl}_{\text{erste Probe}}) = 2 \text{ g}$   $m(\text{KCl}_{\text{zweite Probe}}) = 10 \text{ g}$   $M(\text{KCl}) = 74,6 \text{ g/mol}$

*Lösung:*

$$M_{\text{KCl}} = \frac{m_{\text{KCl}}}{n_{\text{KCl}}} \Rightarrow n_{\text{KCl}} = \frac{m_{\text{KCl}}}{M_{\text{KCl}}}$$

$$n_{\text{KCl erste Probe}} = \frac{2 \text{ g}}{74,6 \text{ g/mol}} = 0,03 \text{ mol}$$

$$n_{\text{KCl zweite Probe}} = \frac{10 \text{ g}}{74,6 \text{ g/mol}} = 0,13 \text{ mol}$$

*Ergebnis:*

Die 2 g KCl Probe enthält 0,03 mol und die 10 g KCl Probe – 0,13 mol.

4. Das Gas Chlorwasserstoff wird in der organischen Chemie als Chlorierungsmittel verwendet. Berechnen Sie die Stoffmenge von 45 l dieses Gases, wenn die Experimente unter Normalbedingungen durchgeführt werden.

*Analyse:*

Man berechnet das molare Volumen durch Tabelle 4.1. Unter Normalbedingungen beträgt das molare Volumen 22,4 mol/l.

*Gesucht:*  $n(\text{HCl}) = ?$

*Gegeben:*  $V(\text{HCl}) = 45 \text{ l}$     $V_m(\text{HCl}) = 22,4 \text{ mol/l}$

*Lösung:*

$$V_m = \frac{V}{n} V_m = \frac{V}{n} \Rightarrow n = \frac{V}{V_m} = \frac{45}{22,4} = 2 \text{ mol} \quad n = \frac{V}{V_m} = \frac{45}{22,4} = 2 \text{ mol}$$

*Ergebnis:*

45 l HCl enthalten 2 mol.

Die Natronlauge ist auch ein wichtiges Reagenz in der chemischen Analyse. Sehr oft wird sie als Neutralisationsmittel benutzt, damit die genaue Konzentration von Salzsäure bestimmt wird. Wie groß ist die Stoffmengenkonzentration von 100 ml Natronlauge, die von 20 g Natriumhydroxid hergestellt ist?

*Analyse:*

Analog der vorigen Kommentare und anhand Tabelle 4.1. werden beide Gleichungen nach der Stoffmenge umgestellt und gleichgesetzt. Die molare Masse von NaOH kann man leicht mithilfe des Periodensystems berechnen.

*Gesucht:*  $c(\text{NaOH}) = ?$

*Gegeben:*  $m(\text{NaOH}) = 20 \text{ g}$     $V(\text{Natronlauge}) = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ l}$     $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g/mol}$

*Lösung:*

$$M_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{n_{\text{NaOH}}} \Rightarrow n_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}}$$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{20 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V_{\text{Natronlauge}}} = \frac{0,5 \text{ mol}}{0,1 \text{ l}} = 5 \text{ mol/l}$$

*Ergebnis:*

Die 100 ml Natronlauge, die von 20 g Natriumhydroxid hergestellt ist, hat Stoffmengenkonzentration 5 mol/l.

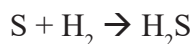
#### 4.2. Denken Sie einmal nach!

Der **Massenanteil** ( $w$ ) von konzentrierter Salpetersäure ist 69 %. Dies bedeutet, dass 69 g  $\text{HNO}_3$  in 100 g Lösung von Salpetersäure enthalten sind. Das Wasser in dieser Lösung ist 21 g. Für die Massenanteilsberechnung wird die folgende Formel benutzt:

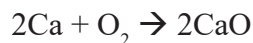
$$w(\text{Stoff}) = \frac{m_{\text{Stoff}}}{m_{\text{Lösung}}}$$

Wie viel ist die Masse der Salpetersäure in einer verdünnten Lösung (12%), wenn die Lösung eine Masse von 200 g beträgt? Wie viel Wasser enthält diese Lösung?

Bei chemischen Reaktionen reagieren die Reaktionspartner in bestimmten Stoffmengenverhältnissen miteinander:



$$n(\text{S}) : n(\text{H}_2) : n(\text{H}_2\text{S}) = 1:1:1$$



$$n(\text{Ca}) : n(\text{O}_2) : n(\text{CaO}) = 2:1:2$$

Aufgrund dieser Verhältnisse kann man die theoretische Menge der Produkte voraussagen oder die Menge der Ausgangsstoffe berechnen, was wichtig bei der Herstellung der erwünschten Produkte ist.

Um die gewünschte Menge zu berechnen, muss man einige Schritte befolgen (Tabelle 4.2.).


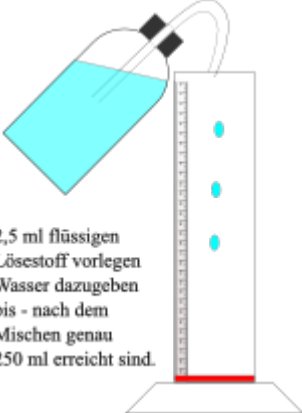
**Tabelle 4.2.** Verarbeitungsvorschrift zur Bestimmung von Masse/Volumen nach chemischer Gleichung

Aufgabe	Bei vollständiger Verbrennung von 2 g Magnesium entsteht Magnesiumoxid. Berechnen Sie die Masse des gewonnenen Magnesiumoxids.	Bei vollständiger Reaktion von Kalium mit Wasser entsteht 5,6 g KOH. Berechnen Sie a) die Masse des verbrauchten K b) das Volumen des freigegebenen Wasserstoffs
Aufstellen der Reaktionsgleichung	$2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$	$2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2$
Zusammenstellen der gegebenen und gesuchten Größen	Gegeben: $m(\text{Mg}) = 2\text{ g}$ $A(\text{Mg}) = 24\text{ g/mol}$ $M(\text{MgO}) = 40\text{ g/mol}$ Gesucht: $m(\text{MgO}) = ?$	Gegeben: $m(\text{KOH}) = 5,6\text{ g}$ $M(\text{KOH}) = 56\text{ g/mol}$ $A(\text{K}) = 39\text{ g/mol}$ $V_m(\text{H}_2) = 22,4\text{ mol/l}$ Gesucht: a) $m(\text{K}) = ?$ b) $V(\text{H}_2) = ?$

Aufstellen der Stoffmengenverhältnisse	$n(\text{Mg}) : n(\text{MgO}) = 2:2 = 1:1$ $\Rightarrow n(\text{Mg}) = n(\text{MgO})$	a) $n(\text{K}) : n(\text{KOH}) = 2:2 = 1:1 \Rightarrow n(\text{K}) = n(\text{KOH})$	b) $n(\text{KOH}) : n(\text{H}_2) = 2:1 \Rightarrow n(\text{H}_2) = \frac{n(\text{KOH})}{2}$
Berechnung der Stoffmenge der gegebenen Größe	$n(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{A(\text{Mg})} = \frac{2\text{ g}}{24\text{ g/mol}} = 0,08\text{ mol}$	$n(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})} = \frac{5,6\text{ g}}{56\text{ g/mol}} = 0,1\text{ mol}$	
Berechnen der Stoffmenge vom gesuchten Stoff anhand des Stoffmengenverhältnisses	$n(\text{Mg}) = n(\text{MgO}) \Rightarrow n(\text{MgO}) = 0,08\text{ mol}$	$n(\text{K}) = n(\text{KOH}) \Rightarrow n(\text{K}) = 0,1\text{ mol}$	$n(\text{H}_2) = \frac{n(\text{KOH})}{2} \Rightarrow \frac{0,1\text{ mol}}{2} = 0,05\text{ mol}$
Berechnung der Größe vom gesuchten Stoff	$m(\text{MgO}) = n(\text{MgO}) \cdot M(\text{MgO}) = 0,08\text{ mol} \cdot 40\text{ g/mol} = 3,33\text{ g}$	$m(\text{K}) = n(\text{K}) \cdot M(\text{KOH}) = 0,1\text{ mol} \cdot 39\text{ g/mol} = 3,9\text{ g}$	$V(\text{H}_2) = Vm(\text{H}_2) \cdot n(\text{H}_2) = 22,4\text{ mol/l} \cdot 0,05\text{ mol} = 1,12\text{ l}$
Formulieren des Ergebnisses (Antwortsatz)	<b>Die Masse des gewonnenen Magnesiumoxids ist 3,33 g.</b>	<b>Die Masse des verbrauchten K ist 3,9 g.</b>	<b>Das Volumen des reingegebenen Wasserstoffs ist 1,12 l.</b>

#### 4.1. Exkurs

**Tabelle 4.3.** Häufig verwendete Gehaltsgrößen

Gehaltsgröße	Herstellung einer Lösung	Alltagsbezug
Massen- konzentration $\rho(X) = \frac{m(X)}{V(Lsg)}$	 <p>2,5 gr. Lösestoff eingewogen, in Wasser lösen und dann bis zur 250 ml Markierung auffüllen.</p>	Nährwertangaben bei Getränken, maximale Arbeitsplatzkonzentration, Messwerte für Blutalkoholkonzentrationen im Blut oder Serum, die im Labor bestimmt werden.
Volumen- konzentration $\sigma'(X) = \frac{v(X)}{V(Lsg)}$	 <p>2,5 ml flüssigen Lösestoff vorlegen Wasser dazugeben bis - nach dem Mischen genau 250 ml erreicht sind.</p>	Alkoholgehalt von Getränken

#### Merken Sie sich!

Die Stoffmenge ist eine Größe, die mit der Teilchenanzahl verbunden ist. In einem Mol sind  $6,02 \cdot 10^{23}$  Teilchen zu finden.

Die molare Masse (M) ist das Verhältnis zwischen der Masse und der Stoffmenge, während das molare Volumen (Vm) das Verhältnis zwischen dem Volumen und der Stoffmenge darstellt. Die Stoffmengenkonzentration (c) zeigt, wie viel die Stoffmenge in einem bestimmten Volumen ist.

Aus den Stoffmengenverhältnissen ergibt sich die Stoffmengenteilnahme aller Reaktionspartner.

### Stöchiometrie. Zusammenfassung und Übungsaufgaben

Die molaren Größen beziehen sich auf eine Stoffmenge. Aus diesem Grund besteht der folgende Zusammenhang (Abb. 4.1.).

#### 4.1 Überlegen Sie!

Welcher Zusammenhang besteht zwischen den molaren Größen?

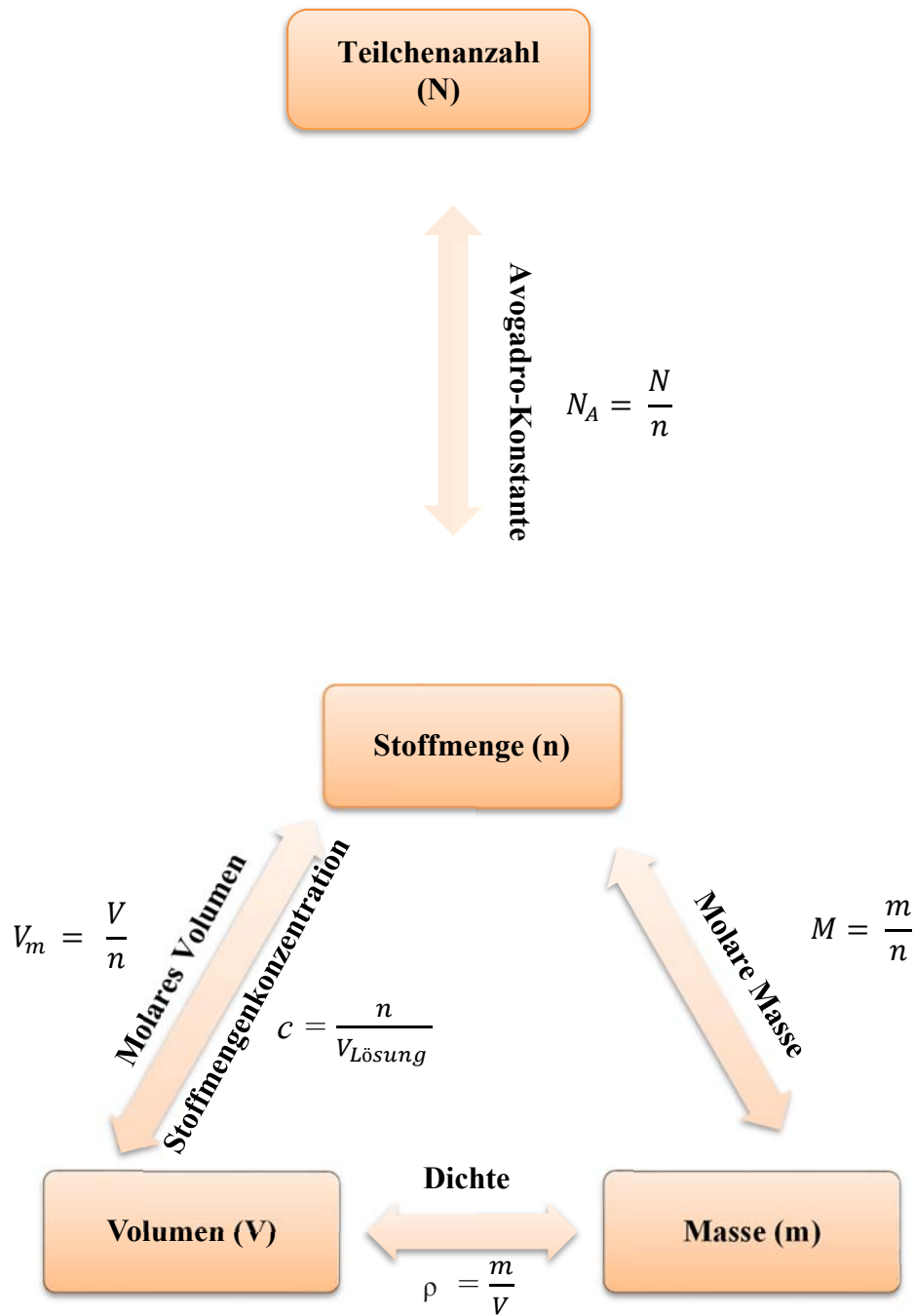


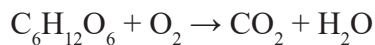
Abbildung 4.1. Zusammenhang zwischen den molaren Größen

### 4.3. Denken Sie einmal nach!

1. Wie viele Silber-Atome sind in 0,3 mol Silber enthalten?
2. Wie viel ist die molare Masse von 5 mol Schwefeldioxid?
3. Was ist das Volumen von 1 mol CO<sub>2</sub> bei Normalbedingungen?
4. Wie viel ist die Masse von 6,72 l Stickstoff unter Normalbedingungen?
5. Sie wollen 1 Liter einer Natriumchlorid-Lösung mit der Konzentration 0,1 mol/l herstellen. Welche Masse an Natriumchlorid wiegen Sie ein?
6. 20 ml Salzsäure mit Stoffmengenkonzentration 0,1 mol/l hat vollständig mit Eisen reagiert. Es entstehen dabei Eisentrichlorid und Wasserstoff. Berechnen Sie die Masse an Eisen und Eisentrichlorid, sowie das Volumen von Wasserstoff (bei Normalbedingungen).
7. a) Wieviel Liter Sauerstoff braucht ein Lebewesen, um 20,0 g Glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) im Stoffwechsel vollständig zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O zu verbrennen? b) Wieviel Gramm Wasser entstehen dabei?

*Hilfe:*

Vollständige Reaktionsgleichung:



### 4.2. Überlegen Sie!

Es wurden jeweils 100ml Sauerstoff in den Kolbenprober gefüllt und mit verschiedenen Massen an Zink umgesetzt (Abb. 4.2.). Nach dem Abkühlen konnten folgende Sauerstoffvolumina ermittelt werden, die sich mit den jeweiligen Zinkportionen verbunden hatten (Tabelle 4.3.).

- a) Berechnen Sie die Masse der aufgenommenen Sauerstoffportion.
- b) Übertragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle und vervollständigen Sie sie.

Stellen Sie die Ergebnisse grafisch dar (Abb. 4.2.).

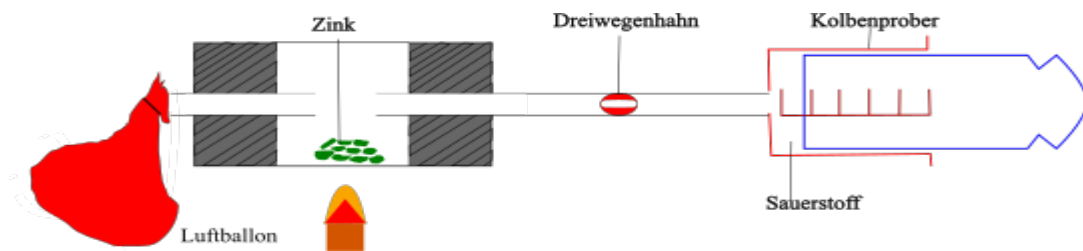
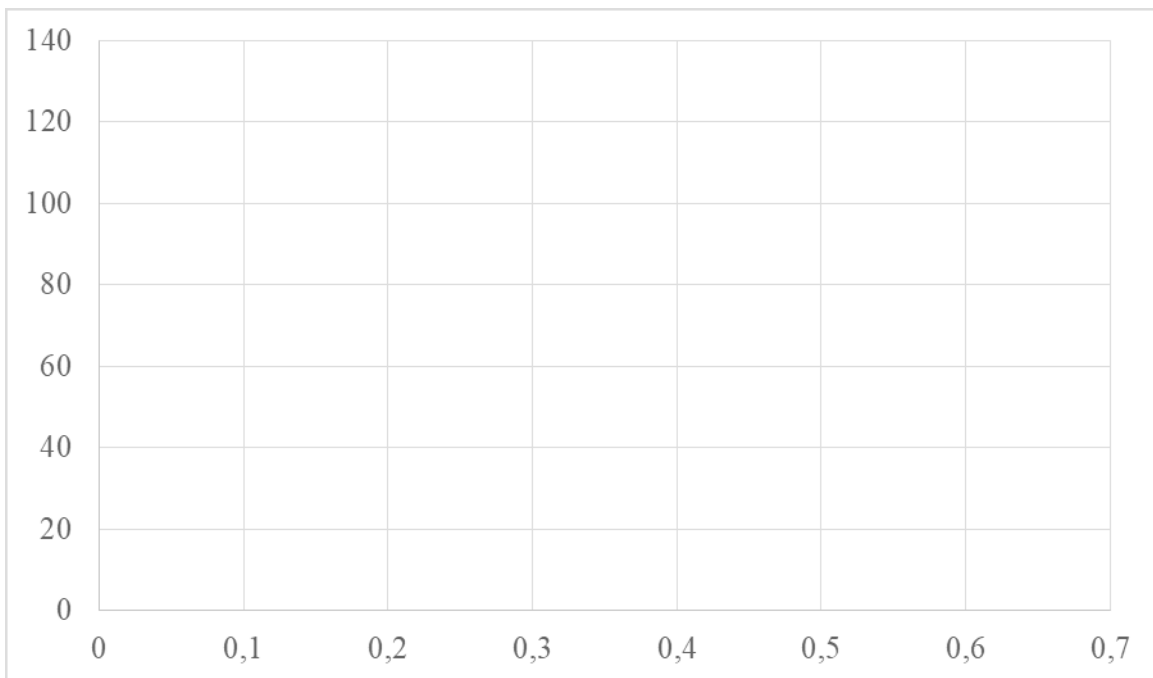


Abbildung 4.2. Laboreinstellung für Zinkchloridsynthese

**Tabelle 4.4.** Versuchsergebnisse

m (Zink) in g	Sauerstoff		$\frac{m \text{ (Zink)}}{m \text{ (Sauerstoff)}}$
	V in ml	m in g	
0,2	36		
0,3	56		
0,4	72		
0,5	94		
Mittelwert:			



**Abbildung 4.3.** Grafische Darstellung der Versuchsergebnisse

### 4.3. Überlegen Sie!

Als Stickstoffdünger werden in der Landwirtschaft verschiedene Substanzen, unter anderem Ammoniumsulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , Harnstoff  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  und Ammoniumnitrat  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  verwendet. Welche davon hat den höchsten Stickstoffgehalt, d.h. die stärkste Düngewirkung (Tabelle 4.5.)?

*Hinweis:*

Dazu muss berechnet werden, welchen Massenanteil der Stickstoff an der Gesamtmasse des Moleküls einnimmt:



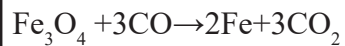
**Tabelle 4.5.** Massenanteil von Stickstoff in verschiedenen Düngern

Substanz	Molekülmasse	N-Masse	Massenanteil
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$			
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$			
$\text{NH}_4\text{NO}_3$			

**4.4. Denken Sie einmal nach!**

1. Welches Eisenerz hat den größeren Eisengehalt –  $\text{FeCO}_3$  oder  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ?

2. Wie viel Eisen kann aus 100 kg Eisenerz  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  gewonnen werden?



3. Wie viel Gramm Wasserstoff kann mit 100g Zink bei der Reaktion mit Salzsäure hergestellt werden? Wie viel Mol sind das? Welches Volumen nimmt diese Gasmenge ein?

## 5. Organische Verbindungen. Kohlenwasserstoffe



62

Kohlenstoff ist ein chemisches Element und einer der wichtigsten Grundbausteine des Lebens auf der Erde. Er kommt in der Natur unter anderem auch im Graphit, im Diamanten, im Erdöl, im Erdgas und in der Kohle vor. Kohlenstoff geht zahlreiche Bindungen mit sich selbst und anderen Atomen ein und ist in fast allen pharmazeutischen Wirkstoffen enthalten. In diesem Kapitel lernen wir:

- warum Kohlenstoff so viele Verbindungen bildet.
- welche die organischen Verbindungen sind.
- was Kohlenwasserstoffe sind.
- welche die wichtigsten Eigenschaften und Anwendungen dieser Verbindungen sind.

# Einführung in die Organische Chemie

Bereits im 18. Jh. gelang es, aus Pflanzen und Tieren einfache Stoffe, z.B. Weinsäure oder Harnstoff zu isolieren und zu untersuchen. Es wurde festgestellt, dass diese Substanzen sehr unterschiedliche Eigenschaften besitzen (z.B. niedrigen Schmelz- und Siedepunkt; Zersetzen beim Erhitzen). Diese und andere Stoffe, die aus Organismen stammen, verhielten sich also anders als die schon bekannten Mineralstoffe. Man nannte sie deswegen organische Stoffe und die Wissenschaft, die diese Stoffe untersucht – Organische Chemie.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist bekannt, dass alle organischen Verbindungen das Element Kohlenstoff enthalten – die Organische Chemie zeigte sich also als die Lehre der Kohlenstoffverbindungen.

Organische Verbindungen kommen in der lebenden Natur vor, da sie alle Lebewesen aufbauen. Das sind Biomoleküle wie Eiweiße, Kohlehydrate, Lipide, Nukleinsäuren, Chlorophyll u.a. Aber auch organische Verbindungen sind überall in unserem Alltag. Der frische Geschmack Ihrer Zahnpasta beruht auf Menthol. Die anregende Wirkung des Morgenkaffees verdanken wir dem Coffein. Farben, Klebstoffe, Pharmaka, Alkohol, Erdgas sind auch organische Verbindungen.

## 5.1. Überlegen Sie!

Wenn man etwas Zucker in der Pfanne erhitzt, karamellisiert er (Abb. 5.1.). Wenn Zucker weiter erhitzt wird, wird er dunkelbraun und verkohlt.

Ist dann Zucker eine organische Verbindung?



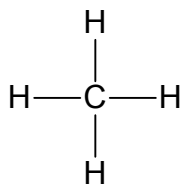
**Abbildung 5.1.** Bei der Vorbereitung von Crème Caramel wurde eine Menge Zucker bei mittlerer Hitze goldbraun karamellisiert<sup>63</sup>

## Die Vielfalt der organischen Verbindungen

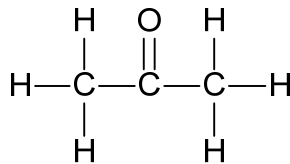
Der Inhalt des Begriffs "Organische Chemie" wird aber bis heute noch erweitert, denn es wurde festgestellt, dass organische Verbindungen typische Strukturgemeinsamkeiten aufweisen – sie enthalten ein Gerüst aus Kohlenstoffatomen und bilden charakteristische Bindungen zwischen Kohlenstoffatomen und zwischen Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen. Deshalb sagt man heutzutage, dass die Organische Chemie die Chemie der **Kohlenwasserstoffe** und deren **Derivate** ist.

Es gibt eine unendliche Vielzahl an unterschiedlichen Kohlenwasserstoffen, die sich auf die Eigenschaften des Kohlenstoffs bezieht:

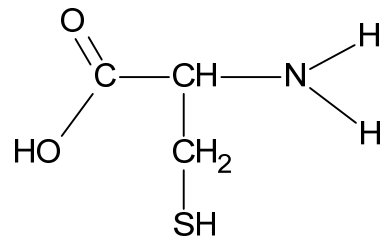
- Jedes Kohlenstoffatom bildet 4 Bindungen aus, da es in organischen Verbindungen immer vierwertig ist.



Methan

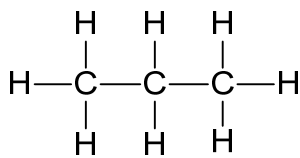


Aceton

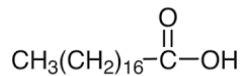


Cystein

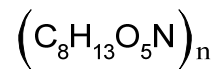
- Kohlenstoff ist aufgrund seiner Elektronegativität reaktionsfähiger im Vergleich zu Wasserstoff. Dadurch sind auch **kovalente Bindungen** zwischen Kohlenstoffatomen stabil.
- Kohlenstoffatome können sich fast unbegrenzt mit anderen Kohlenstoffatomen verbinden.



Propan

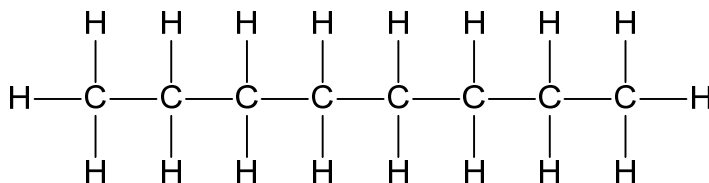


Stearinsäure

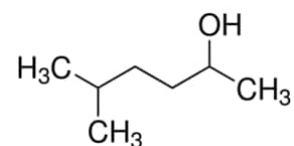


Chitin

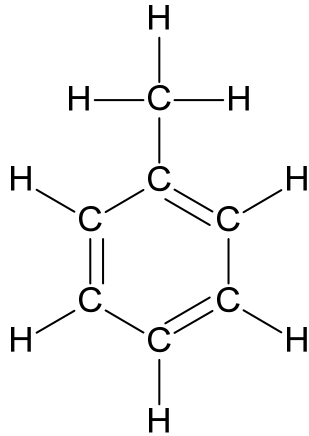
- Es gibt Kohlenstoffketten (a), Kohlenstoffringe (b), sowie verzweigte Kohlenstoffketten (c) und -ringe (d)



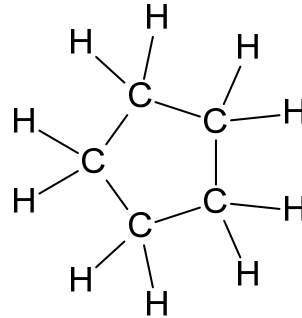
(a) Octan



(b) Methylhexanol

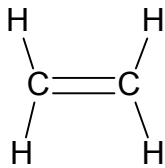


(c) Toluol

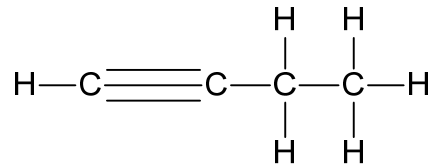


(d) Cyclopentan

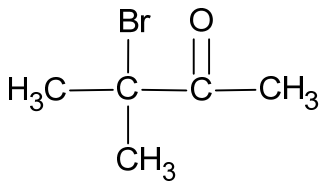
- Neben **Einfachbindungen** finden sich auch – weitaus weniger stabile – Doppel- (a) und Dreifachbindungen (b) zwischen Kohlenstoffatomen.



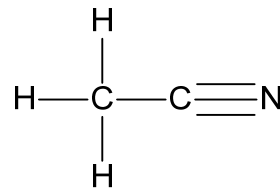
(e) Ethen



(f) But-1-en



(g) 3-Brom-3-methyl- but-2-on



(h) Acetonitril

- In den Ketten sind die Kohlenstoffatome mit anderen Kohlenstoffatomen verbunden. **Primäre** Kohlenstoffatome sind an genau einem anderen Kohlenstoffatom verbunden und die **sekundären** – an zwei anderen Kohlenstoffatomen. Ein **tertiäres** C-Atom ist stets an drei anderen C-Atomen verbunden. **Quartäre** C-Atome kommen ebenfalls in manchen verzweigten Verbindungen vor. Quartäre C-Atome sind an genau vier anderen C-Atomen verbunden (5.2. Überlegen Sie).

### 5.1. Denken Sie einmal nach!

Schreiben Sie die verschiedenen Beispiele von Kohlenstoffketten und Kohlenstoffringen, indem Sie die oberen a,- b - und d – Beispiele mit einem Kohlenstoffatom vermindern.

### 5.2. Überlegen Sie!

Ergänzen Sie die Klassifikation der Kohlenstoffketten und Kohlenstoffringe (Abb. 5.2.)!

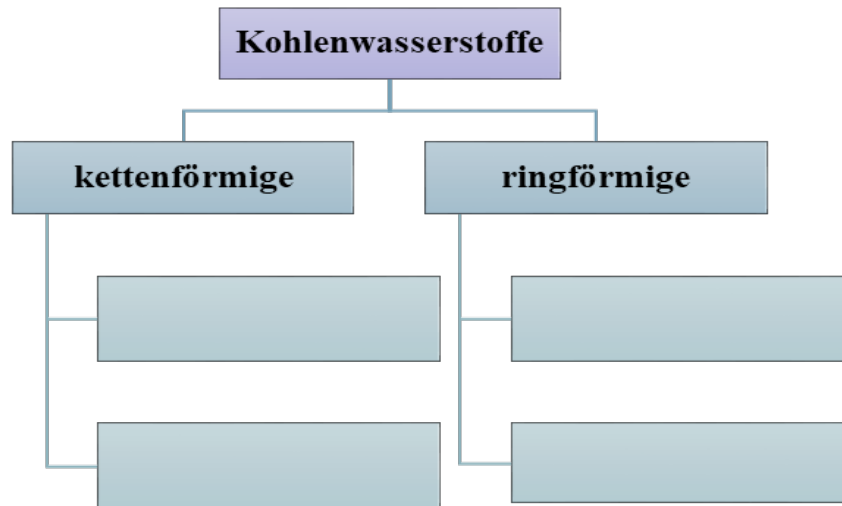
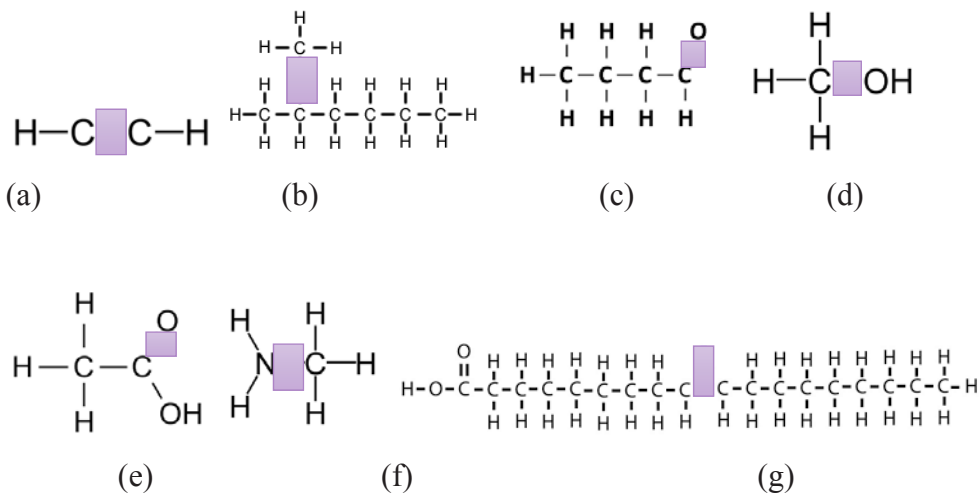


Abbildung 5.2. Einteilung ausgewählter Kohlenwasserstoffe

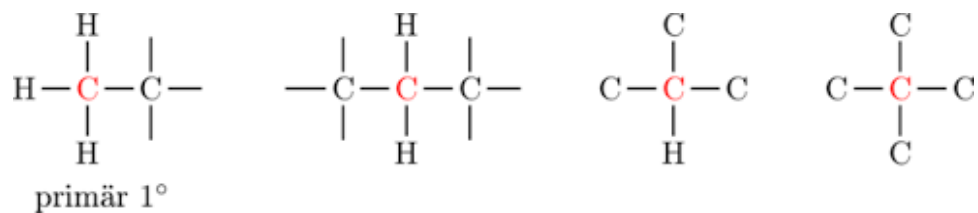
### 5.3. Überlegen Sie!

Vervollständigen Sie die fehlenden chemischen Bindungen!



### 5.4. Überlegen Sie!

Bestimmen Sie den Typ des rot gefärbten Kohlenstoffatoms auf der Abbildung:



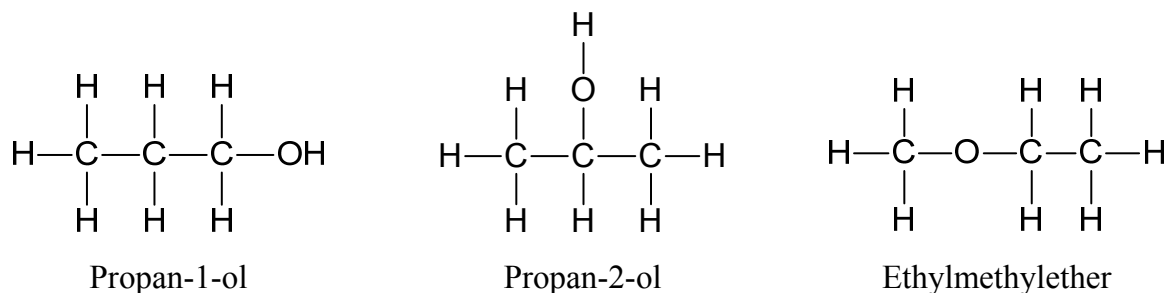
Die Zusammensetzung und der räumliche Aufbau der organischen Verbindungen werden durch verschiedene Modelle veranschaulicht (Tabelle 5.1.).

**Tabelle 5.1.** Veranschaulichung organischer Verbindungen

Modell	Beschreibung	Gebrauch	Beispiele
Summenformel	<ul style="list-style-type: none"> <li>zeigt die Zusammensetzung der organischen Verbindungen aus den einzelnen Elementen an</li> </ul>	Berechnung der molaren Masse	$C_3H_8O$
Vereinfachte Strukturformel	<ul style="list-style-type: none"> <li>zeigt wichtige Bindungen und funktionelle Gruppen an</li> </ul>	Darstellung von chemischen Reaktionen	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$ Propan-1-ol
Strukturformel	<ul style="list-style-type: none"> <li>zeigt alle Bindungen zwischen den einzelnen Atomen sowie die freien Elektronenpaare an</li> </ul>		<pre>       H   H   H                 H - C - C - C - OH                       H   H   H           </pre> Propan-1-ol

Es gibt Verbindungen mit gleicher Summenformel, aber unterschiedlicher Struktur. Man nennt sie **Isomere**.

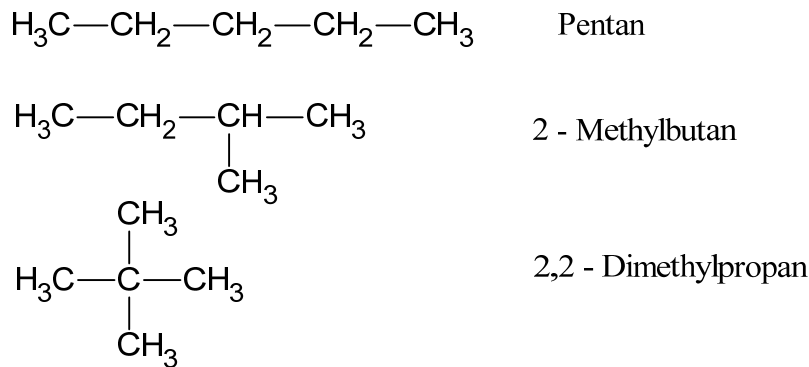
Z.B. gibt es drei Isomere mit der Summenformel  $C_3H_8O$ :



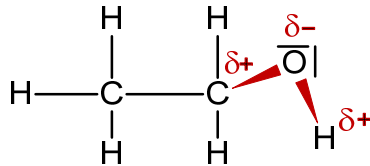
Propan-1-ol und Propan-2-ol sind *Stellungsisomere (Positionsisomere)*, denn sie unterscheiden sich nach der Position der Hydroxylgruppe. Der Ethylmethylether und die beiden Alkohole – Propan-1-ol und Propan-2-ol sind *funktionelle* Isomere. Solche Isomere haben unterschiedliche funktionelle Gruppen.

Die **Kettenisomere** haben die gleiche Summenformel, aber die Anordnung der C-Atome ist unterschiedlich.

Z.B. Pentan, 2-Methylbutan und 2,2 - Dimethylpropan.

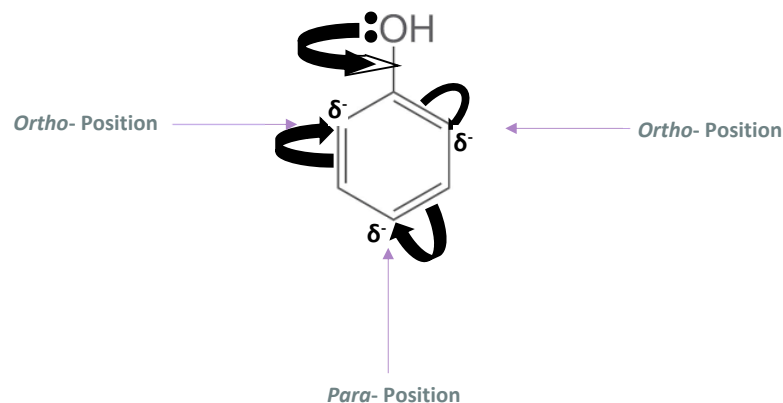


Immerhin haben die Moleküle eine bestimmte Struktur, denn die beteiligten Atome sind nach ihrer Wertigkeit in der Kette geordnet. Außerdem beeinflussen sich die Atome im Molekül gegenseitig. Z.B. sind im Ethanol Atome unterschiedlicher Elektronegativität verbunden:



Wegen der hohen Elektronegativität des O-Atoms entsteht eine Ladungsverschiebung – das O-Atom zieht die Bindungselektronenpaare vom Kohlenstoff- und Wasserstoffatom. Das O-Atom wird teilweise negativ ( $\delta^-$ ), das Kohlenstoff- sowie das Wasserstoffatom dagegen teilweise positiv ( $\delta^+$ ) geladen.

In Phenol dagegen erkennt man, dass das freie Elektronenpaar vom O-Atom in der Hydroxylgruppe vom Ring angezogen wird. In diesem Fall erhöht sich die Elektronendichte an *ortho*- und *para*-Positionen (Abb. 5.3.) Das heißt, dass die Wasserstoffatome in diesen Positionen leicht substituiert werden können.



**Abbildung 5.3.** Einfluss der Hydroxylgruppe im Phenolmolekül



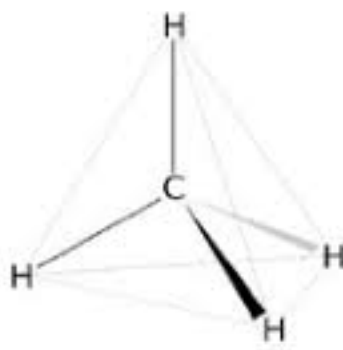
# Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe stellen die einfachsten organischen Verbindungen dar, da sie nur die beiden Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten. Man unterscheidet gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe.

Die gesättigten Kohlenwasserstoffe enthalten nur Einfachbindungen – sie werden **Alkane** genannt. Kohlenwasserstoffe, die in ihren Molekülen mindestens eine C-C- Mehrfachbindung besitzen, sind ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Dagegen enthalten **Alkene** eine C-C- Doppelbindung und die **Alkine** – eine C-C- Dreifachbindung.

## Alkane

Der einfachste Vertreter der Alkane ist das **Methan** mit der Formel **CH<sub>4</sub>**. Dieses Molekül hat eine tetraedrische Struktur (Abb. 5.4.).



**Abbildung 5.4.** Struktur des Methanmoleküls

Die weiteren Alkane entstehen formal durch Abspalten von Wasserstoffatomen und Anlagerung von CH<sub>3</sub>- Gruppen.

Die Alkane bilden eine **homologe Reihe** mit der Summenformel C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. Die Moleküle wachsen, ausgehend von CH<sub>4</sub> um die Baugruppe CH<sub>2</sub> (Methylengruppe).

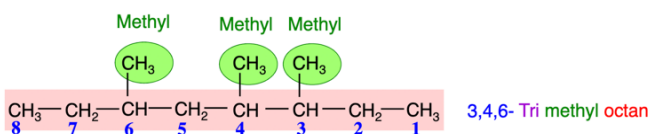
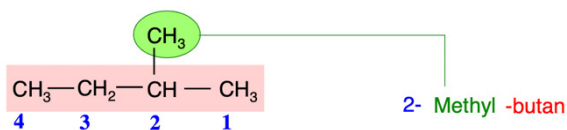
**Tabelle 5.2.** Homologe Reihe der Alkane

Summenformel	Name	Isomere	Aggregatzustand unter Normalbedingungen
CH <sub>4</sub>	Methan	1	Gas

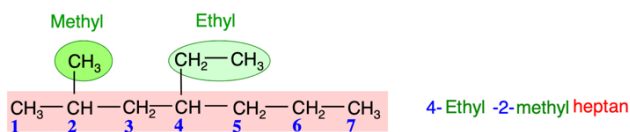
$C_2H_6$	Ethan	1	Gas
$C_3H_8$	Propan	1	Gas
$C_4H_{10}$	Butan	2	Gas
$C_5H_{12}$	Pentan	3	Flüssigkeit
$C_6H_{14}$	Hexan	5	Flüssigkeit
$C_nH_{2n+2}$	<b>Alkan</b>		-

Die verschiedenen Möglichkeiten der Verknüpfung der Kohlenstoffatome in den Ketten führen zu einer Vielzahl von Kohlenwasserstoffen. Um aus dem Namen der Verbindung die Struktur ermitteln und so Isomere unterscheiden zu können, wurden von der IUPAC verbindliche Regeln zur Nomenklatur der Kohlenwasserstoffe eingeführt. Die Alkane werden nach folgenden Regeln benannt:

- Zuerst wird die Hauptkette festgelegt. Sie ist immer die längste. Eine Verbindung wird also nach der längsten fortlaufenden Kohlenstoffkette im Molekül benannt! Dieser Namensteil wird am Ende hinzugefügt. Alle anderen Namensteile werden vorangestellt.
- Dann werden die Seitenketten (Alkylreste) benannt, indem „-an“ durch „-yl“ ersetzt wird.
- Zunächst wird die Hauptkette durchnummeriert, sodass möglichst niedrige Positionsnummern erhalten.
- Die Positionsnummer (+ Bindestrich) der Seitenkette wird im Namen vorangestellt.



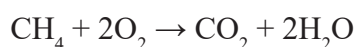
In diesem Beispiel gibt es drei gleiche Seitenketten und deshalb sind Alkylreste im Namen zusammengefasst.



Im letzten Beispiel sind die Seitenketten unterschiedlich und werden alphabetisch angeordnet.

Infolge ihrer unpolaren Struktur sind Alkane in Wasser praktisch unlöslich. Zwischen den Molekülen wirken **Van-Der-Waals Kräfte**. Diese nehmen mit steigender Elektronenanzahl der Moleküle zu, sodass auch die Siedetemperaturen der Alkane innerhalb der homologen Reihe zunehmen. Aus diesem Grund steigt auch die Viskosität der Alkane mit wachsender Kettenlänge. Deshalb werden Gemische mittlerer und höherer Alkane als Schmieröle oder Schmierfett verwendet.

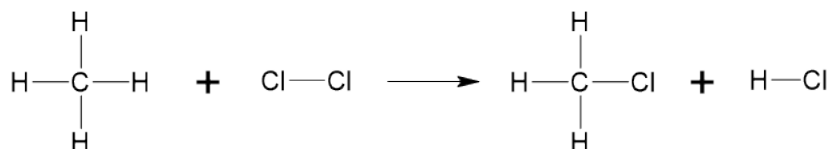
Alkane gehen unter Normalbedingungen keine chemischen Reaktionen ein. Man sagt, sie sind **reaktionsträge**. Ihre Reaktionsträgheit wurde schon im 19. Jhd. erkannt und trug den Alkanen den Namen **Paraffine** ein. – Paraffine (lat. *Parum affinis*, wenig verwandt). Trotzdem können Alkane sehr heftige Reaktionen eingehen. Ein deutlicher Energiegewinn durch die Neubildung einer Bindung ergibt sich bei der Reaktion mit Sauerstoff. Diese findet bei der Verbrennung von Erdgas und Erdöl statt.



## 5.2. Denken Sie einmal nach!

Schreiben Sie die chemische Gleichung der Verbrennung von Propan!

Die Halogenierung, im Beispiel ist die Chlorierung von Methan angegeben, wird durch eine Spaltung des Chlormoleküls eingeleitet. Diese Reaktion erfolgt durch Bestrahlung mit energiereichem (ultraviolettem) Licht.



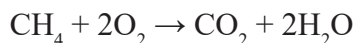
Solche Reaktionen nennt man Substitutionsreaktionen. Hier können alle vier H-Atome stufenweise substituiert werden.

Bei **Substitutionsreaktionen** wird ein Atom oder eine Atomgruppe durch ein anderes Atom oder eine andere Atomgruppe ersetzt.

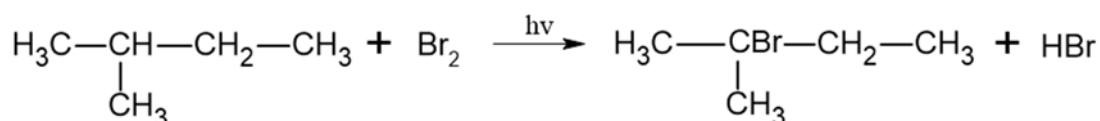
## 5.1. Exkurs

Früher hat man Alkane als Paraffine bezeichnet. Das kommt aus dem Lateinischen und bedeutet soviel wie, wenig reaktionsfähig. Alkane können nur unter sehr drastischen Bedingungen Reaktionen eingehen.

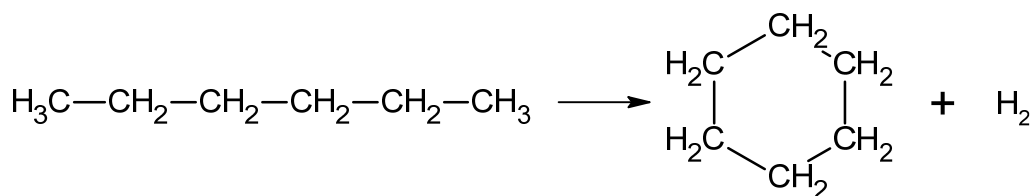
Alkane können mit Sauerstoff reagieren. Diesen Reaktionstyp bezeichnet man auch als **Verbrennung**. Bei der Verbrennung von Alkanen handelt es sich immer noch um die Hauptenergiequelle in unserer Gesellschaft.



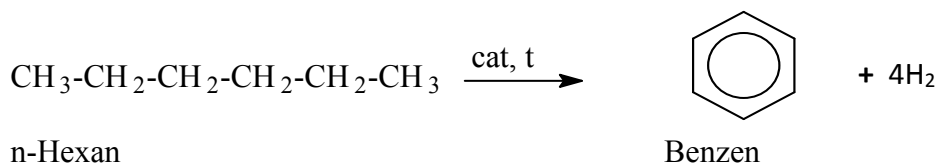
Halogeniert man **höhere und verzweigte Alkane**, ist bei einer Reaktion mit Methan zu beachten, dass unterschiedlich gebundene Wasserstoffatome vorhanden sind: primäre, sekundäre und tertiäre. An dem Beispiel 3-Methylhexan ist der Einfluss der Position der Wasserstoffatome gut zu erkennen. Das tertiäre H-Atom wird substituiert.



Als **Cyclisierung** (auch Zyklisierung oder Ringschluss) wird bei chemischen Synthesen die Bildung einer zyklischen, also ringförmigen Verbindung aus ungesättigten Edukten bezeichnet.



**Katalytisches Reforming** (von lat. reformare = umgestalten) ist ein Raffinerieprozess, bei dem Alkane und Cycloalkane aus Naphtha (Rohbenzin) verschiedener Herkunft mit dem Ziel der Oktanzahlsteigerung in aromatische Verbindungen und verzweigte Alkane konvertiert werden. Die Oktanzahl ist ein Maß, das die Zündungswilligkeit des Benzins charakterisiert.



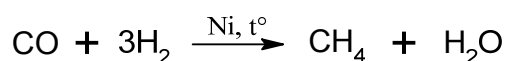
Alkane werden technisch aus Erdöl oder durch Kohlenveredlung gewonnen. Der wichtigste Vertreter – das Methan, das nicht nur für Energiegewinnung, sondern auch als wertvoller Rohstoff für viele großtechnische Synthesen wichtig ist.

### 5.2. Exkurs

Methan wird in der Technik durch eine Reinigung von Erdgas gewonnen (der Methananteil beträgt entsprechend der Zusammensetzung des Gemisches bis zu 90 %).

Außerdem fällt Methan auch in großen Mengen bei der Erdölverarbeitung u. a. bei Crackprozessen an.

Eine Möglichkeit der Herstellung über chemische Reaktion ist die Synthese, bei der Kohlenstoffmonoxid mit Wasserstoff reagiert.



Die **Wurtzsche Synthese** ist eine Aufbaureaktion von Kohlenwasserstoffen aus organischen Halogeniden und Natrium. Dabei entsteht beispielsweise aus Chloromethan und Natrium das Alkan Ethan:



Chloromethan

Ethan

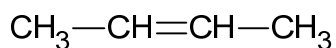
## Alkene und Alkine

Alkene und Alkine sind ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Alkene bilden eine homologe Reihe mit Summenformel  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  und die Alkine –  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

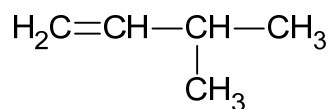
### 5.3. Denken Sie einmal nach!

Schreiben Sie die homologen Reihen der Alkene und Alkine bis zum fünften Vertreter und benennen Sie die Verbindungen nach ihren Summenformeln!

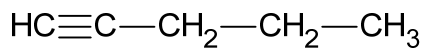
Im Allgemeinen kann man bei der Benennung von Alkenen und Alkinen ähnlich wie auch bei den Alkanen vorgehen. Bei unverzweigten Kohlenwasserstoffen geht man wie bei den Alkanen vor. Für die Doppel- oder Dreifachbindung ist eine möglichst geringe Positionsnummer festzulegen. Bei den verzweigten Kohlenwasserstoffen muss man zuerst die Hauptkette bestimmen/ finden.



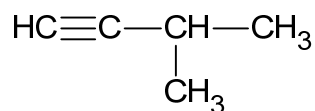
But-2-en



3-Methylbut-1-en



Pent-1-in



3-Methylbutin-1-in

Da die Alkene ebenfalls unpolare Kohlenwasserstoffe sind, sind das Lösungsverhalten in Wasser, die Brennbarkeit und die physikalischen Eigenschaften denen der Alkane sehr ähnlich.

### 5.5. Überlegen Sie!

Auf den Grafiken sind die Siedetemperaturen der ersten Vertreter der homologen Reihe der Alkene und Alkine gegeben. Anhand der Daten der beiden Grafiken formulieren Sie Schlussfolgerungen für die Veränderungen der genannten physikalischen Eigenschaft.

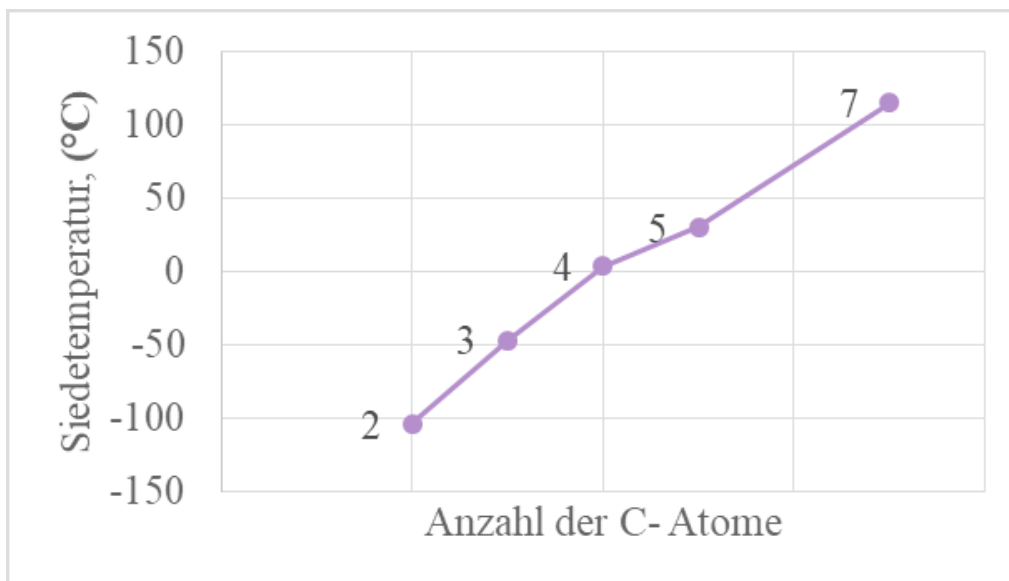
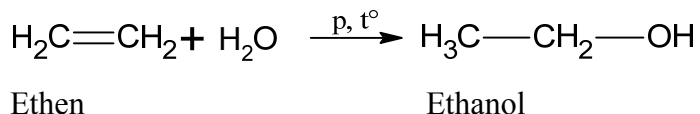


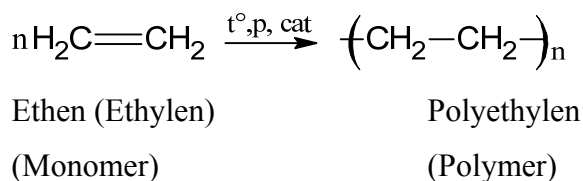
Abbildung 5.5. Siedetemperaturen der Alkene



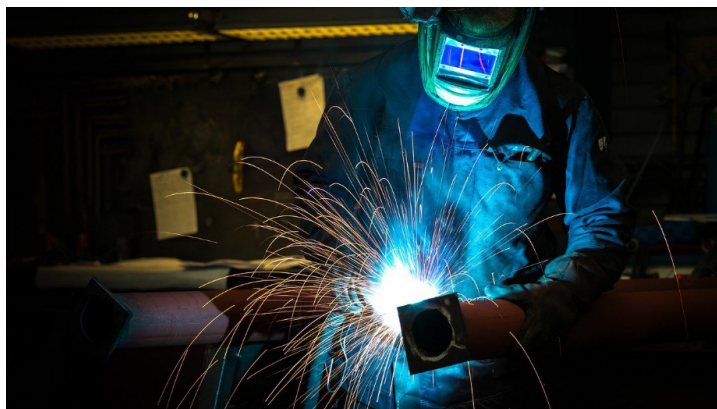
Die Hydratisierung ist die Addition von Wasser an ein Alken. In der Industrie ist die direkte Addition von Wasser an Alkene ein Hauptverfahren zur Herstellung von Alkoholen. Dabei können Alkene leicht aus Erdgas oder Erdöl gewonnen werden, entweder durch direkte Isolierung aus den Rohstoffen, oder durch Cracken langkettiger Alkane.



Eine besondere Reaktion der Alkene ist die **Polymerisation**, bei der makromolekulare Verbindungen entstehen, die als Kunststoffe vielfältig verwendet werden:

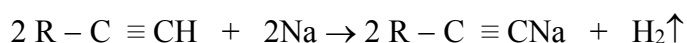


Alkene sind brennbar. Da sie die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, entstehen bei vollständiger Verbrennung Kohlenstoffdioxid und Wasser. Bei der **Verbrennung** von Ethin (Acetylen) werden Temperaturen bis zu 3000 °C erzeugt, sodass dieses Alkin zum Schweißen eingesetzt wird (Abb. 5.7.).



**Abbildung 5.7.** Verwendung von Acetylenbrenner<sup>64</sup>

Terminale Alkine reagieren mit Alkalimetallen. Es bilden sich Alkalialkinide. In wässrigen Lösungen von Silber(I)- und Kupfer(I)salzen entstehen dabei die unlöslichen Schwermetallalkinide. Diese sind jedoch, in getrocknetem Zustand, hochexplosiv!





Alkene werden aus Erdöl von Alkanen gewonnen. Ethen ist ein Phytohormon und hat Einfluss auf verschiedene Stoffwechselfvorgänge in Pflanzen. In der Lebensmittelindustrie wird Ethen zur Regulierung von Reifeprozessen bei Obst eingesetzt.

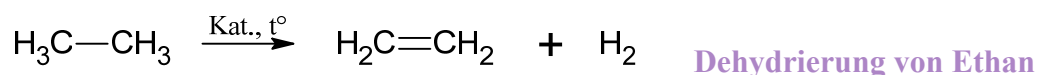
### 5.3. Exkurs

Ethen und Propen gehören zu den wichtigsten Grundstoffen der chemischen Industrie. Die zahlreichen Einsatzmöglichkeiten dieser kurzkettigen Alkene sorgen dafür, dass der Bedarf stetig steigt. Um diesen decken zu können, werden Olefine durch diverse Syntheserouten großtechnisch hergestellt. Das Steamcracken und katalytische Cracken von Naphtha oder Ethan gehören zu den am meisten verbreiteten Verfahren, um leichte Olefine zu synthetisieren.



Diese Technologien sind allerdings mit einigen Nachteilen, wie zum Beispiel einem relativ hohen Energieverbrauch und einer geringen Selektivität für bestimmte Olefine verbunden. Endliche Erdölreserven und steigende Erdölpreise führen schlussendlich zur Entwicklung neuartiger Synthesemethoden für leichte Olefine über nachhaltige Rohstoffe speziell für Produktionsanlagen, die nicht völlig rückintegriert zu Raffinerien oder Steamcracker sind.

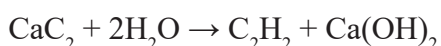
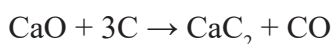
Ethen, Propen und Butene können auch selektiv aus den entsprechenden Alkanen durch Dehydrierung erhalten werden.



Der Vorteil der selektiven Dehydrierung besteht darin, dass kein kompliziertes Produktgemisch vorliegt und die Reaktion somit nicht mit einer aufwendigen Produkttrennung verbunden ist. Die Dehydrierung von Propan zu Propen ist mit einer erheblichen Wertsteigerung am Markt verbunden und wird bereits vielfältig eingesetzt. Ethan kommt als große Nebenkomponente im preiswerten Erdgas vor. Neben der Dehydrierung von Ethan kann Ethen aber auch aus Ethanol hergestellt werden.

Ethin kann durch folgende Gleichungen hergestellt werden:

▪ **Gewinnung und anschließende Hydrolisierung von Calciumcarbid**

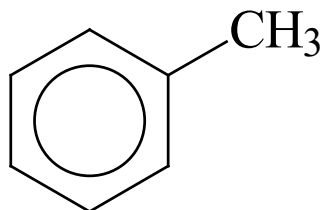






## 5.5. Exkurs

Toluol (Toluen, Methylbenzol, Phenylmethan, Methylbenzen) ist eine farblose, eigenartig riechende, flüchtige Flüssigkeit, die in vielen ihrer Eigenschaften dem Benzol ähnelt. Toluol ist ein aromatischer Kohlenwasserstoff.



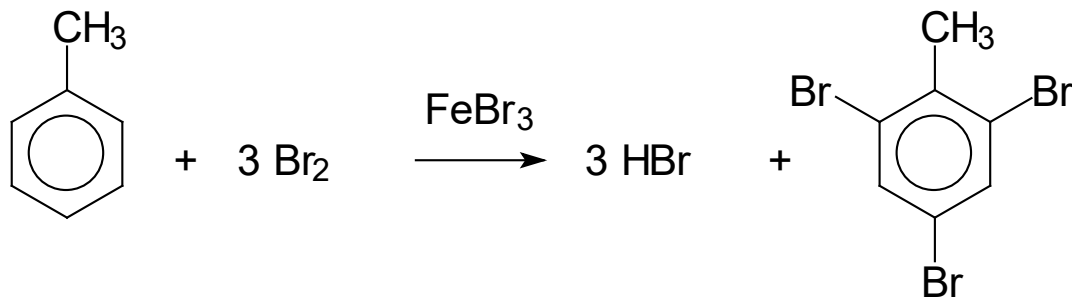
**Toluen**

Toluol kommt im Erdöl und in dem Leichtöl, das bei der Steinkohleteerdestillation anfällt, in kleineren Mengen vor. Toluol wird unter anderem durch Kfz-Verkehr freigesetzt, weil es im Benzin enthalten ist, und es entsteht in kleinen Mengen bei der unvollständigen Verbrennung von organischen Stoffen, wie z.B. im Zigarettenrauch.

Toluol ist der einfachste Vertreter der Alkylbenzole. An der Luft verbrennt es nur unvollständig mit gelber, stark rußender Flamme. Die Flüssigkeit riecht spezifisch, stechend angenehm (dem Benzol ähnlich).

Toluol ist unter Normalbedingungen stabil und relativ reaktionsträge, mit Oxidationsmitteln und Säuren reagiert es jedoch heftig.

Da Toluol relativ reaktionsträge ist, laufen Substitutionsreaktionen an ihm nur relativ langsam ab.



**Toluen**

2,4,6 – Tribromotoluen

### Merken Sie sich!

Die Organische Chemie beschäftigt sich mit den Verbindungen des Kohlenstoffs. Die Kohlenstoffatome sind immer vierwertig. Sie **verknüpfen sich** in Ketten und Ringen mit verschiedener Länge.

Die Strukturformeln bezeichnen die bestimmte Struktur jeder organischen Verbindung. Die Struktur bestimmt die Eigenschaften. Man kann aber auch die Struktur voraussagen, wenn man die Eigenschaften kennt. Verbindungen mit gleicher Zusammensetzung und unterschiedlichem Aufbau und unterschiedlichen Eigenschaften nennt man Isomere. Bei den Kohlenwasserstoffen unterscheidet man Stellungen (Positions)- und Kettenisomerie.

Eine homologe Reihe besteht aus organischen Verbindungen, die sehr ähnliche Struktur bzw. Eigenschaften haben und sich in einer oder mehreren Methylengruppen unterscheiden. In einer homologen Reihe variieren die Eigenschaften der Homologe systematisch mit der Kettenlänge.

Kohlenwasserstoffe, die ausschließlich Einfachbindungen enthalten, nennt man Alkane. Sie sind gesättigte Kohlenwasserstoffe. Alle Kohlenwasserstoffe mit Doppel- und Dreifachbindungen nennt man ungesättigt. Das sind Alkene und Alkine.

Das Methan, wie alle Alkane, ist reaktionsträge. Es beteiligt sich an Substitutionsreaktionen mit Halogenen und kann verbrannt werden.

Alkene und Alkine sind reaktionsfähiger. Sie können an Additionsreaktionen teilnehmen. Die Mehrfachbindung in den Alkenen und Alkinen kann mit Bromwasser und einer Wasserlösung von Kaliumpermanganat nachgewiesen werden. Beide, Alkane und Alkine, können verbrannt werden.

Benzen ist der einfachste Vertreter der aromatischen Kohlenwasserstoffe (Arene). Es besitzt eine delokalisierte 6-Elektronenbindung. Benzen ist giftig und kanzerogen. Benzen kann meistens an Substitutionsreaktionen teilnehmen.

# Zusammenfassung und Übungsaufgaben

## Schlüsselbegriffe

- Kohlenwasserstoffe
- homologe Reihe
- Alkane
- Alkene
- Alkine
- Isomere
- Kettenisomerie
- Positionsisomerie
- Polymerisation
- Substitutionsreaktionen
- Additionsreaktionen

## I. Kreuzen Sie die richtige Antwort an!

1. Die organische Chemie befasst sich mit den organischen Verbindungen. Welche zählen dazu?

- a) Kohlenstoffdioxid
- b) Kohlensäure
- c) Hexen
- d) Schwefelsäure

2. Die C-Atome in organischen Verbindungen

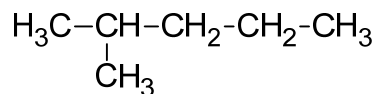
- a) verknüpfen sich nur mit anderen C-Atomen
- b) verknüpfen sich miteinander, indem sie Ketten bilden
- c) Bilden nur Ringsysteme
- d) Bilden nur verzweigte Ketten

3. Eine verzweigte C- Kette:

- a) enthält nur primäre C-Atome
- b) enthält nur sekundäre C-Atome
- c) kann primäre, sekundäre und tertiäre C-Atome enthalten
- d) kann nur tertiäre und quartäre C-Atome enthalten

4. Welche Reihe enthält nur Alkene?

- a) Methan, Ethan, Pentan
- b) Ethan, Ethen, Ethin
- c) Propan, Penten, Hexan
- d) Propin, Butin, Pentin



5. Die Verbindung wird ... genannt:

- a) 2-Methylpentan
- b) 4- Methylpentan
- c) 1,1 – Dimethylbutan
- d) Hexan

6. Welche Behauptungen über die Alkane sind richtig?

- a) Ethen, Pentan und Heptan sind Vertreter der homologen Reihe der Alkane
- b) Aufeinanderfolgende Alkane unterscheiden sich jeweils um eine  $\text{CH}_4$ -Gruppe
- c) Für die homologe Reihe der Alkane ergibt sich  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  als allgemeine Summenformel
- d) Alkane gehören zu den ungesättigten Kohlenwasserstoffen

7. Welche Behauptung über das Alkan 2,2,4-Trimethylpentan ist richtig?

- a) Das Alkan besitzt 3 gleiche Seitenketten
- b) Das Alkan besitzt vier C-Atome in der längsten Kette
- c) Das Alkan besitzt vier H-Atome in der längsten Kette
- d) Das Alkan besitzt zwei Methylgruppen und eine Ethylgruppe

8. Wie nennt man den einfachsten Stoff mit Dreifachbindung?

- a) Methan
- b) Ethin
- c) Propen
- d) Butin

9. Bei den Alkanen sind ... möglich:

- a) Substitutionsreaktionen

- b) Additionsreaktionen
- c) Polymerisationsreaktionen
- d) keine Reaktionen

10. Welche der gegebenen Verbindungen sind Homologe:

- a)  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ,  $\text{CH} \equiv \text{CH}$
- b)  $\text{CH}_3\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{-C} \equiv \text{CH}$
- c)  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ ,  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
- d)  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{CH} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

11. In welcher Reihe stehen isomere Verbindungen?

- a)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  und  $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- b)  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$  und  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- c)  $\text{CH}_3\text{-C} \equiv \text{CH}$  und  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C} \equiv \text{CH}$
- d)  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$  und  $\text{CH}_3\text{-C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$

12. Bei der Bromierung von Ethen:

- a) Verändert das Bromwasser seine Farbe nicht
- b) substituieren die Bromatome die H-Atome bei der Doppelbindung
- c) werden die Bromatome zu der Doppelbindung additiert
- d) entstehen Alkine

13. Was geschieht bei der Additionsreaktion?

- a) Die Doppelbindung wird geöffnet und an die freien Stellen werden Halogenatome gebunden
- b) Eine Doppelbindung öffnet sich und das Molekül zerfällt
- c) Es werden H-Atome durch andere, z.B. Chloratome ersetzt
- d) Es entstehen Makromoleküle

14. Welche der Gleichungen zeigt die Polymerisation von Ethen:

- a)  $n\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$



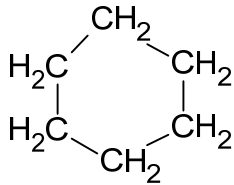
- b)  $n\text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow (\text{CH}_2-\text{CHCl})_n$   
 c)  $n\text{CH}_2=\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2-\text{O})_n$   
 d)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + 2 \text{Na} + \text{ClCH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 + 2\text{NaCl}$

15. Wie nennt man die Seitenketten mit zwei C-Atomen?

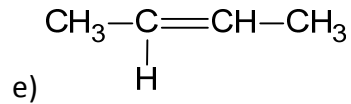
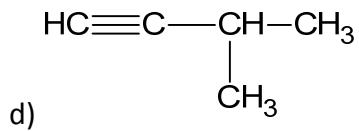
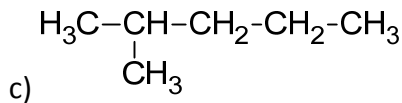
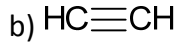
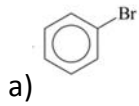
- a) Methyl  
 b) Ethyl  
 c) Propyl  
 d) Pentyl

*II. Lösen Sie die Aufgaben!*

1. Verbinden Sie die Begriffe mit der richtigen Abbildung und/oder Summenformel:

1. Verzweigte Kohlenstoffkette		
2. Unverzweigte Kohlenstoffkette		$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
3. Kohlenstoffringe		$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
4. Alkane		$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
5. Alkene		$\text{C}_n\text{H}_{2n}$
6. Alkine		$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

2. Benennen Sie die folgenden Verbindungen:



3. Schreiben Sie die Strukturformeln der folgenden Verbindungen!

a) 2,2 – Dimethylpropan

b) 2,3 – Dimethyl hex-2-en

c) Pent-2-in

d) Benzen

4. Schreiben Sie die chemischen Gleichungen der Verbrennung von:

a) Methan

b) Ethen

c) Propin

5. Schreiben Sie die chemischen Gleichungen der Reaktionen von Wasser mit:

a) Ethen

b) Ethin

6. Auf der Abbildung (Abb.5.9) sind folgende Lösungen dargestellt:

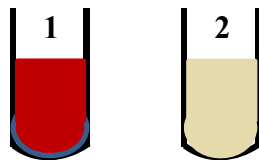


Abbildung 5.9 Bromwassertest

1- Bromwasser

2- Entfärbung von Bromwasser durch Ethen

Erklären Sie, warum Bromwasser beim Einleiten von Ethen entfärbt werden kann?

7. Ergänzen Sie die richtigen physikalischen Eigenschaften!

Alkane mit bis zu vier Kohlenstoffatomen sind bei Raumtemperatur ... (1), solche mit mehr als 16 Kohlenstoffatomen sind bei Raumtemperatur ... (2). Mit steigender Kettenlänge nehmen die Schmelz- bzw. Siedetemperaturen ... (3).

### **Projektarbeit**

**Bereiten Sie Präsentationen zu den folgenden Themen vor:**

- **Weltverbrauch natürlicher Kohlenwasserstoffquellen**
- **Verarbeitung von Kohlen – Verkokung und Vergasung**
- **Öl – Zusammensetzung, Verarbeitung (fraktionierte Destillation, Cracken), Verwendung**
- **Erdgas – Zusammensetzung, Verarbeitung, Verwendung**

## 6. Organische Verbindungen mit funktionellen Gruppen



In diesem Kapitel werden Verbindungen besprochen, die auch Atome anderer Elemente (Heteroatome) enthalten. Das sind unterschiedliche Stoffklassen, die im Alltag und in der Umwelt sehr weit verbreitet sind. So hier lernen Sie:

- wie Essig und Alkohol hergestellt werden.
- wie man Energie vom Biotreibstoff gewinnt.
- was die chemische Natur der Duft- und Aromastoffe ist.

# Organische Stoffklassen

Atome oder Atomgruppen, die die chemischen Eigenschaften einer Verbindung bestimmen, nennt man **funktionelle Gruppen**.

Substanzen mit gleicher funktioneller Gruppe bilden eine **Stoffklasse** (Tabelle 6.1.).

**Tabelle 6.1.** Wichtige organische Stoffklassen

Stoffklasse	Funktionelle Gruppe		Benennung	Typische Reaktionen
	Name	Struktur		
Alkohole (Alkanole)  Phenole	Hydroxy- gruppe	$R-O-H$	Anzahl der C-Atome – Wortwurzel + die Endung -ol	Dehydratation  Verbrennung  Veresterung
Aldehyde (Alkanale)	Carbonylgruppe	Aldehyd- gruppe  $\begin{array}{l} R \\ \diagdown \\ C=O \\ \diagup \\ H \end{array}$	Anzahl der C-Atome – Wortwurzel + die Endung -al	Additions- reaktionen
Ketone (Alkanone)		Keto- Gruppe  $\begin{array}{l} R \\ \diagdown \\ C=O \\ \diagup \\ R \end{array}$		
Carbonsäuren	Carboxyl- gruppe	$\begin{array}{l} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ OH \end{array}$	Anzahl der C-Atome – Wortwurzel + Endung - säure	Neutralisation  Veresterung
Amine	Amino- gruppe	$CH_3-NH_2$	Position der Aminogruppe + Präfix amino + Anzahl der C-Atome – Wortwurzel	Salzbildung

## Wichtigste Vertreter der organischen Stoffklassen

**Methanol** ( $CH_3OH$ ) (Abb. 6.1.) ist der einfachste organische Alkohol. Er ist flüssig, brennbar und verdunstet leicht. Methanol schädigt das Zentralnervensystem und Einnahme sogar von kleinen Mengen kann zur Erblindung führen.

### 6.1. Überlegen Sie!

Füllen Sie Tabelle 6.2. für die homologe Reihe der Alkohole aus.

**Tabelle 6.2.** Homologe Reihe der Alkohole

Empirische Formel	Vereinfachte Strukturformel	Name
$\text{CH}_3\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{OH}$	Methanol
	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	Ethanol
$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Propan-1-ol
$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	
:	:	:
$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$	-	Alkanol

**Ethanol** ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) (Abb.6.1) ist eine farblose, klare, brennbare, leicht entzündliche, alkoholisch riechende Flüssigkeit mit einem brennenden Geschmack. Ethanol hat eine starke Wirkung auf unser Nervensystem. Im Gehirn bindet Ethanol an verschiedene Rezeptoren und setzt Botenstoffe wie z. B. Endorphine, die Glücksgefühle frei auslösen. Gesteigerte Redseligkeit und Tatendrang sind die andere Folge. Außerdem wirkt Ethanol besonders auf die hemmenden Synapsen und stört dadurch Bewegungsabläufe. Der Gang wird langsamer und schwankend, die Reaktionsfähigkeit und Konzentrationsfähigkeit nehmen ab. Ethanol stört in der Leber die Freisetzung von Traubenzucker. Die Folge dieser Störung ist ein Abfall des Blutzuckerspiegels, durch den Kopfschmerzen, Gereiztheit und im Extremfall sogar ein Koma ausgelöst werden können. Ethanol ist ein Zellgift und zerstört die Eiweiße.

In der Umgangssprache wird Ethanol mit Alkohol gleichgesetzt. Ethanol erfreut sich besonderer Wertschätzung als Genussmittel. Zugleich ist es jedoch auch die am weitesten verbreitete Droge. Bei der Aufnahme geringer Alkoholmengen werden Hemmungen abgebaut, es tritt eine euphorische Stimmung ein. Unter stärkerem Alkoholgenuss treten erhebliche Konzentrations- und Koordinationsschwächen auf. Bei häufigerem Alkoholgenuss lernt der Betrunkene sein Verhalten in gewissem Umfang zu koordinieren. Die Schmerzempfindung wird herabgesetzt und der Gleichgewichtssinn gestört. Bei noch höheren Alkoholdosen kann eine Lähmung des Atemzentrums zum Tod führen.

### 6.2. Überlegen Sie!

1. Kommentieren Sie Tabelle 6.3.

Blutalkoholgehalt in %	Erscheinungen
0,3	Erste Gehstörungen
0,5	Gesichtsfeld eingeschränkt

0,6	Leichte Sprachstörungen
1,4	Grenze für koordinierte Reaktion
2,0	Erinnerungsvermögen aufgehoben
4,0 – 5,0	Tödliche Grenzkonzentration

## 2. Beispiel zur Berechnung des Blutalkoholgehalts

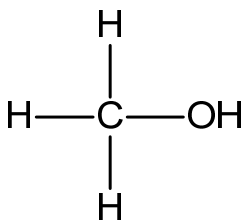
Ein Mann (Gewicht 80 kg) trinkt 1L Bier mit 4% Alkoholgehalt (5% Vol). Die Alkoholmenge von 40 g verteilt sich auf die Körperflüssigkeit (70% der Körpermasse).

$$\text{Blutalkoholgehalt} = \frac{40 \text{ g}}{80 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot 0,7} = \frac{0,7}{10^3} = 0,7$$

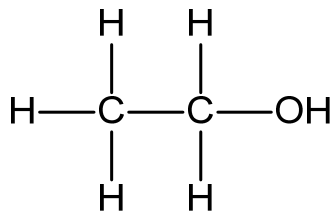
$$\text{Blutalkoholgehalt} = \frac{40 \text{ g}}{80 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot 0,7} = \frac{0,7}{10^3} = 0,7 \text{ ‰}$$

$$\text{Blutalkoholgehalt nach 2 Stunden} = 0,7$$

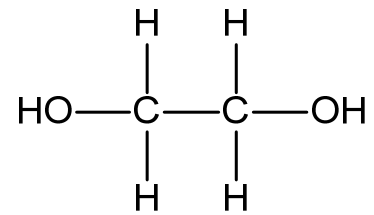
$$\text{Blutalkoholgehalt nach 2 Stunden} = 0,7 \text{ ‰} - 2 \cdot 0,15 \text{ ‰} = 0,4 \text{ ‰}$$



(a) Struktur von Methanol



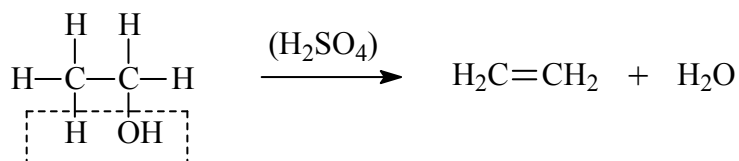
(b) Struktur von Ethanol



(c) Struktur von Ethylenglykol

Abbildung 6.1. Struktur von wichtigen Alkoholen<sup>66</sup>

Typisch für Ethanol ist die folgende Reaktion:



Bei dieser Reaktion handelt es sich um eine Eliminierungsreaktion, bei der Wasser vom Ethanol abgespalten wird, sodass sich eine Doppelbindung zwischen den Kohlenstoffatomen ausbildet. Es entsteht das Gas Ethen. Das Aluminiumoxid wirkt als Katalysator.

### 6.1. Denken Sie einmal nach!

Wenn man zu einer flüssigen Alkoholprobe Natrium hinzufügt, so entsteht Wasserstoff, welches man mit der Knallgasprobe nachweisen kann. Diese Methode gilt zwar als Alkoholnachweis, ist jedoch nicht eindeutig, da alle ausreichend protonenaktiven Substanzen, z.B. Carbonsäuren, anorganische Säuren oder Wasser, die gleiche Reaktion eingehen.

*Drücken Sie die Gleichung der chemischen Reaktion zwischen Ethanol und Natrium aus!*



**Abbildung 6.2.** Dichromatenprobe für Alkohole – negativ (links) und positiv (rechts)<sup>67</sup>

Die **alkoholische Gärung** dient nicht nur zur Herstellung von Genussmitteln wie Wein oder Bier. Vielmehr ist darin ein Prozess zur Herstellung des regenerierbaren Energieträgers Ethanol zu sehen (Abb. 6.3.). Viele kohlenhydrathaltige Abfälle aus der Industrie und Landwirtschaft lassen sich zum Ethanol **vergären**. Dieses Potential wird erst teilweise genutzt.



**Abbildung 6.3.** Gärung von Glucose erfolgt mithilfe des Enzyms Zymase

### 6.2. Denken Sie einmal nach!

Als Bioethanol bezeichnet man Ethanol, das ausschließlich aus Biomasse hergestellt wird. Die in der Biomasse enthaltene Stärke wird enzymatisch in Glucose aufgespalten und diese anschließend mit Hefepilzen zu Ethanol vergoren. Wird das Ethanol aus pflanzlichen Abfällen, Holz, Stroh oder Ganzpflanzen hergestellt, bezeichnet man es auch als Cellulose-Ethanol. Chemisch gesehen gibt es keinen Unterschied zwischen Bioethanol und synthetisch hergestelltem Ethanol (aus fossilen Brennstoffen). Ethanol kann in reiner Form als Kraftstoff für Ottomotoren eingesetzt werden, aber auch als Beimischung zum Benzin.

In der Tabelle 6.4. sind die Brennwerte verschiedener Brennstoffe angegeben.



- Kommentieren Sie den Brennwert des Ethanols, verglichen mit anderen meist gebrauchten Brennstoffen!

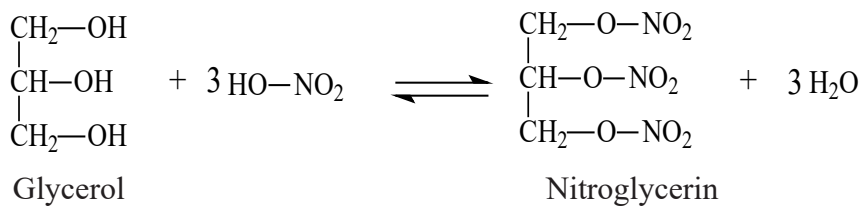
**Tabelle 6.4.** Brenn- und Heizwerte der wichtigsten Brennstoffe (bei 25°C)

Brennstoff	Brennwert (MJ/kg)	Heizwert (MJ/kg)
Holzbriketts	18,7	17,6
Torf	23	15
Steinkohle	30	29
Ethanol	29,7	26,7
Diesel	45,4	42,6
Benzin	43,5	40,9

Recherchieren Sie und kommentieren Sie die Vorteile Ethanol vs. Steinkohle als Heizstoff!

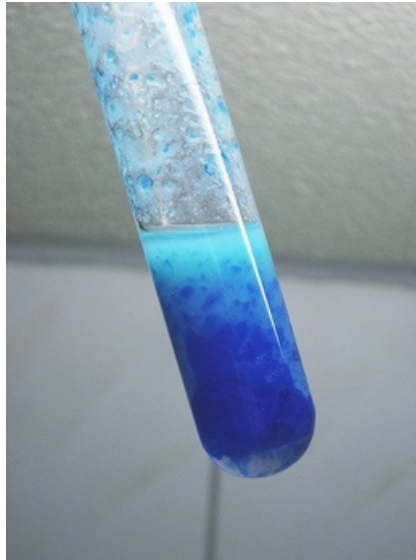
**Ethylenglykol** (Glycol, Glykol, Ethan-1,2-diol) (Abb.6.3.) ist der einfachste zweiwertige Alkohol. Er wird als Frostschutzmittel verwendet.

**Glycerin** (Glycerol) enthält drei Hydroxygruppen. Es ist eine sehr vielseitig verwendbare Substanz. Unter anderem ist es in Kosmetika als Feuchtigkeitsspender enthalten, kann als Frostschutzmittel, Schmierstoff und Weichmacher verwendet werden und wird bei der Herstellung von Kunststoffen, Microchips, Farbstoffen sowie Zahnpasta benötigt. Das Glycerin reagiert (verestert) mit Salpetersäure, indem **Nitroglycerin** entsteht (Abb. 6.4.). In der Medizin wird Nitroglycerin als Arzneistoff zur Erweiterung der Blutgefäße eingesetzt. Außerhalb der Medizin wird Nitroglycerin vor allem als Sprengstoff verwendet. Es ist ein Bestandteil von Dynamit.



**Abbildung 6.4.** Veresterung von Glycerol mit Salpetersäure

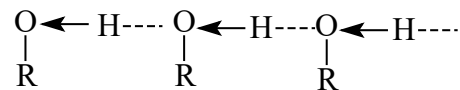
Glycerin bildet eine tiefdunkelblaue Flüssigkeit bei Zusatz einer verdünnten Kupfersulfat-Lösung zu einer stark basischen Lösung von Glycerin (Abb. 6.5.).



**Abbildung 6.5.** Positiver Nachweistest für Glycerin mit Kupfer (II)-hydroxid<sup>68</sup>

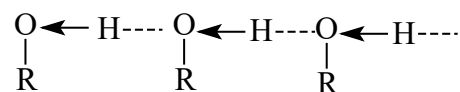
### 6.3. Überlegen Sie!

- Mit der Hydroxygruppe können Alkohole Wasserstoffbrückenbindungen eingehen (Abb. 6.6.). Wie beeinflusst diese Eigenschaft die Schmelz- und Siedetemperaturen der Alkohole im Vergleich zu den Kohlenwasserstoffen? Erklären Sie die Verwendung von Ethylenglykol als Frostschutzmittel!



**Abbildung 6.6.** Wasserstoffbrückenbindung zwischen Alkoholmolekülen

- Die polaren Strukturen vom Wasser und von Alkoholen sorgen nun dafür, dass sich Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Molekülen bilden (Abb. 6.7.). *Wie beeinflusst diese Eigenschaft die Schmelz- und Siedetemperaturen der Alkohole im Vergleich zu den Kohlenwasserstoffen? Erklären Sie die Verwendung von Glycerol als Feuchtigkeitsspender.*



**Abbildung 6.7.** Wasserstoffbrückenbindung zwischen Alkoholmolekülen und Wassermolekülen

## 6.4. Überlegen Sie!

Eine besondere Stoffklasse, die einen Benzenring enthält, sind die Phenole.

- **Phenole** enthalten eine Hydroxygruppe, die direkt mit dem Benzenring verbunden ist. Phenol verursacht Verätzungen und ist ein Nerven-/Zellgift. Wegen seiner bakteriziden Wirkung wurde es früher als Desinfektionsmittel eingesetzt. Es wurde auch zur Produktion von Drogen verwendet und zum Synthetisieren von Kunstharzen. Aus Phenol gewinnt man Pikrinsäure (Abb.6.8), die als Farbstoff und bei der Herstellung von Sprengstoff verwendet wird.

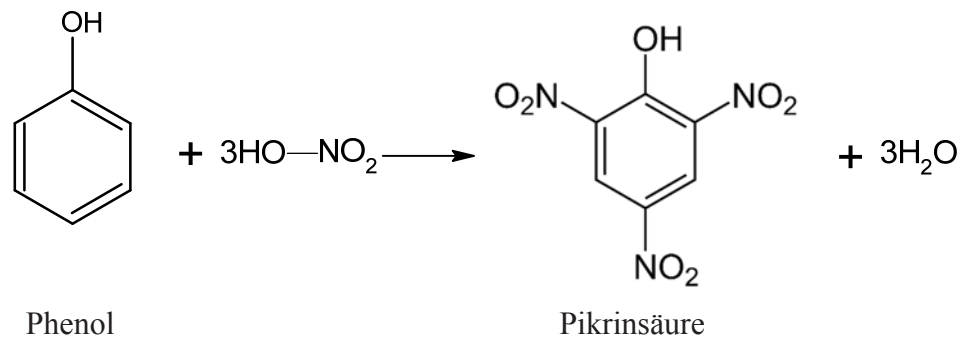


Abbildung 6.8 Synthese von Pikrinsäure<sup>69</sup>

Was ist der systematische Name von Pikrinsäure?

- **Benzoessäure** (Benzencarbonsäure) ist der einfachste Vertreter der aromatischen Carbonsäuren. Bei der Reaktion mit Natrium (Abb.6.9) werden Salze (Benzoate genannt) gebildet.

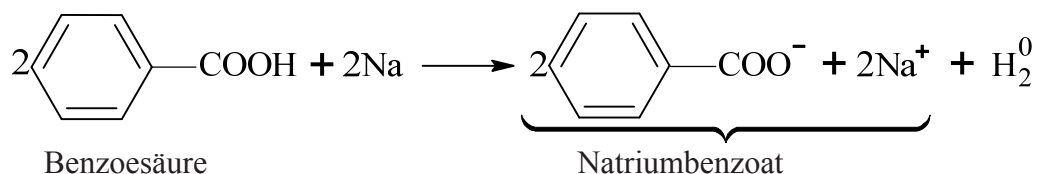
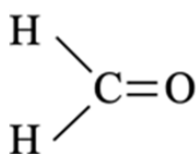


Abbildung 6.9 Reaktion zwischen Benzoessäure und Natrium

Recherchieren Sie im Internet, welche Verwendung die Benzoate haben!

**Methanal** (Formaldehyd, HCHO) (Abb. 6.10.) ist das einfachste Aldehyd. Es ist farblos und bei Raumtemperatur gasförmig. Es ist sehr gut in Wasser löslich. Gerade in der Kunststoffindustrie wird Formaldehyd verwendet. Es ist hier zu einem Grundstoff geworden. Es wird auch für viele

Reinigungs- und Konservierungsmittel, sowie im Bereich Kosmetik zum Beispiel bei Haarwasch- oder Mundpflegemitteln genutzt. Hier müssen diese Produkte jedoch gekennzeichnet sein, dass sie Formaldehyd enthalten. Es ist giftig, denn es zerstört die Eiweiße. Die Formaldehydlösung nennt man Formalin (Abb. 6.10.). Die geringe Konzentration genügt bereits, um die Proteine im Organismus zu denaturieren und eine Autolyse (Fäulnis) zu verhindern. Immer wieder wird Formalin als Fixier- und Konservierungsmittel von menschlichen Körperspendern, Organen und Geweben verwendet.



(a) Struktur von Methanal



(b) Anwendung von Formalin als Fixier- und Konservierungsmittel<sup>70</sup>

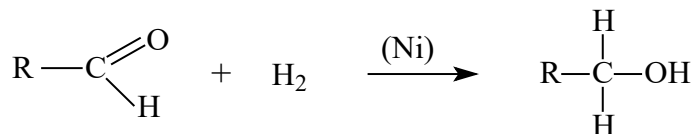
**Abbildung 6.10.** Struktur und Verwendung von Methanal

**Propanon** (Aceton,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )  $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$  ist eine farblose Flüssigkeit mit einem charakteristischen, leicht süßlichen Geruch. Es ist leicht entzündlich und bildet mit Luft ein explosives Gemisch.

Aceton dient in der Lack- und Klebstoffindustrie als universelles Lösungs- und Extraktionsmittel für Cellulose, etherische Öle, Chlorophyll oder Harze.

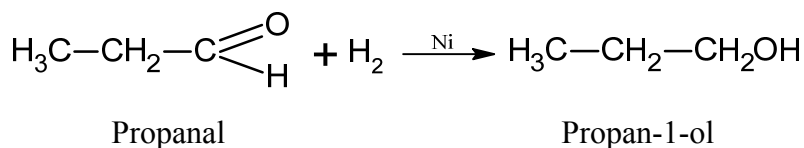
### 6.5. Überlegen Sie!

Die Doppelbindung in der Carbonylgruppe ermöglicht die Additionsreaktionen.

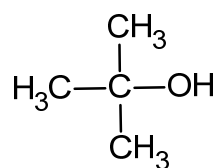
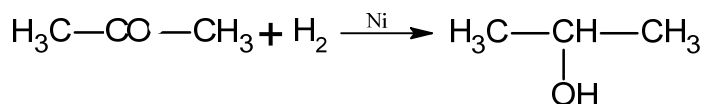


Anhand der Position der Hydroxygruppe entstehen verschiedene Alkohole.

Propan-1-ol ist primärer Alkohol, denn die OH-Gruppe sitzt an einem primären C-Atom. Es entsteht bei der Hydrierung von Propanal:



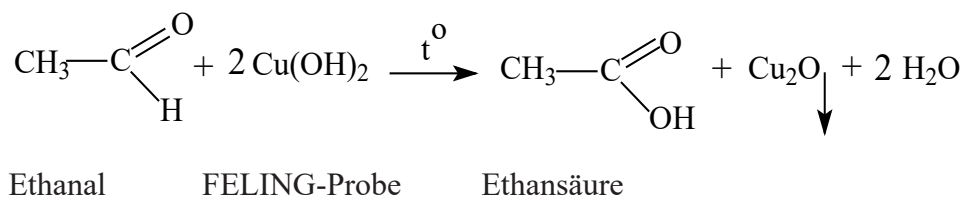
Propan-2-ol ist ein sekundärer Alkohol, denn das C-Atom, an dem die OH-Gruppe sitzt, ist mit zwei Kohlenstoffatomen verknüpft. Es entsteht bei der Hydrierung von Propanon:



2-Methylpropan-2-ol ist ein tertiärer Alkohol, denn das C-Atom, das die OH-Gruppe trägt, ist an drei weitere Kohlenstoffatome gebunden. Tertiäre Alkohole können nicht oxidiert werden.

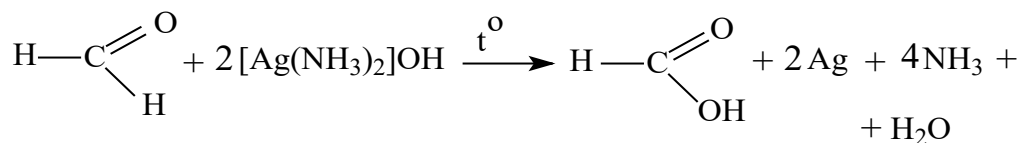
- *Drücken Sie die Hydrierung von Methanal, Ethanal und Butanon aus!*

Aldehyde lassen sich sehr leicht oxidieren. Schon bei ihrer Ablagerung werden Sie mit der Zeit durch Luftsauerstoff zu Carbonsäuren oxidiert. In der qualitativen Analyse nutzt man das Reduktionsvermögen der Aldehydgruppe zu ihrem Nachweis und dazu, Aldehyde von Ketonen empirisch zu unterscheiden. Mit **FELING-PROBE** bilden die Aldehyde einen ziegelroten Niederschlag ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) (Abb. 6.11.).



**Abbildung 6.11.** Fehlingsprobe – negativ (links) und positiv (rechts)<sup>71</sup>

Die **Silberspiegelprobe/TOLLENS-Probe** aus einer ammoniakalischen Silbernitrat-Lösung (TOLLENS-Reagenz) scheidet sich nach Aldehydzugabe ein Silberspiegel an Reagenzglaswand ab (Abb. 6.12.). Auf diese Weise werden auch in der Technik Spiegel hergestellt.



**Abbildung 6.12.** Positive Tollensprobe<sup>72</sup>

## Unterscheidung von Ketonen und Aldehyden

### Experimentelle Aufgabe

Ketone und Aldehyde verfügen beide über eine Carbonylgruppe, wobei diese bei den Aldehyden endständig ist und bei Ketonen nicht. Zur Unterscheidung der Stoffklassen können Aldehyde durch spezifische Nachweisreaktionen wie die FELING-Probe und die TOLLENS-Probe nachgewiesen werden.

#### Materialien:

- 4 Reagenzgläser
- Bunsenbrenner

#### Chemikalien:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Kupfersulfat-Pentahydrat | <input type="checkbox"/> Natronlauge |
| <input type="checkbox"/> Kaliumnatriumtartrat     | <input type="checkbox"/> Ammoniak    |
| <input type="checkbox"/> Natriumhydroxid          | <input type="checkbox"/> Aceton      |
| <input type="checkbox"/> destilliertes Wasser     | <input type="checkbox"/> Acetaldehyd |
| <input type="checkbox"/> Silbernitrat             |                                      |

### Durchführung 1:

Zunächst werden beide Fehling-Lösungen hergestellt. Hierzu werden 7 g Kupfersulfat-Pentahydrat und 100 mL Wasser vermengt (FELING-Probe I) und 35 g Kaliumnatriumtartrat, 10 g Natriumhydroxid in 100 mL Wasser gelöst (FELING-Probe II). Danach werden beide Lösungen im Verhältnis 1:1 zusammen gegeben, mit 3 mL Aceton bzw. Acetaldehyd versetzt und vorsichtig erhitzt.

Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen und erklären Sie die Ergebnisse:

Stellen Sie die chemischen Gleichungen beiden Reaktionen auf:

### Durchführung 2:

5 mL Silbernitrat und 0,5 mL Natronlauge werden in einem Reagenzglas vermischt und solange mit Ammoniak versetzt, bis sich der Niederschlag gerade wieder löst. Dann wird die Lösung auf zwei Reagenzgläser aufgeteilt und mit 1 mL Acetaldehyd (alternativ: Glucose) und Aceton versetzt.

Beschreiben Sie ihre Beobachtungen und erklären Sie die Ergebnisse:

Stellen Sie die Gleichungen der chemischen Reaktionen auf:

## 6.1. Exkurs

Jeder Mensch mit Diabetes kann bei Überzuckerung in ein **diabetisches Koma** geraten, das auch heute noch lebensgefährlich ist. Die beste Vorsorgemaßnahme, um als Mensch mit Diabetes Stoffwechsel-Entgleisungen oder ein Koma frühzeitig zu erkennen, ist die Selbstkontrolle von Blutzucker und Harnaceton. Es kann außerdem lebensrettend sein, die Zeichen des beginnenden diabetischen Kommas gut zu kennen.

Zu den Anzeichen des entgleisten Diabetes mit Durst, vermehrtem Wasserlassen und Müdigkeit gesellen sich bei einem beginnenden Koma noch Übelkeit, Erbrechen und Bauchschmerzen hinzu. Vor allem die Bauchschmerzen verleiten zu Missdeutungen. Ein drohendes Diabetes-Koma wird dadurch fälschlicherweise häufig als Lebensmittelvergiftung oder Blinddarmreizung gedeutet.

Weitere Anzeichen für ein beginnendes Koma sind Blutzuckerwerte über 250 mg% und eine tiefe, schwere Atmung. Außerdem findet sich in der Atemluft Aceton. Der Geruch nach Aceton, der mit dem Geruch von faulen Äpfeln oder Nagellack vergleichbar ist, wird vom Betroffenen selbst meist nicht wahrgenommen.

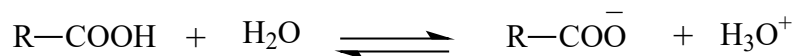
Bei diesen Anzeichen eines hohen Blutzuckers, einer Diabetesentgleisung und eines diabetischen Komas sind geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten bzw. der Arzt zu konsultieren.

**Ameisensäure** (systematisch Methansäure, HCOOH) ist eine farblose, ätzende und in Wasser lösliche Flüssigkeit. Ameisen und auch einige Käfer bilden Giftsekrete, die ihrer Verteidigung dienen. Die Dämpfe der Methansäure wirken stark reizend auf Atemwege und Augen. Zu Verätzungen von Haut und Augen führt jeglicher Kontakt mit der Flüssigkeit (auch in verdünntem Zustand).

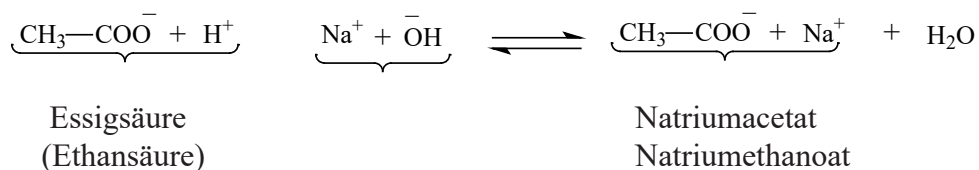
**Essigsäure** (systematisch Ethansäure, CH<sub>3</sub>COOH) ist eine farblose, ätzende, hygroskopische, brennbare Flüssigkeit aus der Gruppe der Carbonsäuren. Speiseessig enthält etwa 5% Essigsäure. Sie wirkt stark keimtötend und wird deshalb als Lebensmittel-Zusatzstoff zum Konservieren von Speisen verwendet. In der chemischen Industrie ist Essigsäure ein wichtiges Zwischenprodukt zur Herstellung von Kunststoffen und Medikamenten.

Mit **Essigsäuregärung** ist meist die von Essigsäurebakterien bewirkte Umwandlung (unvollständige Oxidation) von Zuckern oder Alkohol zu Essigsäure gemeint.

Wässrige Lösungen von Carbonsäuren reagieren sauer. Alle Carbonsäuren sind schwache Säuren.



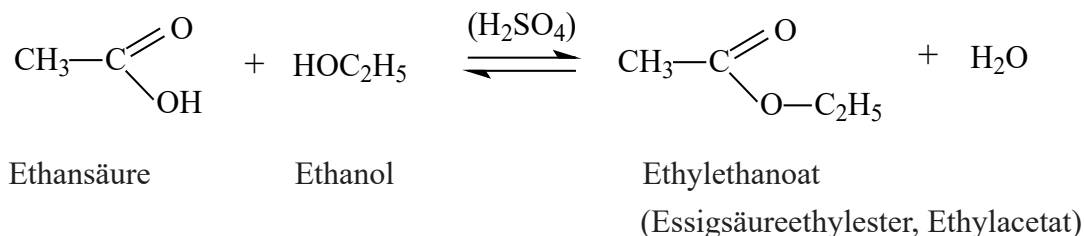
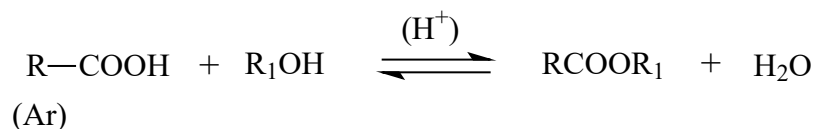
Wie alle Säuren können die Carbonsäuren auch neutralisiert werden:



Die **Veresterung** ist eine typische, auch technisch vielfach genutzte Reaktion der Carbonsäuren. Das ist Reaktion zwischen einer Carbonsäure und einem Alkohol. Es entstehen ein



**Ester** und Wasser. Die Ausbeute an Ester kann durch Arbeiten mit konzentrierter Schwefelsäure als wasserentziehendes Reagenz und beim Erhitzen erhöht werden.



Blüten, Früchte und auch Lebensmittel sind durch ganz charakteristische Duft- und Aromastoffe gekennzeichnet. Häufig gehören sie zur Gruppe der **Ester**. Schon mit einfachen Mitteln lassen sich solche Stoffe herstellen. Als Ausgangsstoffe für die Synthese eines Fruchtaromas können beispielsweise die Ethansäure und das Hexanol verwendet werden.

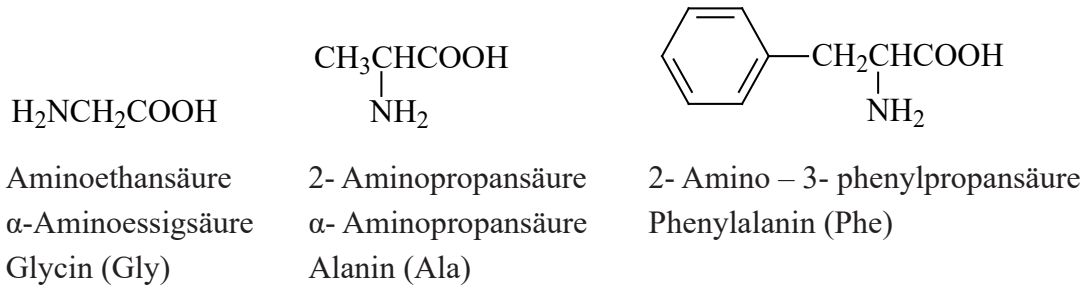
Das entstehende, sehr intensive Fruchtroma erinnert an Birnen. Die Verbindung ist demzufolge ein flüchtiger Stoff. Es handelt sich um einen Ester und zwar um einen sogenannten Fruchtter (Tabelle 6.5).

**Tabelle 6.5.** Ausgewählte Fruchtter

<b>Ester</b>	<b>Geruch</b>
Pentylacetat	Banane
Hexylacetat	Erdbeere
Methylbutanoat	Ananas
Ethylbenzoat	Pfefferminz

**Glycin** (systematisch Aminoessigsäure,  $\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{-COOH}$ ) ist die kleinste und einfachste proteinogene Aminosäure. Glycin ist nicht essentiell, kann also vom menschlichen Organismus selbst hergestellt werden und ist wichtiger Bestandteil nahezu aller Proteine und ein wichtiger Knotenpunkt im Stoffwechsel. Als Eiweißbaustein wird Glycin vor allem zur Bildung von Kollagenen, des roten Blutfarbstoffes, der Gallensäure und der DNA benötigt. Glycin ist außerdem zur Synthese der Peptide Glutathion und Kreatin erforderlich. Bei einem Glycin-Mangel wird Bindegewebe abgebaut.

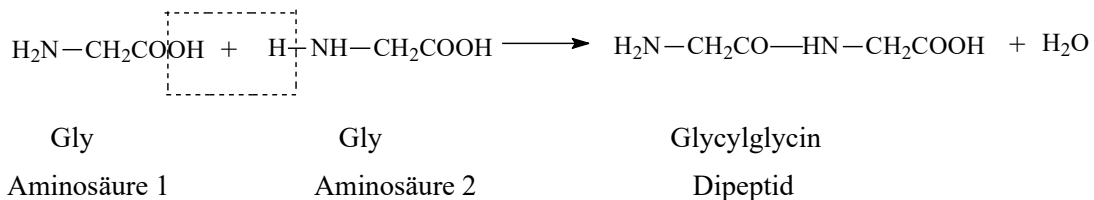
**Die Aminosäuren** sind organische Verbindungen mit zwei funktionellen Gruppen – Amino- und Carboxygruppe.



Die Verknüpfung von Aminosäuren führt zu **Peptiden**. Peptide sind Makromoleküle, die man nach der Anzahl der verknüpften Aminosäuren in Oligopeptide (2 bis 9), Polypeptide (10 bis 100) und Proteine (Eiweiße) (mehr als 100) unterscheidet.

Formal erfolgt die Verknüpfung durch die Reaktion der Carboxylgruppe der Aminosäure 1 mit der Aminogruppe der Aminosäure 2 unter Abspaltung eines Wassermoleküls. Die entstehende Bindung nennt man **Peptidbindung**.

### Peptidbindung



### 6.3. Denken Sie einmal nach!

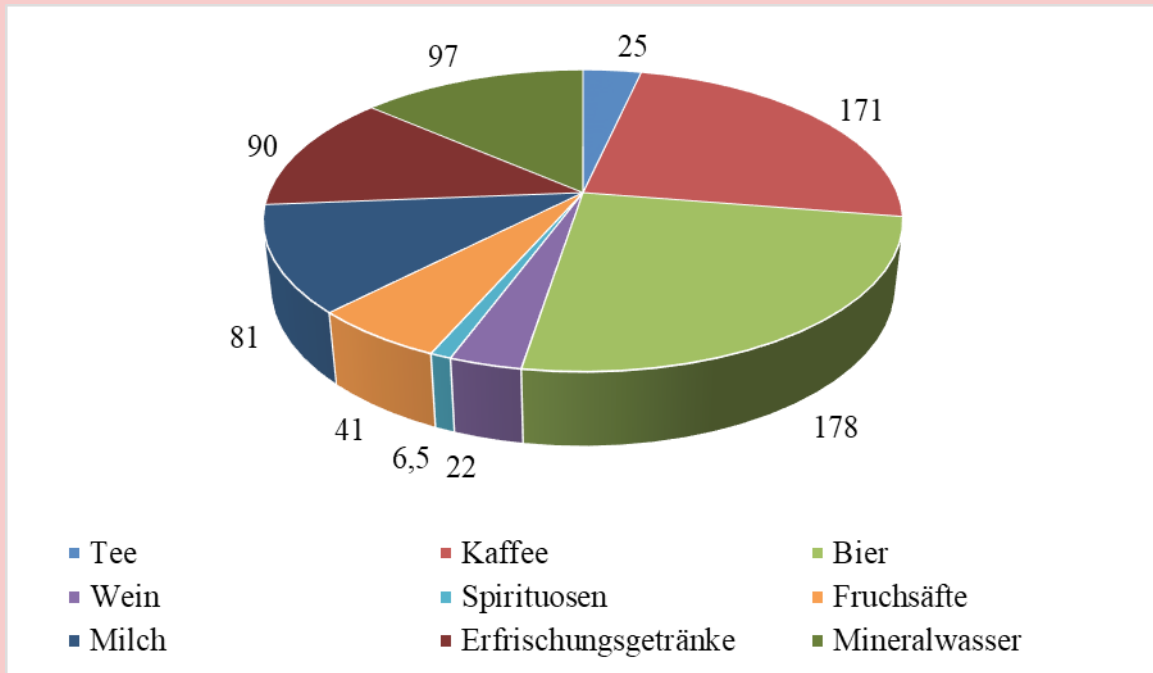
**Milchsäure** (systematisch 2-Hydroxypropansäure) ist eine Hydroxycarbonsäure, enthält somit sowohl eine Carboxylgruppe als auch eine Hydroxygruppe. Ihre Salze (Laktate) stellen ein wichtiges Zwischenprodukt im Stoffwechsel dar. Bei starker Betätigung der Skelettmuskulatur kann es zum Anstieg der Laktatkonzentration kommen. Dieser Vorgang wird als Ursache des Muskelkaters verstanden.

*Schreiben Sie die Strukturformel der Milchsäure!*

### Projektarbeit

- Giftigkeit der Halogenalkane – Chemische Struktur, Vertreter: Halothan, Insektizide

- **Der Alkohol in unserer Gesellschaft – Untersuchen Sie die Trinkvorzüge der Bulgaren und Deutschen. Fassen Sie die Ergebnisse in einem Diagramm (z.B. Abb. 6.13.) zusammen! Kommentieren Sie die Ergebnisse!**



**Abbildung 6.13.** Trinkvorzüge (in L) von Deutschen im Jahr 2015

- **Bereiten Sie eine Präsentation zum Thema vor:**
  - **Alkoholsucht.**
  - **Verwendung von Formaldehyd**
  - **Polycarbonsäuren in unserem Organismus**
- **Untersuchen Sie zum Thema**
  - **Lebensmittelkonservierung – physikalische und chemische Methoden**
  - **Wichtige Sprengstoffe – TNT, Nitroglycerin, Hexogen**
  - **Wichtige Wirkstoffe mit aromatischem Ring – Sulfonamid, Nikotinsäure, Adrenalin, Acetylsalicylsäure u. a.**

### Merken Sie sich!

- Methanol und Ethanol sind gesättigte Alkohole, die eine Hydroxygruppe enthalten
- Ethanol reagiert mit Natrium, bildet Ester, kann verbrannt und entwässert werden
- Ethanol ist toxisch
- Methanol ist hochgiftig
- Ethylenglycol enthält zwei OH- und Glycerol drei OH-Gruppen.
- Glycerol ist süß, nicht toxisch und hygroskopisch. Es hat saure Eigenschaften - reagiert mit Alkalimetallen und Kupfer (II) hydroxid.
- Ethylenglycol ist hochgiftig
- Phenol besteht aus Benzenring und OH-Gruppe
- Methanal ist hochgiftig
- Die Aldehyde und Ketone beteiligen sich an Additionsreaktionen
- Man kann Aldehyde von Ketonen durch TOLLENS-oder FELING-Probe unterscheiden
- Die Carbonsäuren enthalten mindestens eine COOH- Gruppe
- Als Säuren können die Carbonsäuren dissoziiert werden, mit Metallen und Laugen reagieren
- Die Carbonsäuren können verestert und verbrannt werden
- Die Essigsäure ist der wichtigste Vertreter von Carbonsäuren.

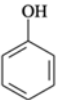
## Zusammenfassung und Übungsaufgaben

### Schlüsselbegriffe

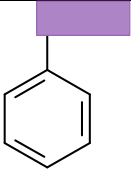


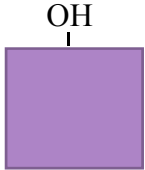


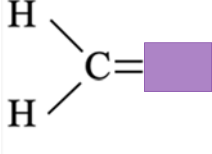
- **funktionelle Gruppe**
- **Alkohole**
- **Aldehyde**
- **Ketone**
- **Carbonsäuren**
- **Veresterung**
- **Aminogruppe**
- **Aminosäure**
- **Peptide**
- **Gärung**

## 6.6. Überlegen Sie!

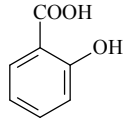
1. Verbinden Sie jede Strukturformel mit der passenden Stoffklasse!

Aldehyde	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Ketone	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$
Carbonsäuren	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}$
Amine	
Alkohole	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Phenole	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{---} \text{CH}_3 \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$

2. Füllen Sie die gefärbten Kästchen mit einem Atom/ einer Atomgruppe, sodass der darunter stehende Name zu der Verbindung passt!

	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}-$ 	 $\text{COOH}$	
Benzoessäure	Ethanol	Ethansäure	Phenol
$\text{CH}_3-$ 	$\begin{array}{c} \text{HC} = \text{O} \\   \\ \text{ } \end{array}$ 		
Methanol	Methansäure	Methanal	

3. Folgende Verbindungen sind gegeben:

$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HC}-\text{OH} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	
A.	B.	C.	D.	E.

#### 6.4. Denken Sie einmal nach!

1. Schreiben Sie die Isomere von:

- $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
- Pentanon

2. Wählen Sie zwei Ester aus Tabelle 6.5 und beschreiben Sie ihre Herstellung!

#### 6.7. Überlegen Sie!

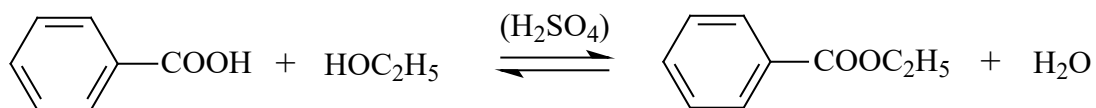
1. Warum ist die Essigsäuregärung jedoch keine Gärung im eigentlichen Sinne? Vervollständigen Sie die chemische Gleichung der Essigsäuregärung!



2. Welche chemische Eigenschaft der Essigsäure wird durch diese Gleichung dargestellt?

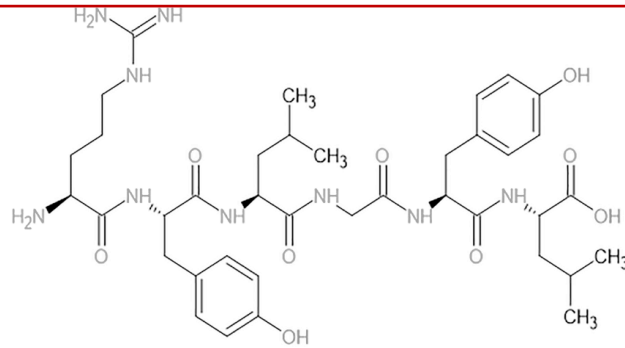


3. Was für eine Reaktion wird dargestellt? Benennen Sie die Ausgangsstoffe und die Produkte. Erklären Sie, wie die Ausbeute des Hauptprodukts erhöht werden könnte!



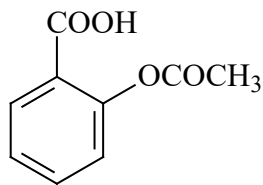
4. Eine allergische Reaktion entsteht immer dann, wenn das Immunsystem einen bestimmten Stoff als schädlich erkennt. Dann ergreift es Maßnahmen, um die jeweilige Substanz möglichst schnell aus dem Körper zu befördern – zum Beispiel Durchfall, Erbrechen, Husten oder Niesen. Kuhmilch und ihre Erzeugnisse enthalten mehrere allergieauslösende Stoffe. Dazu zählen auch die Kaseine (Abb. 6.14.).

*Schauen Sie sich die Struktur von Kasein an und entscheiden Sie, zu welcher Stoffklasse diese Verbindung gehört. Identifizieren Sie die funktionellen Gruppen!*



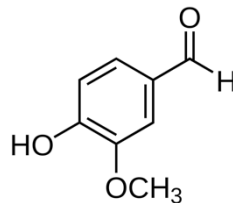
**Abbildung 6.14.** Struktur von Kasein

5. Auf der Packungbeilage eines Medikamentes (Acetylsalicylsäure, kurz: ASS) (Abb. 6.15.) steht „Die Brausetablette wird vor der Einnahme in Wasser aufgelöst. Mithilfe der Brause werden die Wirkstoffe in kurzer Zeit freigesetzt und können somit rasch vom Körper aufgenommen werden“ (<https://www.aspirin.de/aspirin-plus-c>). *Untersuchen Sie die chemische Struktur dieses Stoffes und entscheiden Sie, warum es wasserlöslich ist!*



**Abbildung 6.15.** Struktur von Acetylsalicylsäure

6. Vanille ist ein beliebtes Gewürz. Es wird aus den Kapseln der Vanille (Orchideengewächs) gewonnen. Zu den Hauptkomponenten der Vanille gehört das Vanillin (Abb.6.16.). Die geruchsbestimmende Gruppe ist nämlich eine der funktionellen Gruppen dieser Verbindung.



**Abbildung 6.16.** Struktur von Vanillin

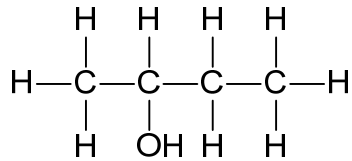
Identifizieren Sie die geruchsbestimmende Gruppe, indem Sie in Betracht ziehen, dass

- bei ihrer Hydrierung eine Hydroxygruppe entsteht
- es immer eine positive TOLLENS-Probe gibt.

## Organische Verbindungen mit funktionellen Gruppen Test

Wählen Sie die richtige Antwort aus!

1. Wie heißt der Alkohol?



- a) Butan-2-ol
- b) Propanol
- c) Methylpropanol
- d) Butanol

2. Formel von Ethanol ist:

- a) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O
- b) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>OH
- c) C<sub>4</sub>OH<sub>6</sub>
- d) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

3. Wie nennt man die Reaktion, bei der aus einem Alkohol ein Aldehyd wird?

- a) Substitutionsreaktion
- b) Additionsreaktion
- c) Veresterung
- d) Oxidation

4. Welche Behauptungen über Methanal sind richtig?

- a) Die Wasserlösung nennt man Formalin.
- b) Methanal ist ein häufig verwendetes Reinigungsmittel.
- c) dient in der Lack- und Klebstoffindustrie als universelles Lösungs- und Extraktionsmittel.
- d) ist in Kosmetika als Feuchtigkeitsspender enthalten.

5. Wodurch unterscheidet sich das Alkanalmolekül vom Alkanolmolekül mit gleicher C-



Anzahl?

- a) Alkanal hat zwei O-Atome mehr.
- b) Alkanol hat ein C-Atom weniger.
- c) Alkanal enthält ein doppelt gebundenes O-Atom.
- d) Alkanal hat zwei H-Atome weniger.

6. Welche Behauptungen über die alkoholische Gärung sind richtig?

- a) Man braucht dazu sehr viel Energie.
- b) Man braucht dazu bestimmte einzellige Pilze.
- c) Bei der alkoholischen Gärung entsteht Kohlendioxid.
- d) Sie erfolgt unter Abschluss von Luft.

7. Wo handelt es sich um Nachweisreaktionen für Aldehyde?

- a) Es bildet sich dunkelblaue Lösung.
- b) Silberspiegelreaktion, auch TOLLENS-Probe genannt
- c) Blaufärbung mit Universalindikator
- d) Entfärbung vom Bromwasser

8. Wie könnte man Octanal herstellen?

- a) Octanol wird mit einem Oxidationsmittel oxidiert
- b) Verbrennung von Octan in reinem Sauerstoff
- c) Additionsreaktion von Wasser und Octen
- d) Substitutionsreaktion von Octanol

9. Was sind mehrwertige Alkanole?

- a) Solche Alkanole, die mehrere Hydroxygruppen in einem Molekül besitzen.
- b) Solche, bei denen viele mehrwertige Elemente im Molekül vorkommen.
- c) Solche Alkanole, die neben -OH auch Doppelbindungen haben.
- d) Solche Verbindungen, bei denen die -OH-Gruppe mit einem Benzenring verbunden ist.

10. Wie nennt man den kennzeichnenden Molekülteil der Aldehyde?

- a) Hydroxygruppe

- b) Carbonylgruppe
- c) Carboxylgruppe
- d) Aminogruppe

11. Welcher Teil des Moleküls wird durch die Endung -al angezeigt?

- a) -COH
- b) -COOH
- c) -C-Cl
- d) -OH

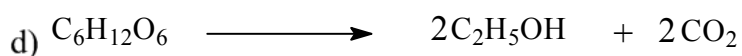
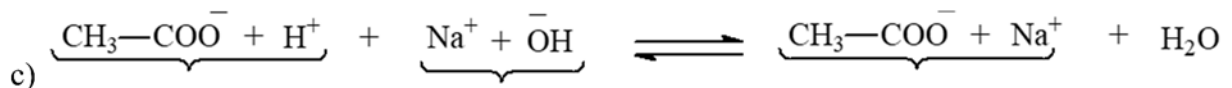
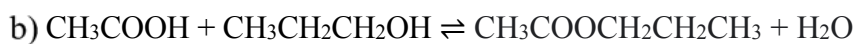
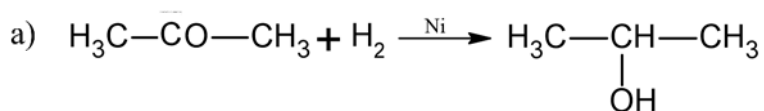
12. Wie heißt der Alkohol in alkoholischen Getränken?

- a) Ethanol
- b) Methanol
- c) Ethanal
- d) Ethansäure

13. Was stellt man bei Diabetikern im "Koma" fest?

- a) Sie atmen Acetaldehyd aus. Man kann es riechen.
- b) Hexanal tritt aus den Poren der Haut aus.
- c) Es ist deutlich ein Geruch nach Ethanol festzustellen.
- d) In der Atemluft ist deutlich Aceton nachzuweisen.

14. Welche Gleichung zeigt ein Veresterungsprozess?



15. Carbonsäuren sind:

- a) organische Verbindungen, die eine oder mehrere Carboxylgruppen ( $-\text{COOH}$ ) tragen.
- b) organische Stickstoffverbindungen mit der Amino-Gruppe ( $-\text{NH}_2$ ) als funktionelle Gruppe.
- c) chemische Verbindungen, die als funktionelle Gruppe eine nicht endständige Carbonylgruppe ( $>\text{C}=\text{O}$ ) enthalten.
- d) eine aromatische, organische Verbindung und besteht aus einer Phenylgruppe ( $-\text{C}_6\text{H}_5$ ), an die eine Hydroxygruppe ( $-\text{OH}$ ) gebunden ist.

16. Die Aminogruppe

- a) wird als die funktionelle Gruppe ( $-\text{NH}_2$ ) der primären Amine und Aminosäuren verstanden.
- b) ist durch ein Kohlenstoffatom gekennzeichnet, das ein doppelt gebundenes N-Atom trägt.
- c) ist als die funktionelle Gruppe aller Alkohole verstanden.
- d) ist in allen Carbonsäuren zu finden.

17. Ein Peptid ist

- a) eine organische chemische Verbindung, die aus einer Verknüpfung mehrerer Aminosäuren hervorgegangen ist.
- b) das Produkt einer Veresterung.
- c) bei der Neutralisation zwei Aminosäuren entstanden.
- d) durch Carbonylgruppen gekennzeichnet.

18. Ursache des Muskelkaters ist

- a) starke Betätigung der Skelettmuskulatur mit Laktaten.
- b) Formaldehyd als Seitenprodukt des Stoffwechsels.
- c) die Peptidbindung.
- d) Bildung von Estern der Milchsäure.

Drücken Sie die chemischen Prozesse mit Gleichungen aus!

1.  $\text{CH}_3\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2\text{CH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$
2.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{ClCH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_3$
3.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$   
↓  
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$

# 7. Organische Verbindungen in der Natur und in unserem Alltag



73

Alle Lebewesen sind aus organischen Molekülen aufgebaut. Diese Moleküle werden mit den Lebensmitteln geliefert und sind für den Stoffwechsel nötig. Das sind nämlich die Proteine, Kohlenhydrate und Fette. Die Nukleinsäuren daher enthalten die genetische Information jedes Lebewesens. Also das sind die Biomoleküle. Biomoleküle sind chemische Verbindungen, die von Lebewesen aufgenommen, gebildet, für ihre Existenz und Vermehrung benötigt oder verbraucht werden.

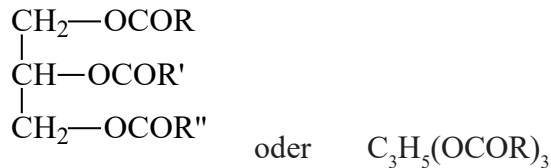
In diesem Kapitel lernen wir:

- was die chemische Zusammensetzung von Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißen ist.
- was der Zusammenhang zwischen Fetten, Seifen und anderen Waschmitteln ist.
- welche die Vor- und Nachteile der Anwendung und Herstellung verschiedener Biomoleküle sind.

# Fette und Waschmittel

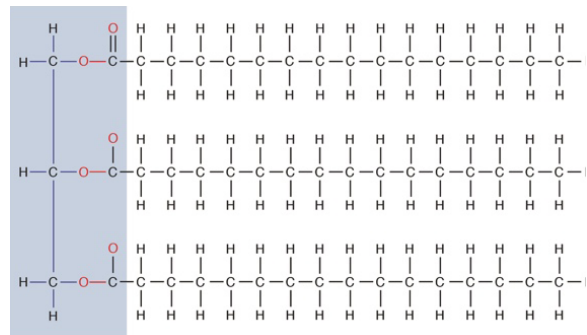
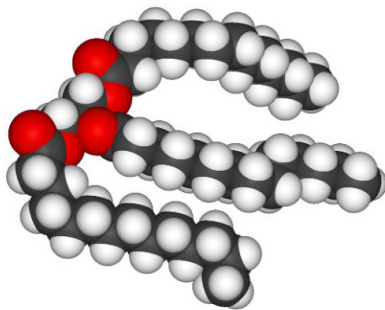
**Fette** sind Stoffgemische, die aus Estern des Glycerins mit drei langkettigen organischen Säuren (Abb. 7.1.) bestehen. Diese unverzweigten **Fettsäuren** mit gerader Anzahl von Kohlenstoffatomen bestimmen maßgeblich die Eigenschaften der Fette.

Die Zusammensetzung eines Fettes kann man mit der Summenformel darstellen:



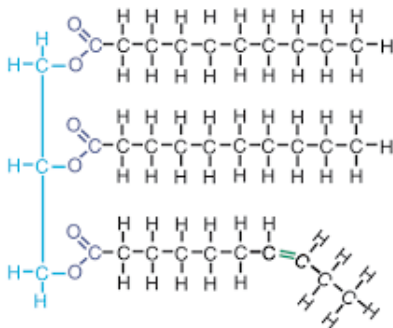
In der Natur findet man Fettmoleküle in vielen Zellen pflanzlicher, tierischer und menschlicher Gewebe. Im Gegensatz zu den Pflanzen nutzen tierische Organismen Fette als Energiespeicher. Diese Form der Energiegewinnung erweist sich sehr effektiv, da in einem Fettmolekül drei Fettsäuren gebunden sind.

Fette und Öle mischen sich aufgrund ihrer unpolaren Molekülstruktur (Abb. 7.1.) nicht mit Wasser, sind aber in vielen polaren Lösungsmitteln löslich.

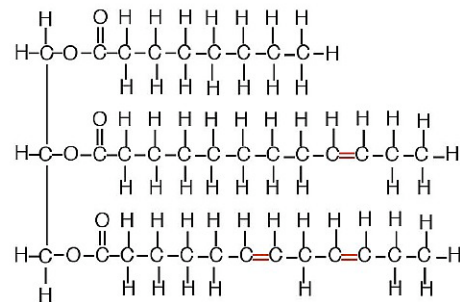


a) Fettmolekül – schematische Darstellung

b) Fettmolekül – gesättigt



c) Fettmolekül – monounesättigt



d) Fettmolekül – polyunesättigt

**Abbildung 7.1.** Struktur von Fettmolekülen<sup>74</sup>

**Gesättigte Fette** sind Triglyceride von Fettsäuren, die nur Einfachbindungen enthalten.

**Ungesättigte Fette** bzw. **Öle** sind Triglyceride von Fettsäuren, die eine oder mehrere Doppelbindungen enthalten. Diese ungesättigten Fettsäuren werden auch **Omega – Fettsäuren** genannt.

Entsprechend der Benennung mit griechischen Buchstaben bedeutet  $\omega$  (*omega*) endständig, die  $\omega$ - Position befindet sich also immer am Ende der Kohlenstoffkette. Abhängig von der Lage der Doppelbindung unterscheidet man zwischen Omega-3-Fettsäuren, Omega-6-Fettsäuren und Omega-9-Fettsäuren.

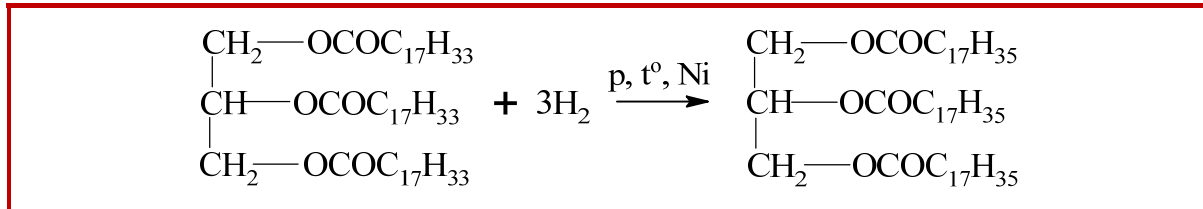
Die meisten ungesättigten Fettsäuren sind essenziell, d.h., sie müssen mit der Nahrung aufgenommen werden, da sie im Körper nicht produziert werden können. Natürliche Fette haben keinen definierten Schmelzpunkt, da sie Gemische unterschiedlicher Triglyceride sind. Je nach der Kettenlänge und dem Hydrierungsgrad der Fettsäuren sind die Fette **fest** oder **flüssig** (Öle). Je höher der Anteil ungesättigter Fettsäuren ist, desto niedriger ist der Schmelzbereich (Tabelle 7.1).

**Tabelle 7.1.** Fettsäuren

Trivial-name	Struktur	Schmelztemperatur °C	Vorkommen
Buttersäure	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	-8	Milch, Butter
Caprylsäure	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16,3	Kokosfett
Laurinsäure	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	43,2	Kokosfett, Palmfett
Ölsäure	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	13	Oliveöl
Palmitinsäure	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63	Tierische Fette, Pflanzen-öle
Stearinsäure	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69,3	Tierische Fette
Linolsäure	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-5	Sojaöl, Maisöl

Bei der **Fetthärtung** werden flüssige pflanzliche Öle in feste Fette umgewandelt. Dies geschieht durch eine teilweise Hydrierung der in den pflanzlichen Fetten enthaltenen ungesättigten Fettsäuren (Abb. 7.2).

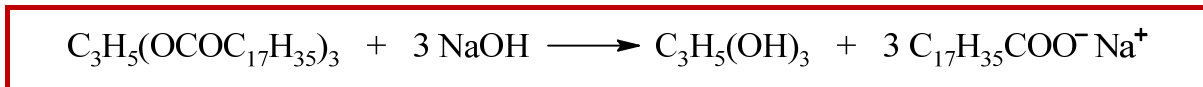
Die Grundsetzung der Fetthärtung ist die Hydrierung der C=C- Doppelbindung, ähnlich der Hydrierung eines Alkens. Die Fetthärtung wird bei der Herstellung von Margarine industriell angewandt.



**Abbildung 7.2.** Chemische Gleichung des Prozesses Fetthärtung

Durch Natron – und Kalilauge können die Fette in Glycerin und die Salze der Fettsäuren gespalten werden. Die Reaktion entspricht einer alkalischen Esterhydrolyse und wird **Verseifung** (Abb.7.3) genannt.

Die Ursache liegt daran, dass Natriumsalze der Fettsäuren seit Jahrhunderten als Kernseife und die Kaliumsalze als Schmierseife genutzt werden.



**Abbildung 7.3.** Chemische Gleichung des Prozesses Verseifung

Die **Seifen** sind also Salze der Fettsäuren.

Seifenmoleküle bestehen aus einem lipophilen (Fett liebenden) und einem hydrophilen (Wasser liebenden) Teil (Abb.7.4). In der Regel ist der lipophile Teil ein langkettiger Alkylrest, während der hydrophile Teil eine polare Endgruppe – Carboxylgruppe ist. Aufgrund dieser Struktur sind Seifen bifunktionelle Verbindungen – können sich daher mit Wasser und Öl vermischen (Abb.7.5).

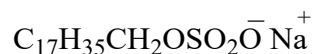




## 7.2. Denken Sie einmal nach!

Wäschestarre und Vergrauung entstehen, wenn Seifen mit hartem Waschwasser benutzt werden. Hartes Wasser weist auf einen hohen Kalkgehalt (Calcium- und Magnesium-Ionen) hin. *Schreiben Sie die Gleichung der chemischen Reaktion zwischen einer Seife und diesen Ionen.* Die entstehenden Salze sind schwer löslich.

Der Waschvorgang ist ein komplizierter Prozess. Die Verschmutzungen der Wäsche können sehr unterschiedlicher Natur sein. Auch die Textilfasern Wolle, Cellulose und Kunstfasern haben unterschiedliche Strukturen und Eigenschaften. Daneben hängen das Waschergebnis und die Weißtönung von der Härte des Wassers ab. **Waschmittel** sind daher ein komplexes Stoffgemisch, wobei sich die Zusammensetzung von Universal- und Spezialwaschmittel unterscheidet. Als waschaktive Substanzen sind 15 – 25% **Tenside** enthalten. Sie lassen sich wie Seifen aus Fettsäuren gewinnen, aber im Waschmittel sind sie z. B. in einer veresterten Form:



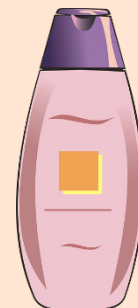
Diese Tenside haben gegenüber den klassischen Seifen den Vorteil, dass sie mit  $\text{Ca}^{2+}$  – und  $\text{Mg}^{2+}$  – Ionen keine schwer löslichen Salze bilden.

## Projektarbeit

**Die Inhaltsstoffe der Waschmittel gelangen mit der Waschlauge ins Abwasser und daher ins Oberflächenwasser. Sie besitzen größtenteils noch ihre Funktion als grenzflächenaktive Stoffe oder als Komplexbilder und belasten die Umwelt (Abb. 7.6.). In Waschmitteln, Spülmitteln, Shampoos, Duschgels (Abb. 7.7.) usw. finden Tenside Verwendung, um die „Löslichkeit“ von Fett- und Schmutzpartikeln, die in der Wäsche oder am Körper haften, in Wasser zu erhöhen. Sie bilden bei der Herstellung fetthaltiger Hautcreme die wichtigste Komponente in Kosmetika.**



**Abbildung 7.6.** Eutrophierung ist Folge der Tensidenzuführung zum Wasser<sup>76</sup>



**Abbildung 7.7.** In Shampoos sind meistens Schwefelsäureester enthalten<sup>77</sup>

Bereiten Sie Präsentationen zu den folgenden Themen vor:

- Die Eutrophierung der Gewässer durch Phosphate
- Die Tenside in den Produkten meines Haushalts

Ein Polymer ist ein chemischer Stoff, der aus Makromolekülen besteht. Die Makromoleküle dieser Stoffe sind aus einer oder mehreren Struktureinheiten (Monomeren) aufgebaut (Abb. 7.8.). Ein Biopolymer ist ein Polymer, das in der Zelle eines Lebewesens synthetisiert wird. Das sind Polysaccharide, Proteine, Nukleinsäuren u.a. Biopolymere dienen als Energiespeicher (Glykogen, Stärke), haben strukturelle Funktionen für den gesamten Organismus (Cellulose in Fasern), wirken sich auf den Stoffwechsel aus (Stoffaufnahme, -transport, Enzymreaktionen, Exkretion), bewirken Veränderungen (Muskulatur, Farbwechsel), wehren schädigende Einflüsse aktiv ab, speichern oder vermitteln Information (genetisch, hormonell, neural).

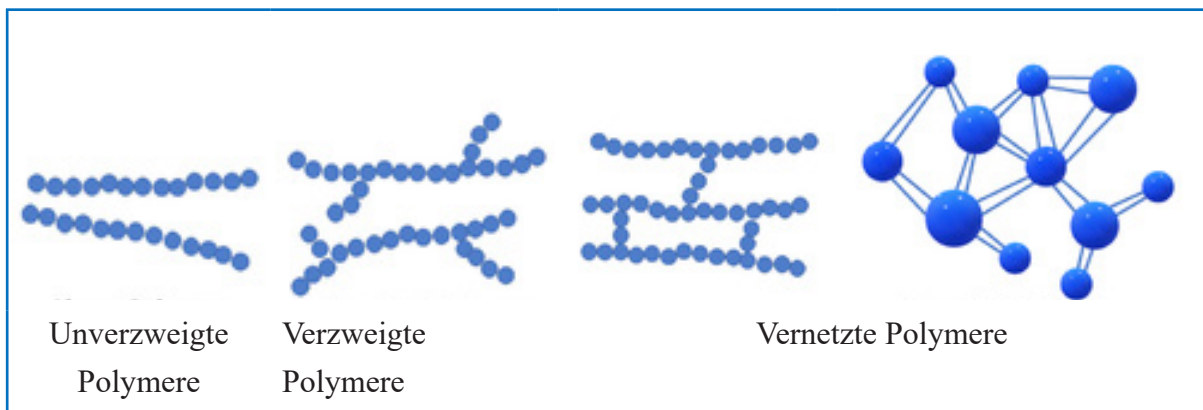
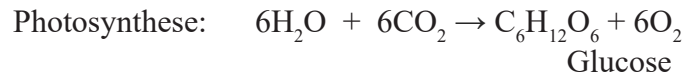


Abbildung 7.8. Verschiedene Polymere

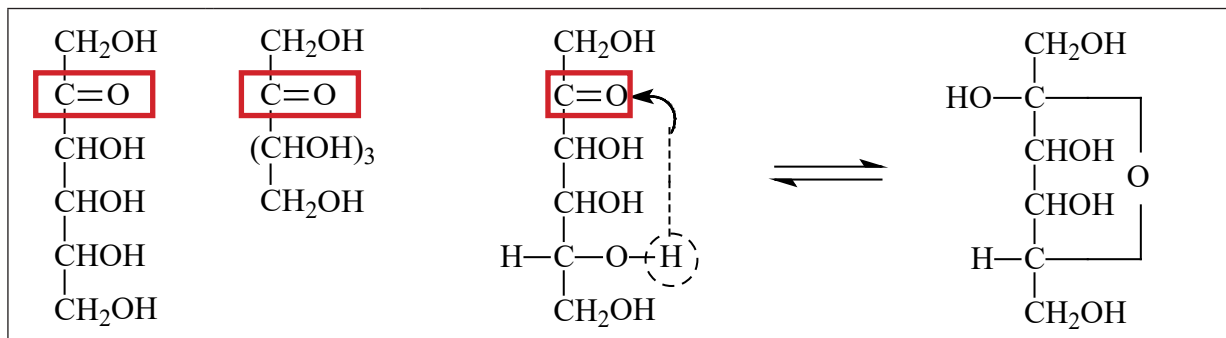
# Kohlenhydrate

Ca. 90 % der Biomasse sind aus Kohlenhydraten aufgebaut. Sie dienen z.B. als Energiespeicher oder Gerüstsubstanz. Das wichtigste Monosaccharid, Glucose, ist das Primärprodukt der Photosynthese (Abb. 7.9.). Alle Kohlenhydrate beruhen auf der allgemeinen Formel  $C_n(H_2O)_m$  – daher auch der Name.

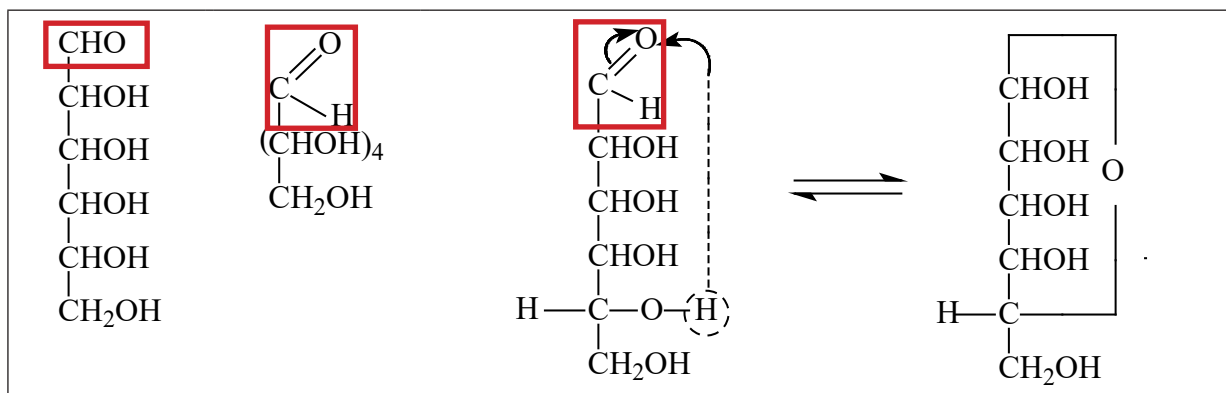


**Abbildung 7.9.** Endprodukt der Photosynthese ist die Glucose

**Monosaccharide** sind die Grundbausteine der Kohlenhydrate. Alle C-Atome bis auf eins tragen eine Hydroxygruppe. Das verbliebene C-Atom trägt eine Carbonylgruppe. Befindet sich diese Gruppe im Inneren der Kette, so spricht man von Ketosen (von Keton) (Abb. 7.10.). Aldosen (von Aldehyd) tragen die Carbonylgruppe am Kettenende. (Abb. 7.11.).



**Abbildung 7.10.** Verschiedene Darstellungen der Struktur von Fructose



**Abbildung 7.11.** Verschiedene Darstellungen der Struktur von Glucose

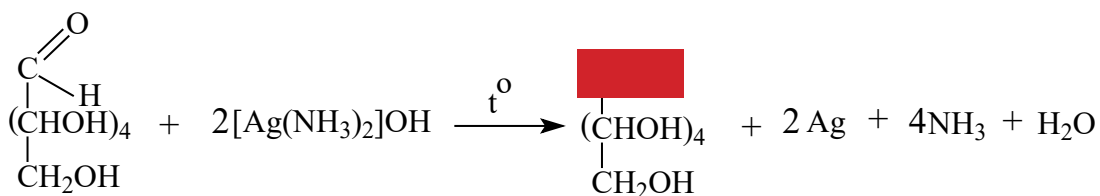
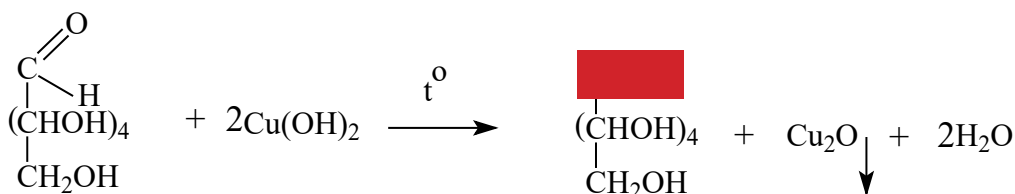
Glucose (Glukose, Traubenzucker) ist eine Aldose mit der Summenformel  $C_6H_{12}O_6$ . Die Kettenform zeichnet sich durch eine Aldehyd-Gruppe (Abb. 7.11.) aus. Diese ist auch die Ursache für die reduzierende Wirkung der Glucose, die den Nachweis mit **FELING-Probe** oder **ammoniakalischer Silbernitratlösung** ermöglicht. Glucose bildet farblose, süß schmeckende Kristalle, die gut in Wasser, aber schlecht in Alkoholen löslich sind. Glucose erhält man bei der Hydrolyse von Rohrzucker; sie ist in vielen Früchten, Honig und im Blutzucker von Wirbeltieren und Menschen zu finden. Ist der Blutzuckergehalt höher als 0,1 g pro 100 ml Blut, so liegt Diabetes vor. Als am häufigsten vorkommendes Monosaccharid ist die Glucose Bestandteil vieler Di- und Polysaccharide.

Fructose (Fruchtzucker) ist ebenfalls ein Monosaccharid mit der gleichen Summenformel wie Glucose aber einer anderen Struktur (Abb. 7.10.). Hier verbinden sich innerhalb der Ringform 4 Kohlenstoffatome und ein Sauerstoffatom. Betrachtet man die Kettenform, so sitzt am zweiten Kohlenstoffatom eine Ketogruppe. Deshalb ist Fructose die wichtigste Verbindung aus der Gruppe der Ketosen. Man erhält Fructose ebenso wie Glucose bei der Hydrolyse von Rohrzucker. Sie ist in Früchten und Honig vorhanden und tritt oft als Zwischenprodukt im Stoffwechsel von Lebewesen auf.

### 7.1. Überlegen Sie!

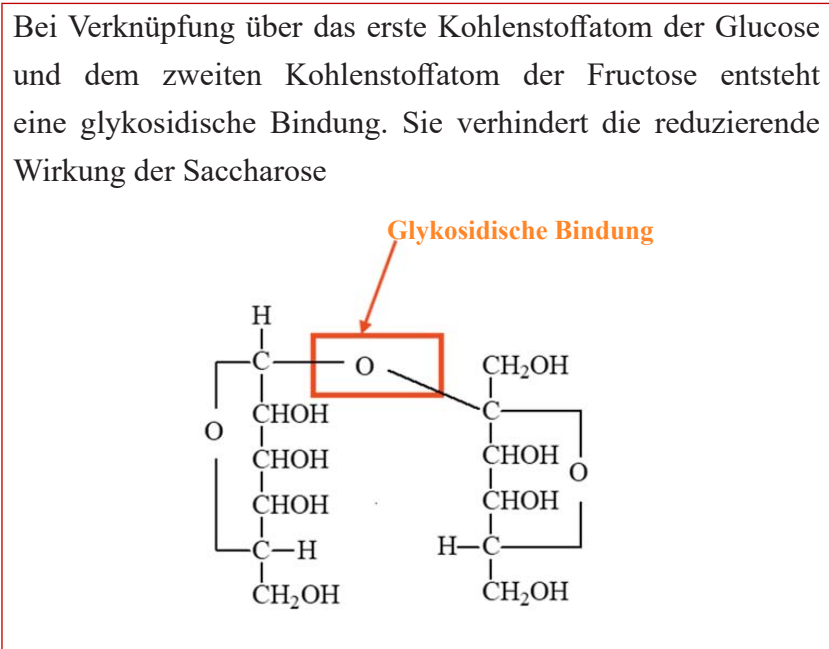
Zucker wirkt immer dann reduzierend, wenn sich die offenkettige Form bilden kann und diese über eine Aldehydgruppe verfügt. Demzufolge wirken die Aldosen wie Glucose reduzierend, die in den Redoxreaktionen zu Zuckersäure werden.

Schreiben Sie die fehlende funktionelle Gruppe der Hauptprodukte der beiden Reaktionen auf!



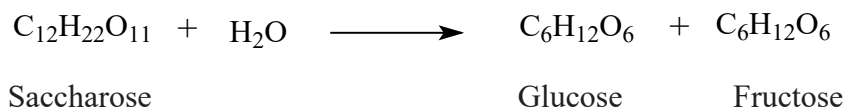
**Disaccharide** bilden sich aus zwei Monosacchariden unter Abspaltung von Wasser, wobei die Verknüpfung über ein Sauerstoffatom erfolgt.

Die bekanntesten Beispiele aus der Reihe der Disaccharide sind Saccharose, Maltose und Lactose. **Saccharose** (Rohrzucker) setzt sich aus einem Glucose- und einem Fructosemolekül zusammen, die über ein Sauerstoffatom verbunden sind. Sie wirkt nicht reduzierend (Abb. 7.12.). Saccharose bildet farblose, süß schmeckende und gut wasserlösliche Kristalle. Sie ist die organische Substanz, die weltweit mit der größten Menge an Reinsubstanz produziert wird. Gewonnen wird sie aus Zuckerrohr und Zuckerrüben und findet Verwendung sowohl zum Süßen als auch zur Herstellung und Konservierung süßer Lebensmittel.



**Abbildung 7.12.** Struktur von Saccharose

Die Zusammensetzung von Saccharose kann durch Hydrolyse des Disaccharids mit verdünnter Salzsäure nachgewiesen werden. Es entstehen die beiden Monosaccharide Glucose und Fructose:



Beide sind reduzierende Zucker, was sich durch eine anschließende FELING-Probe veranschaulichen lässt.

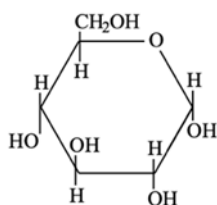
**Polysaccharide** sind makromolekulare Verbindungen, die sich aus vielen tausenden Monosaccharid- bzw. Disaccharideinheiten zusammensetzen.

**Stärke** ist ein Stoffgemisch aus wasserlöslicher *Amylose* und wasserunlöslichem *Amylopektin*. Beide besitzen die gleiche Summenformel  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , haben aber unterschiedliche Molekülmasse und Struktur. Monomerer Grundkörper beider ist die Glucose. Da die Stärke den Pflanzenzellen als Reservestoff dient, wird dort Stärke gespalten. Auf diese Weise erhalten die Pflanzen beispielsweise wichtiges Material für den Aufbau ihrer Zellwand. Auch Tiere und wir Menschen können durch Stärkeabbau Energie aus dem Molekül gewinnen. Allerdings können unsere Verdauungsenzyme nur modifizierte Stärke spalten. Unter modifizierter Stärke verstehen wir die Stärke, die etwas andere Eigenschaften als natürliche Stärke hat. Das liegt daran, dass sie durch chemische Verfahren verändert wird. Die resistente Stärke hingegen ist wie die natürliche Stärke aufgebaut. Wir können sie aber nicht weiter verwerten, weswegen sie für uns ein Ballaststoff ist.

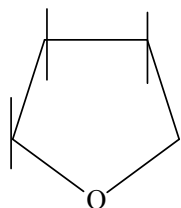
### 7.1. Exkurs

Eine weitere Darstellung der Struktur von Kohlenhydraten bietet die Haworth-Schreibweise. So werden die Moleküle in Ringform dargestellt.

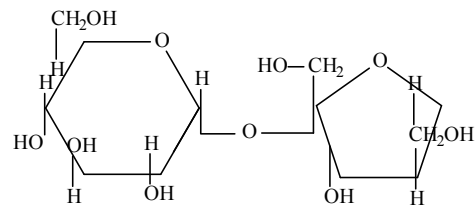
*Ergänzen Sie die fehlenden Atome und Atomgruppen bei Fructose und Stärke.*



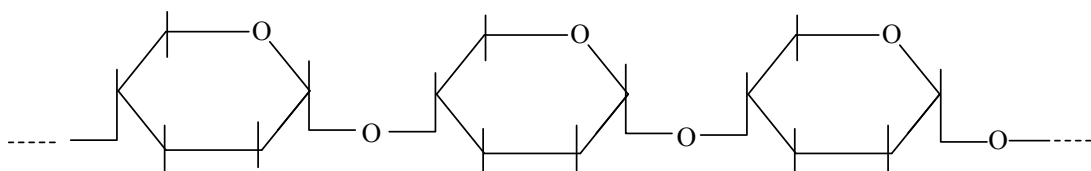
**Glucose**



**Fructose**



**Saccharose**



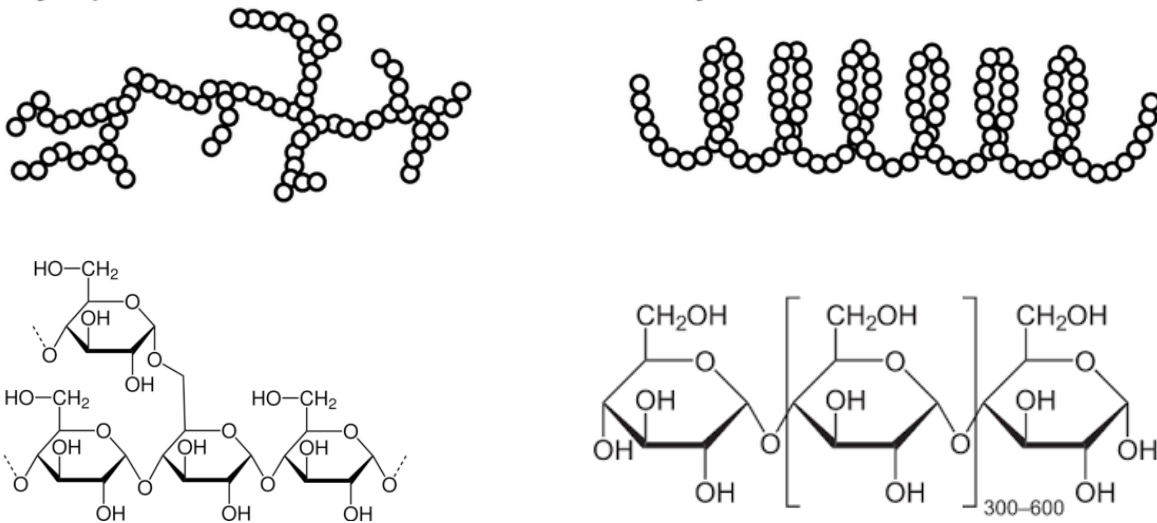
**Stärke**

## 7.2. Exkurs

Die Molekülmasse der Amylose liegt zwischen 10 000 und 50 000 u, die des Amylopektins zwischen 50 000 – 180 000 u.

*Amylose* (20–30% Anteil in der Stärke), besteht aus 300–1 200 monomeren Glucoseeinheiten, die sich in unverzweigten, schraubenartig gewundenen Ketten anordnen und über das jeweils erste und vierte Kohlenstoffatom verknüpft sind. (Abb. 7.13.)

*Amylopektin* (70 – 80% Anteil in der Stärke) setzt sich aus 1500 – 12 000 Monomeren der Glucose zusammen. Diese sind an bestimmten Punkten astähnlich verzweigt. Unter den Glucoseeinheiten findet eine Verknüpfung zwischen dem ersten Kohlenstoffatom des einen Monomers und entweder dem vierten oder dem sechsten Kohlenstoffatom des anderen Monomers statt (Abb. 7.13.).



**Abbildung 7.13.** Struktur von Stärke – Amylopektin und Amylose<sup>78</sup>

**Cellulose** ist der Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwände. Baumwolle und Lein bestehen fast ausschließlich aus Cellulose. Technisch wird Cellulose aus Holz gewonnen, das zu etwa 50 % Cellulose enthält.

Cellulose ist ein Makromolekül, in dem mehr als 10 000 Glucoseeinheiten über (C1–C4) Verknüpfung lange lineare Ketten bilden. Deshalb spricht man auch von Fasern. Cellulose ist farblos, brennbar, unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren und quillt in alkalischer Lösung auf. Die Spaltung von Cellulose in Glucosemolekül ist in der Natur nur durch das Enzym Cellulase möglich. Im Gegensatz zu den Säugetieren verfügen einige Bakterien und Pilze über Cellulase. Im Verdauungssystem der Wiederkäuer leben solche Cellulase produzierenden Bakterien, sodass diese Säugetiere Cellulose abbauen und sie auf diese Weise nutzen können.

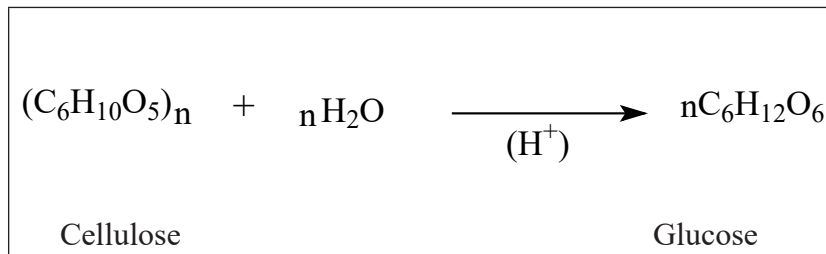
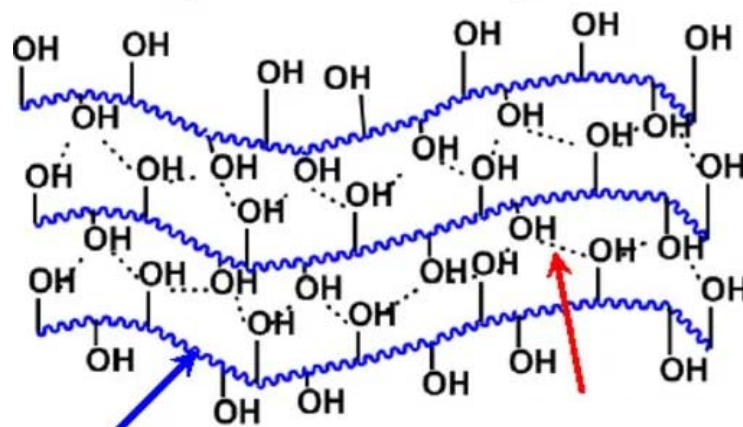


Abbildung 7.14. Hydrolyse von Cellulose

Aus Cellulose wird technisch Zellstoff gewonnen, die Grundlage zur Herstellung von Papier. Auch die Textilindustrie verarbeitet zunehmend wieder die natürlichen Cellulosefasern zu Baumwolltextilien.

### 7.2. Überlegen Sie!

In Cellulose sind die benachbarten Ketten durch schwache Bindungen verknüpft. So entsteht ein unlösliches faseriges Material. Wie nennt man diese Gerüstbindungen? Schreiben Sie den Namen auf die Abbildung!



Lineare Ketten der Cellulose

Abbildung 7.15. Struktur von Cellulose<sup>79</sup>



# Proteine (EiweiÙe)

Die Verknüpfung von Aminosäuren führt zur Bildung von Peptiden. Diese unterteilt man nach der Anzahl der Aminosäurereste in der Peptidkette in Oligopeptide, Polypeptide und die makromolekularen Proteine bzw. EiweiÙe.

**EiweiÙe** nehmen wir mit der Nahrung auf. Im Körper werden die EiweiÙe abgebaut und in die einzelnen Bauteile, die *Aminosäuren* zerlegt. Aus diesen Bausteinen bauen dann die Körperzellen ihre jeweiligen eigenen Proteine auf.

Da die Gesamtstruktur von Peptiden sehr komplex ist, unterteilt man sie zur vereinfachten Betrachtung modellhaft in vier Ebenen, die Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur.

Die gibt die Aminosäuresequenz, also die Art, Anzahl und Reihenfolge der einzelnen Aminosäuren wieder.

**Tabelle 7.2.** Struktur der Proteine

Struktur	Verknüpfung	räumliche Anordnung	Darstellung
Primär	Peptidenbindung	Linear	<p>Primärstruktur</p> <p>Sekundärstruktur</p>
Sekundär	H-Brückenbindung (H-Brücken)	$\alpha$ -Helix  $\beta$ -Faltblatt	

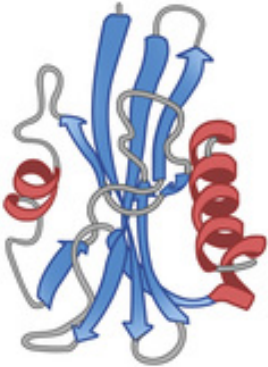

Tertiär	<p>H-Brückenbindung</p> <p><u>Ionenbindung</u></p> <p>Van-der-Waals-Bindungen</p> <p>Disulfidbrückenbindung</p>	<p>mit einer Achterbahn verglichen, einzelne Bereiche liegen als <math>\alpha</math>-Helix andere als Faltblatt oder auch ungeordnet vor</p>	
Quartär	Wie oben angegeben	<p>Besteht aus mehreren Peptidketten</p> <p>Hat auch Bindungen zu Zuckern od. anderen Molekülen</p>	



Abbildung 7.16. Haare bügeln<sup>80</sup>



Abbildung 7.17. Haarlockern<sup>81</sup>

### 7.3. Exkurs

Neben den Proteinen, die nur aus Polypeptidketten bestehen, findet man auch häufig Proteine, die aus Polypeptidketten und nichtpeptidischen Bestandteilen (z.B. Kohlenhydraten, Metallionen oder Nukleinsäuren) zusammengesetzt sind. Diese werden als *Proteide* bezeichnet.

Recherchieren Sie und füllen Sie die Tabelle 7.3. aus.

**Tabelle 7.3.** Unterteilung der Proteine nach ihrer Struktur

Bezeichnung	Nichtpeptidkomponente	Vorkommen	Beispiel
Reine Proteine	Keine		
Lipoproteine		Im Zellmembran	
Metallproteine			Hämoglobin
Nucleoproteine			Chromatin

### Nachweise der Proteine

#### Experimentelle Aufgabe 1

Gibt man zu der Proteinaufschlammung die gleiche Menge verdünnter Natronlauge und fügt anschließend wenige Tropfen einer Kupfersulfat-Lösung (FELING-Probe I) hinzu, kommt es zu einem hellblauen Niederschlag, der beim Schütteln zu einer Violettfärbung führt.

**Materialien:**

- 5 Reagenzgläser
- Messzylinder (10 ml)
- Tropfpipette
- Reagenzglasgestell

**Chemikalien:**

- 2 verschiedene Proteine
- Natronlauge
- Kupfersulfat-Lösung (Fehling I)
- Glycin-Lösung

**Durchführung:**

Im Reagenzglas 1 wird das erste Protein mit wenig Wasser (ca. 3 ml) aufgeschlämmt. Zugabe von ca. 3 ml Natronlauge zur Aufschlammung. Zugabe von 3 – 4 Tropfen Kupfersulfat-Lösung (FELING-Probe I). Anschließend wird geschüttelt und evtl. etwas erwärmt.

Wiederholung der Schritte 1 bis 3 mit dem anderen Protein und den Aminosäure-Lösungen  
Erklären Sie Ihre Beobachtungen!

**Fällung und Auftrennung der Milchproteine****Experimentelle Aufgabe 2**

Milchproteine bestehen zu 80 % aus Casein und 20 % aus Molkeproteinen (Albumine und Globuline). Diese beiden Fraktionen unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Während die Caseine bei einer Senkung des pH-Werts oder durch Labenzym schnell ausflocken, treten die Molkeproteine bei einer Erhöhung der Temperatur zu sichtbaren Aggregaten zusammen. Dieser Fakt kann für eine Auftrennung genutzt werden.

**Materialien:**

- 1 Becherglas (250 ml)
- Glasstab

**Chemikalien:**

- Milch
- dest. Wasser
- Essigsäure

- Messzylinder (100 ml)
- Tropfpipette
- Thermometer
- 2 Trichter
- 2 Faltenfilter
- 2 Erlenmeyerkolben (100 ml)
- Heizplatte
- Spatel
- 10 Reagenzgläser
- Natriumcarbonat
- 2 verschiedene Proteine
- pH-Messgerät

**Durchführung:**

25 ml Vollmilch werden mit 25 ml dest. Wasser versetzt und auf 40 °C erhitzt.

Unter Rühren wird tropfenweise Essigsäure mit  $w = 10\%$  zugegeben, bis ein pH-Wert von 4,6 erreicht ist. Die Milch gerinnt.

Das Gemisch wird einige Minuten stehen gelassen. Anschließend wird der Niederschlag über einen Faltenfilter abfiltriert.

Der Niederschlag besteht aus Casein und etwas Milchfett, welches bei dem Verfahren mit ausgefällt wird.

Bei dem klaren Filtrat handelt es sich um die Molke. Sie ist schwach sauer, enthält alle Inhaltsstoffe der Milch außer Casein.

Das Filtrat wird mit einigen Spatelspitzen Natriumcarbonat auf einen pH-Wert  $\approx 6$  eingestellt.

Die Lösung wird dann auf der Heizplatte vorsichtig aufgeköcht (Siedesteine benutzen). Sie schäumt auf und die Molkeproteine flocken aus.

Molkeproteine werden über einen Faltenfilter abfiltriert.

Das klare Filtrat ist die Molke. Sie ist proteinfrei und wird für die folgenden Versuche aufbewahrt.

## Bewusste Ernährung

Kohlenhydrate, Fette und Proteine sind die Grundlagen unserer Ernährung. Kohlenhydrate und Fette sind dabei die Hauptenergielieferanten – während Eiweiße die Aminosäure zum Aufbau körpereigener Proteine und anderer Substanzen liefern.

Bewusste Ernährung heißt die ausgewogene Aufnahme von Kohlenhydraten, Fetten, Eiweißen, Vitaminen, Mineral – und Ballaststoffen. Die täglich mit der Nahrung aufgenommene Gesamtenergiemenge sollte dem Energiebedarf angepasst sein. Sie ist vom Geschlecht und der Tätigkeit des Menschen abhängig und variiert zwischen 8 800 bis 10 000 kJ. Auch Wasser muss dem Organismus täglich in ausreichender Menge zugeführt werden.

Im Jahr 2019 veröffentlichten Organisationen der Vereinten Nationen einen Bericht, der feststellte, dass mehr als 820 Millionen Menschen auf der ganzen Welt hungern. Derselbe Bericht stellte fest, dass etwa 830 Millionen Menschen weltweit fettleibig sind. Dem Bericht zufolge weisen die Entwicklungsländer größtenteils die am schnellsten zunehmenden Fettleibigkeitsraten auf. Dies ist laut der UN auf die niedrigen Kosten und die Zugänglichkeit hochverarbeiteter Lebensmittel zurückzuführen, die in Entwicklungsländern eingeführt werden.

Einen Hinweis auf die gesunde Zusammenstellung der täglichen Nahrungsmittel gibt die *Ernährungspyramide* (Abb.7.18), deren neues „MyPyramid“-Design (Abb. 7.19) im Jahr 2005 vom USDA veröffentlicht wurde. In dieser Form teilten vertikale Abschnitte die Lebensmittelgruppen innerhalb der Pyramide auf. Diese Version hat ein Strichmännchen, das an der Seite der Pyramide hochklettert, um die Notwendigkeit von Bewegung zu betonen – ein wichtiger Schritt nach vorne.

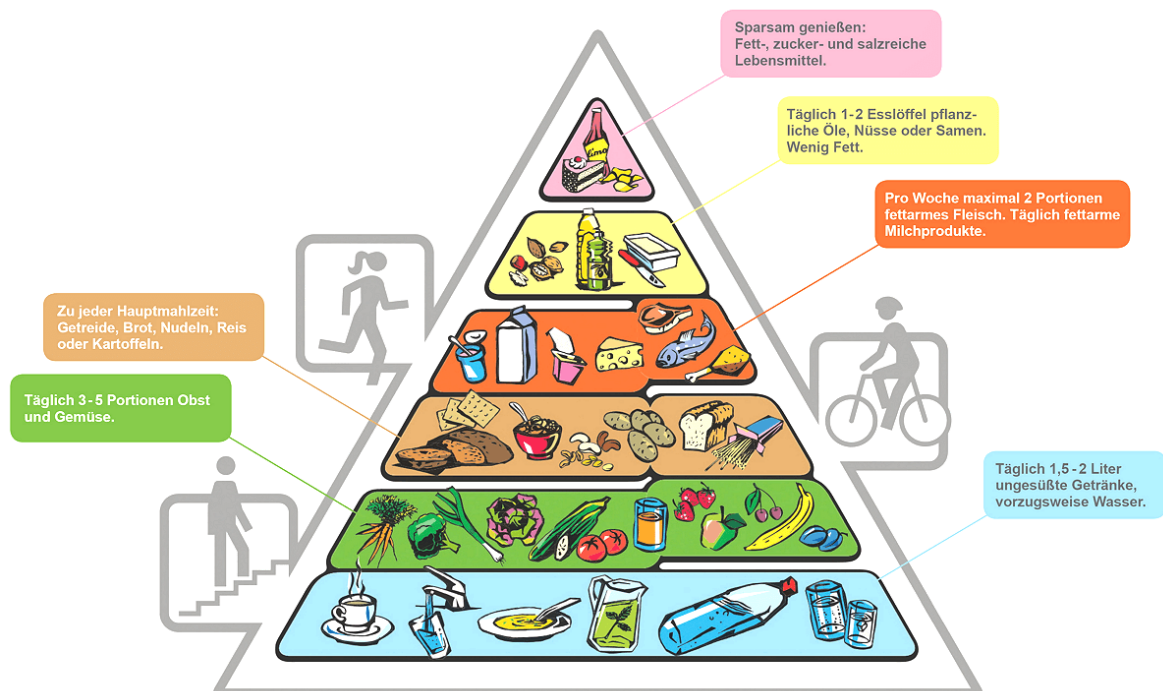


Abbildung 7.18. Ernährungspyramide<sup>82</sup>

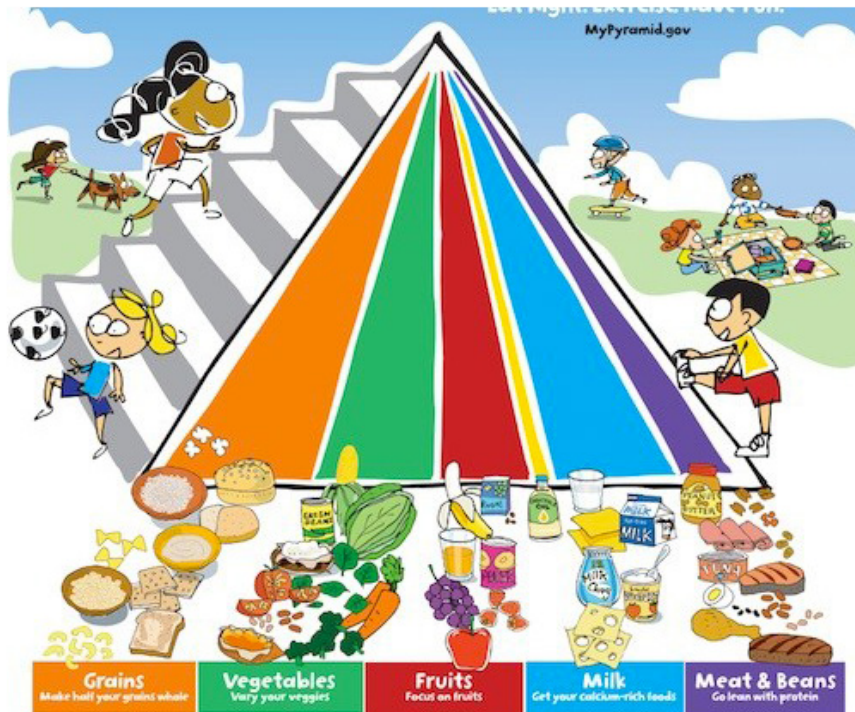


Abbildung 7.19. Neues „MyPyramid“-Design<sup>83</sup>

Im Jahr 2011 veröffentlichte das USDA „MyPlate“, um einfacher zu zeigen, was eine Mahlzeit enthalten sollte (Abb. 7.20.). In dieser visuellen Darstellung wird ein Teller in vier ungefähr gleiche Teile geteilt – Obst, Getreide, Gemüse und Eiweiß, mit einer Beilage mit Milchprodukten neben dem Teller.



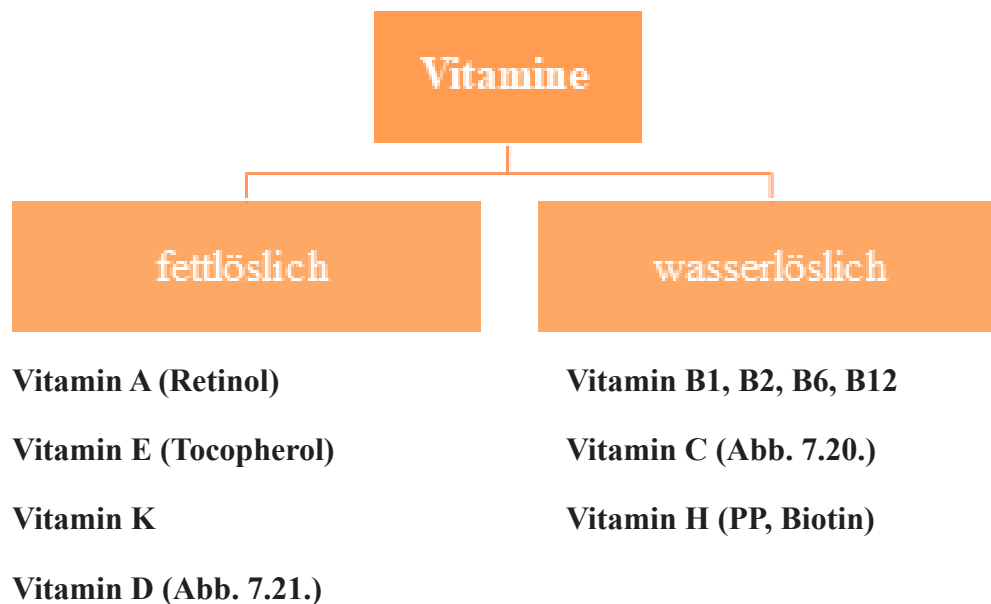
Abbildung 7.20. Mahlzeit Rationen<sup>84</sup>

Seitdem die Ernährungsleitfäden zum ersten Mal eingeführt wurden, mit dem Ziel, Familien zu helfen, die mit Lebensmittelpreisen und Rationszuteilungen zu kämpfen hatten, hat die Ernährungswissenschaft einen langen Weg zurückgelegt. Viele von uns haben miterlebt, wie verschiedene Nahrungsmittelgruppen, die früher als gesund galten, heute an Bedeutung verlieren. Andere liegen momentan im Trend, da verschiedene Studien nachweisen, dass sie zur ausgewogenen Ernährung gehören. Fett, Salz, Protein, Kohlenhydrate und viele andere sind so schnell in den Fokus geraten und dann abgelehnt, genauso wie bei den Modediäten. Aber in unserer globalisierten Welt, mit der Möglichkeit, Kulturen auf der ganzen Welt kennenzulernen und von ihnen zu profitieren, entwickelt sich ein Konsens.

#### 7.4. Exkurs

Ein wichtiger essentieller Bestandteil der Nahrung sind die Vitamine. *Vitamine* sind Stoffe, die notwendig für den physiologischen Prozess sind. Sie können aber im Körper nicht synthetisiert werden.

Obwohl Vitamine nur in relativ geringen Mengen benötigt werden, erfüllen sie viele Funktionen im Organismus, z.B. bei der Steuerung des Stoffwechsels und beim Aufbau körpereigener Substanzen. Man unterscheidet fettlösliche und wasserlösliche Vitamine.



- *Erklären Sie anhand der Struktur (Abb. 7.21. und Abb. 7.22.), warum Vitamin C zu den wasserlöslichen und Vitamin D zu den fettlöslichen Vitaminen zählt.*



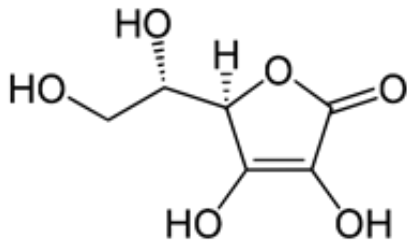


Abbildung 7.21. Vitamin C<sup>85</sup>

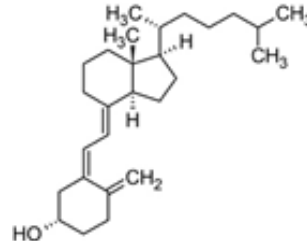


Abbildung 7.22. Vitamin D<sub>3</sub><sup>86</sup>

## Drogen und Arzneimittel

Als **Droge** werden im heutigen deutschen Sprachgebrauch stark wirksame psychotrope Substanzen und Zubereitungen aus solchen bezeichnet. Allgemein weisen Drogen eine bewusstseins- und wahrnehmungsverändernde Wirkung auf. Traditionell als Genussmittel verwendete oder als Medikament eingestufte Drogen werden in der öffentlichen Wahrnehmung oft nicht als solche betrachtet, obwohl in geeigneter Dosierung und Einnahmeform ebenfalls Rausch- oder erheblich veränderte Bewusstseinszustände auftreten können.

Aufgrund der chemischen Struktur lassen sich Drogen verschiedenen Stoffklassen zuordnen. Die Mehrzahl der Drogen kann den Alkaloiden (stickstoffhaltigen organischen Verbindungen) oder den Terpenoiden (sauerstoffhaltigen Ableitungen des Isoprens) zugerechnet werden. Innerhalb einer Stoffklasse weisen psychoaktive Substanzen oft einen gemeinsamen Aspekt der Wirkung auf; so sind etwa alle Amphetamine unter anderem stimulierend und die meisten Tryptamine halluzinogen.

### Projektarbeit

Im gesellschaftlichen Kontext hat der Drogenkonsum viele Seiten. *Bereiten Sie Präsentationen über die folgenden Themen vor:*

- *Rituelle und religiöse Nutzung*
- *Nutzung zu Genuss- und Rauschzwecken*
- *Medizinische Nutzung*
- *Gesundheitsschäden bei Drogenkonsum*

Seit Urzeiten versuchen Menschen Krankheiten mithilfe von Arzneimitteln zu behandeln. Ursprünglich verwendete man Tier- und Pflanzenteile als Ganzes. Im Laufe der Zeit entwickelte man aus diesen Materialien Zubereitungen, die einerseits die Einnahme erleichtern und

andererseits die Wirksamkeit verbessern sollten. Dazu gehören z.B. Tees, Extrakte, Pillen und Pflaster. Aufgrund ihrer Wirkung auf den Organismus und ihrer Form, sind die Wirkstoffe in fünf Stoffklassen unterteilt (Tabelle 7.4).

**Tabelle 7.4.** Klassifikation der Wirkstoffe

<b>Begriff</b>	<b>Definition</b>	<b>Beispiele</b>
<b>Wirkstoff</b>	Substanz, die in einem Organismus eine Wirkung hervorruft	Coffein
<b>Arzneistoff</b>	Wirkstoff, der zur Vorbeugung, Linderung, Heilung oder Erkennung einer Krankheit dient	Acetylsalicylsäure, Penicillin G, Morphinhydrochlorid
<b>Gift</b>	Wirkstoff, der im Organismus eine schädliche Wirkung auslöst	Cyanide, Strychnin, Dioxin
<b>Arzneiform</b>	Bestimmte Zubereitungsform eines Arzneistoffes	Tabletten, Kapseln, Zäpfen, Tropfen, Ampullen, Cremes
<b>Arzneimittel</b>	Arzneistoff in einer bestimmten Zubereitung	Aspirintabletten, Penicillinampullen, Morphinzäpfen

Arzneimittel imitieren die Wirkung natürlicher Überträgerstoffe und stimulieren so die Rezeptoren. Antagonisten dagegen blockieren die Wirkung oder verkehren sie ins Gegenteil. 199 Arzneistoffe müssen besondere Qualitätsanforderungen erfüllen. Diese sind im Europäischen Arzneibuch als Vorschriften gesetzlich festgelegt und werden durch spezielle Verfahren der Arzneianalyse kontrolliert.

**Merken Sie sich!**

**Die Fette sind Triglyceride von Fettsäuren (gesättigt und ungesättigt). Sie beteiligen sich an Hydrolyse, Verseifung und Verbrennung. Ungesättigte Fette können hydriert werden und so werden sie in gesättigte umgewandelt.**

**Die Seifen sind Natrium- oder Kaliumsalze der Fettsäuren. Die Waschmittel sind stabiler als die Seifen, aber sie verschmutzen die Umwelt.**

**Die Monosaccharide sind die einfachsten Kohlenhydrate. Die Glucose (Traubenzucker) ist ein Monosaccharid, eine Aldose. Die Fructose (Fruchtzucker) ist auch ein Monosaccharid, aber sie ist eine Ketose.**

**Die Disaccharide sind aus zwei Monosaccharidresten aufgebaut. Die können leicht hydrolysiert werden, bei dem zwei Monosaccharidmoleküle entstehen. Die Saccharose (Rohrzucker) ist aus Glucose und Fructose aufgebaut.**



**Tabelle 7.5.** Wichtige Eigenschaften der Fette

<b>Fette</b>	<b>Hydrolyse</b>	<b>Verseifung</b>	<b>Hydrierung</b>	<b>Verbrennung</b>
Feste				
Flüssige				

4. Vervollständigen Sie die Definitionen und die Aussagen:

a) Fette sind Stoffgemische, die aus ... (1) des Glycerins mit drei langkettigen organischen Säuren bestehen. Diese unverzweigten ... (2) mit gerader Anzahl von Kohlenstoffatomen bestimmen maßgeblich die Eigenschaften der Fette.

b) Gesättigte Fette sind ... (3) von Fettsäuren, die nur Einfachbindungen enthalten.

c) Ungesättigte Fette bzw. ... (4) sind Triglyceride von Fettsäuren, die eine oder mehrere ... (5) enthalten. Diese ungesättigten Fettsäuren werden auch ... (6) – Fettsäuren genannt.

d) ... (7) sind Salze der Fettsäuren.

e) Glucose ist als ... (8) bekannt, Fructose als .... (9).

f) Glucose hat eine ... (10) und fünf Hydroxygruppen.

g) Das Grundgerüst der Fructose ist eine Kette aus ... (11) C-Atomen. Jedes C-Atom trägt eine OH-Gruppe, nur der ... (12) – eine Ketogruppe.

h) Disaccharide sind ... (13), die durch die Kondensation von ... (14) Monosacchariden entstehen.

i) Stärke ist ein Stoffgemisch aus wasserlöslicher ... (15) und wasserunlöslichem ... (16).

j) Die Spaltung von Cellulose in ... (17) ist in der Natur nur durch das Enzym ... (18) möglich.

k) Als ... (19) werden stark wirksame psychotrope Substanzen bezeichnet.

l) ... (20) sind Makromoleküle, die aus Aminosäuren bestehen.

5. Erklären Sie, warum die Tenside im Meerwasser keinen Schaum bilden können?

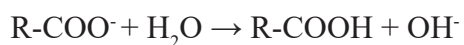
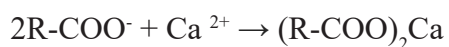
6. Im Text werden die Seifen und Tenside beschrieben. Lesen Sie den Text!

Die Verwendung von Seife als Waschmittel ist vor allem in den Industrieländern gering, da Tenside ihr Konkurrenz machen. Seife in Waschmitteln soll die Wäsche nicht reinigen, sondern zu starkes Schäumen verhindern. Seife entfernt nicht nur vorhandenen Schmutz, sondern auch einen Teil des natürlichen Fettfilmes der Haut. Dies kann, besonders bei zu häufigem Waschen, zu rissiger, rauer Haut führen. Schutz davor bieten Seifen mit hohem Glyceringehalt an (welches z.B. beim Kaltverseifen im Fertigprodukt bleibt). Seife reagiert in Wasser alkalisch, was den Stoff beschädigen kann. Seife bildet mit hartem Wasser auf festen Oberflächen einen weißlichen Niederschlag, die Kalkseife. Immerhin haben die Seifen gute biologische Abbaubarkeit. Reine Seifen (z.B. Olivenölseifen) sind für Allergiker geeignet, da Seife von natürlichen Fetten von den meisten Menschen vertragen wird. Synthetische Tenside können aber als Allergene wirken. Trotzdem sind Tenside ein wesentlicher Bestandteil aller Waschmittel. Neben einem möglichst hohen Waschvermögen werden aber auch weitere Anforderungen aus verschiedenen Bereichen an Tenside zur Verwendung in Waschmitteln gestellt. Um alle Anforderungen erfüllen zu können, werden optimierte Gemische aus anionischen und nichtionischen Tensiden verwendet, um Schmutz abzulösen und in Lösung zu halten. Moderne Tenside sind biologisch abbaubar, wenig toxisch und preisgünstig synthetisch herzustellen oder sogar mit wenigen Syntheseschritten aus nachwachsenden Rohstoffen zugänglich.

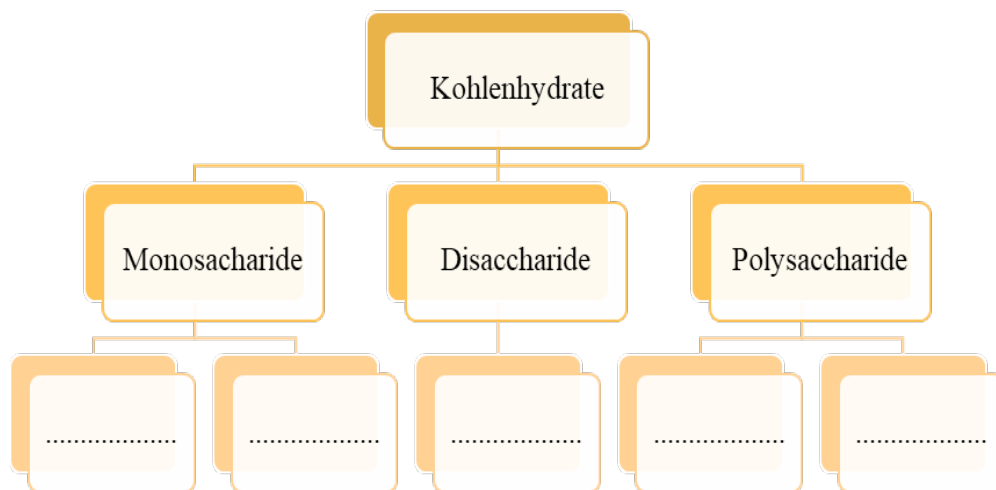
a) Listen Sie ihre Vor- und Nachteile auf!

	Vorteile	Nachteile
<b>Seifen</b>		
<b>Tenside</b>		

b) Finden Sie im Text, wo diese Reaktionen erklärt werden:



7. Ergänzen Sie das Schema mit passenden Beispielen!



8. Beschreiben Sie die Hydrolyse von:

- a) Stärke
- b) Cellulose
- c) Proteine

9. Recherchieren Sie und füllen Sie Tabelle 7.6. aus!

**Tabelle 7.6.** Wichtige Polysaccharide im Überblick

Poly-saccharid	Monomer	Anzahl der Monomere	Struktur	Vorkommen
Amylose	Glucose			
Amylopektin		1500 – 12 000		
Glykogen			Stark verzweigt	

Cellulose				Pflanzlicher Gerüststoff (Holz, Baumwolle)
-----------	--	--	--	--

10. Jährlich werden ca. 10.1012 kg Cellulose durch Pflanzen synthetisiert. In den Entwicklungsländern hat sich jedoch der Druck auf die Wälder durch Bevölkerungszuwachs, Migration sowie durch den Export tropischer Harthölzer erheblich verstärkt. Die Folgen der *Entwaldung* (Abb.7.23) tropischer Regenwaldgebiete (tropischer Regenwald) sind viel.

### Projektarbeit

Bereiten Sie Präsentationen zu den folgenden Themen vor:

- **Entwaldung und die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre (Treibhauseffekt)**
- **Entwaldung, Bodenerosion, Überschwemmungen und Erdbeben**



**Abbildung 7.23.** Entwaldung eines Waldes<sup>87</sup>

11. Papier-Recycling ist eines der wichtigsten Umweltthemen unserer Zeit. Es vergeht eigentlich kein Tag, an dem wir nicht mit Papier, Pappe oder Karton umgehen. Papier ist allgegenwärtig in unserem Alltag und unverzichtbar in unserer heutigen Gesellschaft. Doch was passiert mit all dem Papier, wenn es nicht mehr gebraucht wird, was passiert mit dem Papier, das in die Tonne kommt?

## Projektarbeit

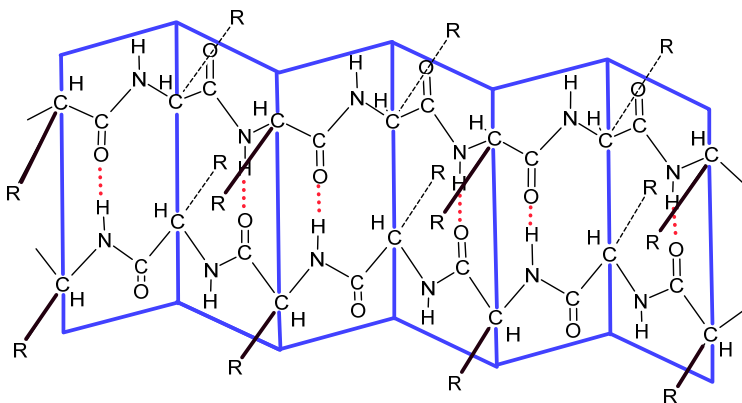
Bereiten Sie eine Präsentation zu einem der folgenden Themen vor:

- Was ist Papier-Recycling (Abb. 7.24.) und wie funktioniert es?
- Wie recycelt man Papier richtig? Welche Papiersorten sind für das Recycling geeignet und welche nicht?



Abbildung 7.24. Recycling von Müllpapier<sup>88</sup>

12. Ordnen Sie den unten abgebildeten Strukturen die folgenden Begriffe zu: *Primärstruktur*, *Sekundärstruktur*, *Tertiärstruktur*, *Quartärstruktur*! Bezeichnen Sie die Struktur mit ihrem typischen Namen! Wählen Sie unter:  $\alpha$ -*Helix*, *Aminosäuresequenz*,  $\beta$ -*Faltblatt*, *Aminosäurereste*! Bezeichnen Sie die dargestellten Bindungen! Wählen Sie unter: *Disulfidbrücken*, *H-Brücken*, *Ionenbindung*, *Peptidbindungen*, *Van-der-Waals-Kräfte*.<sup>89</sup>

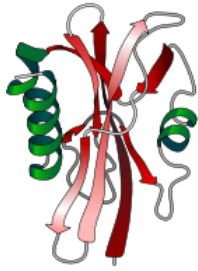


b) .....

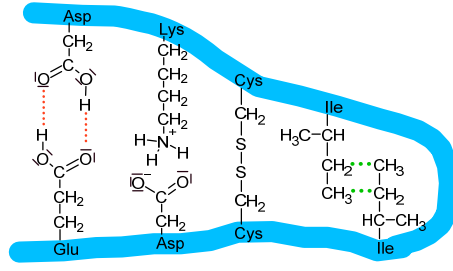


c) .....

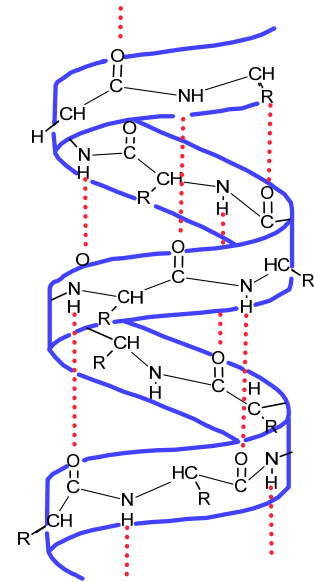




d) .....



e) .....



f) .....

13. Zu allen im Folgenden beschriebenen Fällen gehört ein gemeinsamer Überbegriff.

Geben Sie diesen Begriff an!

Erklären Sie anschließend die chemischen Vorgänge dieser Beispiele ausführlich!

- Sie braten ein Spiegelei, das Eiweiß ändert die Farbe.
- Sie geben aus Versehen Zitronensaft und Milch in Ihren Tee.
- Zur Herstellung eines Biskuitkuchens schlagen Sie Eiklar zu Eischnee.
- In einem Praktikumsversuch geben Sie zu einer Proteinlösung Blei(II)-chlorid ( $\text{PbCl}_2$ ) ein. Sie beobachten eine Ausfällung des Proteins.

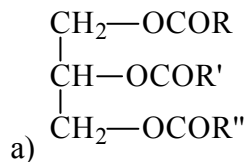
## Organische Verbindungen in der Natur und in unserem Alltag

### Test 1

1. Fettsäuren sind

- a) Langkettige Carbonsäuren.
- b) Können nur ungesättigt sein.
- c) Enthalten nur Einfachbindungen.
- d) Bilden mit Glycerol eine Peptidbindung.

2. Die Zusammensetzung eines Fettes kann mit der Summenformel dargestellt werden:



- a)
- b)  $(\text{R-COO})_2\text{Ca}$
- c)  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$
- d)  $\text{RCOOH}$

3. Omega – Fettsäuren sind

- a) ungesättigte Fettsäuren.
- b) ungesättigte Fette.
- c) zwei Typen: Omega-3-Fettsäuren und Omega-6-Fettsäuren.
- d) werden im Körper produziert.

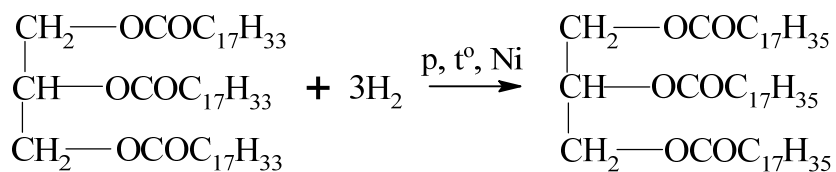
4. Essenzielle Fettsäuren

- a) sind gesättigt.
- b) müssen mit der Nahrung aufgenommen werden.
- c) können im Körper produziert werden.
- d) sind fest.

5. Tenside

- a) haben die gleiche Struktur wie die Seifen.
- b) werden aus Fettsäuren gewonnen aber im Waschmittel sind sie in einer veresterten Form.
- c) bilden mit  $\text{Ca}^{2+}$ - und  $\text{Mg}^{2+}$ -Ionen schwer lösliche Salze.
- d) bilden mit  $\text{Na}^+$ - und  $\text{K}^+$ -Ionen schwer lösliche Salze.

6. Geben Sie den Namen des Prozesses an:



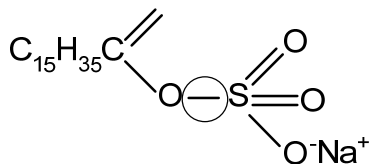
- a) Fetthärtung

- b) Schmutzentfernung
- c) Verseifung
- d) Veresterung

7. Die Seifen:

- a) bestehen aus Molekülen mit einem lipophilen und einem hydrophilen Teil.
- b) bestehen aus Molekülen mit einem kurzkettigen Alkylrest und einer polaren Carboxylgruppe.
- c) können nur mit Wasser gemischt werden.
- d) können nur mit Öl gemischt werden.

8. Auf der Abbildung ist ein Tensid dargestellt. Bestimmen Sie den Typ der mit Kreis markierten Bindung.

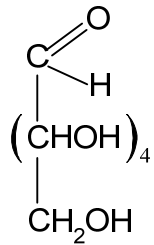


- a) Ionenbindung
- b) Esterbindung
- c) Glykosidische Bindung
- d) Peptidbindung

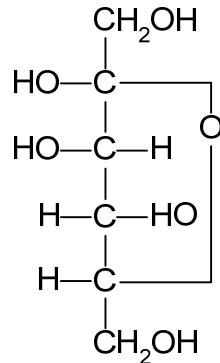
9. Welche Aussage trifft auf Monosaccharide zu?

- a) Sie sind die Grundbausteine der Proteine.
- b) Alle C-Atome in Monosacchariden bis auf eins tragen Hydroxygruppe.
- c) Ein C-Atom trägt eine Carboxylgruppe.
- d) Sie beruhen auf der allgemeinen Formel  $C_n(H_2O)_{2n}$

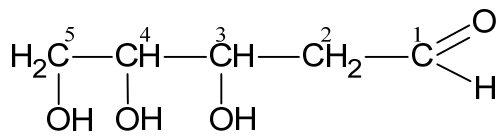
10. Auf welcher Abbildung ist Glucose dargestellt?



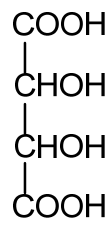
a)



b)



c)



d)

11. Welche Aussage trifft auf Fructose zu?

- a) Die Kettenform der Fructose zeichnet sich durch eine Aldehyd-Gruppe aus.
- b) Fructose ist im Blutzucker von Wirbeltieren und Menschen zu finden
- c) Man erhält Fructose bei der Hydrolyse von Rohrzucker.
- d) Fructose hat eine reduzierende Wirkung.

12. Disaccharide

- a) bilden sich aus zwei Monosacchariden
- b) bilden sich unter Abspaltung von Kohlendioxid
- c) enthalten eine Verknüpfung über ein Stickstoffatom
- d) sind z.B. Glucose und Saccharose

13. Was ist eine glykosidische Bindung?

- a) Die Bindung zwischen den Aminosäureresten in einem Peptid.
- b) Die Bindung zwischen dem zweiten und dritten C-Atom in einem Monosaccharid.
- c) Die Bindung zwischen den Monosaccharideinheiten in einem Disaccharid und einem Polysaccharid.
- d) Eine Bindung, die die sekundäre Struktur der Eiweiße unterstützt.

14. Makromolekulare Verbindungen sind

- a) Polysaccharide und Eiweiße.
- b) Disaccharide und Polypeptide.
- c) Stärke und Glucose.
- d) Saccharose und Cellulose.

15. Cellulose

- a) ist der Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellmembranen.
- b) wird aus Holz gewonnen.
- c) ist farblos, brennbar, löslich in Wasser und verdünnten Säuren.
- d) wird im Verdauungssystem aller Säugetiere durch das Enzym Cellulase abgebaut.

16. Die bei der Spaltung der Eiweiße entstandenen Aminosäuren werden von den Organismen für die Synthese eigener ... genutzt.

- a) Kohlenhydrate
- b) Fette
- c) Vitamine
- d) Eiweiße

17. Bei Proteinen unterscheidet man in der Regel zwischen vier verschiedenen Strukturebenen.

Die vierte ist die ...

- a) primäre
- b) sekundäre
- c) tertiäre
- d) quartäre

18. Aufgebaut sind Proteine aus den ... , in der Natur jedoch nur aus 20 verschiedenen. Die überwältigende Vielfalt der Proteine ergibt sich aus der Anzahl an Kombinationen aus diesen 20 Bausteinen.

- a) Monosacchariden
- b) Disacchariden
- c) Fettsäuren
- d) Aminosäuren

19. Sie braten ein Spiegelei, das Eiweiß ändert die Farbe. Worauf beruht diese Veränderung?

- a) Die Eiweiße denaturieren.
- b) Die Eiweiße werden verseift.
- c) Die Kohlenhydrate werden hydrolisiert.
- d) Die Proteine werden hydrolisiert.

### **Organische Verbindungen in der Natur und in unserem Alltag**

#### Test 2

1. Fette sind

- a) Stoffgemische aus Estern des Glycerols mit drei Fettsäuren.
- b) Ester von Glycerin und drei Molekülen Salpetersäure.
- c) verzweigte Fettsäuren.
- d) Salze von Fettsäuren und Alkalimetallen.

2. Öle sind

- a) gesättigte Fette.
- b) Triglyceride von Fettsäuren, die nur Einfachbindungen enthalten.
- c) ungesättigte Fette.
- d) Triglyceride von kurzkettigen Carbonsäuren, die eine oder mehrere Doppelbindungen enthalten.

3. Man unterscheidet feste Fette und flüssige Fette (Öle) nach

- a) ihrem definierten Schmelzpunkt.

- b) dem Hydrierungsgrad der Fettsäuren im Fett.
- c) der Länge der Fettsäuren.
- d) dem Typ des Alkohols, den die Esterbindung bildet.

4. Je höher der Anteil ungesättigter Fettsäuren ist, desto

- a) höher ist die Löslichkeit.
- b) niedriger ist die Masse.
- c) niedriger ist der Schmelzbereich.
- d) höher ist der Siedepunkt.

5. Waschmittel

- a) sind ein komplexes Stoffgemisch nur aus universalen Waschmitteln.
- b) enthalten mindestens 15-25% waschaktive Substanzen.
- c) haben immer eine ausgezeichnete Effektivität unabhängig von der Härte des Wassers.
- d) können immer die Wäsche weiß tönen, unabhängig von der Härte des Wassers.

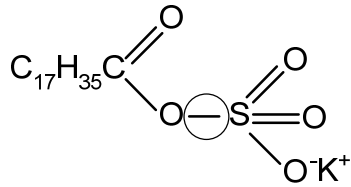
6. Die Hydrolyse eines Fettes durch die wässrige Lösung einer Lauge nennt man

- a) Veresterung.
- b) Fetthärtung.
- c) Verseifung.
- d) enzymatische Hydrolyse.

7. Die chemische Formel  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COONa}$  bezeichnet:

- a) eine Seife
- b) eine Fettsäure
- c) ein Tensid
- d) ein Fett

8. Auf der Abbildung ist ein Tensid dargestellt. Bestimmen Sie den Typ der mit Kreis markierten Bindung

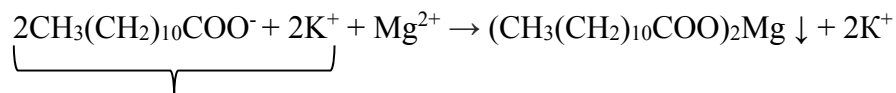


- a) Esterbindung
- b) Ionenbindung
- c) Peptidbindung
- d) Glykosidische Bindung

9. Ca. 90 % der Biomasse sind aus ... aufgebaut.

- a) Eiweißen
- b) Kohlenhydraten
- c) Fetten
- d) Mineralsalzen

10. Was zeigt die chemische Reaktion?



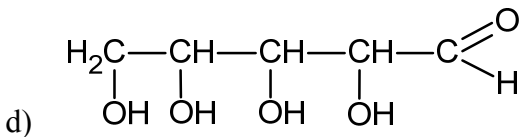
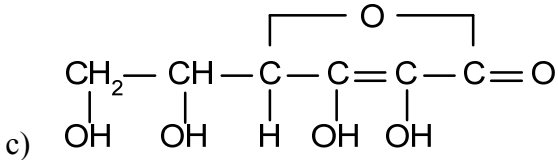
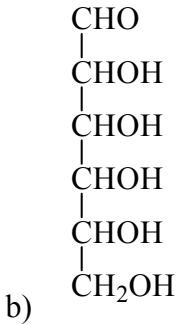
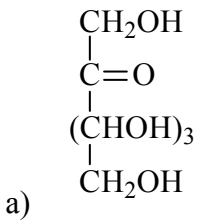
- a) Bildung von wasserlöslichen Salzen
- b) Reaktion von einer Seife mit weichem Wasser
- c) Entstehung von Wäschestarre und Vergrauung
- d) Verseifung

11. Monosacharide, die ... besitzen, nennt man ... und solche, die eine ... besitzen, nennt man.

- a) Ketogruppe, Ketose, Aldehydgruppe, Aldose
- b) Ketogruppe, Aldosen, Aldehydgruppe, Ketose
- c) Carboxygruppe, Ketose, Aldehydgruppe, Aldose
- d) Ketogruppe, Ketose, Aminogruppe, Aldose



12. Auf welcher Abbildung ist Fructose dargestellt?



13. Welche Aussage trifft auf Glucose zu?

- a) Glucose ist eine Ketose der Summenformel  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .
- b) Glucose hat eine reduzierende Wirkung.
- c) Glucose wird auch Fructzucker genannt.
- d) Bei der Glucose verbinden sich innerhalb der Ringform 4 Kohlenstoffatome und ein Sauerstoffatom.

14. Saccharose

- a) setzt sich aus zwei Glucosemolekülen zusammen.
- b) wirkt reduzierend.
- c) bildet blaufarbte, süß schmeckende und gut wasserlösliche Kristalle.
- d) wird aus Zuckerrohr und Zuckerrüben gewonnen.

15. Stärke

- a) ist ein Stoffgemisch aus wasserunlöslicher Amylose und wasserlöslichem Amylopektin.
- b) besteht aus Glucoseeinheiten.
- c) ist ein Eiweiß.
- d) besteht aus Fasern.

16. Im Körper werden die Eiweiße abgebaut und in Einzelteile zerlegt. Diese Bauteile nennt man:

- a) Monosaccharide
- b) Aminosäuren
- c) Fettsäuren
- d) Vitamine

17. Welchen Namen trägt eine Sekundärstruktur von Proteinen, die mit einer ziehharmonikaähnlichen Geometrie charakterisiert ist?

- a)  $\alpha$ -Helix
- b)  $\beta$ -Faltblatt
- c)  $\beta$ -Helix
- d)  $\alpha$ -Faltblatt

18. In einem Praktikumsversuch geben Sie zu einer Proteinlösung Blei(II)-chlorid ( $\text{PbCl}_2$ ). Sie beobachten eine Ausfällung des Proteins. Wie nennt man diesen Prozess?

- a) Denaturierung
- b) Renaturierung
- c) Hydrolyse
- d) Veresterung

19. Mit welcher chemischen Reaktion lassen sich Eiweiße nachweisen?

- a) Biuret-Reaktion
- b) Tollenstest
- c) Fehlingstest
- d) Eiweiße können nicht nachgewiesen werden

# Anhang

## Energie bei chemischen Reaktionen

Bei einer chemischen Reaktion laufen Stoff- und Energieumwandlungen gleichzeitig ab. Dabei kann Energie aufgenommen (endotherm) oder abgegeben (exotherm) werden. Damit Stoffe miteinander reagieren können, müssen diese vorher durch Energiezufuhr die Aktivierungsenergie (Abb.1) erreichen.

Mit  $Q$  bezeichnet man die aufgenommene oder die abgegebene Energie (Wärme, Wärmemenge). Bei einem positiven Vorzeichen ( $+Q$ ) verläuft die Reaktion exotherm. Es wird Wärme an die Umgebung abgegeben. Hat die Wärmemenge ein positives Vorzeichen, heißt das, dass Energie bei den Reaktionen frei wird. Wird Energie frei, haben die Ausgangsstoffe einen größeren Energiegehalt als die Produkte.

Bei einer endothermen Reaktion ( $-Q$ ) wird Wärme aus der Umgebung aufgenommen. Daher hat die Wärmemenge ein negatives Vorzeichen. Hat die Wärmemenge ein negatives Vorzeichen, heißt das, dass Energie bei den Reaktionen aufgenommen wird. Wird Energie aufgenommen, haben die Produkte einen größeren Energiegehalt als die Edukte.

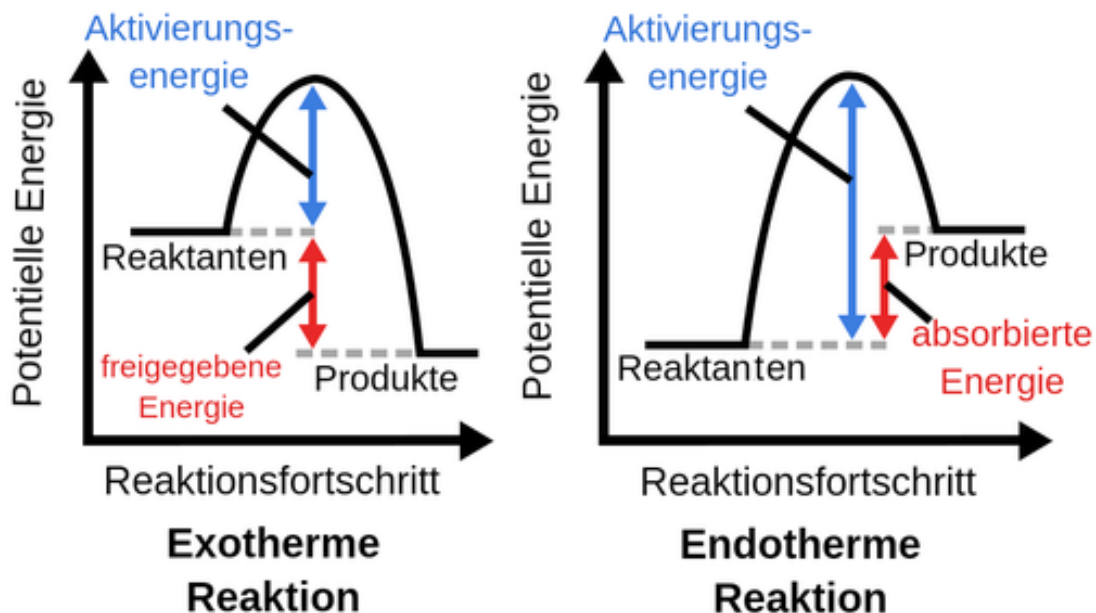


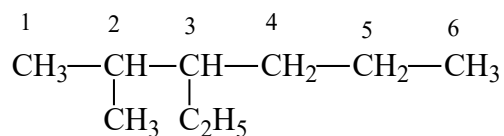
Abbildung 1. Exotherme und endotherme Reaktionen<sup>90</sup>

# Ausgangstest

1. Wovon hängen die Eigenschaften der organischen Verbindungen ab?

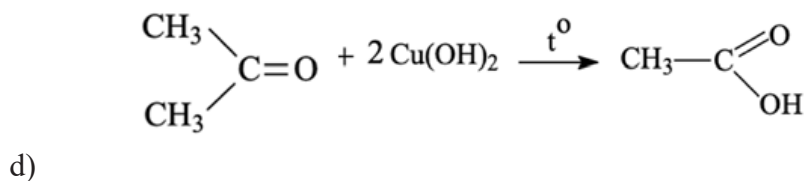
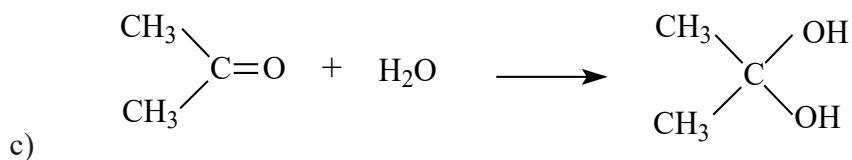
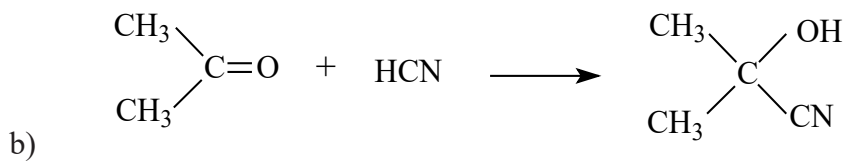
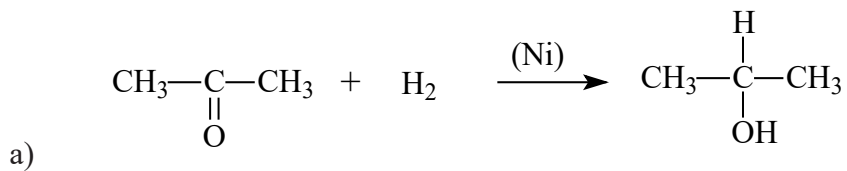
- a) nur vom Molekülbau
- b) nur von der Anzahl der Atome in den Molekülen
- c) nur vom Typ der Atome
- d) von der Anzahl und vom Typ der Atome in den Molekülen

2. Was für C-Atome sind in diesem Molekül zu finden:



- a) Nur primäre und sekundäre
- b) Nur sekundäre
- c) Primäre, sekundäre und tertiäre
- d) Nur tertiäre und sekundäre

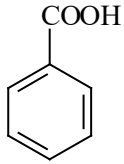
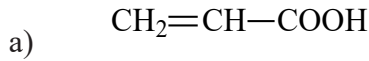
3. Welche der gegebenen Reaktionen ist nicht möglich?



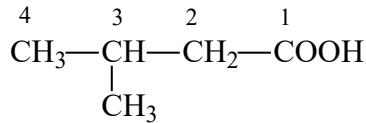
4. Welche sind die Produkte bei der Entwässerung des Ethanols?

- a) Ethen und Wasser
- b) Ethin und Wasser
- c) Ethansäure und Kohlendioxid
- d) Ethylethanoat und Wasser

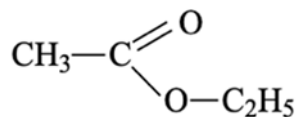
5. Welche der gegebenen Verbindungen ist keine Carbonsäure?



b)



c)



d)

6. Welche der Aussagen ist richtig

- a)  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  ist ungesättigte Fettsäure
- b)  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  ist gesättigte Fettsäure
- c)  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  kann hydriert werden
- d)  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  ist flüssig

7. Was ist der Grund für den süßen Geschmack der Glucose, Fructose und Glycerol?

- a) Eine Aldehyd- und eine Kettogruppe sind in ihren Molekülen vorhanden
- b) Sehr viele C-Atome sind in ihren Molekülen vorhanden
- c) Große Anzahl der Hydroxygruppen
- d) Große molare Masse

8. Welche der gegebenen Paare sind Isomere?

- a)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$  und  $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$
- b)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  und  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$

- c)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  und  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$   
 d)  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  und  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

9. In welcher Reihe sind nur Biopolymere enthalten?

- a) Fette, Proteine, Saccharose  
 b) Stärke, Cellulose, Eiweiße  
 c) Proteine, Fette, Stärke  
 d) Cellulose, Stärke, Glucose

10. Welcher Stoff wird als „Salz einer Fettsäure“ bezeichnet:

- a) Seife  
 b) Aminosäure  
 c) Triglycerid  
 d) Aldehyd

11. Füllen Sie die Tabelle, indem Sie die Verbindungen vergleichen und folgende Bezeichnungen benutzen: *gleich, ähnlich, unterschiedlich*

Organische Verbindungen	Zusammensetzung		Chemischer Aufbau	Eigenschaften	
	qualitativ	quantitativ		physikalische	chemische
Isomere					
Homologe					

12. Bestimmen Sie die Stoffklassen, zu denen die Summenformeln passen! Verbinden Sie die Summenformeln mit ihren charakteristischen Reaktionen!

Summenformeln

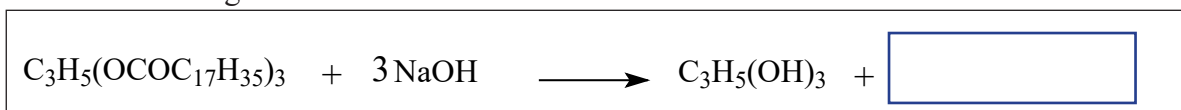
1.  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
2.  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$
3.  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

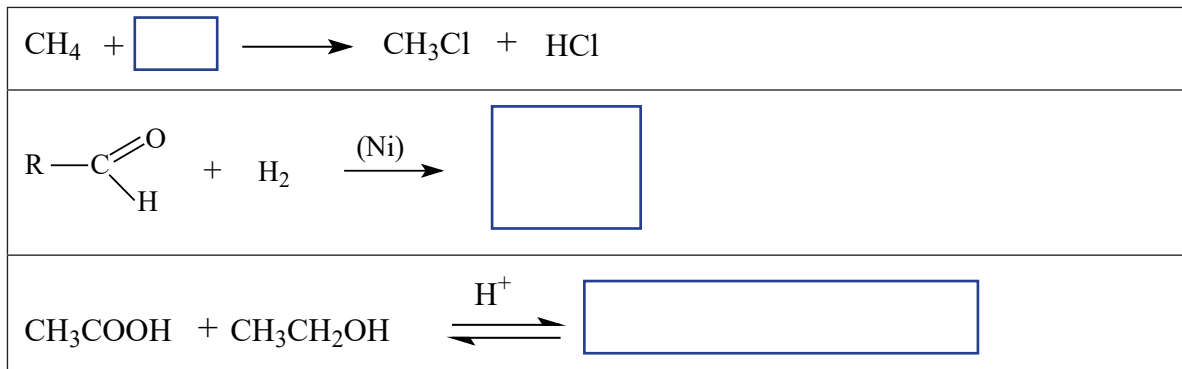
Charakteristische Reaktionen

- Additionsreaktionen  
 Verbrennung  
 Substitutionsreaktionen  
 Polymerisation

1. .... 2. .... 3. ....

13. Vervollständigen Sie die Reaktionen:





14. Beantworten Sie positiv oder negativ die Fragen!

Frage	Ja	Nein
1. Sind die Produkte der Stärkehydrolyse Aminosäuren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Denaturieren die Proteine bei hohen Temperaturen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Sind die Fette Biopolymere?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Haben die Isomere gleiche Eigenschaften?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Es ist festgestellt, dass Blei in einer Lötzinprobe ( $m = 100 \text{ g}$ ) ung. 35 g wiegt. Berechnen Sie den Massenteil von Pb in dieser Legierung!





# Bibliographie

1. Akad. Oberrat Dr.H.-D.Barke, Chemie heute-Sekundarbereich I, GmbH, Wittigen, 1992;
2. Chemie I. Kurzlehrbuch Allgemeine und anorganische Chemie 7. Auflage. Eberhard Ehlers, 1999, Deutscher Apotheker Verlag Stuttgart;
3. Chemie. Grundwissen für Ingenieure. G. Blumenthal, D. Linke, S. Vieth, 2006, Teubner;
4. Abitur Chemie. Basiswissen Schule. A. Fishedick, Dr. L. Gruber et al., 2004, PAETEC;
5. chemieexperimente.de
6. chemie.de
7. chemie-schule.de
8. www.wikipedia.org

# Internetquellen

- 1 <https://pixabay.com/bg/illustrations/въглерод-водород-атом-молекула-2222968/>
- 2 [https://id.wikipedia.org/wiki/Klorin#/media/Berkas:Chlorine\\_ampoule.jpg](https://id.wikipedia.org/wiki/Klorin#/media/Berkas:Chlorine_ampoule.jpg)
- 3 <https://conservation-science.ch/deutsch/kniffe/unsere-archivierten-kniffe/chimie-flammes-colorees/>
- 4 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1110640>
- 5 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodensystem\\_Einfach.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodensystem_Einfach.svg)
- 6 <https://pixabay.com/bg/illustrations/молекули-атом-наука-сфера-метални-2111539/>
- 7 <https://pixabay.com/photos/composing-3d-cubic-surface-grating-2498316/>
- 8 <https://pixabay.com/vectors/crystal-structure-nacl-chemical-148812/>
- 9 <https://pixabay.com/bg/photos/мляко-сирене-филийки-сирене-1385548/>
- 10 <https://pixabay.com/bg/photos/памуккале-тераси-от-спечена-вар-14983/>
- 11 [Calcium unter Argon Schutzgasatmosphäre - Calcium - Wikipedia](https://de.wikipedia.org/wiki/Calcium)
- 12 <https://pixabay.com/bg/photos/бадеми-наслождане-естествен-4227898/>
- 13 <https://pixabay.com/bg/photos/яйца-мляко-масло-на-открито-2191991/>
- 14 <https://pixabay.com/vectors/bone-dog-skeleton-157272/>
- 15 <https://pixabay.com/vectors/drop-raindrop-water-tear-teardrop-159527/>
- 16 <https://pixabay.com/vectors/crystals-minerals-salt-berg-crystal-155644/>
- 17 <https://pixabay.com/vectors/anatomy-blood-vessel-red-156854/>
- 18 <https://pixabay.com/bg/photos/мароканска-мента-teeminze-мента-2396530/>
- 19 <https://de.wikipedia.org/wiki/Calciumoxid>
- 20 <https://pixabay.com/bg/photos/пещера-сталактити-сталагмити-56976/>
- 21 <https://pixabay.com/vectors/home-house-orange-two-story-1296149/>
- 22 <https://pixabay.com/vectors/bucket-cube-water-hygiene-wash-5502337/>
- 23 <https://pixabay.com/vectors/fire-flames-hell-burn-bright-307336/>
- 24 <https://hif.wikipedia.org/wiki/Aluminium>
- 25 <https://pixabay.com/photos/factory-aluminum-production-russia-2639751/>
- 26 <https://pixabay.com/bg/photos/самолет-витло-сащ-свобода-летене-4788961/>
- 27 <https://pixabay.com/bg/photos/юлело-сплав-автоматичен-транспорт-2373040/>
- 28 <https://pixabay.com/bg/photos/газирани-напитки-мога-калай-напитка-466542/>
- 29 [https://de.wikipedia.org/wiki/Saphir#/media/Datei:Yogo2783\\_Close\\_crop.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Saphir#/media/Datei:Yogo2783_Close_crop.JPG)
- 30 <https://de.wikipedia.org/wiki/Rubin#/media/Datei:Rubin-G-EmpireTheWorldOfGems.jpg>
- 31 <https://pixabay.com/bg/photos/нова-зеландия-вулкан-кратер-3018634/>
- 32 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=715333>
- 33 <https://de.wikipedia.org/wiki/Chalkogene#/media/Datei:Chalkogene.jpg>

27 [https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel#/media/Datei:Sulpherous\\_Fumeroles.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel#/media/Datei:Sulpherous_Fumeroles.jpg)

28 <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel#/media/Datei:Cyclooctasulfur-above-3D-balls.png>

29 <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel#/media/Datei:Cyclohexaschwefel.png>

30 [https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel#/media/Datei:Dodecasulfur\\_3D.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel#/media/Datei:Dodecasulfur_3D.png)

31 [Cinema Negative Frame - Free vector graphic on Pixabay](#)

32 <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefel#/media/Datei:Sulfur-burning-at-night.png>

33 [https://de.wikipedia.org/wiki/Chalkogene#/media/Datei:Pyrite\\_elbe.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Chalkogene#/media/Datei:Pyrite_elbe.jpg)

34 <https://pixabay.com/bg/photos/ангел-гробница-копая-религия-5384154/>

35 <https://pixabay.com/vectors/emergency-disaster-fire-burn-4314561/>  
<https://pixabay.com/illustrations/pollution-waste-environment-factory-3864770/>  
<https://pixabay.com/vectors/cloudy-weather-snow-snowing-37012/>  
<https://pixabay.com/vectors/rain-cloud-nature-weather-sky-310148/>  
<https://pixabay.com/vectors/fog-mist-foggy-misty-nebulous-98505/>

36 [https://de.wikipedia.org/wiki/Stickstoffgruppe#/media/Datei:Nitrogen\\_discharge\\_tube.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Stickstoffgruppe#/media/Datei:Nitrogen_discharge_tube.jpg)

37 [https://stock.adobe.com/fr/search/free?load\\_type=search&native\\_visual\\_search=&similar\\_content\\_id=&is\\_recent\\_search=&search\\_type=usertyped&k=nitrogen&asset\\_id=241639499&content\\_id=241639499](https://stock.adobe.com/fr/search/free?load_type=search&native_visual_search=&similar_content_id=&is_recent_search=&search_type=usertyped&k=nitrogen&asset_id=241639499&content_id=241639499)

38 <https://en.wikipedia.org/wiki/Ammonia#/media/File:Ammonia-3D-vdW.png>

39 <https://pixabay.com/bg/illustrations/азотен-диоксид-химично-съединение-7296128/>

40 <https://pixabay.com/bg/photos/торове-тор-бял-топки-перли-5201380/>

41 <https://pixabay.com/bg/photos/светкавица-гърмотевична-буря-1455285/>

42 <https://de.wikipedia.org/wiki/Haber-Bosch-Verfahren#/media/Datei:Haber-Bosch.svg>

43 <https://pixabay.com/de/photos/streichhölzer-anzünden-zündhölzer-3831871/>

44 <https://pixabay.com/bg/vectors/мълния-облаци-гърмотевична-буря-42458/>  
<https://pixabay.com/bg/vectors/крава-добитък-говеда-ферма-животно-44697/>  
<https://pixabay.com/bg/vectors/царевица-svg-вектор-2346026/>

45 [https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoff#/media/Datei:Eight\\_Allotropes\\_of\\_Carbon.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoff#/media/Datei:Eight_Allotropes_of_Carbon.svg)

46 <https://pixabay.com/bg/photos/диамант-въглерод-кристал-7033691/>

47 [https://de.wikipedia.org/wiki/Bleistift#/media/Datei:Bleistift\\_halbiert\\_02.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Bleistift#/media/Datei:Bleistift_halbiert_02.jpg)

48 [https://as2.ftcdn.net/v2/jpg/03/32/80/43/1000\\_F\\_332804343\\_7vyDgE7ldrialV5EmLypRHImVXIMmQMj.jpg](https://as2.ftcdn.net/v2/jpg/03/32/80/43/1000_F_332804343_7vyDgE7ldrialV5EmLypRHImVXIMmQMj.jpg)

49 [https://de.wikipedia.org/wiki/Diamant#/media/Datei:Diamond\\_Cubic-F\\_lattice\\_animation.gif](https://de.wikipedia.org/wiki/Diamant#/media/Datei:Diamond_Cubic-F_lattice_animation.gif)  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Graphit#/media/Datei:GraphitGitter4.png>

50 <https://pixabay.com/bg/photos/печене-на-скара-дървени-въглища-386602/>

51 [https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffgruppe#/media/Datei:Carbon\\_dioxide.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffgruppe#/media/Datei:Carbon_dioxide.svg)

52 <https://pixabay.com/illustrations/photosynthesis-3498260/>

53 <https://pixabay.com/photos/water-glass-water-mineral-water-2686973/>

54 [https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerl%C3%B6scher#/media/Datei:Pulverl%C3%B6scher\\_in\\_Aktion.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerl%C3%B6scher#/media/Datei:Pulverl%C3%B6scher_in_Aktion.jpg)

55 [https://de.wikipedia.org/wiki/Backpulver#/media/Datei:Backpulver\\_RZ.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Backpulver#/media/Datei:Backpulver_RZ.jpg)

56 <https://pixabay.com/bg/photos/корабокрушение-плаж-залив-море-7334280/>

57 <https://pixabay.com/vectors/sun-bright-shine-summer-sunflower-161923/>  
<https://pixabay.com/vectors/clouds-storm-sky-559964/>  
<https://pixabay.com/vectors/grass-meadow-plant-green-spring-6358622/>  
<https://pixabay.com/vectors/house-apartment-building-2003068/>  
<https://pixabay.com/vectors/factory-chimney-smoke-smog-6283505/>  
<https://pixabay.com/vectors/cloud-blue-sky-nature-weather-309024/>  
<https://pixabay.com/vectors/trees-forest-nature-woods-flora-146748/>

58 <https://pixabay.com/bg/illustrations/изменението-на-климата-2063240/>

59 <https://pixabay.com/bg/photos/антарктика-лед-капачки-планини-482686/>

60 <https://pixabay.com/vectors/soil-earth-excavation-exposed-575643/>  
<https://pixabay.com/vectors/city-glimpse-prospect-street-5262987/>  
<https://pixabay.com/bg/vectors/скица-природата-вода-риба-сладък-3068607/>  
<https://pixabay.com/bg/vectors/мощност-електричество-промишленост-3664263/>  
<https://pixabay.com/bg/vectors/слънчоглед-цвете-лято-растение-4799169/>

61 [https://unsplash.com/photos/Арzwv9shf5s?utm\\_source=unsplash&utm\\_medium=referral&utm\\_content=creditShareLink](https://unsplash.com/photos/Арzwv9shf5s?utm_source=unsplash&utm_medium=referral&utm_content=creditShareLink)

62 <https://www.brucker.com/ja/applications/minerals-mining-and-petrochemical/oil-and-gas-midstream->

[downstream/petroleum-product-analysis.html](#)  
63 <https://www.tasteatlas.com/creme-caramel/recipe>  
64 <https://eckert-cutting.com/knowledge-base/the-rule-of-operation-and-the-use-of-an-oxygen-acetylene-torch-in-industry.html>  
65 <https://www.apguru.com/blog/food-chemistry>  
66 [https://en.wikipedia.org/wiki/Methanol\\_toxicity](https://en.wikipedia.org/wiki/Methanol_toxicity)  
[https://bg.m.wikipedia.org/wiki/Файл:Ethanol\\_Lewis.svg](https://bg.m.wikipedia.org/wiki/Файл:Ethanol_Lewis.svg)  
67 <https://necosmallsite.blogspot.com/2021/05/potassium-dichromate-orange-to-green.html>  
68 <https://woelen.homescience.net/science/chem/solutions/cu.html>  
69 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Picric\\_acid.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Picric_acid.png)  
70 <https://economictimes.indiatimes.com/news/politics-and-nation/love-fish-then-you-probably-dont-want-to-see-this/what-is-formalin/slideshow/65004825.cms>  
71 <https://www.careerstoday.in/chemistry/fehling-test>  
72 [https://www.reddit.com/r/chemistry/comments/9i7jqa/i\\_made\\_a\\_silver\\_mirror\\_with\\_ethanal\\_and\\_tollens/](https://www.reddit.com/r/chemistry/comments/9i7jqa/i_made_a_silver_mirror_with_ethanal_and_tollens/)  
73 <https://pxhere.com/es/photo/1382948>  
74 <https://www.visionlearning.com/es/library/Biologia/2/Lipids/207>  
<https://open.oregonstate.edu/animalnutrition/chapter/chapter-6/>  
<https://media.lanec.edu/users/powellt/Courses/225Lectures/05A/L5Apowellpage2.html>  
<https://www.clearvuehealth.com/c/high-triglyceride-risks/>  
75 <https://maineindoorair.org/soap-science-covid-19/>  
76 <https://unautes.com/index.php/2020/11/01/humans-against-the-planet-eutrophication/?lang=en>  
77 <https://pixabay.com/bg/illustrations/контейнер-шампоан-shampoo-бутылка-3327070>  
78 [https://www.researchgate.net/publication/333944060\\_Printable\\_acid-modified\\_corn\\_starch\\_as\\_non-toxic\\_disposable\\_hydrogel-polymer\\_electrolyte\\_in\\_supercapacitors](https://www.researchgate.net/publication/333944060_Printable_acid-modified_corn_starch_as_non-toxic_disposable_hydrogel-polymer_electrolyte_in_supercapacitors)  
<https://study.com/learn/lesson/amylopectin-structure-function-polysaccharide-examples.html>  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Amylose>  
79 <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1502870112#fig04>  
80 <https://www.hiroshima-u.ac.jp/en/news/62625>  
81 <https://www.liveabout.com/how-to-curl-your-hair-with-a-curling-iron-like-a-pro-3517898>  
82 <https://www.osd-ev.org/osteoporose-therapie/osteoporose-ernaehrung/ernaehrungspyramide/>  
83 <https://de.cleanpng.com/png-kbuduf/>  
84 <https://pixabay.com/bg/vectors/моята-чиния-хранене-5336211/>  
85 [https://bg.m.wikipedia.org/wiki/Файл:L-Ascorbic\\_acid.svg](https://bg.m.wikipedia.org/wiki/Файл:L-Ascorbic_acid.svg)  
86 <https://www.abcam.com/cholecalciferol-vitamin-d3-vdr-activator-ab143594.html>  
87 <https://pixabay.com/bg/photos/горски-пън-обезлесяването-клиринг-5481035/>  
88 <https://pixabay.com/bg/photos/отпадъчна-хартия-рециклиране-4560238/>  
89 [https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-bildung/ernaehrungslehre/unterrichtsmaterialien/handreichungen/handreichung\\_ernaehrung\\_und\\_chemie/handreichung-jahrgangsstufe-2/lpe18/lpe1811](https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-bildung/ernaehrungslehre/unterrichtsmaterialien/handreichungen/handreichung_ernaehrung_und_chemie/handreichung-jahrgangsstufe-2/lpe18/lpe1811)  
90 <https://theory.labster.com/exothermic-endothemic-de/>

