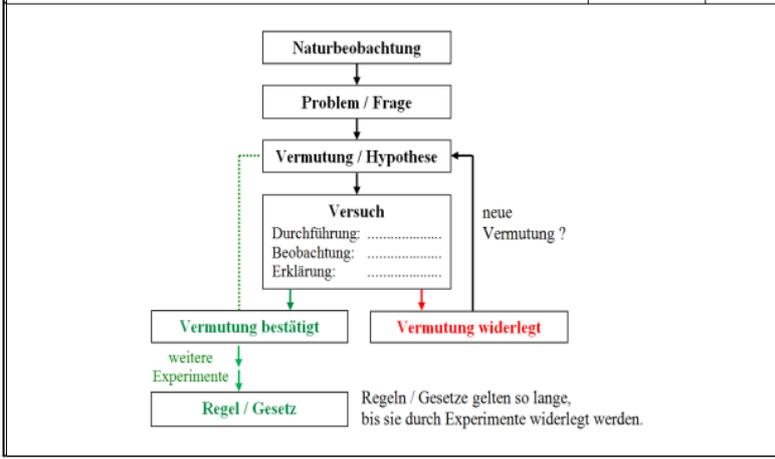
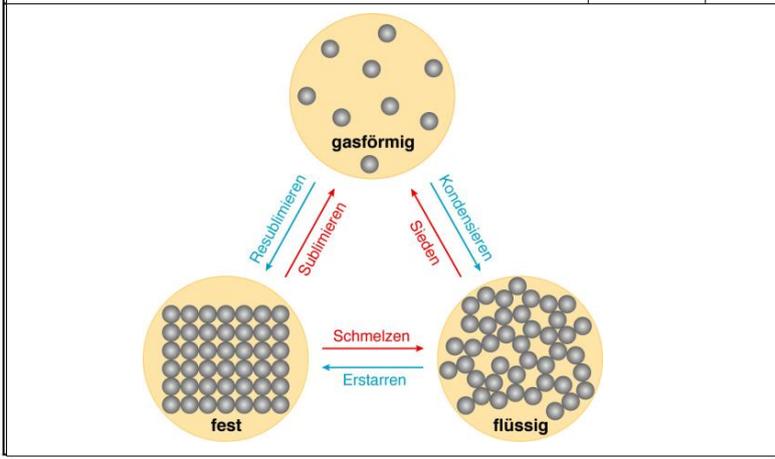


Naturwissenschaftliches Arbeiten



Aggregatzustände und deren Übergänge

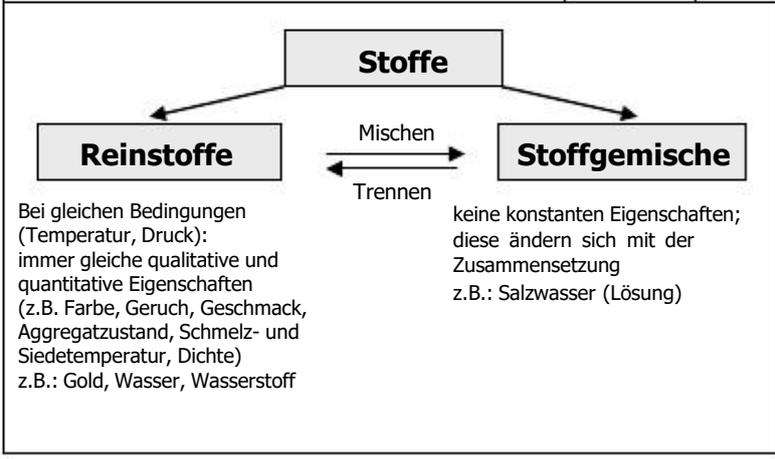


Einteilung der Stoffe:

Stoff

Reinstoff

Stoffgemisch

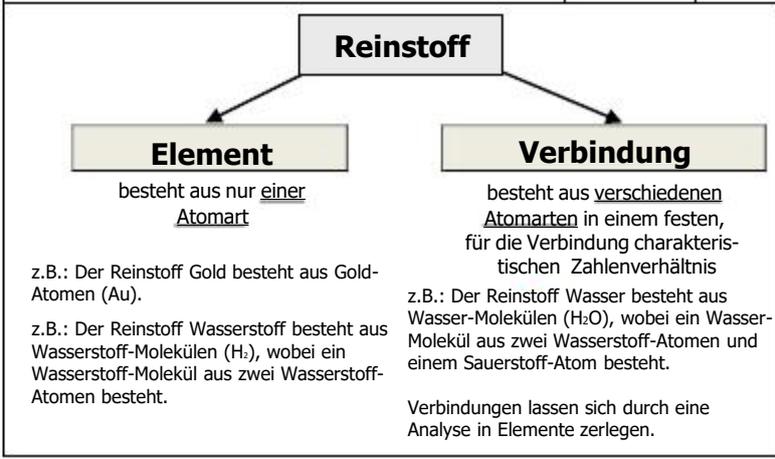


Einteilung der Stoffe:

Reinstoff

Element

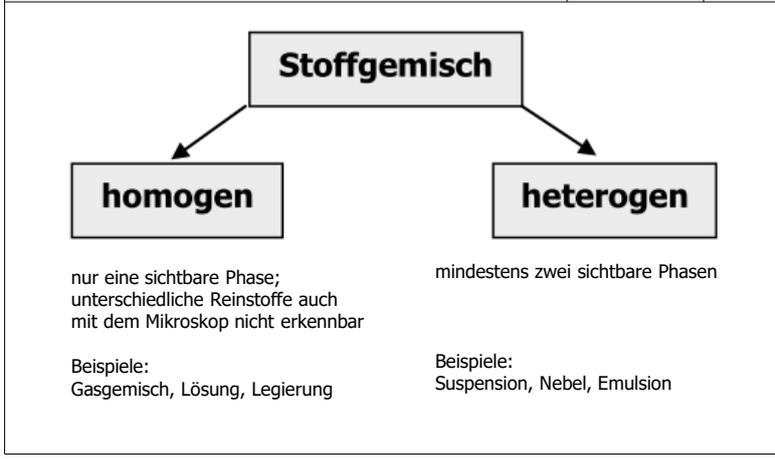
Verbindung



Einteilung der Stoffe:

homogenes Stoffgemisch

heterogenes Stoffgemisch



chemische Reaktion

Chemische Reaktionen sind **Stoff- und Energieumwandlungen.**

Auf Teilchenebene sind sie gekennzeichnet durch:

- Umgruppierung von Atomen
- Umbau von chemischen Bindungen
- erfolgreiche Teilchenzusammenstöße

Beispiel:

$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ Energie wird frei.

Grundtypen chemischer Reaktionen

Synthese:

A + **B** → **C**
z.B.: Wasserstoff + Sauerstoff → Wasser

Analyse:

C → **A** + **B**
z.B.: Wasser → Wasserstoff + Sauerstoff

Umsetzung:

A + **B** → **C** + **D**
z.B.: Methan + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser

Nachweisreaktionen

Nachweise molekular gebauter Stoffe:

- **Glimmspanprobe als Sauerstoffnachweis**
Ein glimmender Holzspan flammt auf, da die Verbrennung in der Sauerstoffatmosphäre heftiger abläuft als in der Luft.
- **Knallgasprobe als Wasserstoffnachweis**
Wasserstoff und Sauerstoff reagieren in einer exothermen Reaktion zu Wasser (Knall, Pfeifton).
- **Kalkwasserprobe als Kohlenstoffdioxidnachweis**
Kohlstoffdioxid bildet in "Kalkwasser" (Calciumhydroxid-Lösung) schwerlösliches Calciumcarbonat (Kalk), was zu einer Trübung führt.

Ionennachweise am Beispiel des Chloridionennachweises:
Enthält eine Lösung Chlorid-Ionen, so kommt es bei Zugabe einer farblosen Silbernitrat-Lösung zu einer weißen Trübung, da die Chlorid-Ionen und die Silber-Ionen das schwerlösliche Salz Silberchlorid bilden.

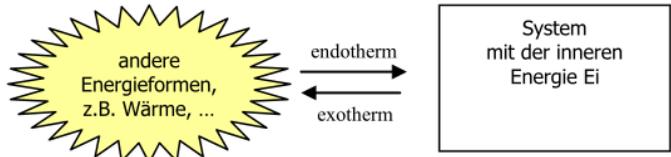
Innere Energie E_i

exotherm
endotherm

Der gesamte Energievorrat im Inneren eines Systems ist dessen **innere Energie E_i** . [E_i] = 1 kJ (alte Einheit: kcal)

Energieabgabe bei einer chemischen Reaktion:
exotherme Reaktion ($\Delta E_i < 0$).

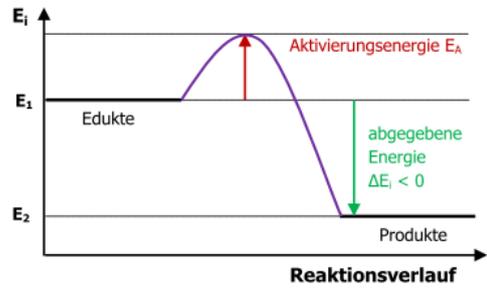
Energieaufnahme bei einer chemischen Reaktion:
endotherme Reaktion ($\Delta E_i > 0$).



Energiediagramm

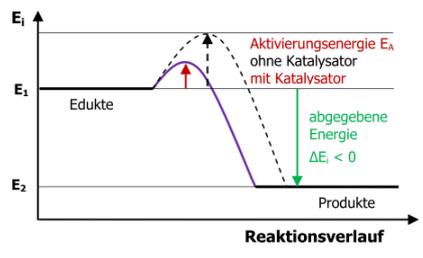
Die **Änderung der inneren Energie** eines Systems bei chemischen Reaktionen kann durch ein Energiediagramm dargestellt werden.

z.B. *exotherme Reaktion*



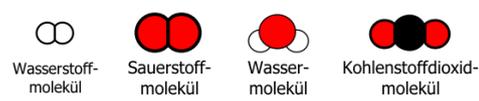
Katalysator

- Ein Katalysator ist ein Stoff, der
- die **Aktivierungsenergie** (Energie, die benötigt wird um eine chem. Reaktion zu starten) **herabsetzt**,
 - die Reaktion **beschleunigt** und
 - nach der Reaktion **unverändert** vorliegt.



Molekül

Teilchen, die aus mindestens zwei Nichtmetall-Atomen bestehen, werden Moleküle genannt.
Moleküle von Elementen bestehen aus gleichartigen Atomen (z.B. Cl_2 , O_2 , N_2 , H_2), Moleküle von Verbindungen aus verschiedenartigen Atomen (z.B. NH_3 , H_2O , CO_2 , CH_4).



Elemente, die als zweiatomige Moleküle auftreten:
H O F Br I N Cl : H_2 , O_2 , F_2 , Br_2 , I_2 , N_2 , Cl_2

Salze

Kationen und Anionen

Atom-Ionen und Molekül-Ionen

Salze: Verbindungen aus Ionen

Kationen: positiv geladene Ionen

Anionen: negativ geladene Ionen

Atom-Ionen
z.B.: Na⁺, Ca²⁺, Cl⁻

Molekül-Ionen
z.B.: NH₄⁺, SO₄²⁻, NO₃⁻

Eigenschaften von Salzen: spröde, kristalline Feststoffe, hohe Schmelz- und Siedetemperaturen, elektrische Leitfähigkeit in Lösung und Schmelze, Wärmeleitfähigkeit

Verhältnisformel vs. Molekülformel

Die **Verhältnisformel** gibt das **Zahlenverhältnis** der Ionen in einem Salz (Metall-Nichtmetall-Verbindung) an.

NaCl

CaF₂

Die **Molekülformel** gibt an, aus **wie vielen Atomen** jeweils ein Molekül (Nichtmetall-Nichtmetall-Verbindung) besteht.

H₂O₂
(Wasserstoffperoxidmolekül)

C₄H₁₀
(Butanmolekül)

Atommodelle

- **Modell nach Dalton**
- **Energienstufenmodell**
- **Kugelwolkenmodell bzw. Orbitalmodell**

Masse
C-Atom 12u
H-Atom 1u

Atommodell von Dalton
➤ Atom als kompakte Kugel (z.B.: C-Atom, H-Atom)

Energienstufenmodell

- beschreibt den Aufbau der Atomhülle
- Elektronen auf Energienstufen
- eine Energienstufe kann von maximal 2n² Elektronen besetzt werden

Orbital: Raum um den Atomkern, in welchem ein Elektron mit hoher Wahrscheinlichkeit anzutreffen ist

Orbitalmodell: beschreibt die Atombindung:

- jedes Orbital fasst maximal zwei Elektronen
- Atombindung kommt durch Überlappung zweier Orbitale zustande (siehe Wasser-Molekül links)

Atombau

$$\begin{matrix} A \\ X \\ Z \end{matrix}$$

⁷₃Li (Lithium)
3 p⁺, 4 n, 3 e⁻

Nukleonenzahl A: A=7
Rel. Atommasse m_A: 7 u

Ordnungs-, Elektronen-, Protonen-, Kernladungszahl: Z= 3

Atomhülle: Elektronen auf unterschiedlichen Energienstufen bzw. Bahnen

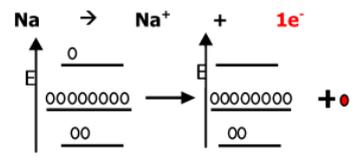
Atomkern: Nukleonen
Neutronen n und **Protonen p⁺**

Protonenzahl Z (= Ordnungszahl) definiert die Atomart.

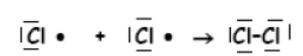
Nukleonenzahl A (= Massenzahl)
A=Z+N

Edelgasregel (Oktettregel)

Entstehung von **Ionen durch Aufnahme oder Abgabe von Elektronen**



Ausbildung einer **Atombindung durch gemeinsames Nutzen von Elektronen**



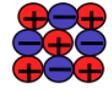
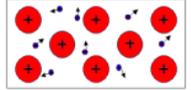
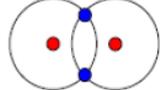
Edelgaskonfiguration:

- Atome erreichen die gleiche Anzahl an Valenzelektronen (**Elektronenoktett**, Ausnahme Helium: **Elektronenduplett**) wie die **Edelgas-Atome**.
- Die Edelgaskonfiguration ist besonders **stabil**.

chemische Bindung

- **Ionenbindung**
- **Metallbindung**
- **Atombindung** (=kovalente Bindung, Elektronenpaarbindung)

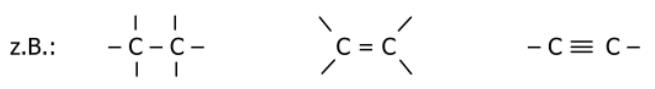
Jede chemische Bindung beruht auf der Wechselwirkung (Anziehungs- und Abstoßungskräfte) zwischen positiven und negativen Ladungen.

	Ionenbindung	Metallbindung	Atombindung
positive Teilchen	Kationen	Atomrümpfe	Atomkerne
negative Teilchen	Anionen	Elektronen(gas)	Bindungselektronen
			

Atombindung (Einfachbindung, Mehrfachbindung)

Eine Atombindung entsteht wenn Nichtmetall-Atome miteinander reagieren und kommt durch die Überlappung von Atomorbitalen (Kugelwolken) zustande. Jeder Partner steuert mindestens ein Valenzelektron zur Atombindung bei.

Einfachbindung Doppelbindung Dreifachbindung



Valenzstrichformel (=Strukturformel, LEWIS-Formel)

Valenzstrichformeln enthalten Striche zur Symbolisierung bindender und nicht bindender Elektronenpaare. Die Valenzstrichformel erlaubt die Andeutung von Bindungswinkeln. Es gilt stets die **Edelgasregel**.

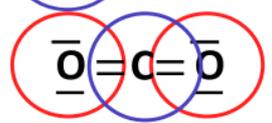
Beispiel Wassermolekül

(O-Atom: Oktett, Hülle des Neonatoms, H-Atom: Duplett, Hülle des Heliumatoms)



Beispiel Kohlenstoffdioxidmolekül

(C-Atom: Oktett, Hülle des Neonatoms, O-Atom: Oktett, Hülle des Neonatoms)



Teilchenmasse (Atom-, Molekül-, Ionenmasse)

Die Masse eines Teilchens (Atom, Molekül, Ion) kann in der Einheit Gramm g oder in der **atomaren Masseneinheit u** angegeben werden.

Ein u ist definiert als der 12. Teil der Masse eines Kohlenstoffatoms ¹²C.

$$1u = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

$$1g = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ u}$$

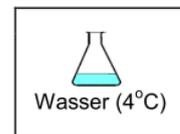
Stoffmenge [n] = 1 mol

Angabe der Quantität einer Stoffportion durch:

Masse m, Volumen V, Teilchenanzahl N, Stoffmenge n

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ l}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ g}$$



$$n(\text{H}_2\text{O}) = 55,5 \text{ mol}$$

$$N(\text{H}_2\text{O}) = 3,34 \cdot 10^{25} \text{ (Teilchen)}$$

Die Stoffmenge n ist zur Teilchenanzahl N direkt proportional.
1 Mol ist die Stoffmenge, die so viele Teilchen (Atome, Moleküle, Ionen) enthält wie in 12 g des Kohlenstoffisotops ¹²C enthalten sind.

1 mol entspricht 6,022 · 10²³ Teilchen.

Zusammenhang zwischen Quantitäts- und Umrechnungsgrößen

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{V}{V_m}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$n = c \cdot V$$

$$N = \frac{m}{m_A}$$

n Stoffmenge [mol]

m Masse [g]

m_A Atomare Masse

M Molare Masse [^g/mol]

V Volumen [l]

V_m Molares Volumen (Gase: 22,4 l/mol)

N Teilchenanzahl

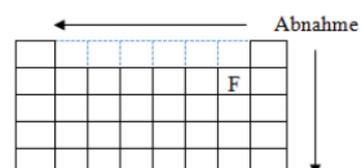
N_A Avogadrokonstante (6,022 · 10²³ mol⁻¹)

c Konzentration [mol/l]

Elektronegativität (EN)

Elektronegativität

- Eigenschaft der Atome, Bindungselektronen anzuziehen
- Die Atombindung ist umso polarer, je größer die Elektronegativitätsdifferenz Δ EN ist.
- Die EN hängt von der Kernladung und der Größe der Atome ab:



Intermolekulare Wechselwirkungen

- **van der Waals WW**
- **Dipol-Dipol-WW**
- **Wasserstoffbrücken**

van der Waals WW

- Anziehungskräfte zwischen spontanen und induzierten Dipolen
- steigen mit zunehmender Moleküloberfläche und Molekülmasse
- wirken zwischen allen Molekülen (auch bei unpolaren Molekülen)

Dipol-Dipol-WW

- WW zwischen permanenten Dipol-Molekülen (z.B. HCl)

Wasserstoffbrücken

- sind die stärksten intermolekularen Wechselwirkungen
- kommen bei Wasserstoffverbindungen des Stickstoffs, des Sauerstoffs und des Fluors vor (z. B. NH₃, H₂O, HF)
- zwischen positiv polarisierten H-Atomen und freien Elektronenpaaren des Nachbarmoleküls

Säure - saure Lösung

neutrale Lösung

Base - basische/alkalische Lösung

Säure: Protonendonator

Saure Lösungen enthalten mehr **Oxonium-** als Hydroxidionen:

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) > n(\text{OH}^-)$$

Neutrale Lösungen enthalten gleich viel Teilchen beider Ionensorten:

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$$

Base: Protonenakzeptor

Alkalische Lösungen enthalten mehr **Hydroxid-** als Oxoniumionen:

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) < n(\text{OH}^-)$$

wichtige Säuren (Protonendonatoren)

Säure		Säure-Anion	
„Salzsäure“	HCl	Chlorid	Cl ⁻
⇒ in Urinsteinentferner			
Salpetersäure	HNO ₃	Nitrat	NO ₃ ⁻
⇒ in Dünger			
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	Sulfat	SO ₄ ²⁻
⇒ in Autobatterien; im sauren Regen			
Kohlensäure	H ₂ CO ₃	Carbonat	CO ₃ ²⁻
⇒ in Erfrischungsgetränken			
Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	Phosphat	PO ₄ ³⁻
⇒ in geringen Mengen in Cola enthalten			

wichtige Basen (Protonenakzeptoren)

Natriumhydroxid NaOH ⇒ Lsg.: Natronlauge
in Rohrreinigern, Laugengebäck

Kaliumhydroxid KOH ⇒ Lsg.: Kalilauge
zum Abbeizen

Calciumhydroxid Ca(OH)₂ ⇒ Lsg.: Kalkwasser
CO₂-Nachweis, Kalkmörtel

Ammoniak NH₃ ⇒ Lsg.: Ammoniakwasser
Herstellung von Düngemitteln

Neutralisation

Protonenübergang von Oxonium-Ionen auf Hydroxid-Ionen unter Wasserbildung:

$$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$$

Bei der Reaktion äquivalenter Mengen einer starken Säure mit einer starken Base bildet sich eine neutrale Lösung (pH=7).

Säure + Base → Wasser + Salz

z.B. HCl + NaOH → H₂O + NaCl

Säure-Base-Titration

Quantitatives Verfahren zur Bestimmung einer unbekanntes Konzentration eines **gelösten Stoffes** (z.B. Säure) durch schrittweise Zugabe einer Lösung bekannter Konzentration (**Titer-Lösung**, z.B. Lauge) bis zum **Äquivalenzpunkt ÄP** (zu erkennen an der Änderung der Indikatorfarbe).

Am ÄP gilt für die Titration von Säuren und Basen:

$$n(\text{Säure}) = n(\text{Base})$$

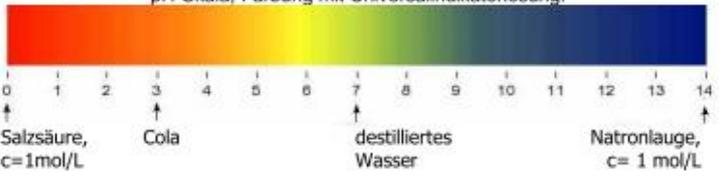
$$n = c \cdot V$$


pH-Wert

Ein Maß für die Oxoniumionen-Konzentration ist der **pH-Wert**:

$$\text{pH} = -\lg \{c(\text{H}_3\text{O}^+)\}$$

pH-Skala; Färbung mit Universalindikatorlösung:



0: Salzsäure, c=1mol/L
 3: Cola
 7: destilliertes Wasser
 13: Natronlauge, c= 1 mol/L

Oxidation und Reduktion

Oxidation: Abgabe von Elektronen (Oxidationszahl steigt)

Reduktion: Aufnahme von Elektronen (Oxidationszahl sinkt)

Oxidationsmittel: nimmt Elektronen auf und wird dabei selbst reduziert

Reduktionsmittel: gibt Elektronen ab und wird dabei selbst oxidiert

Elektrolyse Batterie

Elektrolyse:
Redox-Reaktion wird durch Zufuhr von elektrischer Energie erzwungen.

Batterie (galvanisches Element bzw. galvanische Zelle):

Redox-Reaktion setzt elektrische Energie frei.

Elektrolyse	Galvanisches Element
$ZnI_2 \rightarrow Zn + I_2 \quad \Delta E_i > 0$	$Zn + I_2 \rightarrow ZnI_2 \quad \Delta E_i < 0$
erzwungen	freiwillig

Donator-Akzeptor-Reaktion

➤ **Protolyse-Reaktion**

➤ **Redox-Reaktion**

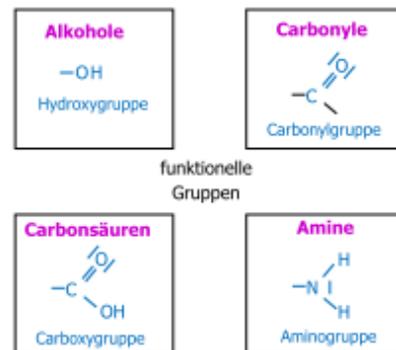
Fast alle chemischen Reaktionen können als Donator-Akzeptor-Reaktionen beschrieben werden.

- **Protolyse-Reaktion:** Protonen werden übertragen
- **Redox-Reaktion:** Elektronen werden übertragen

	Donator	Akzeptor
Protolyse-Reaktion	Säure	Base
Redox-Reaktion	Reduktionsmittel	Oxidationsmittel

Funktionelle Gruppen

Die funktionellen Gruppen bestimmen das Reaktionsverhalten der organischen Verbindungen.



Isomerie

Isomerie
gleiche Summenformel, aber unterschiedliche Verbindungen

Konstitutionsisomerie
unterschiedliche Verknüpfung der Atome

C_4H_{10}

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
Butan

$CH_3-CH(CH_3)-CH_3$
2-Methylpropan

Stereoisomerie
unterschiedliche räumliche Anordnung der Atome

Z-But-2-en

E-But-2-en

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	37
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Elektrophil-Nukleophil (Donator-Akzeptor-Prinzip)

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	37
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Das Prinzip der **Donator-Akzeptor-Reaktionen** kann auf Elektronenpaare angewendet werden.

Nukleophile Teilchen mit freien Elektronenpaaren reagieren stets mit **elektrophilen Teilchen**, welche zusätzliche Bindungen ausbilden können.

Organische Reaktionsmechanismen werden oft nach dem kleineren Teilchen benannt, z.B. elektrophile Addition.

Die Begriffe Nukleophil und Elektrophil gehören aber zusammen wie z.B. Säure und Base.

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	38
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Organische Reaktionstypen I

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	38
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Organische Verbindungen mit Einfachbindungen (Alkane, Alkohole, Halogenalkane) haben die Tendenz zu **Substitutionsreaktionen**.
Beispiel: Reaktion von Methan mit Chlor

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} + \text{Cl}-\text{Cl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ | \\ \text{H} \end{array} + \text{H}-\text{Cl}$$

Organische Verbindungen mit Mehrfachbindungen (Alkene, Alkine, Aldehyde, Ketone) gehen **Additionsreaktionen** ein.
Beispiel: Reaktion von Ethen mit Chlor

$$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} + \text{Cl}-\text{Cl} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{Cl} & \text{Cl} \\ | & | \\ \text{H}-\text{C} & - & \text{C}-\text{H} \\ | & & | \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$$

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	39
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Organische Reaktionstypen II

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	39
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Kondensationsreaktion:
zwei Moleküle verbinden sich miteinander unter Abspaltung eines kleinen Moleküls (z.B. H₂O)

Hydrolyse:
Spaltung einer Verbindung durch Reaktion mit Wasser

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R}_1-\text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array} + \text{HO}-\text{R}_2 \xrightleftharpoons[\text{Hydrolyse}]{\text{Kondensation}} \begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R}_1-\text{C} \\ | \\ \text{O}-\text{R}_2 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$$

Carbonsäure + Alkohol \rightleftharpoons Ester + Wasser

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	40
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Biomoleküle: Kohlenhydrate I

Stoff-Teilchen Gleichgewicht	Donator-Akzeptor Struktur-Eigenschaften	Energie		10 NTG 10 SG	40
---------------------------------	--	---------	--	-----------------	----

Monosaccharide
sind entweder Polyhydroxyaldehyde oder Polyhydroxyketone
z.B.:

$$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$$

Traubenzucker (Glucose)

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$$

Fruchtzucker (Fructose)

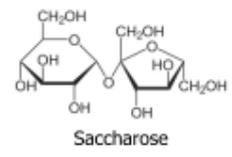
Biomoleküle: Kohlenhydrate II

Disaccharide und Polysaccharide

Monosaccharide werden durch glycosidische Bindungen zu Disacchariden oder Polysacchariden verknüpft.

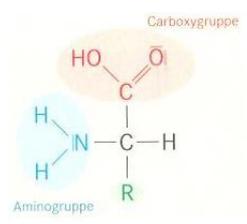
Disaccharide
(z.B. Maltose, Saccharose)

Polysaccharide
(z.B. Stärke, Cellulose, Glykogen)

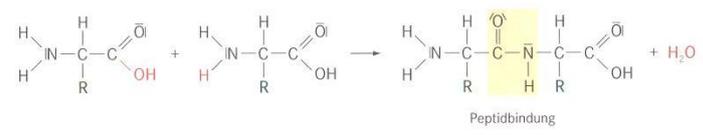


Biomoleküle: Aminosäuren und Proteine

Grundstruktur einer Aminosäure:



Proteine:
Mindestens 100 Aminosäuren sind über Peptidbindungen verknüpft.



Biomoleküle: Fette

Fette sind **Ester** aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerin und drei Fettsäuren (langkettige Carbonsäuren).

