

# 1: Atombau und Periodensystem der Elemente

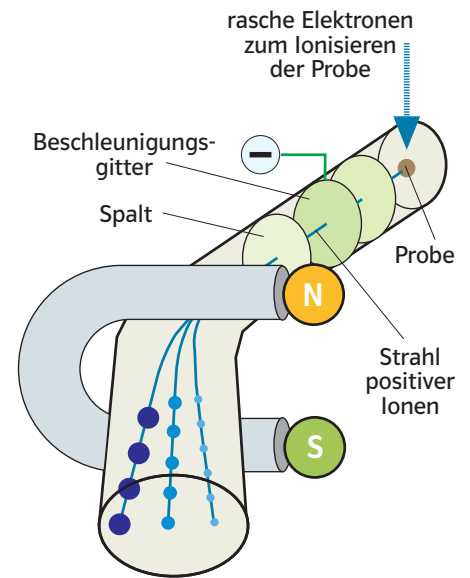
## Zusätze

### A. Zusatz-Informationen

#### Massenspektrometer

ELMO S. 9

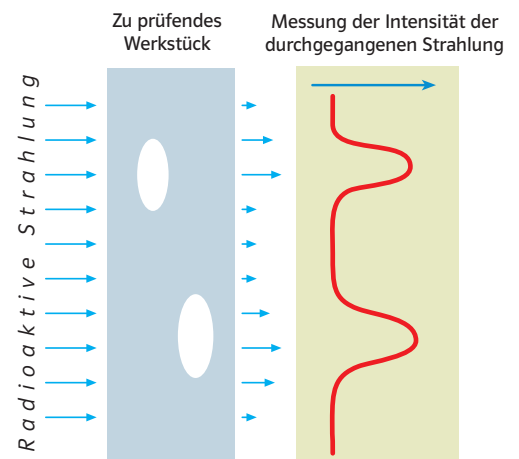
Die Masse von Atomen kann heute mit **Massenspektrografen (auch Massenspektrometer)** genau bestimmt werden. Dazu werden geladene Atome bzw. Elementarteilchen in einem elektrischen Feld auf eine bestimmte Geschwindigkeit beschleunigt und dann in einem weiteren elektrischen oder einem Magnetfeld durch eine normal zu ihrer Bewegungsrichtung wirkende Kraft abgelenkt. Je nach Masse beschreiben sie engere oder weitere Bahnkurven. Ihr Auftreffen wird registriert und der Ort des Auftreffens ist ein genaues Maß für die Masse der Teilchen.



#### Anwendung radioaktiver Strahlen

ELMO S. 11

In der Technik benützt man die Messung der Absorption von  $\gamma$ -Strahlen zur Bestimmung der Füllhöhe von Behältern, zur Messung von Schichtdicken und zum Entdecken von Fehlerquellen durch Lufteinschlüsse in Werkstücken

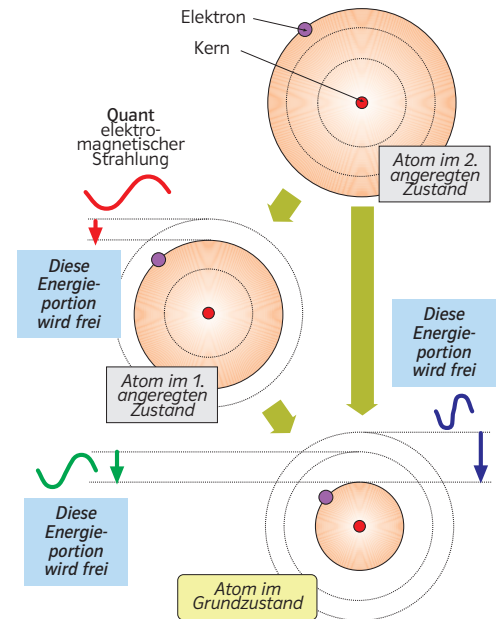
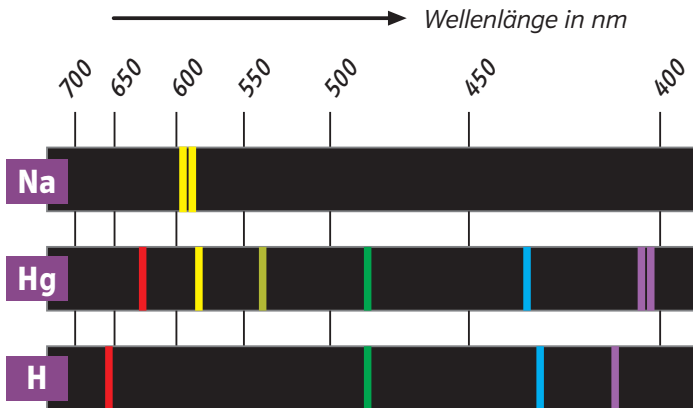


## Entstehung von Emissionsspektren

ELMO S. 19

Ein angeregtes Elektron kann direkt oder in Stufen auf den Grundzustand zurückspringen. Aus nebenstehender Abbildung erkennt man, dass in so einem Fall 3 verschiedene Spektrallinien durch die Emission entstehen.

Unten: Spektrallinien (sichtbares Spektrum) verschiedener Elemente



## B. Themenbereiche - 1: Atombau und Periodensystem der Elemente

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Die Grundlagen des Atombaues

Aufbau nach dem Kern-Hülle-Modell, Charakterisierung der Elementarteilchen, Ordnungszahl, Massenzahl, Nuklid, Element, Isotope, Beschreibung der Elektronenhülle

### Der Aufbau der Elektronenhülle

Charakterisierung der Quantenzahlen, Pauli-Ausschlussprinzip, Anwendung für die einzelnen Perioden im PSE, Abweichungen ab der 4. Periode (4s- Zustand ist energieärmer als der 3d- Zustand), Elektronenkonfiguration anhand von Beispielen, Definition von Valenzelektronen, Hund'sche Regel, Lewisschreibweise

### Die Atomspektren

Ablauf von Anregung und Rücksprung, Grundzustand und angeregte Zustände, Emissions- und Absorptionsspektren, Flammenfärbung und Fluoreszenz

### Das Periodensystem der Elemente

Historische Entwicklung Meyer/Mendelejeff, Zusammenhang zwischen Atombau und PSE, Ordnungszahl, Periodenlänge durch Elektronenhülle, s-, p-, d- und f-Block, einzelne charakteristische Gruppen

### Radioaktivität

Kernbindungskraft, Charakterisierung der radioaktiven Strahlung, Beispiele für  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ - Strahler, Zerfallsgeschwindigkeit und Halbwertszeit, natürliche Zerfallsreihen, Anwendung der radioaktiven Strahlung



## C. Glossar - 1: Atombau und Periodensystem der Elemente

### Anionen:

negativ geladene Ionen

### Außenelektronen:

s- und p-Elektronen der letzten Sphäre

### Avogadro Konstante (Loschmidtsche Zahl):

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$$

### Edelgaskonfiguration:

Elektronenhülle, die der der Edelgase ( $s^2p^6$ ) entspricht. Atome können diese durch Aufnahme bzw. Abgabe von Elektronen erreichen.

### Elektronen:

negativ geladene Elementarteilchen mit sehr geringer Masse. Befindet sich in der Atomhülle und ist entscheidend für Eigenschaften und Reaktionen.

### Elektronenkonfiguration:

Zuordnung der Elektronen eines Atoms in bestimmte Orbitale. Üblicherweise schreibt man nur die Elektronen die über das Edelgas [in eckiger Klammer] der vorangegangenen Periode hinausgehen an. ZB für Ag:  $[\text{Kr}] 5s^1 4d^{10}$

### Element:

wird durch die Ordnungszahl Z festgelegt. (Unter einem Element versteht man aber auch Verbindungen, die nur aus einer Atomsorte bestehen zB:  $\text{O}_2$  – Sauerstoff.)

### Elementsymbol:

Abkürzung für Elemente, die aus einem Großbuchstaben oder einem Groß- und einem Kleinbuchstaben bestehen.

### Flammenfärbung:

durch Erhitzen erreichen Elektronen einen angeregten (energiereichen) Zustand. Dieser Zustand ist sehr kurzlebig. Beim Zurückkehren auf den niedrigeren Zustand wird Licht bestimmter Wellenlänge emittiert. Besonders die Alkalimetalle zeigen charakteristische Flammenfärbung.

### Gruppe:

Spalte im Periodensystem

### Hund'sche Regel:

energiegleiche Orbitale werden zuerst einfach besetzt.

### Ionen:

geladene Atome oder Atomgruppen

### Isotope:

sie besitzen dieselbe Ordnungszahl Z, unterscheiden sich aber in der Massenzahl A.

### Kationen:

positiv geladene Ionen

### Lewis-Schreibweise:

Darstellung eines Atoms mit Valenzelektronen (doppelt besetztes Orbital durch Strich. Einfach besetztes Orbital durch Punkt)

### Massenzahl A:

Summe aus Protonen und Neutronen

### Mol:

Einheit der Stoffmenge. Ein Mol entspricht  $6,023 \cdot 10^{23}$  Teilchen (vergleichbar mit einem Dutzend = 12 Teilchen)

### Molmasse:

Masse von einem Mol Atome in g/mol. Bei Verbindungen wird die Molmasse der einzelnen Atome entsprechend der Formel addiert.

### Neutronen:

ungeladene Elementarteilchen im Kern

### Nukleonen:

sind die Kernbausteine Protonen und Neutronen.

### Nuklid:

ein durch Ordnungs- und Massenzahl genau definiertes Atom.

### Orbital:

Raubereich, in dem sich ein Elektron mit großer Wahrscheinlichkeit aufhält. Ein Orbital kann ein oder zwei Elektronen enthalten.

### Ordnungszahl Z:

gibt die Anzahl der Protonen an.

### Pauli-Ausschlussprinzip:

In einem Atom können nie zwei Elektronen in allen vier Quantenzahl übereinstimmen.

### Periode:

Zeile im Periodensystem

### Periodensystem der Elemente PSE:

Atome sind nach steigender Ordnungszahl angeordnet. Die Länge einer Periode (= Zeile) wird durch die Elektronenhülle bestimmt.

### Protonen:

positiv geladene Elementarteilchen im Kern

### Quantenzahlen:

Beschreibung des Energiezustands der Elektronen

### Radioaktivität:

Bei einem ungünstigen Protonen/Neutronen Verhältnis erfolgt die Stabilisierung des Kerns durch radioaktive Strahlung. Ab Element 84 gibt es keine stabilen Kerne.

### Radiocarbon-Methode:

Altersbestimmung mit Hilfe einer  $^{14}\text{C}$ -Messung

### Unit u: Atomare Masseneinheit;

$$1 \text{ u} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ u}$$

### Valenzelektronen:

Elektronen, die für Eigenschaften und Reaktionsverhalten wichtig sind. Es sind die s- und p- Elektronen der letzten Sphäre und Elektronen von nicht vollbesetzten d- und f- Orbitalen.





## 2: Die chemische Bindung

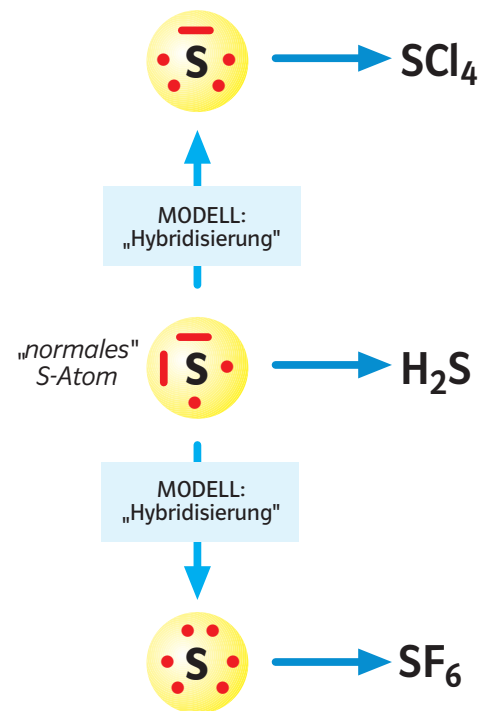
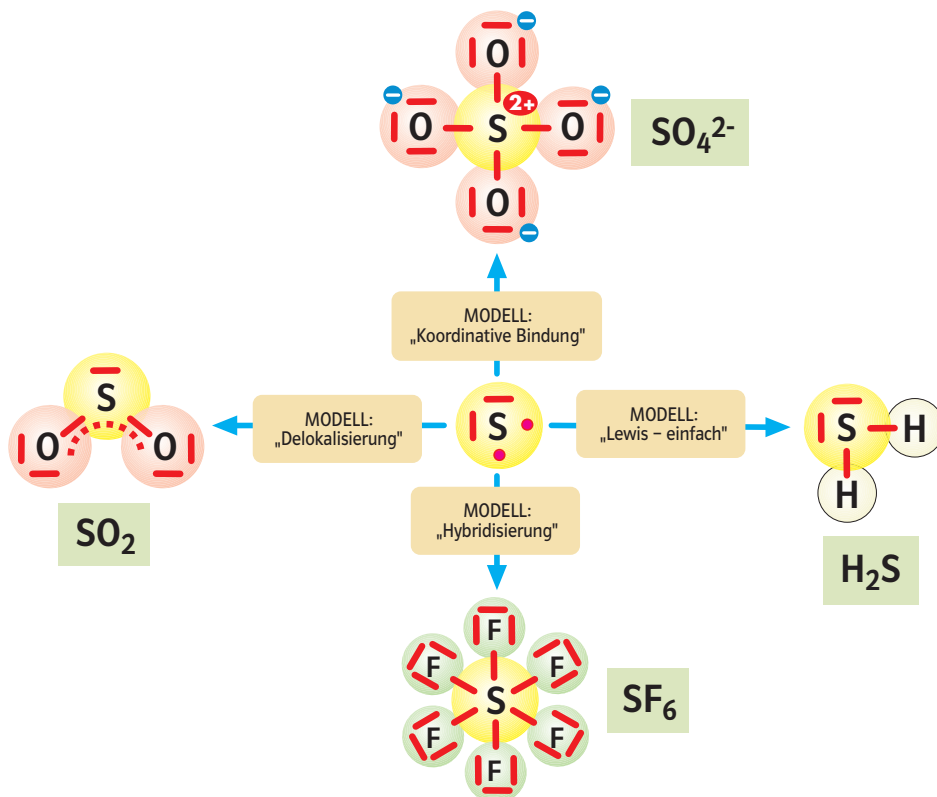
### Zusätze

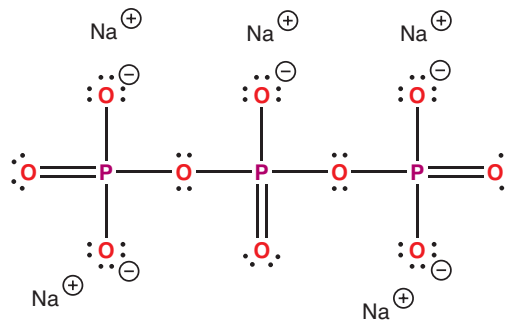
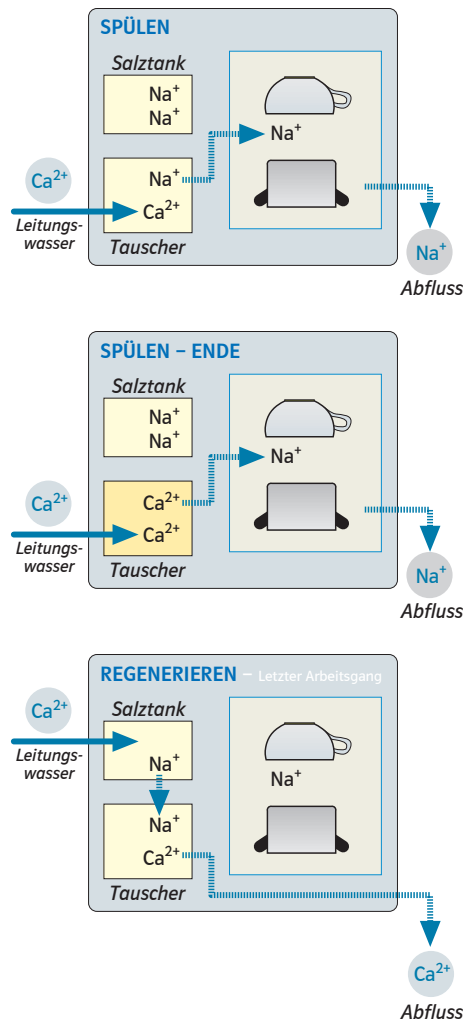
#### A. Zusatz-Informationen

##### Modell der Hybridisierung beim Schwefelatom

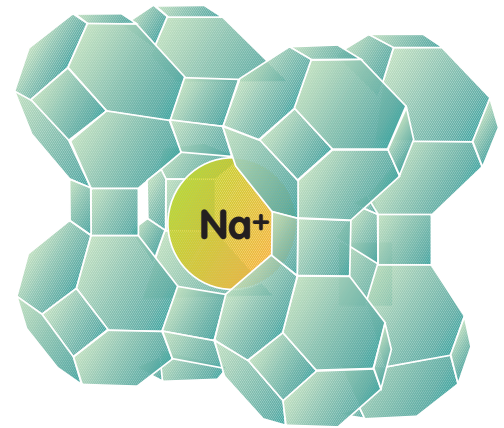
ELMO S. 35, 36

Die Atome der Elemente S, Se, Te können neben 2 Bindungen auch 4 oder 6 Bindungen eingehen.





Strukturformel des Natriumtriphosphats



Struktur eines Sasil-Teilchens. Das Natrium-Ion wird durch Calcium ausgetauscht.

Als Wasserenthärter in den heutigen Waschmitteln dient **SASIL** (Natrium-Aluminium-Silicate; engl. sodium = Natrium). Dieses wirkt als Ionenaustauscher und ersetzt die Härtebildner durch Natrium-Ionen.

Wasserenthärtung im Geschirrspüler

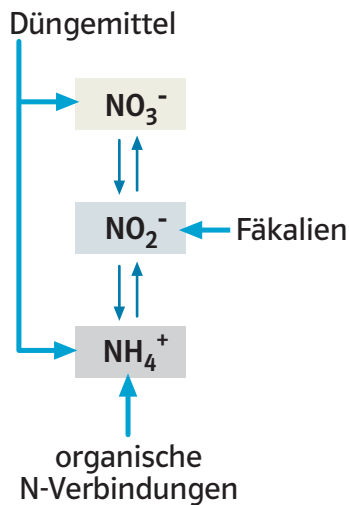
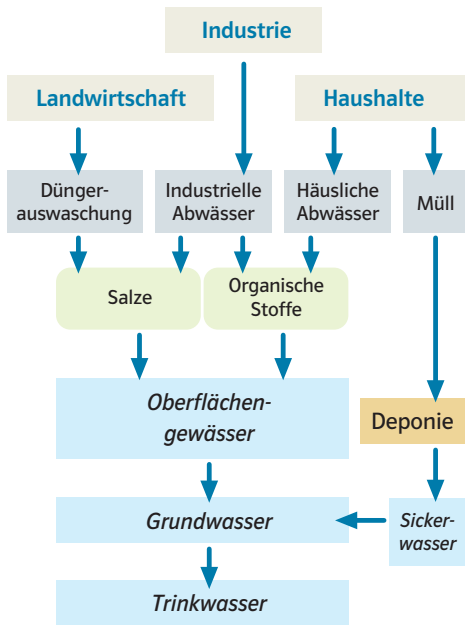
## Gewässerverschmutzung, Gewässergüte

Da Wasser vom Menschen nicht nur als Lebensmittel und Rohstoff, sondern auch zum Abtransport von Abfallstoffen verwendet wird, werden die natürlichen Oberflächengewässer belastet. Organische Verbindungen aus der Kanalisation großer Siedlungsgebiete überfordern den natürlichen Abbau durch Mikroorganismen. Düngemittel aus der Landwirtschaft führen zu einem vermehrten Algenwachstum im Wasser (**Eutrophie**). Abwässer der Industrie belasten die Gewässer mit organischen Verbindungen (Zellstoff- und Papierindustrie) oder mit Salzen. Hier führen vor allem die toxischen Schwermetallsalze zu Problemen. Auch das Grundwasser, das als Reserve zur Trinkwassergewinnung erhalten werden muss, wird zunehmend belastet – hier vor allem durch Düngemittelauswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden (Nitratbelastung) und Sickerwasser aus alten Mülldeponien. Die Sanierung solcher „Altlasten“ wird in Zukunft großen finanziellen Aufwand erfordern.

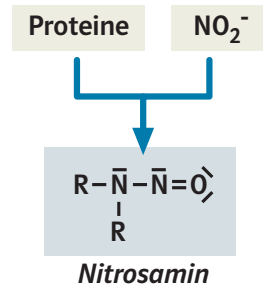
Die **Beurteilung der Wasserqualität** ist ein komplexes Problem und erst eine große Zahl von Parametern erlaubt ein endgültiges Urteil. Zu der chemischen Analyse kommen noch weitere Kriterien. Trinkwasser, aber auch Badewasser muss noch bakteriologisch untersucht werden. Oberflächenwasser wie Flüsse und Seen wird nach Wassergüteklassen eingeteilt. Die Beurteilung der Wassergüte erfolgt nach den genannten chemischen Analysen. Dazu kommt noch ein biologisches Indikatorsystem. Gewisse Lebewesen kommen nur in Gewässern bestimmten Reinheitsgrades vor. Ihr Fehlen oder ihre Anwesenheit ermöglichen eine zusätzliche Beurteilung. Allgemein gilt: Je besser die Wasserqualität, desto höher ist der Artenreichtum und desto geringer die Individuenzahl. In unbelasteten Gewässern existieren viele Arten von Fischen bis zu Kleinstlebewesen, in stark belasteten Gewässern oft nur mehr einige wenige Bakterienarten, diese aber in riesiger Zahl von Einzellebewesen.



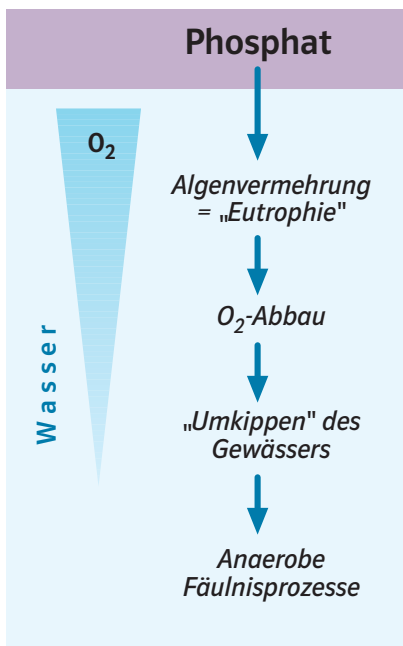
Zusammenhang zwischen Abwasser und Trinkwasser



**Stickstoffhaltige Salze** wie Ammoniumsalze, Nitrite und Nitrate stammen meist aus der Düngung. Aber auch der Abbau von organischen Stickstoffverbindungen aus Wasserlebewesen führt über  $\text{NH}_4^+$  zu  $\text{NO}_2^-$  und schließlich zu  $\text{NO}_3^-$ , ebenso Fäkalverschmutzungen bei mangelhaften Kläranlagen oder undichten Senkgruben. Besonders ein erhöhter Nitritgehalt lässt auf letztere Ursache schließen.



**Nitrit** ist das gesundheitsgefährdenste der genannten Ionen. Es ist die Schlüsselsubstanz bei der Bildung der Krebs erregenden Nitrosamine im Organismus. Ein hoher Nitritgehalt des Wassers führt vor allem bei Säuglingen zu einer Schädigung des Hämoglobins (Blausucht), die zum Tode führen kann. Auch ein hoher Nitratgehalt kann durch Reduktion bei der Zubereitung von Speisen zu einer Nitritbelastung führen. Daher muss in landwirtschaftlich stark genutzten Regionen häufig Grundwasser zur Trinkwassergewinnung aufbereitet werden.



**Phosphat** gelangt durch Ausschwemmung der Düngemittel und durch den Ablauf der Kläranlagen in die natürlichen Gewässer. In diesen begrenzt es meist als Minimumnährstoff die Algenvermehrung. Durch den zusätzlichen Eintrag kommt es zu einem erhöhten Nährstoffangebot (Eutrophie) und damit zu starker Algenvermehrung.

Vor allem stehende Gewässer mit ihrem geringeren Sauerstoffgehalt können die abgestorbenen Algen dann nicht mehr abgebaut werden (Sauerstoffzehrung, Umkippen des Gewässers, Beginn anaerober Fäulnisprozesse). Dies ist der Grund für die Einschränkung von Phosphaten in den Waschmitteln.

Leider können die in Österreich betriebenen Kläranlagen Phosphate nicht genügend zurückhalten, sodass auch ohne Waschmittelposphate eine beträchtliche Gewässerbelastung besteht.

## B. Themenbereiche - 2: Die chemische Bindung

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Vergleich der Bindungsmodelle

Beschreibung der Bindungskraft, Bildung von Molekül bzw. Gitter, mögliche Formelschreibweisen, Beispiele, Eigenschaften, die sich aufgrund des Bindungsmodells ergeben

### Das Atombindungsmodell

Grundprinzip des Modells, Summen- und Strukturformel, Hybridisierung, koordinative Bindung, Mesomerie, räumlicher Bau (VSEPR-Modell), polare und unpolare Verbindungen, Nebervalenzkräfte, Eigenschaften, Beispiele, Atomgitter

### Polare und unpolare Verbindungen

Grundprinzip des Atombindungsmodells, VSEPR-Modell, Elektronegativität, Beispiele (diese Frage lässt sich sehr gut mit Beispielen aus der organischen Chemie verknüpfen)

### Atomgitter

Beschreibung des Diamant- und Grafitgitters, Darstellung der unterschiedlichen Eigenschaften aufgrund der unterschiedlichen Bindung, Quarzgitter (Vergleich mit dem gasförmigen Kohlenstoffdioxid)

### Wasser

Bindungsverhältnisse, Dipolmolekül, Wasserstoffbrücke, Anomalie des Wassers, Wasser als Lösungsmittel. (Im Kapitel 4 wird Wasser auch als Säure bzw. Base und als Reduktions- und Oxidationsmittel beschrieben. Kapitel 6.4 befasst sich ausschließlich mit Wasser)

### Die Ionenbindung

Bindungsmodell, Energiediagramm für die Bildung einer Ionenverbindung, Beispiele (auch mit mehratomigen Ionen), Eigenschaften – Wasserlöslichkeit (Hydrathülle, Kristallwasser), Leitfähigkeit. (Im Kapitel 4.3 wird die Elektrolyse ausführlicher beschrieben. Informationen über wichtige Salze findet man im Kapitel 5 zB: Soda und Kalk.)

### Die Metallbindung

Bindungsmodell, mögliche Gitterstrukturen, Eigenschaften

(Spezielle Metalle werden im Kapitel 5.7, 7.2 und 7.3 besprochen. Metalle als Reduktionsmittel werden im Kapitel 4 besprochen.)



## C. Glossar - 2: Die chemische Bindung

### Bindungswinkel:

Winkel, den die Bindungspartner des Zentralatoms einschließen

### Deionat:

durch Ionenaustauscher entsalztes Wasser

### delokalisierte Elektronen:

Elektronen, die keiner bestimmten Elektronenhülle zugeordnet sind.

**Dipol:** Molekül, das aufgrund des Elektronegativitätsunterschieds und des räumlichen Baus, eine positive und negative Seite besitzt.

### Dipol-Dipol-Wechselwirkung:

Nebervalenzkraft, die zwischen Dipolmolekülen wirkt.

### Edelgasregel:

Auch Oktett-Regel. Regel die besagt, dass Atome durch die Bindung eine Edelgaskonfiguration anstreben.

### Elektrolyse:

chemische Reaktion durch Strom

### Elektronegativität:

Tendenz eines Atoms im Atomverband Elektronen anzuziehen.

### Elektronenaffinität:

Energieumsatz bei der Aufnahme eines Elektrons

### Gitterenergie:

Energie, die bei der Bildung eines Gitters frei wird, bzw. diejenige Energie, die man beim Lösen eines Gitters aufbringen muss.

### Hybridisierung:

Modellhafter Vorgang zur Erzeugung energie-gleicher Orbitale

### Hybridorbitale:

Orbitale, die durch den Vorgang der Hybridisierung entstanden sind.

### Hydrathülle:

Hülle von Wassermolekülen; Wassermoleküle lagern sich entsprechend ihrer Polung an Ionen an.

### Hydratisierungsenergie:

Energie, die bei der Bildung der Hydrathülle frei wird.

### hydrophil/ hydrophob:

wasserlöslich/wasserunlöslich

### Ionengitter:

Gitter, das durch die Ionenbindung entsteht.

### Ionisierungsenergie:

Energie, die man zum Entfernen eines Elektrons aus der Elektronenhülle benötigt.

### Katode:

negativ geladene Elektrode

### koordinative Bindung:

Ein Bindungspartner stellt beide Elektronen für die Bindung zur Verfügung.

### Kristallwasser:

Eine Hydrathülle, die auch im festen Ionengitter eingebaut ist.

### Mesomerie:

Einige Elektronen eines Moleküls sind über mehrere Bindungen delokalisiert.

### Metallgitter:

Gitter, das durch die Metallbindung entsteht.

### Molekülgitter:

Durch Nebervalenzkräfte können auch Moleküle ein Gitter bilden.

### Nebervalenzkraft:

Kraft, die zwischen Molekülen wirkt.

### Polar:

Bindungen bzw. Moleküle die eine positive bzw. negative Seite aufweisen.

### Van-der-Waalsbindung:

Nebervalenzkraft zwischen unpolaren Molekülen

### Wasserstoffbrücken:

sehr starke Dipol-Dipol-Wechselwirkung zwischen Wasserstoff und einem stark elektronegativen Atom mit einem nichtbindenden Elektronenpaar



### 3: Die chemische Reaktion

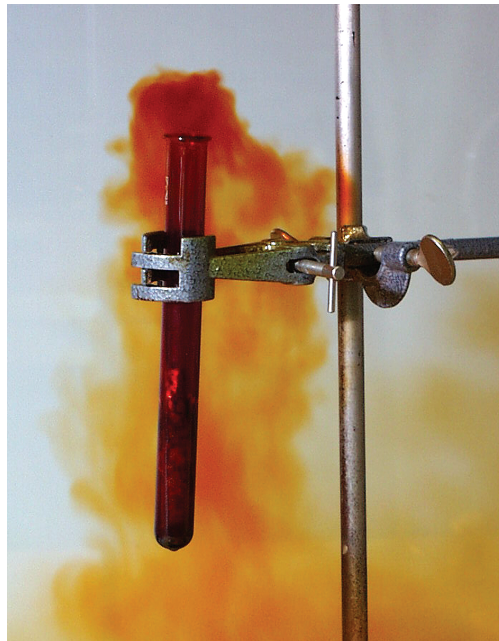
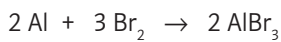
#### Zusätze

#### A. Zusatz-Informationen

##### Reaktion

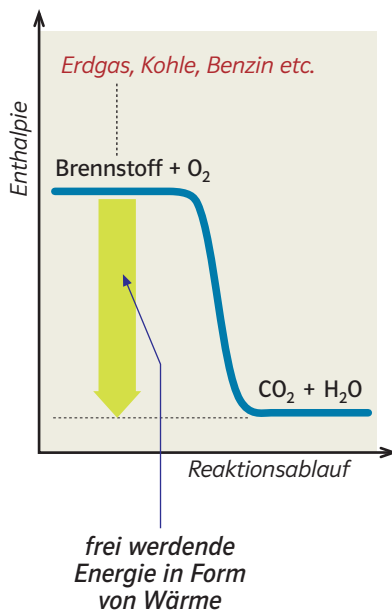
ELMO S. 66

Die heftige Reaktion von Aluminium mit Brom:



##### Verbrennungswärme

ELMO S. 79



Die gesamte „Energiegewinnung“ aus fossilen Brennstoffen basiert auf der Umsetzung energetisch „hoch stehender“ Verbindungen in energetisch „mindere“ Produkte wie Kohlenstoffdioxid und Wasser.

Zur Charakterisierung des „Wertes“ einer Verbindung beim Heizen dienen die Reaktionsenthalpie der Verbrennungsreaktion und der **Heizwert**.

## NATURGAS

Das aus natürlichen Lagerstätten gewonnene fossile Gas bezeichnet man als Naturgas. Liegt es in einer reinen Gaslagerstätte vor und ist es auch in dieser gasförmig, wird es **Erdgas** genannt. Sein Gehalt an druckverflüssigbaren Kohlenwasserstoffen mit 3 oder 4 Kohlenstoff-Atomen ist gering. Es besteht zum Großteil aus Methan. Daher wird es auch als **Trockengas** bezeichnet.

Naturgas kann auch zusammen mit Erdöl vorkommen. Gas solcher gemischten Lagerstätten nennt man auch **Erdölbegleitgas** oder **Nassgas**, da sein Anteil an druckverflüssigbaren Komponenten hoch ist. Dieses Erdölbegleitgas wurde früher bei der Erdölgewinnung meist abgefackelt, dh. bei der Lagerstätte verbrannt. Heute pumpt man es entweder in die Lagerstätte zurück, um die Entölung zu verbessern (Gaslift), oder es dient als wertvoller Rohstoff, der nach Entfernung der druckverflüssigbaren Anteile wie Erdgas verwendet wird.

In Österreich steigt der Naturgasverbrauch von Jahr zu Jahr. 2008 betrug er 8,2 Milliarden Kubikmeter (bei Normalbedingungen), wovon 2 Milliarden aus eigenen Erdgaslagerstätten stammen. Damit werden ca. 24 % aus der Inlandsförderung gedeckt. 78 % werden importiert. Hauptlieferant ist Russland. Aber auch mit Norwegen wurden Lieferverträge abgeschlossen, um die einseitige Abhängigkeit von einem Großlieferanten zu verringern.

Auf dem internationalen Markt gewinnt Naturgas als Energieträger ebenfalls zunehmend an Bedeutung. Da große Reserven vorhanden sind, ist in den nächsten Jahrzehnten nicht mit Verknappungen zu rechnen. Die sicher bekannten und gewinnbaren Weltreserven (188 Billionen m<sup>3</sup>) reichen beim momentanen Verbrauch noch für 60 Jahre, die wahrscheinlichen Vorräte mehr als doppelt so lange. Die Weltförderung betrug 2008 ca. 3 Billionen Kubikmeter.

Naturgas muss nach der Förderung getrocknet und entschwefelt werden, da Schwefelwasserstoff und Wasser auf die Pipelines korrosiv wirken. Die Entschwefelung erfolgt durch Extraktion des H<sub>2</sub>S mit organischen Aminen, zB Diethylamin. Es tritt eine Protonolyse zwischen dem sauren H<sub>2</sub>S und dem basischen Amin ein. Aus dem Amin wird Schwefelwasserstoff durch Erhitzen wieder abgetrennt und in der Claus-Anlage zu Schwefel weiterverarbeitet. Die Gasentschwefelung erfolgt in Österreich sowohl in der Raffinerie Schwechat als auch in der Station Aderklaa. Kohlenstoffdioxid wird bei dieser Gelegenheit auf demselben Weg entzogen.

Neben seiner Verwendung als sauberer Energieträger, der gut zu verteilen ist, nicht giftig wirkt und einen guten Heizwert hat, spielt Naturgas als Rohstoff für die chemische Industrie eine immer wichtigere Rolle. Methan dient heute zunehmend als Ausgangsstoff für Produkte, die man früher ausschließlich aus Erdöl oder Kohle gewonnen hat. Durch katalytische Oxidation unter Sauerstoffmangel können Ethen und Ethin direkt aus Methan gewonnen werden. Auch Methanol und Essigsäure sind direkt aus Methan zugänglich. Diese „C1-Chemie“ soll in Zukunft ausgebaut werden und eine Reihe von komplizierteren und teureren Verfahren von früher ersetzen. Die Bedeutung von Methan als Rohstoff für die Wasserstofferzeugung wurde schon im anorganischen Teil des Buches bei der Ammoniaksynthese ausführlich besprochen.

## B. Themenbereiche - 3: Die chemische Reaktion

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Die chemische Schreibweise

#### Stöchiometrische Berechnung (Beispiele)

Bedeutung des Rechnens in der Chemie, Molbegriff,  $m = M \cdot n$ , Erläuterung anhand eines Beispiels (3 Schritte Programm)

#### Konzentration

Vergleich der Konzentrationsmaße, Erläuterungen anhand von Beispielen

#### Gasgesetze

Definition für ein ideales Gas, Gesetz von Avogadro, Gasdichtevergleich aufgrund der Molmasse, allgemeines Gasgesetz, Erläuterung anhand von Beispielen

#### Thermochemie

Enthalpie, Standardbildungsenthalpie, exotherm, endotherm, Entropie, freie Enthalpie, exergon, endergon, Erläuterung anhand von Beispielen

#### Fossile Rohstoffe im Überblick

Die fossilen Rohstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas. Bedeutung für den Energiesektor und als Rohstoffe für die chemische Industrie. Die Exploration und die unterschiedlichen Gewinnungsmethoden dieser wichtigen Rohstoffe und die Vorkommen dieser Rohstoffe auf der Erde. Die wichtigsten Verwendungsmöglichkeiten für den Energiesektor und die chemische Industrie. Produkte aus den Rohstoffen.

#### Erdölverarbeitung – Erdölprodukte

Die Verarbeitung von Rohöl in der Raffinerie zu den Produkten Benzin, Kerosin, Dieselöl, Heizöle, Schmieröle und Bitumen. Primär- und Sekundär-Destillation. Anpassung des zu hohen Anteils an langkettigen Komponenten des Rohöls an den Bedarf. Erklärung des Begriffs Oktanzahl, Methoden zur Oktanzahlerhöhung. Entschwefelungsmethoden für die Produkte der Raffinerien.

#### Treibstoffe unserer Zeit

Die Treibstoffe Benzin, Kerosin und Dieselkraftstoff, ihre Gewinnung aus dem Rohöl und ihre unterschiedlichen Einsatzgebiete. Qualitätskriterien für die Treibstoffe wie Octanzahl, CFPP, Cetanzahl. Methoden zur Erhöhung der Treibstoffausbeute aus Rohöl und zur Verbesserung der Treibstoffqualität in der Raffinerie. Ansätze zur teilweisen Verwendung nachwachsender Rohstoffe in der Treibstoffherstellung (Bioethanol, Bio-Diesel).



## C. Glossar - 3: Die chemische Reaktion

### Ausgangsstoffe:

Stoffe, die zu Beginn der Reaktion vorliegen

### Bildungsenthalpie $\Delta H_B$ :

Energie, die bei der Bildung einer Verbindung aus den Elementen umgesetzt wird. Bei Messungen bei Standardbedingungen spricht man von der Standardbildungsenthalpie  $\Delta H_B^\circ$ .

### Chemisches Gleichgewicht:

Phänomen, das dem Ende einer Reaktion entspricht. Die Geschwindigkeit der Hin- und Rückreaktion sind im Gleichgewicht. Wenn ein System im Gleichgewicht ist, ändert sich an der Zusammensetzung nichts.

### Endergon:

$\Delta G > 0$ ; eine endergone Reaktion ist nicht spontan.

### Endotherm:

$\Delta H > 0$ , bei einer endothermen Reaktion wird Energie benötigt.

### Endstoffe:

Stoffe, die bei einer Reaktion gebildet werden.

### Enthalpie $H$ :

Energie bei konstantem Druck; Einheit kJ

### Entropie $S$ :

Maß für die „Unordnung“; Einheit kJ/K

### Exergon:

$\Delta G < 0$ ; eine exergone Reaktion ist spontan.

### Exotherm:

$\Delta H < 0$ , bei einer exothermen Reaktion wird Energie frei.

### Freie Enthalpie $G$ :

Wird auch Gibbs-Energie genannt. Verknüpfung von Enthalpie und Entropie ( $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ); Einheit kJ

### Gaskonstante $R$ :

Bei Gasen ist  $p \cdot V \cdot M / T$  konstant. Diese Konstante  $R$  hat je nach verwendeten Einheiten folgenden Wert: 0,08314 L·bar/K·mol oder 8,314 J/mol·K

### Geschwindigkeitskonstante $k$ :

$k$  ist temperaturabhängig und für eine bestimmte Reaktion charakteristisch.

### Gleichgewichtskonstante $K$ :

$K$  ist ein Maß, wie gut eine Reaktion abläuft. Je größer die Gleichgewichtskonstante ist, desto vollständiger läuft die Reaktion ab.  $K$  ist temperaturabhängig.

### Heizwert:

Der Heizwert gibt die Enthalpie an, die bei der Verbrennung von 1 kg Stoff frei wird. Einheit kJ/kg

### Ideales Gas:

Es besitzt kein Eigenvolumen und es gibt keine Wechselwirkungen zwischen den Gasteilchen.

### Katalysator:

Er beeinflusst die Geschwindigkeit einer Reaktion und wird selbst nicht verbraucht.

### Konzentration:

Die Konzentration gibt an, wie viel eines Stoffes in einer bestimmten Menge gelöst ist.  $c$  in mol/L;  $c^*$  in g/L

### Molvolumen $V_M$ :

Volumen von 1 mol Gas in L/mol. Das Molvolumen bei Normalbedingungen beträgt 22,7 L/mol.

### Molzahl $n$ :

Gibt die Stoffmenge in der Einheit mol an (1 mol =  $6,023 \cdot 10^{23}$  Teilchen)

### Normalbedingungen:

$p_0 = 1 \text{ bar}$ ,  $T_0 = 273 \text{ K}$  (= 0 °C)

### ppb:

Konzentrationsangabe für sehr kleine Mengen. „part per billion“ (Milliarde) (1 mg/t)

### ppm:

Konzentrationsangabe für sehr kleine Mengen. „part per million“ (1 mg/kg)

### Prinzip von Le Chatelier oder Prinzip der Flucht vor dem Zwang:

Reaktionen können durch Zwänge (Druck, Temperatur) in die gewünschte Richtung verschoben werden. Durch Temperaturerhöhung begünstigt man die endotherme Richtung, durch Druckerhöhung begünstigt man die Richtung mit der geringeren Gasteilchenanzahl.

### Reaktionsenthalpie $\Delta H$ :

Energie, die bei konstantem Druck bei einer Reaktion umgesetzt wird.

### Reaktionsgeschwindigkeit $v$ :

Da die Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration der reagierenden Stoffe abhängig ist, verlangsamt sich eine Reaktion bei Abnahme der Konzentration.

### Standardbedingungen:

$p_0 = 1 \text{ bar}$ ,  $T_0 = 298 \text{ K}$  (= 25 °C)



## **Glossar: Thema fossile Rohstoffe**

### **Benzin:**

Kohlenwasserstoffgemisch von 5 bis 9 Kohlenstoffatomen Kettenlänge. Hauptsächlich aus Crackbenzin. Zusatzstoffe zur Octanzahlerrhöhung. Normalbenzin mit 91 Octan, Superbenzin (Eurosuper) mit 95 Octan

### **Bitumen:**

Sumpfpfprodukt der Vakuumdestillation, durch Durchblasen von heißer Luft zusätzlich vernetzt (Schmelzpunkterhöhung). Zur Asphaltherstellung

### **Braunkohle:**

fossiler Brennstoff aus Landpflanzen, geringerer Heizwert als Steinkohle

### **Cracken:**

Zerbrechen langer Kohlenwasserstoffketten zu kurzen. Zweck: Treibstoffausbeute aus Rohöl erhöhen, Alkene gewinnen. FCC: (fluid-catalytic-cracking) Fließbettverfahren mit heißem Silikatkatalysator, Steamcracken: thermisches Verfahren mit Wasserdampf bei ca. 1000 °C

### **Dieseltreibstoff:**

Sommerdiesel: Kohlenwasserstoffgemisch von ca. 15 bis 18 Kohlenstoffatomen Kettenlänge, Winterdiesel mit etwa 30 % Kerosin, um Kristallisieren von Paraffin zu verhindern

### **Entschwefelung:**

Entfernung des Schwefelanteils der Ölfractionen (Thiole und Thioether) durch katalytische Reaktion mit Wasserstoff, Entfernung des H<sub>2</sub>S und partielle Oxidation zu S (Claus-Verfahren)

### **Erdöl:**

fossiler Brennstoff aus Meereslebewesen. Aus Ölfällen durch Bohrtechnik gewonnen

### **Heizöle:**

Heizöl extra leicht wie Dieselmotortreibstoff (rot gefärbt aus Steuergründen), Heizöl leicht, mittel, schwer mit zunehmendem Anteil von Sumpfpfprodukt der Vakuumdestillation

### **Kerosin:**

Kohlenwasserstoffgemisch von ca. 10 bis 14 C Atomen Kettenlänge. Fluggasttriebmittel

### **Kohlevergasung:**

Umwandlung von Kohle in ein Gemisch aus CO und H<sub>2</sub> für Synthesen (Ammoniak, Methanol). Als zukünftige Technologie zur Kohleförderung in Diskussion (Lagerstättenvergasung)

### **Koks:**

poröser Kohlenstoff, der durch Erhitzen von Steinkohle unter Luftabschluss (Verkokung) gewonnen wird. Als Nebenprodukt entstehen Kohlegas und Kohleteer. Druckfester Koks aus gasärmeren Kohlen zur Roheisengewinnung im Hochofen (Hüttenkoks)

### **Leichtbenzin:**

Benzinfraktion aus der Primärdestillation mit 5 und 6 Kohlenstoffatomen Kettenlänge. Geringe Octanzahl, durch Isomerisieren verbesserbar. Trotzdem zum Großteil nicht zur Benzinherstellung verwendet, sondern Ausgangsstoff zum Steamcracken.

### **MTBE :**

Methyl-tertiärbuthylether (2-Methoxy-methyl-propan), wichtigste hochoctanige Substanz zur Herstellung von Superbenzin

### **Naturgas:**

Gas aus Lagerstätten. Reine Gaslagerstätten: Erdgas, tritt auch als Begleitgas bei Öllagerstätten auf, wird dann wegen der druckverflüssigbaren Anteile mit 3 und 4 Kohlenstoffatomen Nassgas genannt.

### **Octanzahl:**

Maß für die Klopfestigkeit von Benzin (erwünschte Verbrennungseigenschaften trotz starker Verdichtung des Benzin-Luft-Gemisches)

### **Ölfälle:**

Geologische Formation, in der sich Erdöl in porösen Gesteinsschichten ansammeln kann.

### **Plattformen:**

Octanzahlverbesserung bei Schwerbenzin. Am Platinkatalysator bilden sich hauptsächlich sehr hochoctanige Aromaten.

### **Primärdestillation:**

Fraktionierende Rohöldestillation bei atmosphärischem Druck (Atmosphärische Destillation)

### **Schwerbenzin:**

Benzinfraktion aus der Primärdestillation mit 7 bis 9 Kohlenstoffatomen Kettenlänge. Geringe Octanzahl, wird durch Plattformen sehr stark verbessert, allerdings entstehen Aromaten, daher wegen der Obergrenze für Benzen nur beschränkt zur Treibstoffherstellung verwendet. Wichtige Quelle von Aromaten für die chemische Industrie.

### **Sekundärdestillation:**

Fraktionierende Destillation des Sumpfes der Primärdestillation bei vermindertem Druck (Vakuumdestillation)

### **Steinkohle:**

Fossiler Brennstoff aus Landpflanzen. Durch hohen Druck in tieferen Erdschichten entstanden. Höherer Heizwert





## 4: Das chemische Gleichgewicht

### Zusätze

#### A. Zusatz-Informationen

##### Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante


ELMO S. 94

**A + B  $\rightleftharpoons$  D + E**


Hinreaktion                      Rückreaktion

$v_0 = k_H \cdot c_0(A) \cdot c_0(B)$        $v_0 = k_R \cdot c_0(D) \cdot c_0(E)$


nimmt ab




nehmen ab



nimmt zu



nehmen zu



$v_g = k_H \cdot c_g(A) \cdot c_g(B)$        $v_g = k_R \cdot c_g(D) \cdot c_g(E)$

Ohne äußeren Einfluss  
keine Veränderung mehr

$$K = \frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}} = \frac{c_g(D) \cdot c_g(E)}{c_g(A) \cdot c_g(B)} = \frac{[D] \cdot [E]}{[A] \cdot [B]}$$

Für eine Reaktionsgleichung  
mit Faktoren  $\neq 1$  gilt:

**$x A + y B \rightleftharpoons u D + v E$**

$$K = \frac{[D]^u \cdot [E]^v}{[A]^x \cdot [B]^y}$$

$k_H = k_{\text{hin}}$  = Geschwindigkeitskonstante für die Hinreaktion

$k_R = k_{\text{rück}}$  = Geschwindigkeitskonstante für die Rückreaktion

$c_0$  = Anfangskonzentration

$c$  = Momentankonzentration

$c_g = [ ]$  = Gleichgewichtskonzentration

**Die Gleichgewichtskonstante K ist:**

- temperaturabhängig
- für eine Reaktion charakteristisch
- immer gültig, wenn Substanzen vorliegen
- unabhängig von  $c_0$

## B. Themenbereiche - 4: Das chemische Gleichgewicht

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Das chemische Gleichgewicht

Phänomen „Gleichgewicht“, Reaktionsgeschwindigkeit, Herleiten des Massenwirkungsgesetzes, Gleichgewichtskonstante  $K$ , Größe von  $K$ , Beeinflussung der Gleichgewichtslage

### Beeinflussung der Gleichgewichtslage

Phänomen „Gleichgewicht“, Prinzip von Le Chatelier, Anwendung anhand von Beispielen (Kapitel 5.2 Haber-Bosch-Verfahren, 5.7 Boudouard-Gleichgewicht), Methanolsynthese aus der organischen Chemie

### Die Löslichkeit von Salzen

Beschreibung des Lösungsvorgangs (Hydrathülle), Unterschied zwischen Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt (chemisches Gleichgewicht), Auswirkungen eines gleichionigen Zusatzes, Berechnungsbeispiele, Fällungsreaktionen

### Eigenschaften, Herstellung und Verwendung von Ammoniak

Eigenschaften von Ammoniak, Verwendung und Bedeutung von Ammoniak als technischer Rohstoff, Herstellung von Ammoniak nach dem Haber-Bosch-Verfahren, ausgehend von Erdgas und Wasser. Diskussion der Probleme beim Herstellungsverfahren. Rohstoff zur Herstellung von Düngemitteln

## C. Glossar - 4: Das chemische Gleichgewicht

### Fällung:

Bildung eines Niederschlags bei der Vereinigung zweier Salzlösungen

### Haber-Bosch-Verfahren:

Herstellung von Ammoniak aus Wasserstoff und Stickstoff.

### Löslichkeit:

Masse eines Salzes, das sich in 1 Liter Wasser löst. Die Löslichkeit wird in g/L angegeben.

### Löslichkeitsprodukt $K_L$ :

Gleichgewichtskonstante für Löslichkeitsreaktion. Sie ist ein Maß dafür, wie schwer ein Salz in Wasser löslich ist.

### Prinzip von Le Chatelier oder Prinzip der Flucht vor dem Zwang:

Reaktionen können durch Zwänge (Druck, Temperatur) in die gewünschte Richtung verschoben werden. Durch Temperaturerhöhung begünstigt man die endotherme Richtung, durch Druckerhöhung begünstigt man die Richtung mit der geringeren Gasteilchenanzahl.

### Reaktionsgeschwindigkeit $v$ :

Da die Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration der reagierenden Stoffe abhängig ist, verlangsamt sich eine Reaktion bei Abnahme der Konzentration.





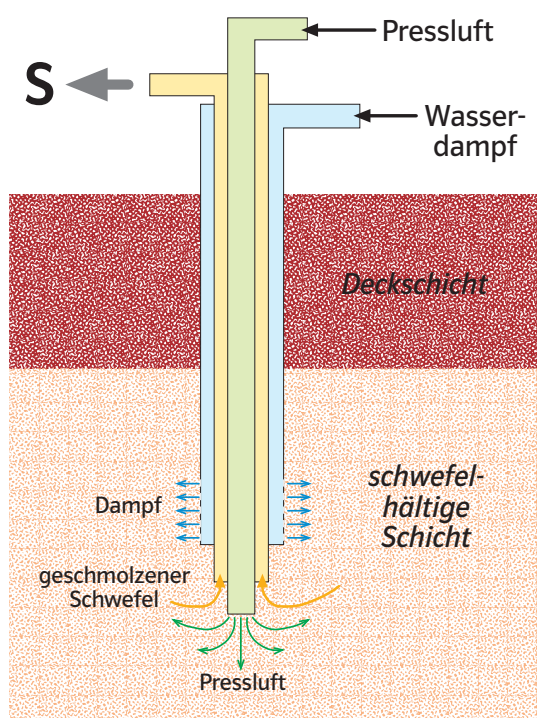
## 5: Säure-Base-Reaktion

### Zusätze

#### A. Zusatz-Informationen

##### Die Produktion von Schwefel im Frasch-Verfahren

ELMO S. 123



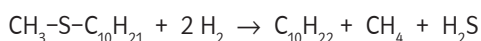
Die Bohrtechnik zur Schwefelgewinnung heißt **Frasch-Verfahren**. Im Bohrloch befinden sich drei ineinandergeschobene Rohre. In ein Rohr wird überhitzter Wasserdampf eingeblasen, der den Schwefel in der Lagerstätte aufschmilzt, in ein anderes Druckluft. Durch den so in der Lagerstätte entstehenden Druck wird der Schwefel im mittleren Rohr flüssig nach oben gepresst. Man gewinnt dabei Schwefel mit hohem Reinheitsgrad.

##### Die Produktion von Schwefel im Claus-Verfahren

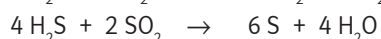
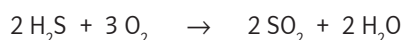
ELMO S. 123

#### Entschwefelung von Erdölprodukten

Die Fraktionen, die durch die Destillationsschritte gewonnen wurden, müssen nun zu brauchbaren Produkten weiterverarbeitet werden. Dazu ist im ersten Schritt eine Entschwefelung nötig. Sie erfolgt auf katalytischem Weg durch Reaktion mit Wasserstoff. Der Schwefel ist im Erdöl in Form von Thiolen und Thioethern gebunden. Diese reagieren mit Wasserstoff am Katalysator zu Alkanen und Schwefelwasserstoff.



Der Schwefelwasserstoff ist im Erdölprodukt gelöst und wird anschließend über eine Fraktionierkolonne (Stripperkolonne) abgetrennt. Er wird nach dem **Claus-Verfahren** in elementarem Schwefel umgesetzt und dient als Rohstoff für die chemische Industrie (zB Schwefelsäureherstellung).



## B. Themenbereiche - 5: Säure-Base-Reaktion

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Grundlagen der Säure-Base-Theorie

Grunddefinition von Säure, Base und Protolysenreaktionen mit Beispielen, Bedeutung von stark und schwach, Säure- und Basenkonstante (chemisches Gleichgewicht), Bedeutung des Ampholyts Wasser, Autoprotolyse, Ionenprodukt des Wassers, Arbeiten mit der  $pW_A$ -Tabelle, Beispiele

### Der pH-Wert

Definition (mathematisch und phänomenologisch), Berechnung des pH-Wertes, Herleiten der vereinfachten Formeln für die Berechnung des pH-Wertes bei starken Säuren bzw. Basen und bei schwachen Säuren bzw. Basen, Beispiele, Messung des pH-Wertes

### Pufferlösungen

Zusammensetzung einer Pufferlösung, konjugierter Puffer, pH-Wert einer Pufferlösung, Änderung des pH-Wertes bei Zugabe einer starken Säure bzw. starken Base, Beispiele und Berechnungen, wichtige Puffersysteme

### Titration und Diskussion der Titrationskurven

Beschreibung der Methode und der verwendeten Geräte, pH-Wertverlauf im Zuge einer Titration, Wahl des Indikators

### Eigenschaften, Herstellung und Verwendung von Salpetersäure

Eigenschaften der Salpetersäure, Verwendung und Bedeutung der Salpetersäure als technischer Rohstoff, Herstellung von Salpetersäure nach dem Ostwald-Verfahren. Diskussion der Probleme beim Herstellungsverfahren. (Diese Frage kann auch mit Inhalten der organischen Chemie, zB Salpetersäureestern, verknüpft werden.)

### Eigenschaften, Herstellung und Verwendung von Schwefelsäure

Eigenschaften der Schwefelsäure, Verwendung und Bedeutung der Schwefelsäure als technischer Rohstoff, Herstellung von Schwefelsäure nach dem Kontaktverfahren. Diskussion der Probleme beim Herstellungsverfahren.

## C. Glossar - 5: Säure-Base-Reaktion

### Ampholyt:

Stoff, der saure und basische Funktion ausüben kann.

### Autoprotolyse:

Ampholyte können mit sich selbst eine Protolysenreaktion eingehen.

### Base:

Protonenempfänger (Protonen-Akzeptor)

### Basenkonstante $K_B$ :

Maß für die Stärke einer Base, die durch die Reaktion einer Base mit der Säure Wasser ermittelt wird.

### Ionenprodukt des Wassers $K_W$ :

Säure- und Basenkonstante des Wassers.

$$K_W = [H_3O^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

### pH-Wert:

Maß wie stark sauer oder basisch eine Lösung ist.

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

### Pufferlösung:

Lösungen, die den pH-Wert bei Zugabe von geringer Menge Säure bzw. Base konstant halten. Eine Pufferlösung besteht aus einer schwachen Säure und einer schwachen (konjugierten) Base.

### Säure:

Protonenspender (Protonen-Donator)

### Säure-Base-Indikator:

Stoff, der mit Farbänderung auf unterschiedliche pH-Werte reagiert.

### Säurekonstante $K_A$ :

Maß für die Stärke einer Säure, die durch die Reaktion einer Säure mit der Base Wasser ermittelt wird.

### Titration:

Konzentrationsbestimmung durch Volummessung



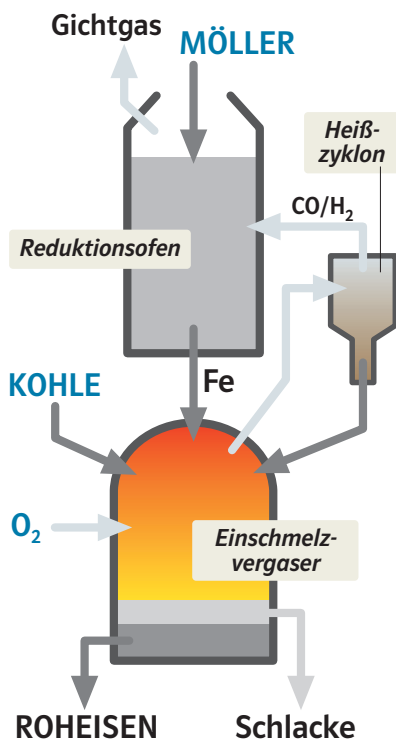
## 6: Redox-Reaktion

### Zusätze

#### A. Zusatz-Informationen

##### Alternative zum Hochofenprozess – das Corex-Verfahren

ELMO S. 138



##### Alternativen zum Hochofen

Der Nachteil des Hochofens ist die notwendige Verwendung von Hüttenkoks. Er wird aus Kohle durch Erhitzen auf ca. 1200 °C erzeugt. Dabei zersetzt sich die Kohle, verdampfbare Verbindungen entweichen als Kohlegas und Kohleteer. Übrig bleibt ein poröses Skelett, das hauptsächlich aus Grafit besteht. Dieser Koks muss genügend druckfest sein, um im Hochofen Verwendung zu finden. Nur ein kleiner Teil der Steinkohle, der entsprechend teuer ist, liefert Koks von genügender Qualität, also Hüttenkoks. Die Koksherstellung kostet außerdem viel Energie und belastet die Umwelt beträchtlich. Daher sind Verfahren in Entwicklung, Roheisen ohne den teuren Hüttenkoks zu erzeugen. Eine viel versprechende österreichische Entwicklung ist das **Corex-Verfahren**.

Im Einschmelzvergaser wird Kohle mit reinem Sauerstoff zur Reaktion gebracht, wobei bei Temperaturen um 2000 °C ein Reduktionsgas gebildet wird. Dieses strömt durch einen Heißzyklon, in dem es von Staub gereinigt wird, in den Reduktionsofen. In diesem Ofen reduziert das Gas das eingesetzte Eisenerz zu Eisenschwamm (dh. poröses metallisches Eisen). Im Einschmelzvergaser wird dieser aufgeschmolzen und sammelt sich unter der ebenfalls gebildeten Schlacke an. Das Roheisen wird periodisch „abgestochen“. Das entstandene Gichtgas besteht zu einem hohen Prozentsatz aus Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff und weist extrem niedrige Staub- und Schwefeldioxidwerte auf. Es kann daher für Heizzwecke, zur Erzeugung elektrischer Energie sowie als Rohstoff in der chemischen Industrie eingesetzt werden.

##### Standardwasserstoffelektrode praktisch

ELMO S. 143



##### Standardwasserstoffelektrode

Einfache Glasausführung einer Standardwasserstoffelektrode für das Labor.

Das Gefäß enthält Salzsäure mit  $c = 1 \text{ mol/L}$ .

Im rechten Stutzen wird ein Wasserstoffdruck von 1 bar angelegt.

In der Mitte die Ableitung des Platinbleches und

links die Verbindung zur 2. Halbzelle.

Schematische Abbildung siehe Abb. 143-1.

## B. Themenbereiche - 6: Redox-Reaktion

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Grundlagen der Redox-Reaktionen

Definition der Begriffe Reduktion, Oxidation, Reduktionsmittel und Oxidationsmittel, Oxidationszahl, Aufstellen von Redoxgleichungen, Beispiele

(Diese Frage kann auch mit Inhalten aus der organischen Chemie erweitert werden zB: Oxidation der Alkohole, biochemische Oxidationsvorgänge)

### Die Spannungsreihe

Definition der Begriffe Einzelpotenzial und Potenzialdifferenz, Beschreibung eines Daniell-Elements und der Standardwasserstoffelektrode; Diskussion der Vorzeichengebung bei den tabellierten Standardpotentialen, Arbeiten mit der Spannungsreihe, Beispiele

### Die Elektrolyse

Definition der Begriffe Elektrode (Anode, Katode), Elektrolyt, Zersetzungsspannung, Überspannung; Reaktion des Lösungsmittels Wasser, Bedeutung der Schmelzflusselektrolyse, Faraday-Gesetz, großtechnische Elektrolyseprozesse.

### Eisen und Stahl

Wichtige Eisenerze, Hochofenprozess, Alternativen zum Hochofen, Stahlerzeugung nach dem LD-Verfahren, Elektrostahlverfahren, Verwendung von Stahl

### Aluminium

Bayer-Verfahren, Schmelzflusselektrolyse, Eigenschaften und Verwendung von Aluminium

## C. Glossar - 6: Redox-Reaktion

### Akkumulator:

Wiederaufladbare elektrochemische Spannungsquelle

### Edelstahl:

Stahl mit Legierungsbestandteilen, die die Materialeigenschaften verbessern.

### Erz:

Metallverbindung (Ionenverbindung) aus der Metalle wirtschaftlich gewonnen werden.

### Faraday-Gesetz:

Zusammenhang zwischen abgeschiedener Masse, Stromstärke, Zeit und Stoffeigenschaften bei der Elektrolyse

### Korrosion:

Unerwünschte Oxidation eines Werkstoffes

### LD-Verfahren:

Nach Linz und Donawitz benanntes Verfahren zur Stahlherstellung.

### Nirosta:

Nicht rostender Stahl; Stahl, der mit Chrom und Nickel legiert wurde.

### Oxidation:

Abgabe von Elektronen

### Oxidationsmittel:

Elektronenempfänger (Elektronen-Akzeptor)

### Redox-Reaktion:

Reaktion, bei der Elektronen übertragen werden.

### Reduktion:

Aufnahme von Elektronen

### Reduktionsmittel:

Elektronenspender (Elektronen-Donator)

### Roheisen:

Eisen, das im Hochofen gewonnen wird und viele Verunreinigungen enthält. Roheisen wird zu Stahl weiterverarbeitet.

### Schlacke:

Salze, die im Hochofen aus dem tauben Gestein und den Zuschlägen gebildet werden.

### Sintern:

feinkörnige Materialien werden unter Druck erhitzt.

### Spannungsreihe:

Auflistung der Redoxpaare mit dem entsprechenden Standardpotential

### Stahl:

Eisen mit einem C-Gehalt unter 2 %. Der Kohlenstoff liegt im Stahl als Zementit  $\text{Fe}_3\text{C}$  vor.

### Stahlbeton:

Stahlstäbe werden in harten, aber spröden Beton eingelegt, um die Zugfestigkeit zu erhöhen.

### Standardwasserstoffelektrode:

Bezugselektrode für die Spannungsreihe mit  $E_0 = 0$ .





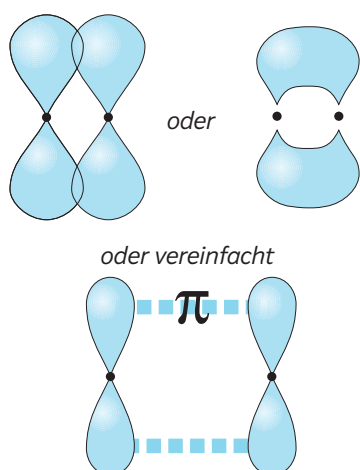
## 7: Organische Chemie – Kohlenwasserstoffe

### Zusätze

#### A. Zusatz-Informationen

##### Zum Thema $\pi$ -Bindung

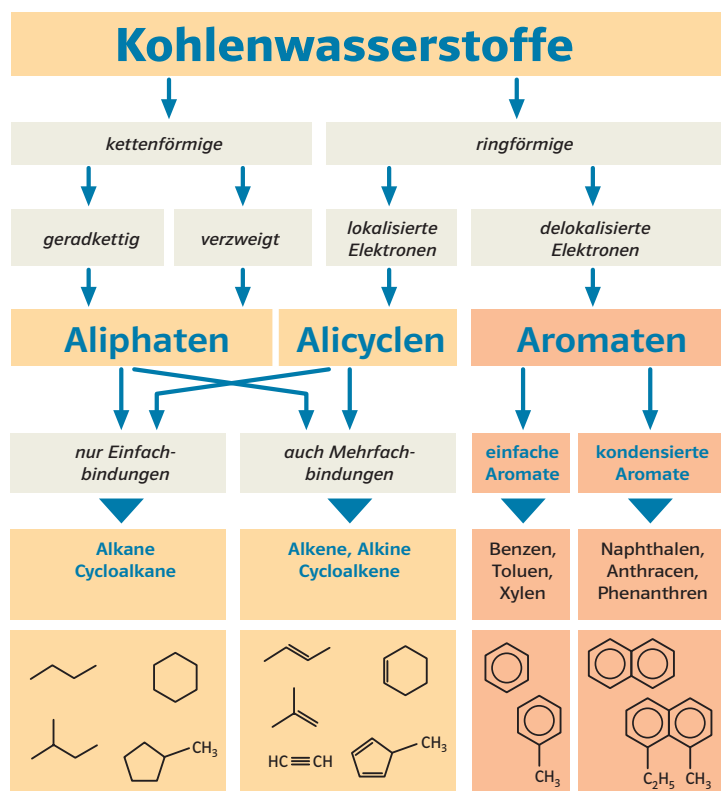
ELMO S. 162



Darstellungsmöglichkeiten der Überlappung der p-Orbitale ( $\pi$ -Bindung)

##### Zum Thema Kohlenwasserstoffe

ELMO S. 165



Die Ordnung der Kohlenwasserstoffe

Auch bei der Substitution am Aromaten stellt sich die Frage, ob die Reaktion bei der Erstsitution angehalten werden kann oder ob auch höher substituierte Produkte entstehen. Aus experimentellen Daten weiß man, dass Substituenten einen großen Einfluss auf die Reaktivität des Aromaten haben. Auch die Eintrittsstelle eines eventuellen Zweitsubstituenten wird durch den Erstsutituenten festgelegt.

### Aktivierende und desaktivierende Gruppen

Aus dem Mechanismus der elektrophilen Substitution ist klar, dass die Wechselwirkung des Aromaten mit einem Elektrophil umso stärker sein wird, je höher die Elektronendichte des  $\pi$ -Elektronensystems ist. Gruppen, die diese Elektronendichte erhöhen, erhöhen auch die Reaktivität des Aromaten. Solche Gruppen besitzen entweder einen +I- oder einen +M-Effekt. Man nennt sie aktivierend. Ein Aromat mit aktivierenden Gruppen reagiert bei  $S_E$ -Reaktionen rascher als Benzen. Entstehen bei einer  $S_E$ -Reaktion solche aktivierenden Gruppen, so ist die Reaktion bei der Monosubstitution nur schwer anzuhalten, da das Reaktionsprodukt rascher weiterreagiert als der Ausgangsstoff.

Umgekehrt wirken alle Substituenten, die die Elektronendichte des  $\pi$ -Elektronensystems verringern, desaktivierend. Dies sind Gruppen mit -I- und -M-Effekten. Die Einführung solcher Gruppen ist problemlos möglich. Eine Zweitsubstitution ist viel langsamer und benötigt immer schärfere Reaktionsbedingungen (Temperatur, Konzentration).

### Dirigierende Wirkungen

Neben der Frage der Aktivierung ist die Frage nach der Eintrittsstelle des Zweitsubstituenten von Interesse. Hier gibt es ja 3 Möglichkeiten, die ortho (o)-, die meta (m)- und die para (p)-Stellung.

In Abb. 3 finden sich eine Tabelle wichtiger Substituenten und ihre aktivierenden und dirigierenden Wirkungen. Es fällt auf, dass aktivierende Gruppen immer o-/p-dirigierend wirken, auch wenn kein +M-Effekt, sondern nur ein +I-Effekt zu erwarten ist, wie bei Alkylgruppen. Desaktivierende Gruppen wirken fast immer m-dirigierend. Eine Ausnahme bilden die Halogene. Sie desaktivieren aufgrund ihres starken -I-Effektes (hohe Elektronegativität). Der schwächere +M-Effekt hebt die desaktivierende Wirkung für die o- und p-Stelle wieder etwas auf.

Die Kenntnis der dirigierenden Wirkungen hat einen großen Einfluss auf die Synthesepaltung. Bei der Synthese von Chlornitrobenzen wird zB zuerst die Nitrierung und dann die Chlorierung durchgeführt, wenn man das m-Produkt erhalten will. Die Nitrogruppe dirigiert das Chlor in m-Stellung. Will man aber o- oder p-Chlornitrobenzen erhalten, so muss zuerst chloriert und dann nitriert werden, um den o/p-dirigierenden Effekt des Chlors auszunützen. Alkylierungen, die kaum bei Monoalkylierungen anzuhalten sind, werden oft nicht direkt durchgeführt. Statt dessen führt man eine Acylierung durch (desaktivierende Gruppe). Das erhaltene aromatische Keton wird anschließend zum Kohlenwasserstoff reduziert.

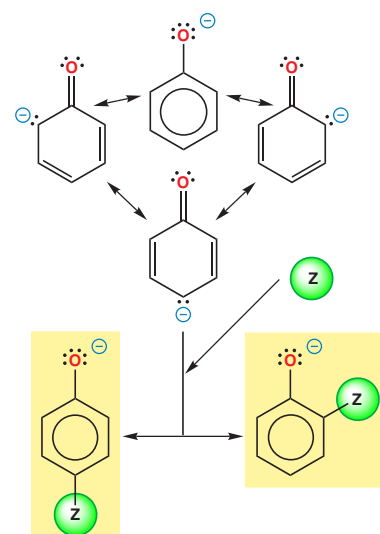


Abb. 1: Phenolat-Ionen wirken aktivierend und ortho/para-dirigierend

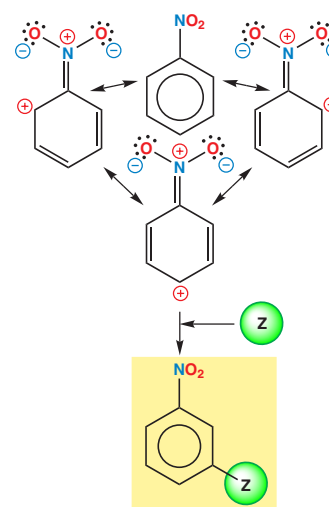


Abb. 2: Nitro-Gruppen wirken desaktivierend und meta-dirigierend

aktivierende o/p-dirigierende Erstsutituenten:

- O-
- NH<sub>2</sub>, -NH-R, -NR<sub>2</sub>, -OH, -O-R,
- NH-CO-R, -O-CO-R
- Alkylgruppen

desaktivierende m-dirigierende Erstsutit.:

- NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, -NR<sub>3</sub><sup>+</sup>
- CO-O-R, -COOH, -CHO, -CO-R,
- NO<sub>2</sub>, -SO<sub>3</sub>H

desaktivierende o/p-dirigierende Erstsutit.:

- Halogen

Abb. 3: Wirkung verschiedener Erstsutituenten bei der Zweitsubstitution, geordnet nach fallender Stärke



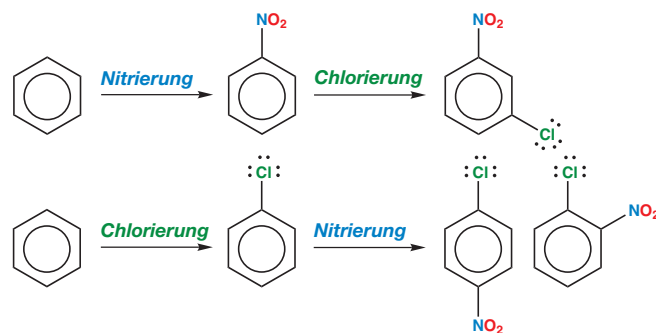


Abb. 4: Die Wege zu den verschiedenen Chlor-nitro-benzenen

## Zum Thema Reaktionstypen in der organischen Chemie

ELMO S. 177

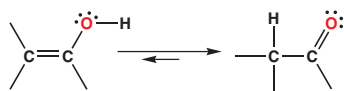
Neben Substitution und Addition existieren noch die Reaktionstypen Eliminierung und Umlagerung

### Eliminierung

Die Eliminierung ist die **Umkehrung der Addition**. Durch Abspaltung von Atomen an benachbarten Kohlenstoff-Atomen werden Doppelbindungen erzeugt. Häufig dienen Halogenkohlenwasserstoffe oder Alkohole als Ausgangsstoffe; als Produkte entstehen Alkene. Vom Mechanismus ist die Eliminierung ähnlich der nucleophilen Substitution (Abb. 5; Konkurrenz der Reaktionen). Sie tritt auch häufig als Konkurrenzreaktion zu  $S_N$ -Reaktionen auf. Da für Eliminierungsreaktionen meist höhere Aktivierungsenergien nötig sind, gilt als Faustregel: Je höher die Temperatur, desto stärker ist die Eliminierung gegenüber der Substitution begünstigt; Beispiel: Kondensationsreaktionen von Alkoholen. Bei tiefer Temperatur bilden sich Ether ( $S_N$ -Reaktion), bei hoher Temperatur Alkene (Eliminierung). Besonders tertiäre Halogenalkane neigen sehr stark zur Eliminierung, anstatt in einer  $S_N$ -Reaktion einen Ether zu bilden.

### Umlagerung

Bei einer Umlagerung verändert sich die Molekülstruktur unter gewissen Reaktionsbedingungen. Der einfachste und häufigste Fall ist die Wanderung eines Protons innerhalb des Moleküls. Dies ist zB bei Enolen der Fall, bei denen sich die OH-Gruppe direkt neben der C=C-Doppelbindung befindet. In solchen Fällen wandert ein Proton von der OH-Gruppe zum Kohlenstoff-Atom und aus dem Enol wird eine Carbonylverbindung. Es entsteht ein Gleichgewicht, das aber fast in jedem Fall auf der Seite der Carbonylverbindung liegt. Daher schreibt man üblicherweise die Carbonyl- und nicht die Enolstruktur an. Das Gleichgewicht bezeichnet man als **Keto-Enol-Tautomerie**.



Besonders wichtig sind Umlagerungsreaktionen in der Erdölverarbeitung. Beim katalytischen Reformieren werden unverzweigte Kohlenwasserstoffe bei hoher Temperatur über einen Radikalmechanismus in stark verzweigte Produkte umgelagert. Diese haben dann bessere Verbrennungseigenschaften. Dadurch erreicht man Vergaserkraftstoffe mit hoher Octanzahl.

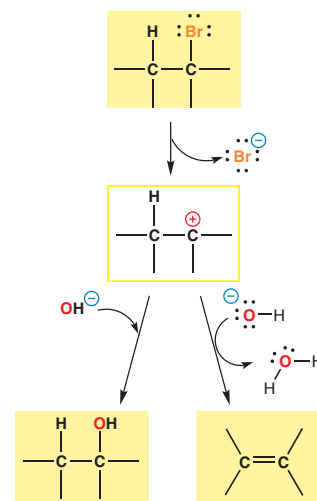


Abb. 5: Die Konkurrenz zwischen  $S_N1$ -Reaktion und  $E1$ -Reaktion



Ergänzung ELMO S. 184 und 185

### Polyacrylnitril PAN

PAN wird vor allem zur Produktion von **Textilfasern** verwendet (Handelsnamen Dralon®, Orlon®).

Die Polymerisation von Acrylnitril erfolgt in einem Lösungsmittel wie N,N-Dimethylformamid (DMF) und führt direkt zu verspinnbaren Lösungen. Das Spinnverfahren aus der Lösung ist notwendig, da PAN nicht schmelzbar ist (Zersetzung über 300 °C).

PAN-Fasern haben wollähnliche Eigenschaften und dienen als Wollersatz. Die gute Wärmedämmung des Faserfilzes ermöglicht den Einsatz als wärmedämmendes Material in Anoraks und Schlafsäcken. Nachteilig wirkt sich die relativ starke elektrische Aufladung der Textilfaser aus. Um eine bessere Färbbarkeit der Fasern zu erzielen, wird Acrylnitril häufig mit anderen Monomeren copolymerisiert. Diese enthalten dann polare Gruppen, an denen die Farbstoffe binden. Copolymerisate von Acrylnitril mit Vinylchlorid nennt man Modacrylfasern. (Abb. 6)

Bei der Produktion von Kunstkautschuk wird Acrylnitril mit Butadien copolymerisiert.

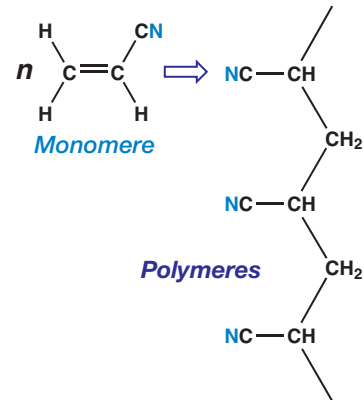
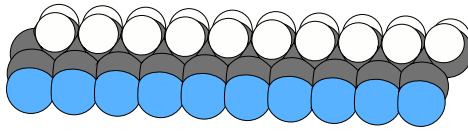
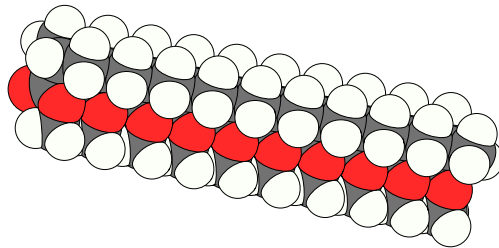


Abb. 6: Bildung von Polyacrylnitril (PAN)

### Polymethylmethacrylat PMMA

PMMA ist ein glasklares Plasteromer von hoher Transparenz und dient unter dem Namen Acrylglas als Glasersatz (Handelsname: **Plexiglas®** oder **Paraglas®**). Es hat eine geringere Dichte als Silicatglas und ist weniger spröde. Als Plasteromer ist es beliebig in Masse färbbar. Es dient als Glasersatz



beim Bau von Sportflugzeugen, Hubschraubern und im Sanitärbereich (Duschkabinen), bei Lichtkuppeln sowie bei Rücklichtern und Blinkern im Fahrzeugbau. Sein Nachteil gegenüber Silicatglas ist die geringere Härte und damit Kratzfestigkeit, die Brennbarkeit und der hohe Preis. (Abb. 7)

Brillengläser und harte Kontaktlinsen werden ebenfalls aus PMMA gefertigt. Im zahnmedizinischen Bereich dient PMMA als Material für Kunststoffplomben und Zahnersatzteile.

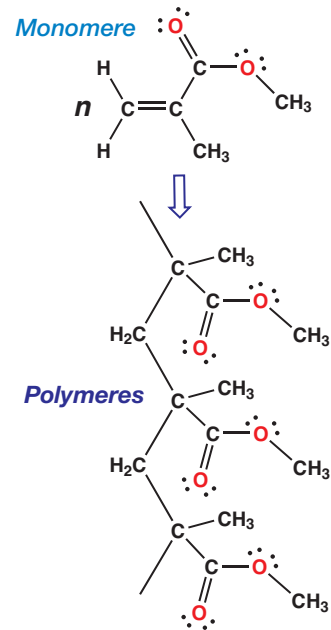


Abb. 7: Bildung von Polymethylmethacrylat (PMMA)



## B. Themenbereiche - 7: Organische Chemie – Kohlenwasserstoffe

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Die Strukturformel in der organischen Chemie

Notwendigkeit von Strukturschreibweisen statt Summenformeln, Strukturisomerie, Strukturformel und Bindungswinkel, verkürzte Strukturschreibweisen, Skelettformeln (Kurzschreibweise). Veranschaulichung der Ausführungen mit Molekülmodellen (Kugel-Stäbchen-Modelle, Kalottenmodelle)

### Alkane, Alkene, Alkine

Bindungsverhältnisse – Hybridisierung, Bindungswinkel, Drehbarkeit. Nomenklaturregeln

### Isomerie in der organischen Chemie

Erläuterung der Isomeriearten anhand selbstgewählter Beispiele. Erläuterung der zur Unterscheidung der Isomeren notwendigen Strukturschreibweisen und Nomenklaturregeln

Veranschaulichung der Ausführungen mit Molekülmodellen (Kugel-Stäbchen-Modelle, Kalottenmodelle)

### Alkene, Diene

Bindungsverhältnisse: Doppelbindung im Hybridisierungsmodell, isolierte, konjugierte und kumulierte Diene im Hybridisierungsmodell. E/Z Isomerie, Nomenklatur. Addition als wichtigste Reaktion dieser Stoffklasse. 1,2- und 1,4-Addition bei konjugierten Dienen. Beispiele für wichtige Vertreter dieser Stoffklasse. Veranschaulichung der Ausführungen mit Molekülmodellen (Kugel-Stäbchen-Modelle, Kalottenmodelle)

### Aromaten

Benzen und der aromatische Zustand im Hybridisierungsmodell. Substituierte Aromaten, kondensierte Aromaten (Beispiele). Benennung der Aromaten. Reaktionen der Aromaten – die elektrophile Substitution. Reaktionen von substituierten Aromaten – Reaktionsbedingungen für Kern- und Seitenkettensubstitution

### Kunststoffe – Herstellungsmethoden – Struktur – Eigenschaften – Kunststoffverarbeitung

Unterschiedliche Herstellungsmethoden der Makromoleküle durch Polymerisation und Polykondensation. Beispiele zu den Kunststoffgruppen. Bau und Eigenschaften von Plastomeren und Duromeren. Verarbeitung von Kunststoffen zum jeweils fertigen Produkt. (Spritzgießen, Extrudieren, Kunststoffharze, Verbundwerkstoffe)

### Polymerisate

Die Kunststoffe PE, PP, PS und PVC als wichtige Massenkunststoffe. Ausgangsstoffe, Makromoleküle, Eigenschaften und Verwendung der einzelnen Kunststoffe. Unterscheidung dieser Kunststoffe durch einfache Experimente (Brennprobe, Pyrolyse im Reagenzglas und Geruchsprobe, Beilsteinprobe)

### Kautschuk und Gummi

Isopren, 1 - 4 Addition, Isoprenoide, Naturkautschuk, Vulkanisieren, Kunstkautschuk.

### Die Additionsreaktionen

Elektrophile und radikalische Addition an die Doppelbindung. Begründung der Regel von Markownikow für die Addition unsymmetrischer Moleküle am Beispiel der Addition von HBr durch den elektrophilen Reaktionsmechanismus, und die Entstehung des Antimarkownikowproduktes durch den radikalischen Mechanismus

### Elektrophile Substitution am Aromaten

Erläuterung des Reaktionsmechanismus. Chlorierung, Nitrierung, Alkylierung und Acylierung. Wirkung von schon vorhandenen Gruppen auf die Reaktionsfreudigkeit des Aromaten und auf die Position von neu eintretenden Gruppen. Erklärung dieser Wirkung durch induktive und mesomere Effekte (aktivierend, deaktivierend, dirigierend). Beispiele, mesomere Grenzstrukturen

### Ermittlung einer Strukturformel

Gegeben sind die NMR Spektren dreier Isomere. Die Verbrennungsanalyse ergibt 54,55 % Kohlenstoff, 9,09 % Wasserstoff, Rest Sauerstoff. Im Massenspektrum ist der höchste Massenpeak jeweils bei 88 u. Ermittlung der Summenformel aus diesen Daten und Zuordnung einer passenden Struktur jedem NMR Spektrum. Kurze Erklärung des Prinzip der NMR Spektroskopie. Für welche der drei Substanzen ist der höchste Siedepunkt zu erwarten?



# C. Glossar - 7: Organische Chemie – Kohlenwasserstoffe

## Addition:

Aufnahme von Atomen oder Atomgruppen in das Molekül an der Stelle von Mehrfachbindungen

## Alkane:

Kohlenwasserstoffe mit der Summenformel  $C_nH_{2n+2}$ . Haben nur Einfachbindungen und keine Ringstrukturen, können aber verzweigt sein

## Alkene:

Kohlenwasserstoffe mit Doppelbindungen ohne Ringe. Summenformel  $C_nH_{2n+2-2x}$  (x = Zahl der Doppelbindungen)

## Aromaten:

Verbindungen mit ringförmig delokalisierten  $\pi$ -Elektronen und ebener Struktur. Häufigster Fall: Benzenringe. Sind zwar stark ungesättigt, aber gehen kaum Additionsreaktionen ein (energetisch sehr stabil). Hauptreaktion elektrophile Substitution

## Cycloalkane:

Kohlenwasserstoffe mit Ringstrukturen und nur Einfachbindungen. Summenformel  $C_nH_{2n+2-2x}$  (x = Ringanzahl)

## Duromere:

räumlich stark vernetzte Makromoleküle, hart und temperaturbeständig

## Elektrophile Reaktion:

Reaktion, die von positiv geladenen oder polarisierten Teilchen (Elektrophile) eingeleitet wird

## Elastomere:

schwach räumlich vernetzte Makromoleküle mit gummielastischen Eigenschaften

## Extrudieren:

Verfahren zur Herstellung von Kunststoffendlostteilen (Profile, Rohre, Schläuche).

## Funktionelle Gruppen:

Atomgruppen, die die Zugehörigkeit zu einer Stoffklasse bestimmen

## Halogenierung:

Reaktion zwischen Kohlenwasserstoffen und Halogenmolekülen. Erfolgt bei Alkanen radikalisch, bei Aromaten elektrophil

## Hybridisierung:

Modell zur Erklärung der Bindungsverhältnisse und -winkel. Die Atomorbitale werden zu neuen Aufenthaltsräumen für Elektronen kombiniert. Beim C-Atom  $sp^3$ ,  $sp^2$  und  $sp$  Hybridorbitale

## Isomerie:

Zu einer Summenformel existieren mehrere verschiedene Strukturen und daher auch verschiedene Stoffe. Die einzelnen Stoffe (Strukturen) nennt man Isomere zu dieser Summenformel.

## IUPAC Nomenklatur:

systematische Benennungsregeln für organische Substanzen, festgelegt durch die International Union for Pure and Applied Chemistry (IUPAC)

## Kautschuk:

Natürliches ungesättigtes Makromolekül aus dem Harz des Gummibaums, zähplastisch. Durch Addition von Schwefel (Vulkanisieren) entsteht Gummi (elastisch).

## Nucleophile Reaktion:

Reaktion, die von negativ geladenen oder polarisierten Teilchen (Nucleophile) eingeleitet wird

## Plastomere:

hitzeverformbare Kunststoffe (früher Thermoplaste)

## PMMA:

Polymethacrylsäuremethylester – Handelsname Plexiglas, Glasersatz

## Polyethen PE:

Polymerisat aus Ethen, wichtigster Massenkunststoff. HDPE härter, für Hohlkörper, LDPE weicher, für Folien

## Polypropen:

Polymerisat aus Propen, ähnlich dem HDPE

## Polystyren:

Polymerisat aus Styren, in geschäumter Form Verpackungen (Styropor) und Wärmedämmungen für Fassaden

## Polyvinylchlorid PVC:

Polymerisat aus Chlorethen, Hart-PVC für Kanalrohre Weich-PVS (mit Weichmachern) für Folien

## PTFE:

Polytetrafluorethen – Handelsname zB Teflon, nicht benetzbar und sehr chemikalienresistent, Bratpfannenbeschichtung

## Radikalische Reaktion:

Reaktion, die über Radikale (Teilchen mit ungepaarten Elektronen) läuft.

## Skelettformel (Kurzschreibweise):

Strukturformel in extrem vereinfachter Form. Besteht nur mehr aus Bindungsstrichen (Elektronenpaare zwischen Kohlenstoffatomen). C- und H-Atome sind nicht angeschrieben, alle anderen Atome schon.

## Spritzgussverfahren:

Verfahren zur Erzeugung von Kunststoffformteilen

## Stoffklassen:

Gruppe von Stoffen mit gemeinsamen Merkmalen (funktionalen Gruppen) und gemeinsamen Eigenschaften

## Strukturermittlung-Spektren:

Ermittlung der Strukturformel einer Verbindung, heute meist durch Spektren. Dabei wird durch die Absorption von Strahlung durch die Substanz auf die Struktur geschlossen. IR-Spektren verwenden Infrarotstrahlung, NMR-Spektren Radiowellen und starke Magnetfelder. Beim Massenspektrum werden die Moleküle durch Elektronenstrahlung in geladene Bruchstücke zerlegt und diese werden danach getrennt und registriert.

## Strukturformel:

ebene Projektion des räumlichen Moleküls. Vollstrukturformeln mit allen Atomen, verkürzte Formen möglich (meist H-Atome weggelassen oder wie bei Summenformel angeschrieben)

## Substitution:

Ersatz von Atomen oder Atomgruppen durch andere Atome oder Atomgruppen im Molekül

## Verbundwerkstoffe:

Kombinationen aus Kunststoffen und Glasfasern oder Carbonfasern.

## Verspinnen:

Verfahren zur Textilfaserherstellung, bei Kunststoffen häufig aus der Schmelze (Schmelzspinnen), manchmal aus der Lösung (Trockenspinnen).





## 8: Organische Verbindungen mit Hetero-Atomen

### Zusätze

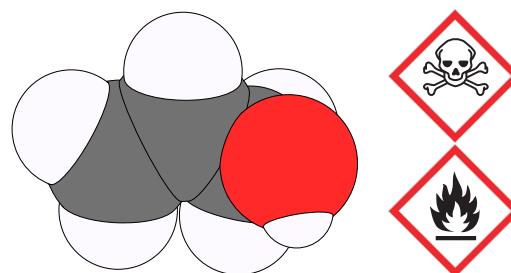
#### A. Zusatz-Informationen

##### Zum Thema wichtige Alkohole

ELMO S. 195

##### Allylalkohol (Propenol) (Abb. 1)

Allylalkohol ist einer der wichtigsten ungesättigten Alkohole. Er wird entweder aus Glycerol oder aus Propen gewonnen. Er ist ein Atemgift und wirkt stark ätzend. Durch die Doppelbindung ist Allylalkohol reaktionsfreudig. Er dient als Ausgangsstoff für eine Vielzahl von Produkten wie Komponenten zur Herstellung spezieller Kunststoffe.



##### Fettalkohole (Abb. 2)

Fettalkohol ist eine Sammelbezeichnung für langkettige unverzweigte primäre Alkohole. Im engeren Sinn zählt man nur Alkohole mit einer geraden C-Atomanzahl zwischen 8 und 22 zu den Fettalkoholen. Längerkettige nennt man Wachsalkohole. Aus Fettalkoholen werden waschaktive Substanzen (Tenside) hergestellt.

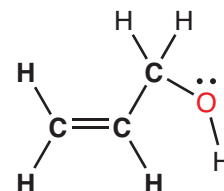


Abb. 1: Formel und Molekülmodell des Allylalkohols

##### Cholesterin (Cholesterin) (Abb. 3)

Cholesterin ist in Nervenzellen, Gehirn und Rückenmark verbreitet. Gallensteine können zur Gänze aus Cholesterin bestehen. Es wird in der Leber gebildet (bis 2 g/Tag) und auch mit der Nahrung aufgenommen (0,1–1,4 g/d je nach Fettgehalt der Nahrung). Es dient im Organismus zur Synthese von Hormonen (Sexualhormone), ist aber auch am Aufbau der Nervenzellen beteiligt und hat eine wichtige Schutzfunktion für die Haut.

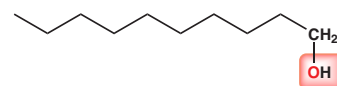


Abb. 2: Formel des Decan-1-ols, ein Fettalkohol

Im Blut wird Cholesterin gebunden an Eiweißstoffe transportiert (Lipoproteide). Man unterscheidet vereinfacht solche mit hoher Dichte (**HDL** = engl. high density lipoprotein) und solche mit geringer Dichte (**LDL**). Vor allem LDL kann bei hoher Konzentration zu Cholesterinablagerungen an den Arterienwänden führen (Arteriosklerose). Dies wird als eine der Hauptursachen für Herzinfarkt und Schlaganfall angesehen. Daher sollte man regelmäßig den „Cholesterinwert“ des Blutes kontrollieren lassen und bei hohen Werten fettarm essen und Bewegung machen.

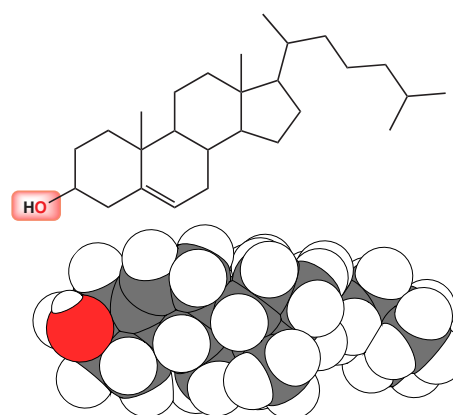


Abb. 3: Formel und Molekülmodell des Cholesterins

### Pentaerythrit [2,2-Bis(hydroxymethyl)-propan-1,3-diol; „Penta“]

Der 4-wertige Alkohol ist ein weißes, gut wasserlösliches Pulver. Er wird aus Methanal (Formaldehyd) hergestellt. Pentaerythrit (Abb. 4) ist ein wichtiges Ausgangsprodukt für Harze, Insektizide und Sprengstoffe („Nitropenta“).

### Xylit und Sorbit (Glucitol)

Diese 5- bzw. 6-wertigen Alkohole dienen hauptsächlich als Zuckeraustauschstoffe. Sie werden in den Stoffwechsel einbezogen und insulinunabhängig verwertet. Durch den hohen Nährwert sind sie nur eine Zuckeralternative bei Diabetes und nicht für Schlankheitskuren geeignet. In größeren Mengen wirken sie abführend.

Bei diesen mehrwertigen Alkoholen tritt eine weitere Form der Isomerie auf, die hier durch den tetraedrischen Bau des C-Atoms mit 4 verschiedenen Substituenten verursacht wird. In diesen Strukturen (zB in Abb. 5) ist es nicht gleichgültig, ob die OH-Gruppen rechts oder links angeschrieben werden!

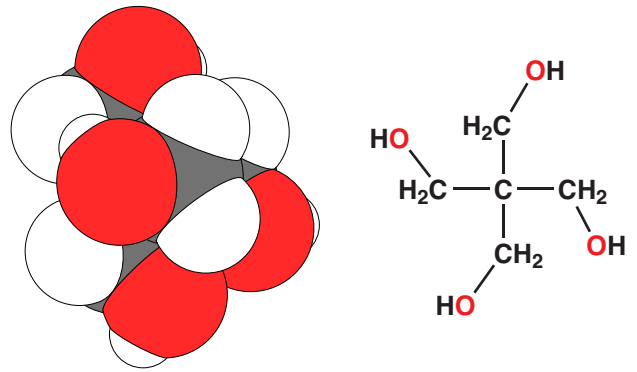


Abb. 4: Molekülmodell und Strukturformel des Pentaerythrit

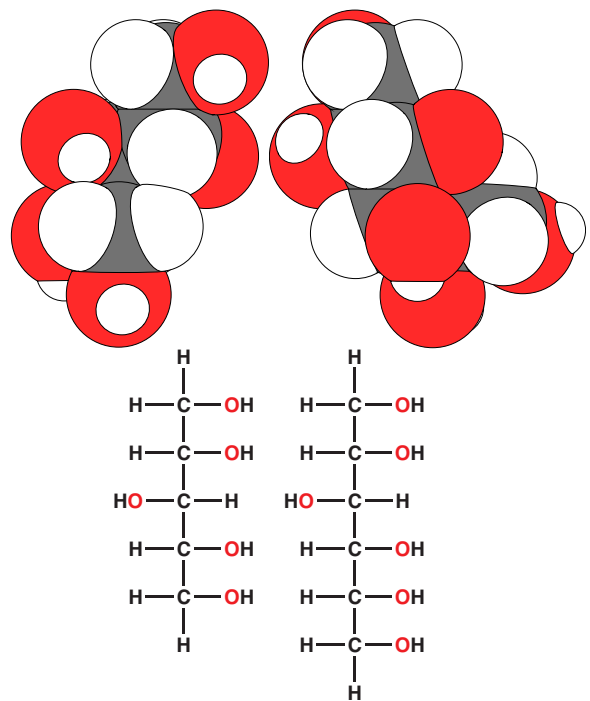


Abb. 5: Molekülmodell und Strukturformel von Xylit (links) und Sorbit (rechts)

## Zum Thema Ether

ELMO S. 200

**Oxirane (Epoxide)** sind Verbindungen, bei denen 2 C-Atome mit Sauerstoff einen Dreiering bilden. Das einfachste Epoxid, Ethylenoxid, kann als „innerer Ether“ des Glycols aufgefasst werden. Die Bedeutung der Epoxide liegt in ihrer Fähigkeit, mit Verbindungen, die einen positiv polarisierten Wasserstoff („aktiven Wasserstoff“) besitzen, unter Ringöffnung zu reagieren. Es entstehen Verbindungen mit zwei funktionellen Gruppen.

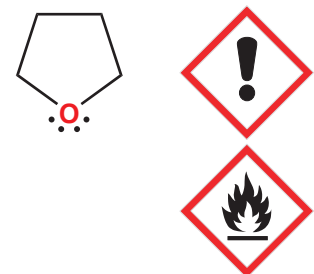
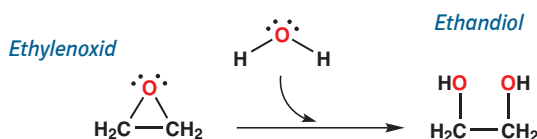


Abb. 6: Strukturformel des inneren Ethers Tetrahydrofuran (THF)

Auch das wichtige Lösungsmittel Tetrahydrofuran (THF) (Abb. 6) ist eine ringförmige Verbindung mit Sauerstoff. Häufig zählt man diese ringförmigen Verbindungen auch zu den Heterocyclen.



**Fettsäuren**

Analog zu den Fettalkoholen sind Fettsäuren **Monocarbonsäuren** mit gerader C-Atomanzahl. Verestert mit Glycerol bilden sie die Speisefette. Fettsäuren sind wasserunlöslich. Mit Natron- oder Kalilauge bilden sie wasserlösliche Salze. Die Alkalisalze von Fettsäuren sind Seifen.

**Methacrylsäure (Methylpropensäure)  $H_2C=CH(CH_3)-COOH$**

Salz: Methacrylat

Die Methylpropensäure (Methacrylsäure) und ihre Ester (Methacrylate) sind wichtige Ausgangssubstanzen für Kunststoffe (zB Plexiglas).

**Malonsäure (Propandisäure)**

Salz: Malonat

Malonsäure (Abb. 7) und Malonsäurediethylester sind wichtige Zwischenprodukte bei zahlreichen Synthesen (zB Herstellung von Barbituraten).

**Bernsteinsäure (Butandisäure)**

Salz: Succinat

Ist als Lebensmittelzusatzstoff mit der Nummer E 363 zugelassen und dient als Geschmacksverstärker. Sie kann biotechnologisch mit Hilfe von Bakterien produziert werden und gilt als Hoffnungsträger für die biotechnologische Herstellung von zB Butan-1,4-diol,  $\gamma$ -Butyrolactam oder Tetrahydrofuran. Ebenso ist sie Bestandteil des natürlichen Stoffwechsels (Citronensäurecyclus).

**Benzoessäure (Benzencarbonsäure)**

Salz: Benzoat

Benzoessäure ist die einfachste aromatische Carbonsäure. Sie dient als Konservierungsmittel (E 210). Die Ester der Benzoessäure werden in erster Linie als Aromastoffe verwendet.

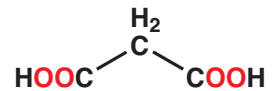
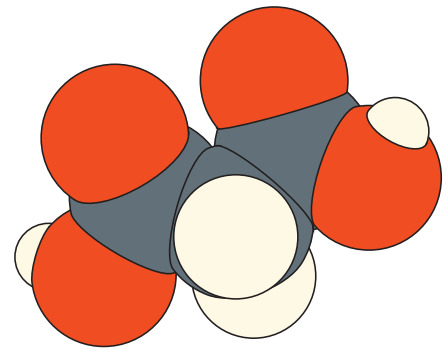
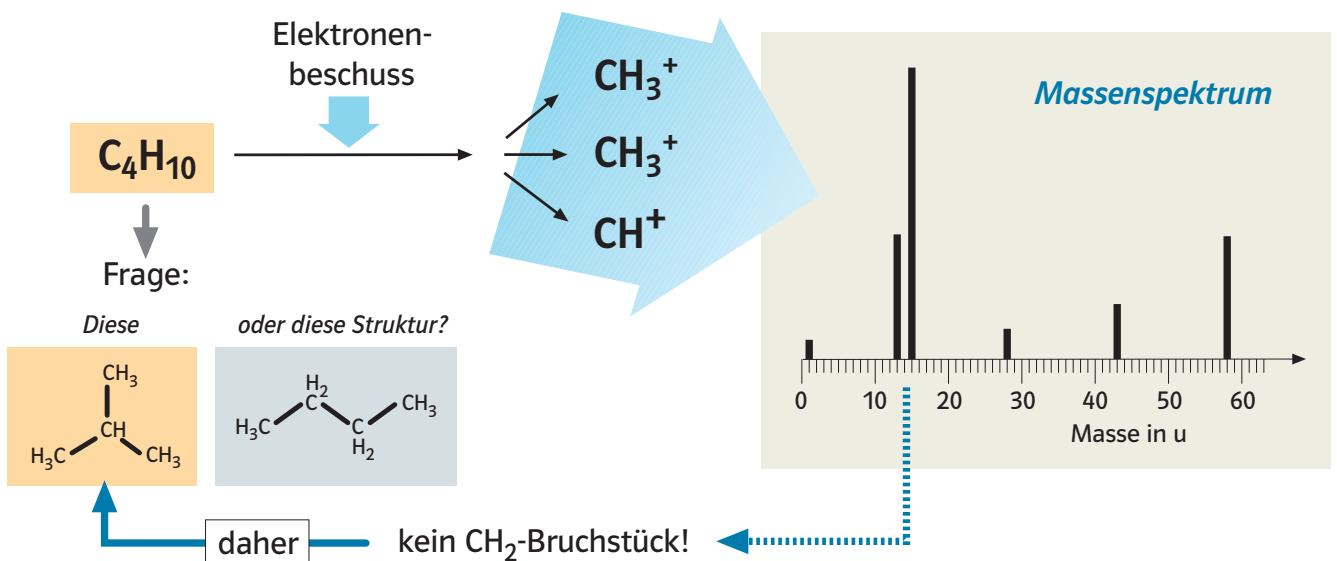


Abb. 7: Molekülmodell und Strukturformel der Propandisäure (Malonsäure)

**Massenspektrometrie**

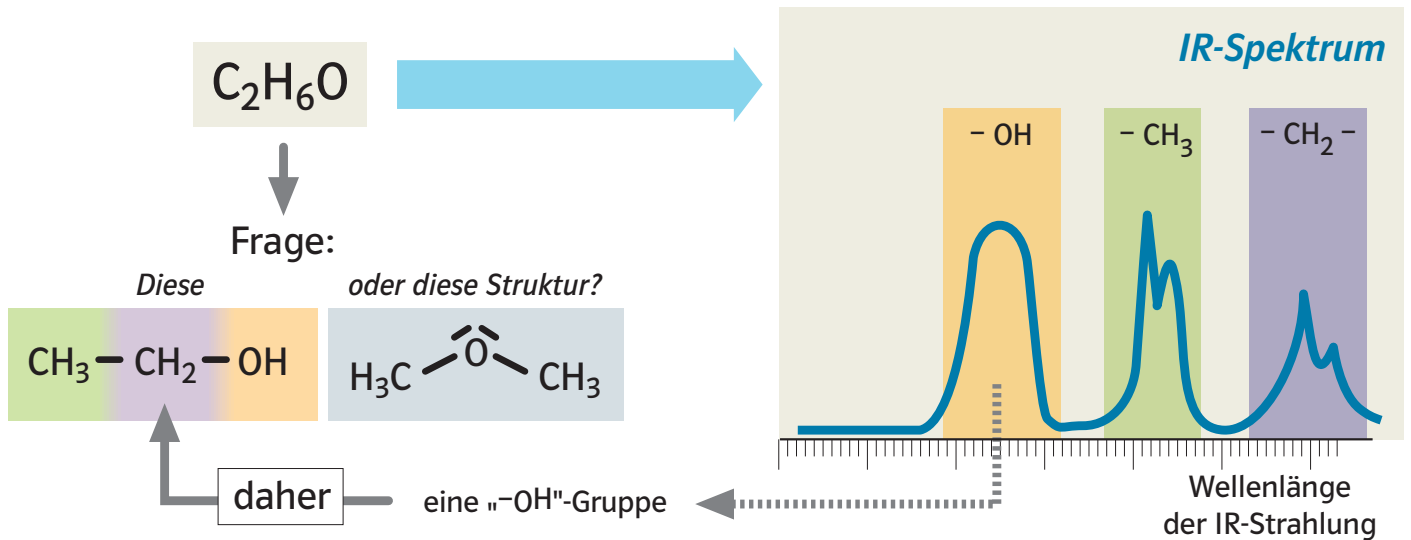
Durch dieses apparativ aufwändige Verfahren können Molmassen sehr genau bestimmt werden. Die Massenspektrometrie wurde bereits kurz besprochen. Durch Elektronenstoß werden organische Moleküle ionisiert und teilweise in Bruchstücke gespalten. Ionen mit derselben Masse geben ein und dasselbe Signal. Das Signal mit der höchsten Massenzahl gibt meist die Molekülmasse an.

Da die organische Verbindung auch in Fragmente zerfällt, kann man aus dem Vorhandensein bestimmter und der Intensität der einzelnen Signale – ein besonders deutliches Signal deutet ein stabiles Bruchstück an – auch auf die Struktur der organischen Verbindung schließen.



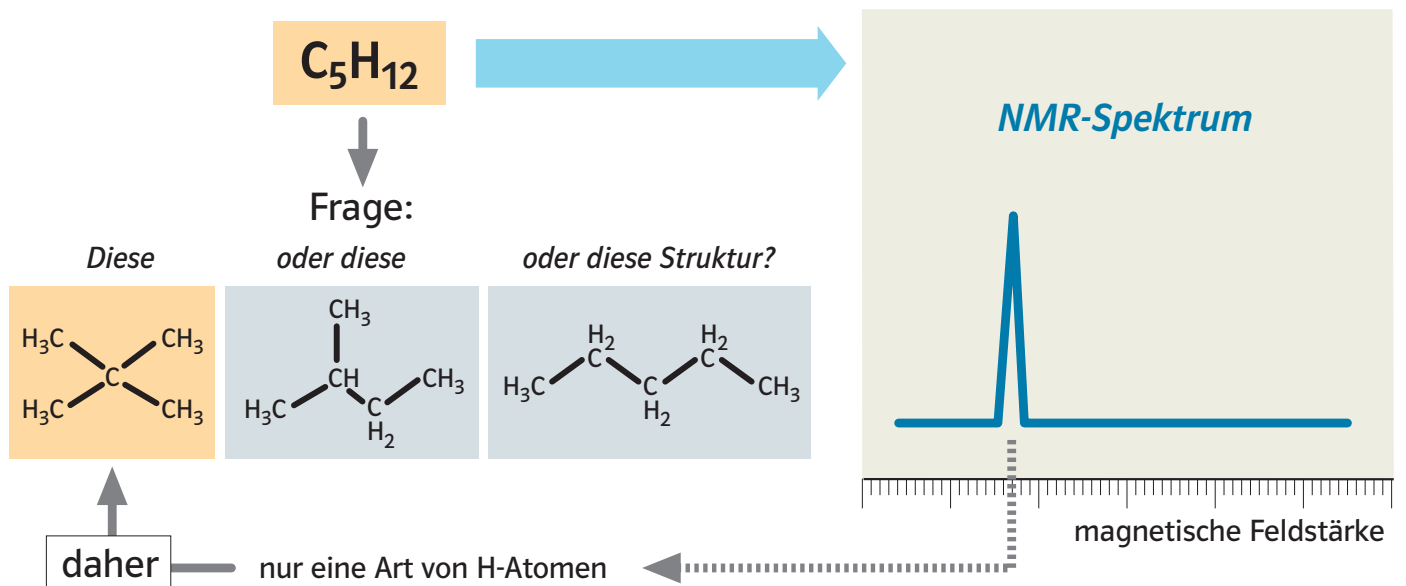
## Infrarotspektroskopie (IR-Spektroskopie)

Durch Absorption von infrarotem Licht ändern sich die Schwingungen in einem Molekül. Die absorbierten Wellenlängen (Absorptionsbanden) werden registriert und geben Aufschluss über im Molekül vorhandene Bindungen und schwingende Massen. Durch ein IR-Spektrum erhält man zahlreiche Informationen über den Molekülaufbau einer organischen Verbindung. Die Aufnahme eines IR-Spektrums zählt heute zu den routinemäßigen Untersuchungen.



## Magnetische Kernresonanzspektroskopie (NMR = Nuclear Magnetic Resonance)

Kernbausteine (Nucleonen), insbesondere das Proton, können sich wie winzige Magnete verhalten. Allerdings verhalten sich nur Kerne mit ungerader Anzahl von Nucleonen wie Permanentmagnete. Dies ist bei organischen Verbindungen hauptsächlich bei Wasserstoffkernen der Fall. Durch Aufnahme eines NMR-Spektrums werden unterschiedlich gebundene Wasserstoff-Atome durch bestimmte Signale erfasst.



## B. Themenbereiche - 8: Organische Verbindungen mit Hetero-Atomen

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Die Alkohole und ihre Oxidationsprodukte

Verhalten primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole gegen Oxidationsmittel. Oxidationszahlen der funktionellen Gruppen. Nomenklatur der Alkohole und ihrer Oxidationsprodukte.

### Kondensationsreaktionen mit Alkoholen

Kondensation aus einem Alkoholmolekül, aus zwei Alkoholmolekülen und zwischen Alkoholen und Carbonsäuren bzw. Sauerstoffsäuren. Benennung und Eigenschaften der Kondensationsprodukte.

### Ester

Herstellung der Ester, Bedeutung dieser Verbindungsklasse in Natur und Technik – Aromastoffe, Speisefette, Polyester, Tenside.

### Carbonsäuren

Säurestärke von Carbonsäuren, Reaktionen von Carbonsäuren, Aktivierung zu Säureanhydriden und Säurechloriden. Beispiele für Carbonsäuren, Dicarbonsäuren, Hydroxy- und Oxocarbonsäuren.

### Wasserstoffbrücken und die Eigenschaften organischer Sauerstoffverbindungen

Siedepunkte und Wasserlöslichkeit von ein- und mehrwertigen Alkoholen, Ethern, Aldehyden, Ketonen, Carbonsäuren und Estern und die Begründung der Eigenschaften mit dem Modell der Wasserstoffbrückenbindung.

### Chirale Verbindungen

Optische Isomerie, Fischer-Projektion, Enantiomerenpaar, Diastereomere, Racemat, meso Form. Erklärung der Begriffe rechts/linksdrehend, D/L, R/S. Veranschaulichung der Ausführungen mit Molekülmodellen (Kugel-Stäbchen Modelle, Kalottenmodelle).

### Amine, Aminosäuren, Amide

Struktur, Eigenschaften und Benennung von Aminen, ausgewählte Beispiele. Aminosäuren, auch als Bausteine der Eiweißstoffe. Amide, Primärstruktur der Eiweißstoffe als Polyamide, Polyamidkunststoffe.

## C. Glossar - 8: Organische Verbindungen mit Hetero-Atomen

### Aktivierende/desaktivierende Wirkung:

Elektronenliefernde Gruppen (durch induktive Effekte +I, oder mesomere Effekte +M) erhöhen die Reaktivität des Aromaten, elektronenabziehende Gruppen (-I, -M) verringern sie.

### Aldehyde:

Stoffgruppe mit der funktionellen Gruppe CHO. Nomenklatur-Suffix -al, nachrangig -oxo

### Alkoholat-Ion:

Konjugierte Base zu den Alkoholen. Sehr stark basisch

### Alkohole:

Stoffgruppe mit der funktionellen Gruppe OH. Primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole, je nachdem, an welcher Art Kohlenstoffatom die OH-Gruppe positioniert ist. Mehrwertige Alkohole mit mehr als einer OH-Gruppe. Nomenklatur-Suffix -ol, nachrangig -hydroxy

### Aminosäuren:

Carbonsäuren mit Aminogruppen.  $\alpha$ -Aminosäuren sind Bausteine der Eiweißstoffe. Liegen als Zwitterionen vor.

### Carbonsäuren:

Stoffgruppe mit der funktionellen Gruppe COOH. Nomenklatur-Suffix -säure, nachrangig -carboxy

### Carbonylverbindungen:

organische Moleküle mit CO Doppelbindungen (Aldehyde und Ketone)

### Carboxylat-Ion:

konjugierte Base zu den Carbonsäuren, schwach basisch

### Chiralität:

Isomerieform, die bei Strukturen auftritt, die sich wie Bild und Spiegelbild verhalten (Spiegelbildisomerie), aber nicht deckungsgleich sind. Häufigster Fall: Moleküle mit asymmetrisch substituierten C-Atomen (C-Atome mit vier verschiedenen Substituenten. Auch optische Isomerie genannt, da die Isomere sich durch die Drehung der Polarisationssebene von linear polarisiertem Licht unterscheiden.

### Chromatographische Verfahren:

Trennmethode, die auf der Verteilung einer Substanz zwischen einer stationären und einer mobilen Phase beruht.

### Decarboxylierung:

Abspaltung von CO<sub>2</sub> aus Carbonsäuren (meist  $\alpha$ -Oxocarbonsäuren)

### Diastereomere:

optische Isomere mit mehr als einem asymmetrisch substituierten C Atom, die sich nicht wie Bild und Spiegelbild verhalten

### D/L-Konfiguration:

System, das vor allem in der Biochemie chirale Verbindungen in zwei spiegelbildliche Gruppen teilt. Substanzen der D-Reihe sind abgeleitet vom rechtsdrehenden D-Glycerinaldehyd. Nachteil: Syntheseweg zum Glycerinaldehyd muss bekannt sein. Über rechts- oder linksdrehende Wirkung der Substanzen ist dabei keine Aussage getroffen.

### Dünnschichtchromatographie DC:

wie Papierchromatographie, aber stationäre Phase Adsorptionsmittel in dünner Schicht auf einem festen Träger (Glas, Kunststoffolie)

### Eliminierung:

Abspaltung kleiner Moleküle unter Ausbildung einer Doppelbindung (Umkehrung der Addition)

### Enantiomere:

Moleküle, die sich wie Bild und Spiegelbild verhalten

### Ester:

Kondensationsprodukt zwischen Alkoholen und Sauerstoffsäuren oder Carbonsäuren

### Ether:

Stoffgruppe, bei der am O-Atom zwei organische Reste gebunden sind. Nomenklatur-Suffix -ether, Nachrangig -alkoxy

### Fehling'sche Lösung:

Reagenz zum Nachweis der Aldehydgruppe. Cu<sup>2+</sup> wird zu rotem Cu<sub>2</sub>O Niederschlag reduziert.

### Fischer-Projektion:

Projektionsmethode, um chirale Verbindungen exakt darstellen zu können. Enantiomere haben dabei unterschiedliche Strukturformeln.

### Gaschromatographie GC:

für verdampfbare Substanzen, mobile Phase Gas, stationäre Phase dünne Säule mit Adsorptionsmittel und/oder schwer verdampfbarer Flüssigkeit

### Halogenierung:

Einbau von Halogenatomen (Cl, Br) in Alkane (S<sub>R</sub>) und Aromaten (S<sub>E</sub>)

### Heterocyclen:

ringförmige Moleküle mit O-, N- oder S-Atomen im Ring

### Hochdruck Flüssigkeitschromatographie HPLC:

wie Säulenchromatographie, Probe wird in Lösung mit hohem Druck durch Säule gepresst

### Hydroxycarbonsäuren:

Carbonsäuren mit zusätzlichen OH-Gruppen

### Infrarotspektroskopie:

Strukturermittlung durch Absorption von IR-Strahlung, die je nach Wellenlänge Molekülschwingungen verursacht.

### Kernresonanzspektroskopie:

Kerne wie von <sup>1</sup>H oder <sup>13</sup>C verhalten sich im starken Magnetfeld wie Permanentmagnete. Sie können dann Radiowellen absorbieren. Aus den dabei gewonnenen Informationen lässt sich auf die Struktur schließen.

### Ketone:

Stoffgruppe mit der funktionellen Gruppe CO, nicht am primären C-Atom. Nomenklatur-Suffix -on, nachrangig -oxo



**Kondensationsreaktion:**

Wasserabspaltung, meist unter Zusammenschluss zweier organischer Moleküle (aber auch bei der Alkenbildung verwendet). Auch Zusammenschluss 2er organischer Moleküle unter Abspaltung anderer kleiner Moleküle wie HCl

**Massenspektroskopie:**

Moleküle werden durch Elektronenstrahlung in geladene Bruchstücke zerbrochen, diese werden durch elektrische und magnetische Felder getrennt. Rückschluss auf die Struktur aus den Massen der Bruchstücke

**Mesoform:**

Moleküle die mehr als ein asymmetrisch substituiertes C-Atom, aber mit einer Spiegelebene im Molekül. Daher nicht chiral

**Nitrierung:**

Herstellung von Nitroverbindungen. Bei Aromaten mit  $S_E$

**Oxocarbonsäuren:**

Carbonsäuren mit zusätzlichen Carbonylgruppen

**Papierchromatographie PC:**

Stationäre Phase: Papier, mobile Phase: Lösungsmittel, das vom Papier aufgesaugt wird.

**Phenole:**

Aromatische Alkohole, bei denen die OH-Gruppe direkt am Aromaten gebunden ist.

**Polymerisation:**

Addition von Alkenen an Alkene. Es entstehen Makromoleküle. Zur Kunststoffherstellung. Kann radikalisch, nucleophil oder elektrophil verlaufen.

**Racemat:** Äquimolare Mischung eines Enantiomerenpaares. Keine Drehung der Polarisationssebene, Wirkungen heben einander auf.

**R/S-Nomenklatur:**

Nomenklatursystem, mit dem alle chiralen Verbindungen exakt benannt werden können. Die Konfiguration an jedem

asymmetrischen C-Atom muss angegeben werden. R bzw. S wird durch Reihung der Substituenten nach den ZIP Regeln bestimmt.

**Säulenchromatographie:**

Dasselbe Prinzip wie DC, Adsorptionsmittel aber in einem Rohr. Für größere Substanzmengen

**Säureanhydrid:**

Stoffgruppe mit der funktionellen Gruppe COOH. Nomenklatur-Suffix -säure, nachrangig -carboxy.

**Säurechlorid:**

Stoffgruppe mit der funktionellen Gruppe COCl. Nomenklatur-Suffix -säurechlorid, nachrangig -carboxychlorid

**Spektroskopische Verfahren:**

Untersuchung von Stoffen durch Einwirkung von Strahlung

**Substitution:**

Reaktion bei der in einem Molekül ein Teil durch einen anderen ersetzt wird. Angreifendes Teilchen positiv geladen: Elektrophile Substitution ( $S_E$ ) – vornehmlich bei Aromaten (wichtigste Reaktion). Angriff eines negativen Teilchens: nucleophile Substitution ( $S_N$ ) – vornehmlich an Alkanen. Angriff durch ein radikal: radikalische Substitution ( $S_R$ ) – vornehmlich an Alkanen (Halogenierung).

**Umlagerung:**

Veränderung der Struktur durch Verschiebung von Atomen oder Gruppen innerhalb eines Moleküls





9: Ernährung

Zusätze

A. Zusatz-Informationen

Zum Thema Auf- und Abbau der Nährstoffe

ELMO S. 236

Die Lebewesen kann man in zwei unterschiedliche Gruppen einteilen. **Autotrophe** (griech.: selbsternährend) Lebewesen ernähren sich aus anorganischen Ausgangsstoffen wie Kohlenstoffdioxid, Wasser und Mineralsalzen. Sie bauen daraus ihre Körpersubstanz auf. Die dazu notwendige Energie entnehmen sie dem Sonnenlicht. Die bestimmende Reaktion ist die **Fotosynthese**. Zu dieser Gruppe von Lebewesen gehören die grünen Pflanzen und viele Algen (Abb. 1).

**Heterotrophe** (griech.: von anderen ernährend) Lebewesen sind auf die Zufuhr organischer Substanz als Nahrung angewiesen. Sowohl der Aufbau ihrer Körpersubstanz als auch ihre Energiegewinnung sind von dieser Nahrung abhängig. Manche heterotrophe Lebewesen bauen energiereichere organische Verbindungen in energieärmere um und benötigen dazu keinen Sauerstoff (zB alkoholische Gärung durch die Hefe). Solche **Anaerobier** (griech.: ohne Luft) findet man vor allem bei Bakterien und Pilzen.

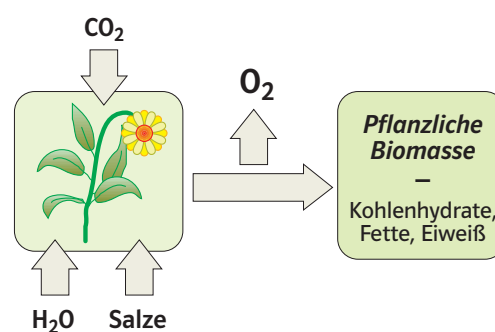


Abb. 1: Der Aufbau der Nährstoffe in autotrophen Lebewesen

Der größte Teil der heterotrophen Lebewesen sind **Aerobier**. Sie gewinnen ihre Energie durch Oxidation der organischen Substanz aus der Nahrung. Dazu gehören alle höheren Tiere und der Mensch (Abb. 3). Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit der Ernährung des Menschen und das folgende mit den dabei ablaufenden Stoffwechselvorgängen.

Nahrung besteht hauptsächlich aus Stoffen dreier Substanzgruppen, den **Eiweißstoffen**, den **Kohlenhydraten** und den **Fetten**. Diese Substanzgruppen nennt man auch Nährstoffe. Daneben ist noch eine Fülle weiterer Stoffe in der Nahrung nötig, wie anorganische Salze (**Mineralstoffe**) und **Vitamine**. Der Bedarf an diesen Stoffen ist weit geringer als der Nährstoffbedarf, in kleinen Mengen sind sie aber lebensnotwendig. **Ballaststoffe** in der Nahrung werden vom Organismus nicht verwertet, unterstützen aber die Verdauung.

Zur Energiegewinnung werden vor allem die Kohlenhydrate und die Fette benötigt. Ihr Abbau und ihre Verwertung nennt man **Energiestoffwechsel**.

Als Oxidationsmittel dient der Sauerstoff der eingeatmeten Luft. Fette und Kohlenhydrate werden damit in einer komplizierten Reaktionsfolge oxidiert. Die Reaktionen, die dabei ablaufen, erfüllen eine Reihe von Bedingungen.

1. Alle Reaktionen laufen bei Körpertemperatur ab. Daher muss fast jeder Reaktionsschritt mit Katalysatoren (Biokatalysatoren oder Enzyme) gesteuert werden, um rasch genug zu sein. Prozesse wie Verbrennungsreaktionen, die wir aus der anorganischen Technik kennen und die oft Temperaturen von über 1000 °C benötigen, kommen hier nicht in Frage.

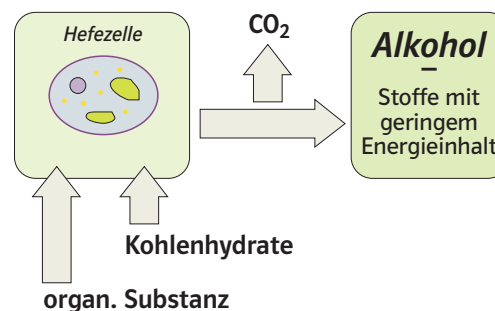


Abb. 2: Der Abbau der Nährstoffe in heterotrophen Lebewesen (Anaerobier)

2. Alle Prozesse müssen eindeutig ablaufen. Die Produkte müssen leicht auszuscheiden sein. Nebenprodukte sollen nach Möglichkeit vermieden werden. Hier besteht ein wichtiger Unterschied zu den technischen Prozessen in der organischen Chemie, die meist durch eine Vielzahl von Nebenprodukten gekennzeichnet sind. Auch diese Bedingung wird durch die Steuerung mit Biokatalysatoren erfüllt.

3. Mit der gewonnenen Energie muss möglichst wirtschaftlich umgegangen werden. Die Energie dient zum Erzwingen chemischer Reaktionen gegen ihren natürlichen Ablauf und damit zum Aufbau körpereigener Substanzen, zur Verrichtung von Muskelarbeit, zur Erzeugung von Konzentrationsgefällen (osmotische Arbeit) und elektrischer Potenziale. Als Nebenprodukt entsteht Wärme zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. Dieser Wärmeanteil darf nicht zu groß sein, da sonst Probleme mit der Wärmeabgabe durch den Organismus entstehen und außerdem für die Deckung der anderen Prozesse eine zu große Nährstoffmenge nötig ist. Die Energieumsetzungen müssen also einen möglichst hohen Wirkungsgrad haben.

Neben dem Energiestoffwechsel werden aus den Nährstoffen die körpereigenen Substanzen aufgebaut. Dieser **Erhaltungsstoffwechsel** umfasst alle Nährstoffe, hauptsächlich aber die Eiweißstoffe. Aus ihnen wird körpereigenes Eiweiß aufgebaut. Ein großer Teil der organischen Körpersubstanz des Menschen besteht aus Eiweißstoffen.

**Mineralstoffe** bilden die Basis zum Aufbau der anorganischen Körpersubstanz wie Knochen und Zähne, sind aber auch am Aufbau verschiedener Biokatalysatoren beteiligt. **Vitamine** sind Vorstufen der Hormone und anderer in kleinen Mengen benötigter Substanzen, die unser Organismus nicht aus den Hauptnährstoffen herstellen kann.

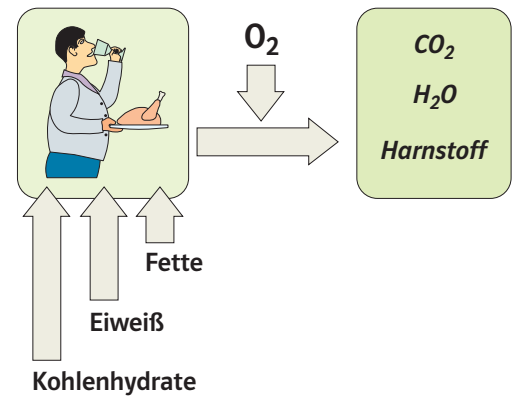


Abb. 3: Der Abbau der Nährstoffe in heterotrophen Lebewesen (Aerobier)

## B. Themenbereiche - 9: Ernährung

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### Speisefette

Chemischer Aufbau der Speisefette, Bedeutung und Struktur der Fettsäuren, essenzielle Fettsäuren ( $\omega$ -3-, $\omega$ -6-Fettsäuren), Transfettsäuren. Bedeutung der Speisefette für die Ernährung. Verschiedene Formen der Speisefette. Herstellung von Margarine. Unterschiede zu Butter im Konnex mit Ernährung.

### Zucker

Mono- und Disaccharide, reduzierende und nicht reduzierende Zucker. Beispiele, Strukturen und Begründung der reduzierenden Wirkung. Einfluss der Zucker auf die Ernährung. Blutzucker.

### Polysaccharide

Stärke und Cellulose. Chemischer Aufbau. Bedeutung in der Ernährung. Glycogen als tierischer Reservestoff. Bedeutung der Cellulose als Rohstoff für Textil- und technische Fasern. (Siehe auch Kapitel 10)

### Eiweißstoffe

Primär- Sekundär- und Tertiärstruktur der Proteine, Denaturierung. Bedeutung der Stoffgruppe als Nahrungsmittel. Unterschiedliche Wertigkeit von verschiedenen Eiweißstoffen in der Ernährung. Essenzielle Aminosäuren.

### Vitamine

Bedeutung der Vitamine für die Ernährung. Wasser- und fettlösliche Vitamine, Beispiele dazu. Vitaminmangelerkrankungen und Vitaminwirkung an einigen selbstgewählten Beispielen.

## C. Glossar - 9: Ernährung

### Aminosäuren:

Bausteine der Eiweißstoffe. 20  $\alpha$ -L-Aminosäuren bauen alle Proteine auf. Sind von tierischen Organismen nicht synthetisierbar und daher essenzielle Nahrungsbestandteile. Essenzielle Aminosäuren sind auch nicht durch Umwandlung aus anderen Aminosäuren zugänglich.

### Cellulose:

Polysaccharid aus  $\beta$ -D-Glucose. Pflanzlicher Reservestoff, kein Nährstoff, unverdaulich, Ballaststoff

### Coenzym:

Nichteiweiß-Moleküle mit bestimmten nicht stoffspezifischen Funktionen, werden durch das Enzym stoffspezifisch.

### Disaccharide:

Kondensationsprodukte zweier Monosaccharidmoleküle. Mindestens eines davon wird dabei zum Vollacetal (Vollketal).

### Eiweißstoffe:

Nährstoffgruppe, Polyamid aus  $\alpha$ -L-Aminosäuren. Bei wenigen Aminosäuren Peptide, höhermolekular Proteine genannt.

### Enzyme:

Proteine mit katalytischer Wirkung, dienen zur Steuerung der Stoffwechselprozesse.

### Essenzielle Fettsäuren:

Fettsäuren mit Doppelbindungen nach der Position 9. Sind vom Menschen nicht synthetisierbar, müssen daher mit der Nahrung aufgenommen werden.

### Fette:

Triglyceride mit Fettsäuren

### $\omega$ -3/ $\omega$ -6 Fettsäuren:

Zwei Gruppen von essenziellen Fettsäuren, die einander nicht ersetzen können. "Falsche" Lokantenermittlung vom Molekülende ( $\omega$ ) führt zu Doppelbindungen entweder in Position 3 oder 6.

### Gesättigte/ungesättigte Fettsäuren:

Längerkettige, unverzweigte Monocarbonsäuren mit gerader C-Zahl. Wenn sie ungesättigt sind, so liegt an allen Doppelbindungen Z-Konfiguration vor.

### Glucose:

Wichtigstes Monosaccharid, Blutzucker. Baustein der häufigsten Di- und Polysaccharide

### Glycogen:

Polysaccharid als tierischer Reservestoff. Wie Amylopektin, noch höhermolekular und stärker verzweigt.

### Kohlenhydrate:

Nährstoffgruppe (Zucker und Stärke). Mehrwertige Alkohole mit einer Carbonylfunktion. Summenformel  $C_x(H_2O)_y$

### Margarine:

Pflanzenfett/Wasser-Emulsion als Streichfett. Fetthärtung des Rohstoffs Pflanzenöl erforderlich.

### Monosaccharide:

Einfachzucker, Summenformel  $C_x(H_2O)_x$ . Mehrwertige Alkohole mit einer Carbonylfunktion. Aldosen, wenn Aldehyde, Ketosen, wenn Ketone. Triosen, Terosen, Pentosen... je nach C-Atomzahlzahl

### Nährstoffe:

Stoffe, aus denen die Nahrungsmittel bestehen, hauptsächlich Fette, Kohlenhydrate und Eiweißstoffe.

### Polysaccharide:

Polykondensationsprodukte aus Monosaccharidringen

### Primärstruktur:

Aminosäuresequenz im Protein.

### Quartärstruktur:

Räumliches Gebilde aus mehreren Tertiärstrukturen. Biologisch wirksame Form des Proteins

### Ringformen der Monosaccharide:

Monosaccharide ab den Pentosen bilden durch innere Halb-acetal- bzw. Halbketalbildung Ringe. Reversible Reaktion in Lösung. Fünfringe werden Furanosen, Sechseringe Pyranosen genannt. Beim Ringschluss entsteht ein neues Asymmetriezentrum, daher zwei Formen, die man Anomere nennt und mit  $\alpha$  und  $\beta$  unterscheidet.

### Sekundärstruktur:

Struktur der Proteinkette, die durch Wasserstoffbrücken stabilisiert wird.  $\alpha$ -Helix (starr und schlauchförmig) oder  $\beta$ -Faltblattstruktur (flexibel) sind möglich.

### Stärke:

Wichtigster Kohlenhydrat-Nährstoff. Polysaccharid aus  $\alpha$ -D-Glucose. Besteht aus der kettenförmigen 1,4 verknüpften Amylose und dem sehr hochmolekularen verzweigten Amylopektin (Verzweigungen 1,6).

### Tertiärstruktur:

räumlicher Aufbau der Sekundärstruktur, stabilisiert durch Wasserstoffbrücken und Disulfidbindungen

### Transfette:

Entstehen bei der Teilhärtung von Pflanzenöl bei höherer Temperatur. E-Konfiguration an den Doppelbindungen

### Vitamine:

Essenzielle Nahrungsbestandteile, die nur in kleinen Mengen notwendig sind. Eingeteilt in fettlösliche (A,D,E,K) und wasserlösliche (B-Gruppe,C) Vitamine



10: Stoffwechsel

Zusätze

A. Zusatz-Informationen

Zum Thema Fettabbau

ELMO S. 286

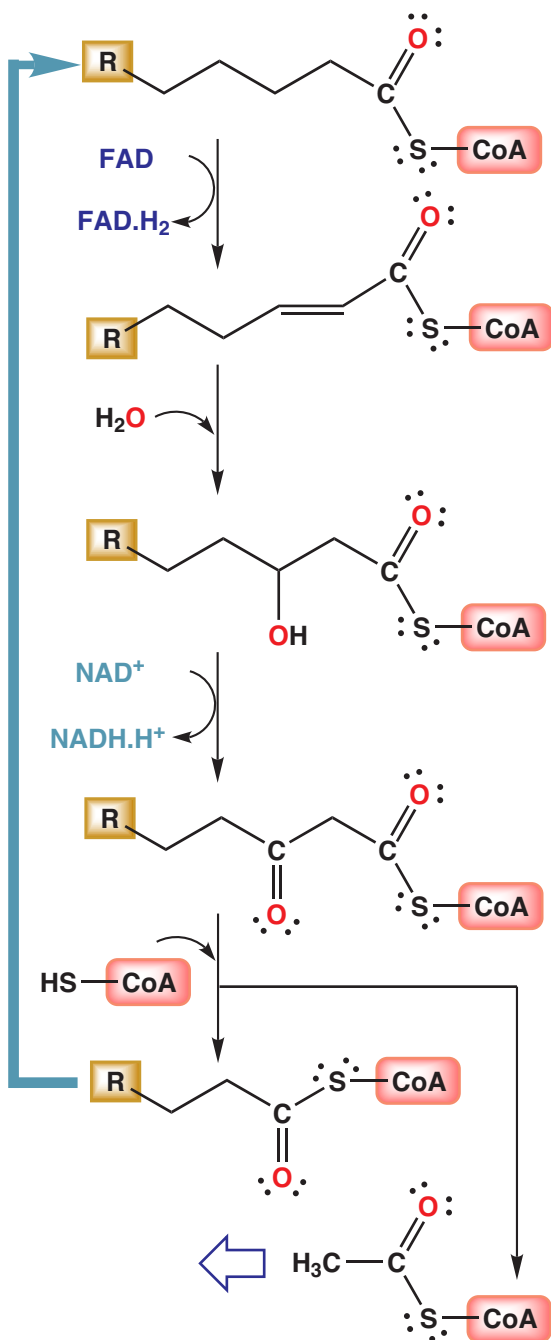


Abb. 1: Der Ablauf der  $\beta$ -Oxidation

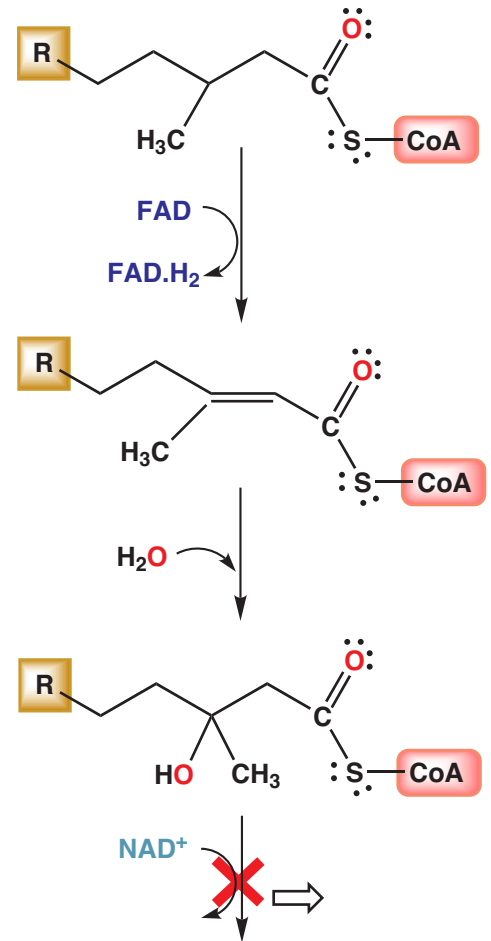


Abb. 2: „Abbau“  $\beta$ -verzweigter Fettsäuren

## B. Themenbereiche

Die Inhalte und Schlagworte folgender Themen können als Grundlage zur Beantwortung von Prüfungsfragen und Referaten aus der Chemie herangezogen werden.

### **Fettstoffwechsel**

Speisefette, Fettverdauung, Fettsäureabbau im Organismus zu Acetyl-Coenzym A ( $\beta$ -Oxidation). Störungen des Fettsäureabbaus bei verzweigten Fettsäuren.

### **Kohlenhydratstoffwechsel**

Die Verwertung von Kohlenhydraten im Stoffwechsel des Menschen. Glucoseverwertung ausgehend von Blutzucker auf dem aeroben und dem anaeroben Weg. Welchen Sinn hat die Existenz zweier verschiedener Stoffwechselwege in diesem Fall? Bilanz, wie viel Mol ATP anaerob bei der Verwertung von einem Mol Glucose gewonnen werden können. Hilfsmittel: Folie mit der Reaktionsfolge der Glycolyse. In den Folien ist zu ergänzen, an welchen Stellen des Stoffwechselweges ATP und NADH gewonnen werden.

### **Verwertung von Acetyl-Coenzym A zu ATP**

Citronensäurezyclus, Atmungskette. Vollständiger Abbau von einem Molekül Acetyl-Coenzym A. Reaktionen, Energiebilanz. Bedeutung des Citronensäurecyclus als zentrale Drehscheibe im Stoffwechsel. Hilfsmittel: Folien mit den Reaktionsfolgen des Citratzyclus und der Atmungskette. In den Folien ist zu ergänzen, an welchen Stellen des Stoffwechselweges ATP, GTP, NADH und  $\text{FADH}_2$  gewonnen werden.

### **Eiweiß und Aminosäurestoffwechsel**

Aufbau des Nährstoffes Eiweiß aus Aminosäuren. Erklärung, weshalb Eiweiß ein essentieller Nährstoff ist. Abbau von Eiweiß im Organismus, die Fixierung des Stickstoffanteils in ausscheidungsfähiger Form. Hilfsmittel: Folie mit der Reaktionsfolge des Harnstoffzyclus. In der Folie ist zu ergänzen, an welchen Stellen die Ammoniumionen eintreten, wo der Harnstoff abgegeben wird und wo ATP benötigt wird.

### **DNA, RNA, Eiweißsynthese, Vererbung**

Aufbau von Nucleinsäuren aus Nucleotiden und die Paarung der Purin – Pyrimidinbasen. Synthese von Eiweiß (Translation, Aminosäureaktivierung). Hilfsmittel: Folie mit dem genetischen Code.



## C. Glossar - 10: Stoffwechsel

### Acetyl-Coenzym A:

Essigsäure in biologisch aktivierter Form

### Aerober Kohlenhydratabbau:

Glycolyse mit anschließendem Abbau des Pyruvats zu Acetyl-Coenzym A.

### Alkoholische Gärung:

Variante des anaeroben Kohlenhydratabbaus, bei dem Pyruvat decarboxyliert wird, und dann die Reduktion zu Ethanol erfolgt.

### Aminosäurestoffwechsel:

Abbau der Aminosäuren, zuerst durch Transaminierung (Austausch einer Aminogruppe mit einer Ketogruppe), dann Abbau des Kohlenstoffgerüsts der  $\alpha$ -Ketosäure

### Anaerober Kohlenhydratabbau:

Abbauweg, bei dem das bei der Glycolyse erzeugte NADH zur Reduktion des Pyruvat wieder verbraucht wird. Läuft ohne Sauerstoffverbrauch.

### Analgetika:

Medikamente zur Schmerzdämpfung

### Antibiotika:

Medikamente zur Bekämpfung von Bakterien

### Atmungskette:

ATP-Synthese durch stufenweise Oxidation von NADH und  $FADH_2$  mit Sauerstoff (auch oxidative Phosphorylierung genannt).

### ATP/ADP/AMP:

ATP (Adenosintriphosphat) – Energiespeichermolekül, durch Abspaltung von Phosphatgruppen zu ADP (Adenosindiphosphat) oder AMP (Adenosinmonophosphat) werden endergone Prozesse erzwungen.

### $\beta$ -Oxidation:

Abbau von Fettsäuren zu Acetyl-Coenzym A im Fettstoffwechsel

### Citratcyclus:

Reaktionskette zum Abbau des C-Gerüsts von Acetyl-Coenzym A

### Coenzym A:

Coenzym zur Aktivierung von Carbonsäuren

### DNA:

Desoxyribonucleinsäure, dient zur Speicherung von Information zur Synthese von Eiweißstoffen und zur Vererbung dieser Information.

### Eiweißstoffwechsel:

Abbau von Eiweißstoffen zu Aminosäuren und Synthese neuer Eiweißstoffe

### FAD/ $FADH_2$ :

wasserstoffübertragendes Redox-Coenzym, oxidierte Form stärkeres Oxidationsmittel als  $NAD^+$

### Fettstoffwechsel:

Reaktionen zum Abbau von Fett zu Essigsäure und Glycerol und zur Fettsynthese aus diesen Verbindungen

### Genetischer Code:

Festlegung von Aminosäuren durch Triplets der Basen Cytosin, Guanin, Adenin und Uracil (Codons)

### Glycolyse:

Abbau von Glucose oder Fructose zu Pyruvat. Nach seinen Entdeckern auch Embden-Meyerhof-Weg genannt.

### Harnstoffcyclus:

Reaktionskette zur Umwandlung der Ammoniumionen aus den abgebauten Aminosäuren in Harnstoff

### Kohlenhydratstoffwechsel:

Reaktionen zum Abbau von Kohlenhydraten zu Acetyl-Coenzym A bzw. zu Lactat

### m-RNA:

Kopie der DNA durch einen RNA-Strang. Dient zur Übertragung der Erbinformation aus dem Zellkern zum Ribosom, dem Ort der Eiweißsynthese. Der genetische Code bezieht sich auf die m-RNA.

### Milchsäuregärung:

Anaerober Kohlenhydratabbau durch Milchsäurebakterien mit Milchsäure als Endprodukt. Derselbe Mechanismus wie anaerober Kohlenhydratabbau im menschlichen Organismus

### Mutation:

Änderung der Erbinformation durch Umwelteinflüsse

### NAD<sup>+</sup>/NADH:

Nicotinamid-adenin-dinucleotid, Redoxsystem, wichtigstes wasserstoffübertragendes Coenzym

### Nucleosid:

N-glycosidische Verknüpfung einer heterocyclischen Stickstoffbase mit Ribose oder Desoxyribose. Wenn es phosphoryliert ist  $\rightarrow$  Nucleotid.

### Pharmakologie:

Lehre von den Heilmitteln

### Toxikologie:

Lehre von den Giftstoffen

### t-RNA:

kurzer RNA-Abschnitt mit drei Basen, komplementär zu den Codons, trägt eine bestimmte Aminosäure

