

Weiterentwicklung des Atommodells

Rutherfordsches Atommodell (1911)

Ein Atom besteht aus ...

* dem Kern, der positiv geladen ist und fast die gesamte Masse des Atoms ausmacht

* der Atomhülle, in der sich die negativ geladenen Elektronen aufhalten

Orbitalmodell (1928)

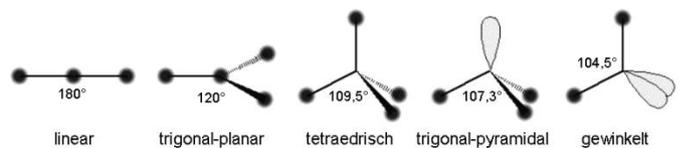
Ein Atom besteht aus einem Kern, der von Orbitalen umgeben ist

* Ein Orbital bezeichnet einen Raum, in dem sich die Elektronen mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von 99% aufhalten

* Die Valenzschale besitzt genau vier Orbitale, die leer, einfach oder doppelt besetzt sein können (Ausnahme: H und He mit nur einem einzigen Orbital)

Das Elektronenpaar- Abstoßungs-Modell (EPA)

- Elektronenpaare stoßen einander ab, und nehmen daher möglichst großen Abstand zueinander ein.
- Orbitale freier Elektronenpaare (EP) nehmen mehr Raum ein (*graue Keulen im Bild unten*) als Orbitale bindender EP.
- Elektronenpaare von Mehrfachbindungen verhalten sich wie Einfachbindungen



Formelzeichen und Einheiten der Chemie

Größe	Zeichen	Einheit
Stoffmenge	$n(x)$	mol
Masse	$m(x)$	g
molare Masse	$M(x)$	g/mol
Teilchenzahl	$N(x)$	ohne Einheit
Volumen	V	L
Massenkonzentration	$\beta(x)$	g/L
Stoffmengen- konzentration	$c(x)$	mol/L
Dichte	$\rho(x)$	g/cm ³

Stoffmenge und Mol

Eine Stoffportion hat die Stoffmenge $n(x) = 1 \text{ mol}$, wenn sie $6 \cdot 10^{23}$ Teilchen (Atome oder Moleküle) enthält.

Beispiel: $n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ mol}$ bedeutet: Die Stoffportion enthält $6 \cdot 10^{23}$ Wassermoleküle

Die Stoffmenge $n(x)$ dient der Umrechnung aller anderen „molaren Größen“

$$n(x) = \frac{m(x)}{M(x)} = \frac{V}{V_m} = \frac{N(x)}{N_A}$$

Molare Masse und molares Volumen

Molare Masse $M(x)$: Gibt die Masse eines mols von Stoff x an. Entspricht im Zahlenwert der Atom- bzw. Molekülmasse.

Bsp.: $m_A(\text{Li})=6,9\text{u} \rightarrow M(\text{Li})=6,9\text{g/mol}$
 Bsp.: $m_M(\text{H}_2\text{O})=18\text{u} \rightarrow M(\text{H}_2\text{O})=18\text{g/mol}$

Molares Volumen V_m : Gibt das Volumen eines mols eines Gases an. Ist für (fast) alle Gase gleich!

V_m (bei 0°C und 1013 hPa) = $22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$
 V_m (bei 20°C und 1013 hPa) = $24 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$

Elektro- negativität

Zeichen: $EN(x)$. Maß für die Fähigkeit eines Atoms, in einer chemischen Bindung Elektronen an sich zu ziehen. Nimmt im PSE von unten nach oben und von links nach rechts zu.

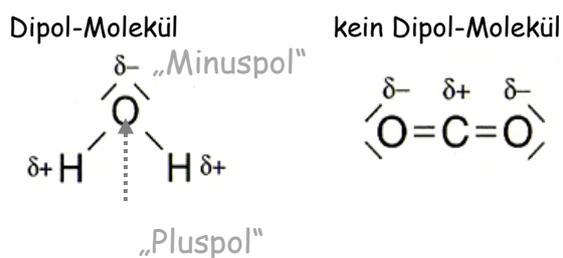
Bsp.: $EN(\text{H})=2,1 \quad EN(\text{C})=2,5 \rightarrow \Delta EN=0,4$
 \rightarrow H-C Bindung praktisch unpolar \rightarrow **unpolare Atombindung**

Bsp.: $EN(\text{H})=2,1 \quad EN(\text{O})=3,5 \rightarrow \Delta EN=1,4$
 \rightarrow H-O Bindung polar, negativer Ladungsschwerpunkt beim O-Atom \rightarrow **polare Atombindung**

Bsp.: $EN(\text{Li})=1,0 \quad EN(\text{Cl})=3,0 \rightarrow \Delta EN=2,0$
 \rightarrow Li-Cl Bindung sehr stark polar, vollständiger Übertritt der Bindungselektronen an Cl-Atom \rightarrow **Ionenbindung**

Dipol-Molekül

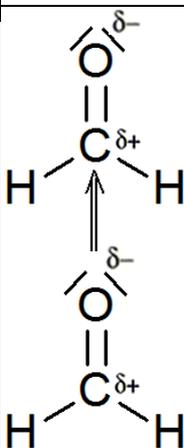
Können sich im elektr. Feld ausrichten. Sie besitzen polare Atombindungen, wobei die Ladungen nicht in einem Punkt zusammenfallen, sodass sich ein positiver und ein negativer „Pol“ ergibt.



Dipol/Dipol- Wechselwirkungen

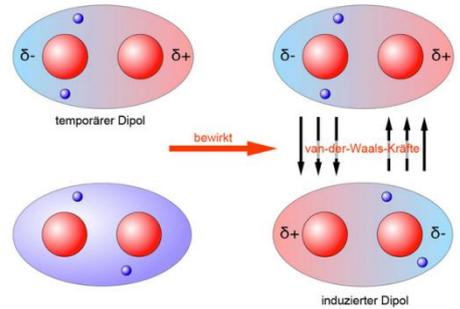
Zwischen Dipol-Molekülen treten zwischenmolekulare Wechselwirkungen auf.

Ähnliche Wechselwirkungen gibt es auch zwischen Dipol-Molekülen und Ionen, sogenannte Dipol-Ionen-Wechselwirkungen



VAN-DER-WAALS-Wechselwirkungen

Schwächste Art der Wechselwirkung. Zwischen temporären (durch zufällige Elektronenverteilung) und induzierten Dipolen. Vorkommen bei atomaren und bei unpolaren Stoffen.



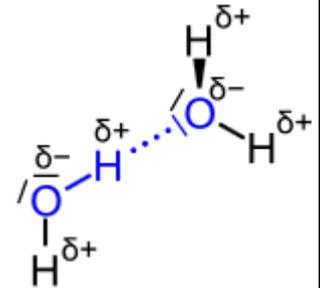
Bsp.: Zwischen Wasserstoffmolekülen

© U. Helmich

Wasserstoffbrücken

In einer Wasserstoffbrücke ziehen die freien Elektronenpaare der stark elektronegativen Fluor-, Sauerstoff- oder Stickstoff-Atome ein polar gebundenes Wasserstoffatom eines weiteren Moleküls an.

Bsp.: Zwischen Wassermolekülen

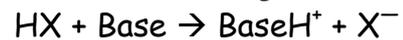


© wikipedia

Säuren (Brönsted)

Der Begriff „Säure“ kann auf Stoff- und Teilchenebene definiert werden:

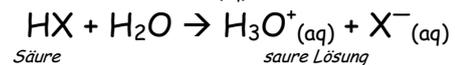
Säuren sind Stoffe, deren Teilchen als Protonendonatoren reagieren können.



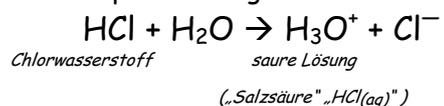
Säuren können als Reinstoffe **Feststoffe** (Bsp. Vitamin C, Zitronensäure), **Flüssigkeiten** (Bsp. Schwefelsäure, Essigsäure) oder **Gase** (Bsp. Chlorwasserstoff, Schwefelwasserstoff) sein.

Saure Lösungen

Saure Lösungen sind wässrige Lösungen (Gemische), die durch Reaktion einer Säure mit Wasser entstehen. Sie enthalten **Oxonium-Ionen** ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$) und Säurerest-Ionen ($\text{X}^-(\text{aq})$).



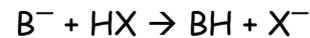
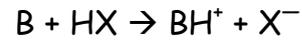
Beispiel: Bildung von „Salzsäure“



Basen (Brönsted)

Der Begriff „Base“ kann auf Stoff- und Teilchenebene definiert werden:

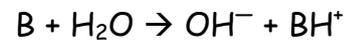
Basen sind Stoffe, deren Teilchen als Protonenakzeptoren reagieren können.



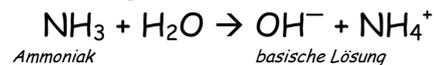
Basen kommen meist als Ionen in Salzen (Oxide oder Hydroxide) vor, können aber auch **Feststoffe**, **Flüssigkeiten** (Bsp. *Amine*) oder **Gase** (Bsp. *Ammoniak*) sein.

Basische Lösungen (alkalische Lösungen, „Laugen“)

Basische Lösungen sind wässrige Lösungen (Gemische), die durch Reaktion einer Base mit Wasser entstehen. Sie enthalten **Hydroxid-Ionen** ($OH^-_{(aq)}$) und Baserest-Ionen ($B^+_{(aq)}$).



Beispiel: Bildung von „Ammoniakwasser“; eine „basische Lösung“ von Ammoniak (NH_3) in Wasser



Ammoniak

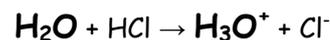
basische Lösung

(„Ammoniakwasser“ „ $NH_3(aq)$ “)

Ampholyte

Sind Stoffe, deren Teilchen sowohl Protonen **aufnehmen** als auch Protonen **abgeben** können.

Bsp.:

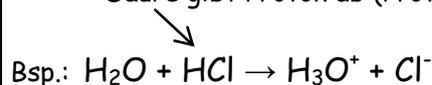


Es sind stets Moleküle, die sowohl ein **polar gebundenes H-Atom** besitzen, sowie ein **freies Elektronenpaar** an einem negativ polarisierten Atom.

Protolyse

Reaktion zwischen einer **Säure** und einer **Base**.

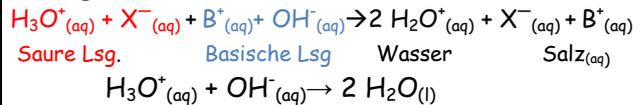
Säure gibt Proton ab (Protonendonator)



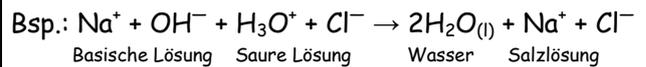
Base nimmt Proton auf (Protonenakzeptor)

Neutralisation

Exotherme Reaktion zwischen Oxonium-Ionen einer sauren Lösung und Hydroxid-Ionen einer basischen Lösung.

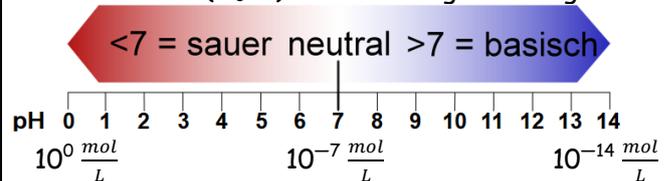


Die Baserest- und Säurerest-Ionen bleiben in der nun neutralen Lösung erhalten.



pH-Wert

Ist ein Maß für die Stoffmengenkonzentration der Oxoniumionen $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ einer wässrigen Lösung.



→ Je kleiner der pH, desto größer $c(\text{H}_3\text{O}^+)$

Säure-/Base-Indikator

„Zeigersubstanzen“, die in Abhängigkeit des pH-Werts ihre Farbe ändern. Sie zeigen an, ob eine Lösung sauer, neutral oder basisch ist.

	sauer	neutral	Basisch
Bromthymolblau	gelb	grün	blau
Thymolphthalein	farblos	farblos	blauviolett
Phenolphthalein	farblos	farblos	violett
Universalindikator	rot	grün/gelb	blau

Säure-/Base-Titration

Durch Titration bestimmt man die unbekannte Stoffmengenkonzentration $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ einer sauren bzw. $c(\text{OH}^-)$ einer basischen Lösung.

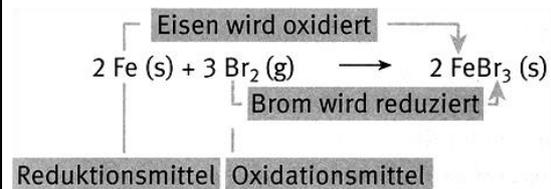
Bsp.: 100mL einer Salzsäure unbekannter Konzentration werden mit Natronlauge mit $c(\text{OH}^-)=1\text{mol/L}$ titriert. Es werden 50mL Lauge benötigt bis zur Neutralisation.

Es gilt: $c(\text{Säure}) \times V(\text{Säure}) = c(\text{Base}) \times V(\text{Base})$

Daraus folgt: $c(\text{Säure}) = \frac{c(\text{Base}) \times V(\text{Base})}{V(\text{Säure})} = \frac{\frac{1\text{mol}}{\text{L}} \times 0,05\text{L}}{0,1\text{L}} = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

Redoxreaktionen

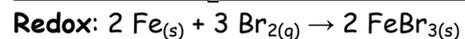
Sind **Elektronenübertragungsreaktionen** zwischen einem **Elektronendonator** (Reduktionsmittel) und einem **Elektronenakzeptor** (Oxidationsmittel). **Oxidation (Elektronenabgabe)** und **Reduktion (Elektronenaufnahme)** laufen gleichzeitig ab.



Redoxgleichung

REDOXreaktion setzt sich aus Teilgleichungen für **REDuktion** und **OXidation** zusammen

Bsp.: Reaktion von Eisen mit Brom



Die Zahl der abgegebenen und aufgenommenen Elektronen muss gleich sein → Bildung des **kgV** (hier: $2 \times 3 = 6$) der Elektronenzahl bei beiden Teilgleichungen, dann Teilgleichungen addieren!

Aufstellen einer Redoxgleichung

1. **Produkte** und **Edukte** notieren
2. **Oxidationszahlen** ermitteln
3. **Teilgleichungen** ermitteln
4. **Elektronenausgleich** durch Differenz der Oxidationszahlen
5. **Ladungsausgleich** mit H_3O^+ oder OH^-
6. **Stoffausgleich** mit H_2O
7. **Elektronenbilanz** ausgleichen (kgV)
8. **Addieren** und **kürzen**
9. **Probe**

Oxidationszahl

1. OZ von Atomen im **elementaren Zustand** = 0
2. Σ der OZ aller Atome im **ungeladenen Molekül** = 0
3. a) OZ von **Atomionen** entspricht der Ladungszahl
b) Σ der OZ aller Atome im **Molekilion** = der Ladungszahl
Reihenfolge ab hier strikt einhalten!
4. **Metallionen** haben in Verbindungen **IMMER** eine positive OZ
5. OZ von **Fluor** in Verbindungen = -1
6. OZ von **Wasserstoff** in Verbindungen = +1
7. OZ von **Sauerstoff** in Verbindungen = -2

<p><i>Kohlenwasserstoffe</i></p>	<p>Sind eine Stoffgruppe von chemischen Verbindungen, die nur aus C- und H-Atomen bestehen. Aufgrund des unpolaren Molekülbaus sind sie lipophil und hydrophob. Der Siedepunkt steigt mit zunehmender Hauptkettenlänge an, da die Molekülmasse und die van-der-Waals-Wechselwirkungen zunehmen.</p>
<p><i>Homologe Reihe</i></p>	<p>Reihung von Stoffen, deren Moleküle sich durch eine sich wiederholende Einheit unterscheiden. Bsp.: Bei n-Alkanen: Methan – Ethan – Propan – Butan – usw. unterscheiden sich durch je eine $-CH_2-$ Einheit.</p>
<p><i>Alkane</i></p>	<p>Verbindungen, deren Moleküle nur aus C- und H-Atomen bestehen; die C-Ketten können verzweigt sein. Allg. Summenformel: C_nH_{2n+2} Sie beinhalten nur Einfachbindungen.</p>
<p><i>Alkene</i></p>	<p>Verbindungen, deren Moleküle sich nur aus C- und H-Atomen zusammensetzen und mind. eine Doppelbindung zwischen 2 C-Atomen enthalten; Allg. Summenformel bei einer Doppelbindung: C_nH_{2n}</p>

Alkine

Verbindungen, deren Moleküle sich nur aus C- und H-Atomen zusammensetzen und mind. eine Dreifachbindung zwischen 2 C-Atomen enthalten;
Allg. Summenformel bei einer Dreifachbindung: C_nH_{2n-2}

Isomerie

Atome von Molekülen mit der gleichen Summenformel können unterschiedlich verknüpft sein (Konstitution) oder bei gleicher Verknüpfung unterschiedlich räumlich angeordnet sein (Konformation)

Radikalische Substitution

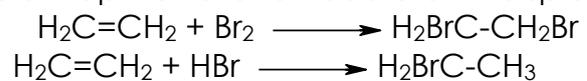
Typische Reaktion der Alkane
Durch Lichteinwirkung entstehen Halogenradikale, die Alkanmolekülen H-Atome entreißen und in Folge ersetzen.

Beispiel:

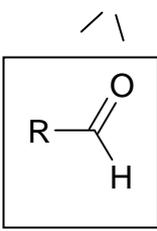
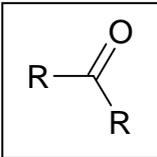


Elektrophile Addition

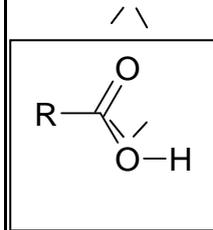
Mehrfachbindungen bei Alkenen (C=C) und Alkinen (C≡C) haben hohe Elektronendichten und können deswegen elektrophile Teilchen addieren. Beispiele:



<p><i>elektrophil</i></p>	<p>ist ein Teilchen dann, wenn es in der Lage ist aufgrund seiner positiven (Partial-) Ladung mit einem Molekül mit erhöhter Elektronendichte (Doppel- oder Dreifachbindung) zu reagieren und neue Atombindungen auszubilden. Es ist elektronenarm und deshalb elektronenliebend.</p>
<p><i>Grundregeln der Nomenklatur</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Längste Kette benennen und nummerieren – Stammname 2. Seitenketten (Alkylreste) und Substituenten voranstellen 3. Gleiche Seitenketten und Substituenten mit griechischem Zahlwort zusammenfassen 4. Position des Substituenten/Seitenkette wird durch die Nr. des C-Atoms angegeben und muss so klein wie möglich sein.
<p><i>Sauerstoffhaltige organische Verbindungen</i></p>	<p>Sind eine Stoffgruppe von chemischen Verbindungen, die neben C- und H- auch O-Atome enthalten. Dabei können sich zwischen Molekülen mit Hydroxygruppen Wasserstoffbrücken ausbilden, welche die Wasserlöslichkeit begünstigen und den Siedepunkt im Vergleich zu Kohlenwasserstoffen ähnlicher Molekülmasse heraufsetzen. Dieser Effekt ist bei C-O-Doppelbindungen geringer.</p>
<p><i>Alkohole/ Alkanole</i></p>	<p>Verbindungsklasse der KW, deren Moleküle sich durch eine oder mehrerer Hydroxygruppen auszeichnen:</p> <p>Alkanole $R-O-H$ werden in primär, sekundär und tertiär unterteilt – je nachdem wie viele C-Atome als Bindungspartner das OH-tragende C-Atom hat.</p>

<p>Aldehyde/ Alkanale</p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>Verbindungs- klasse der KW, deren Moleküle sich durch eine oder mehrere Aldehydgruppen auszeichnen. Sie sind Oxidationsprodukte der primären Alkanole</p> </div> </div>
<p>Fehling-Probe</p>	<p>Ist eine Nachweisreaktion für Aldehyde, bei der in einer Redoxreaktion unter Wärmezufuhr im alkalischen Milieu Aldehyde zu Carbonsäuren oxidiert werden und Kupfer(II)-Ionen einer blauen alkalischen Kupfer(II)-tartratlösung zu rot-orangem Kupfer(I)-oxid reduziert werden.</p>
<p>Silberspiegel-/ Tollens-Probe</p>	<p>Ist eine Nachweisreaktion für Aldehyde, bei der in einer Redoxreaktion unter Wärmezufuhr im alkalischen Milieu Aldehyde zu Carbonsäuren oxidiert werden und Silber(I)-Ionen einer farblosen ammoniakalischen Silbernitratlösung zu elementarem Silber (Silberspiegel) reduziert werden</p>
<p>Ketone/ Alkanone</p>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>Verbindungs- klasse der KW, deren Moleküle sich durch eine oder mehrere Ketogruppen auszeichnen. Sie sind Oxidationsprodukte sekundärer Alkanole</p> </div> </div>

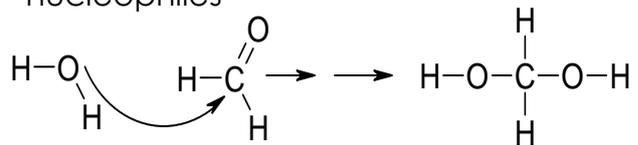
Carbonsäuren / Alkansäuren



Verbindungsklasse der KW, deren Moleküle sich durch eine oder mehrere Carboxylgruppen auszeichnen. Sie sind Oxidationsprodukte der Aldehyde

Nucleophile Addition

Das C-Atom der Carbonylgruppe der Aldehyde und Ketone kann wegen seiner positiven Polarisierung ein negativ polarisiertes oder geladenes nucleophiles



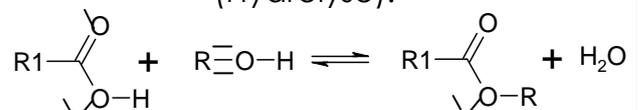
Teilchen anlagern:

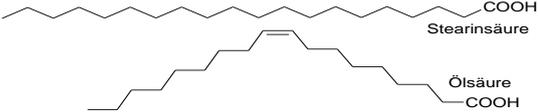
nucleophil

Ist ein Teilchen dann, wenn es in der Lage ist mit einem freien Elektronenpaar ein (partiell) positiv geladenes Atom (oder Molekül) anzugreifen und eine neue Atombindung auszubilden. Es ist elektronenreich und kernliebend.

Veresterung

Reaktion unter Wasserabspaltung (Kondensation) einer Carbonsäure mit einem Alkanol – das Reaktionsprodukt, ein Ester, kann in die Edukte zurückreagieren (Hydrolyse):



<h2 style="text-align: center;">Löslichkeit und Mischbarkeit von sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffen</h2>	<p>Sauerstoffhaltige organische Moleküle enthalten polare und nicht-polare Molekülanteile; deren Verhältnis zueinander gibt an, wie gut der entsprechende Stoff mit polaren oder unpolaren Lösemitteln mischbar ist.</p> $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ <p style="text-align: center;">unpolar polar</p>
<h2 style="text-align: center;">Fette und fette Öle</h2>	<p>Stoffklasse der Nährstoffe; Moleküle sind Ester des Alkohols Glycerin (Propan-1,2,3-triol) und dreier beliebiger geradzahligter Fettsäuren (gesättigt und ungesättigt möglich)</p>  <p style="text-align: right;">COOH Stearinsäure</p> <p style="text-align: right;">Ölsäure COOH</p>
<h2 style="text-align: center;">Verseifung</h2>	<p>Irreversible hydrolytische Esterspaltung im Alkalischen von Fetten oder fetten Ölen in Glycerin und die jeweiligen Salze der Fettsäuren</p>
<h2 style="text-align: center;">Kohlenhydrate</h2>	<p>Stoffklasse der Nährstoffe mit der allgemeine Summenformel : $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ Sie sind Polyhydroxycarbonyle</p>

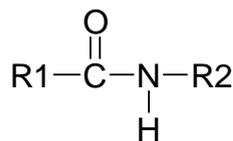
Protein

Makromolekül, das aus Aminosäuren besteht und sich durch eine komplexe, dreidimensionale Struktur auszeichnet.
Beispiele:
Enzyme (Biokatalysatoren)
Hämoglobin (Transportmolekül)
Kreatin (Strukturstoff der Haare)

Denaturierung

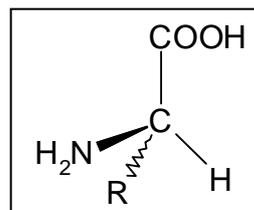
Zerstörung des räumlichen Aufbaus der Proteinmoleküle durch Hitze, Schwermetallkationen oder starke pH-Wert-Schwankungen

Peptidbindung



entsteht bei der Kondensation von 2 Aminosäuren ($-\text{COOH}$ und $-\text{NH}_2$)

Aminosäure



Monomer der Proteine; Stoff, dessen Teilchen ein C-Atom beinhaltet, das eine Carboxyl- und eine Aminogruppe trägt