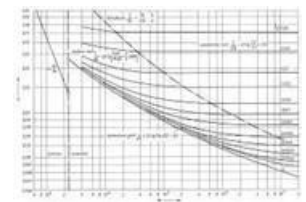
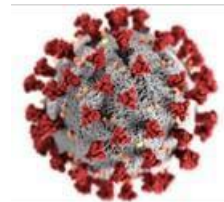
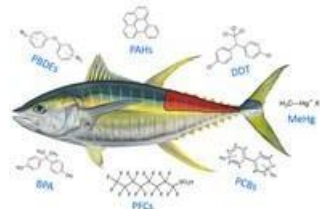
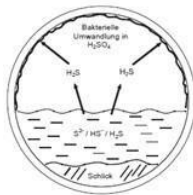
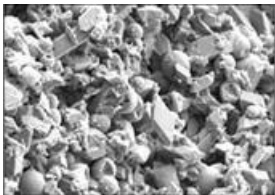


# Bachelor Infrastruktur

## Vorlesung und Übung: Naturwissenschaftliche Grundlagen

### 2.2.2 Chemie: Verbindungen (anorganisch, organisch)

Prof. Dr. Welker, Frankfurt University of Applied Sciences



# Naturwissenschaftliche Grundlagen

## Chemie

### 2.2 Grundlagen Chemie

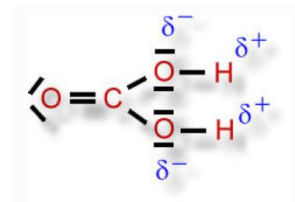
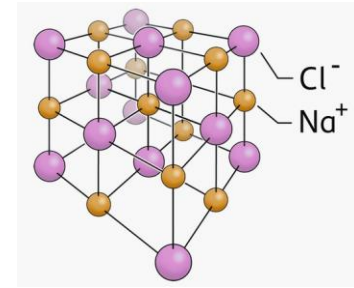
- **Beispiele Verbindungen**
- anorganisch
- organisch



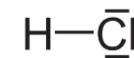
# Chemische Grundlagen

## anorganische Verbindungen

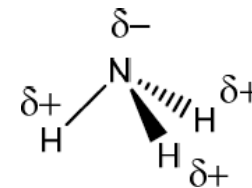
- chemische Verbindungen, die in der Regel **keinen Kohlenstoff** enthalten.
- wenn, dann keine **C-H Bindung** im Molekül
- wenige Atome → kleinere Moleküle**
  - Salze** (z.B. Natriumchlorid)
  - Metalle** und ihre Legierungen
  - Säuren** und **Basen** (Salzsäure, Ammoniak)
  - nichtmetallische anorganische Verbindungen** (Wasser)
- Ausnahmen:** Kohlendioxid, Kohlenmonoxid...
- Übergang zur organischen Chemie wäre **Harnstoff**



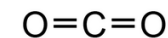
Kohlensäure



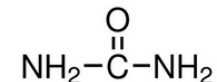
Salzsäure



Ammoniak



Kohlendioxid

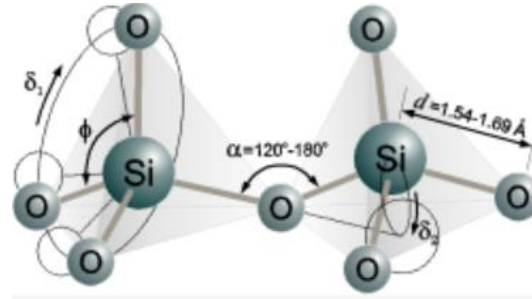


Harnstoff

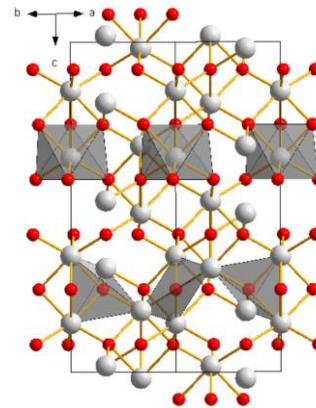
# Chemische Grundlagen

## anorganische diamantartige Verbindungen

- typische Eigenschaften:  
**große Härte**
- **Atomgitter** (Quarz:  
Si-Oxid, **SiO<sub>2</sub>**)
- **rein ionisch** (Korund:  
Al-Oxid, **AlO<sub>3</sub>**)
- **Atomgitter** (Diamant:  
Kohlenstoff, C)



Quarz (Bergkristall): Härte 7



Korund (Rubin): Härte 9

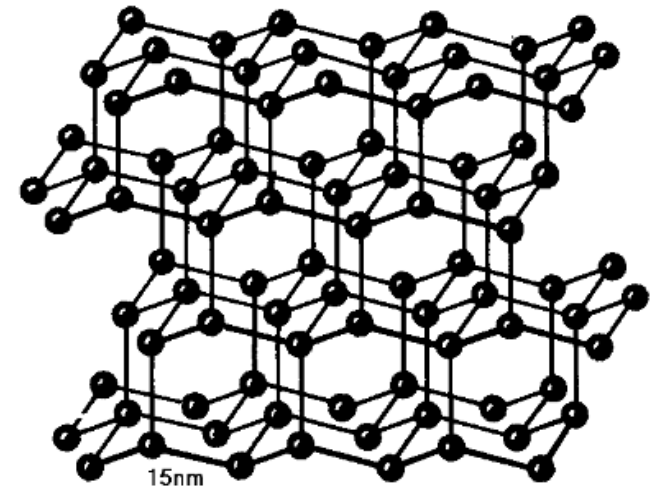


# Chemische Grundlagen

## Allotrope von Kohlenstoff

### Diamant

- Zur Bildung von Kohlenstoff-Ionen ( $C^{4+}$  oder  $C^{4-}$ ) wären außerordentlich hohe Energiebeträge notwendig → **tetraedrische Atombindungen** als C-C
- C-C-Atombindung stark
- **Diamant härteste Stoff (Mohs: 10)**  
Glas/ Stahl: Härte 6-7
- Außenelektronen **nicht beweglich (lokalisiert)**
- kein elektrischer Leiter
- Schmelzpunkt  $> 4.400\text{ }^{\circ}\text{C}$
- keine Absorption von Licht → farblos und durchsichtig

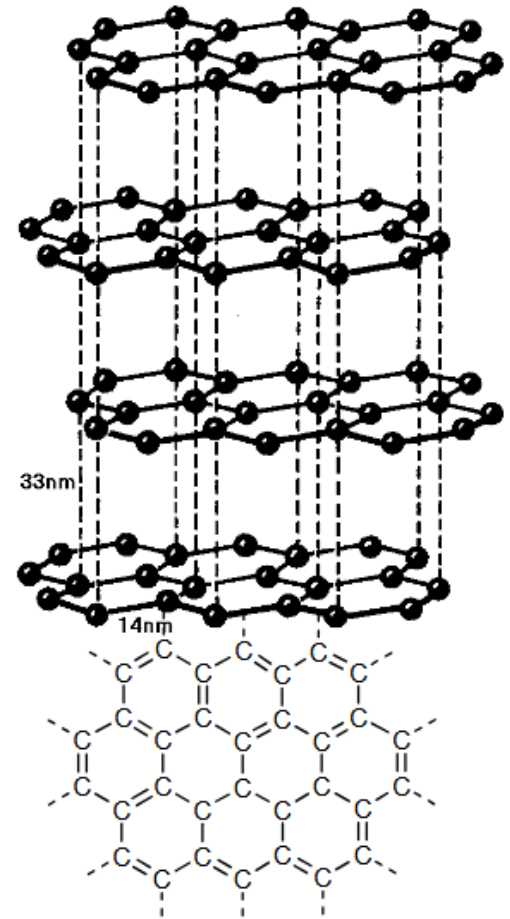


# Chemische Grundlagen

## Allotrope von Kohlenstoff

### Graphit

- **Kohlenstoffatome** in Ebenen mit je einer Doppel- und zwei Einfachbindungen untereinander verbunden → flache **Schichten** aus zusammengesetzten Kohlenstoff-Sechsecken
- Doppel- und Einfachbindungen können vertauscht werden → die Elektronen sind **delokalisiert** (beweglich)
- **Graphit** leitet Strom (Elektroden in Batterien)
- Absorption Licht → schwarz



Ebene im Graphit: Die Doppelbindungen und Einfachbindungen sind nicht festgelegt, die Elektronen sind beweglich (delokalisiert).

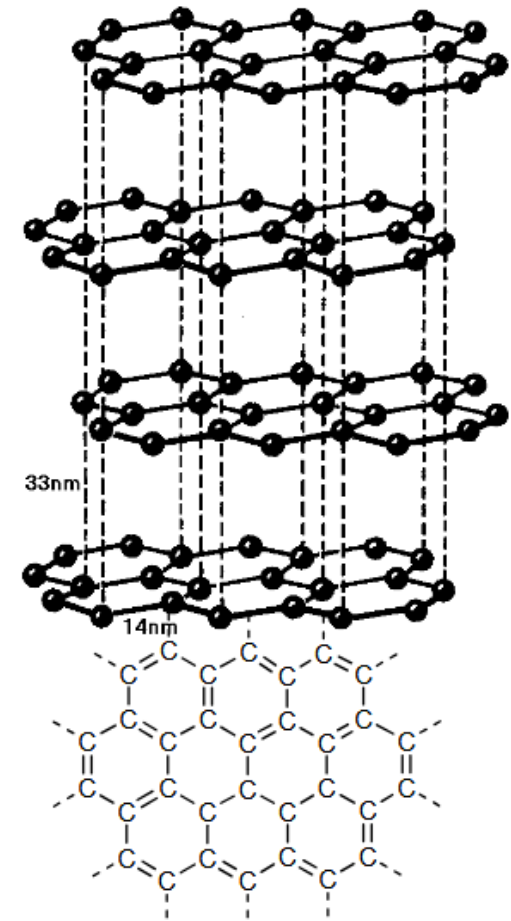
# Chemische Grundlagen

## Allotrope von Kohlenstoff

### Graphit



- sehr hitzebeständig
- schwächerer Zusammenhalt der Schichten, intermolekulare van der Waals Kräfte
- → Abrieb im Bleistift „graphen“ = schreiben
- Graphit ist ein sehr weiches Mineral mit Mohs-Härte 0,5



Ebene im Graphit: Die Doppelbindungen und Einfachbindungen sind nicht festgelegt, die Elektronen sind beweglich (delokalisiert).



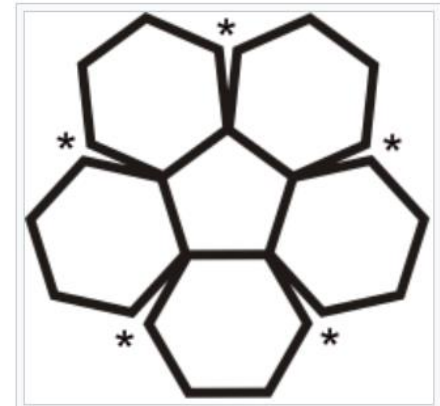


# Chemische Grundlagen

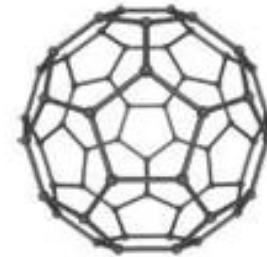
## Allotrope von Kohlenstoff

### Fullerene

- **Fullerene** erst 1987 neu entdeckte Form von Kohlenstoff
- Bildung bei Verbrennung
- Gewölbte Schalen aus Fünf- und Sechsecken von C-Atomen
- Fulleren-Molekül C<sub>60</sub> hat genau das gleiche Oberflächenmuster wie ein Fußball
- sehr elastisch



Fulleren (z.B. C<sub>60</sub>)





# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

- **Aufbau:** außer **Kohlenstoff (C)** nur relativ wenige Elemente wie **Wasserstoff (H)**, Sauerstoff (O) und Stickstoff (N), ferner Phosphor (P), Schwefel (S) und einige Halogene
- Zahlenverhältnis ungefähr 5.000: 1 = organische zu anorganischen Stoffen
- Bildung von Kohlenstoff-Ionen ( $C^{4+}$  oder  $C^{4-}$ ) außerordentlich hohe Energiebeträge notwendig → **Atombindungen** als C-C oder C-H

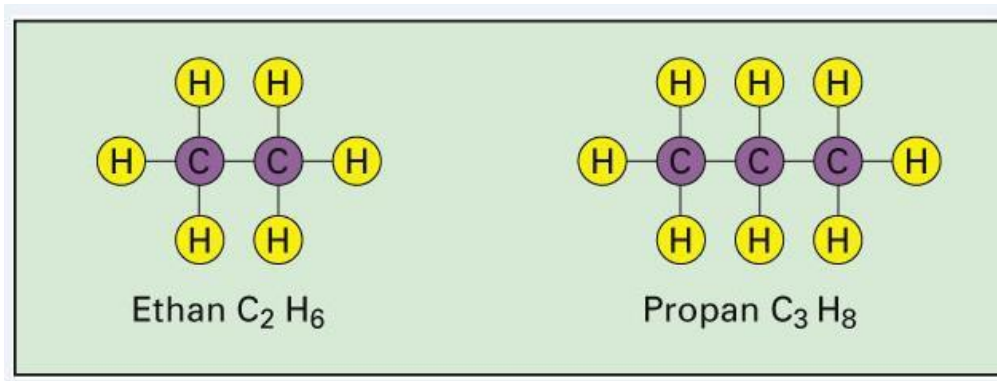
Einfachbindungen	Doppelbindungen
$\begin{array}{ccc} \begin{array}{c}   \quad   \\ -C-C- \\   \quad   \end{array} & \begin{array}{c}   \\ -C-H \\   \end{array} & \begin{array}{c}   \\ -C-N-H \\   \quad   \\ \quad H \end{array} \end{array}$ <p>155 pm (0,155 nm)</p>	$\begin{array}{cc} \begin{array}{c}   \quad   \\ -C=C- \end{array} & \begin{array}{c}   \\ -C=O \end{array} \end{array}$ <p>134 pm (0,134 nm)</p>

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

### Alkane (C-H-Ketten)

- **„gesättigt“: Einfachbindungen**
- nicht mischbar mit Wasser
- **Methan und Ethan:** gasförmig
- **Propan/Butan:** unter Druck flüssig

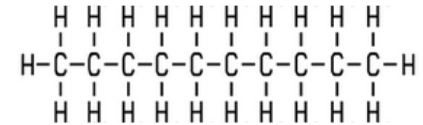


# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

### Alkane (C-H-Ketten)

- **Pentan bis Nonan:** Hauptbestandteile Benzins, leicht flüchtig
- **> C10 Decan:** ölig oder fest, Fraktion C10 bis C16 für Motorenöl
- **> C16 im Kerzenparaffin**



**Decan**

**Tab. 13.3** Homologe Reihe der gesättigten Kohlenwasserstoffe (Alkane)

Summenformel	Gruppenformel	Name	Schmelzpunkt (°C)	Siedepunkt (°C)	Alkylrest (Alkan minus H)
CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	Methan	−184	−164	Methyl-
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	Ethan	−171,4	−93	Ethyl-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	Propan	−190	−45	Propyl-
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	Butan	−135	−0,5	Butyl-
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	Pentan	−130	36	Pentyl-
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -CH <sub>3</sub>	Hexan	−93,5	68,7	Hexyl-
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CH <sub>3</sub>	Heptan	−90	98,4	Heptyl-
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -CH <sub>3</sub>	Octan	−57	126	Octyl-
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> -CH <sub>3</sub>	Nonan	−53,9	150,6	Nonyl-
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> -CH <sub>3</sub>	Decan	−32	173	Decyl-
...					
C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> -CH <sub>3</sub>	Eicosan	37	–	Eicosyl-

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

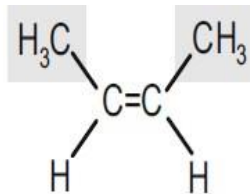
**Tab. 13.6** Vereinfachte Systematik der organischen Stoffklassen

Organische C-Verbindungen					
Acyclische Verbindungen mit C-Ketten		Cyclische Verbindungen mit C-Ringen			
Gesättigte Kohlenwasserstoffe:	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe:	Carbocyclen		Heterocyclen	
		Gesättigt	Ungesättigt	Gesättigt	Ungesättigt (aromatisch)
Alkane	Alkene Alkine	Cycloalkane (Alicyclen)	Cycloalkene Arene (Aromaten)		

„gesättigt“:  
Einfachbindungen

„ungesättigt“: Doppel- oder Dreifachbindungen

cis-2-Buten  
Z-2-Buten  
Siedepunkt 3,7 °C



**Buten:** Synthesechemie zur Produktion  
Kunststoffen, MBTE

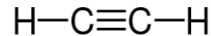
# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

**Tab. 13.6** Vereinfachte Systematik der organischen Stoffklassen

Organische C-Verbindungen					
Acyclische Verbindungen mit C-Ketten		Cyclische Verbindungen mit C-Ringen			
Gesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkane	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkene Alkine	Carbocyclen		Heterocyclen	
		Gesättigt	Ungesättigt	Gesättigt	Ungesättigt (aromatisch)
		Cycloalkane (Alicyclen)	Cycloalkene Arene (Aromaten)		

„ungesättigt“: Doppel- oder Dreifachbindungen



**Ethin, Acetylen:** Rohstoff, Schweißgas

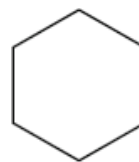
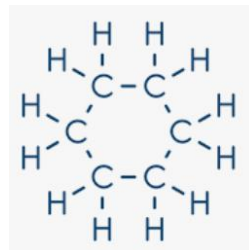


# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

**Tab. 13.6** Vereinfachte Systematik der organischen Stoffklassen

Organische C-Verbindungen					
Acyclische Verbindungen mit C-Ketten		Cyclische Verbindungen mit C-Ringen			
Gesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkane	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkene Alkine	Carbocyclen		Heterocyclen	
		Gesättigt	Ungesättigt	Gesättigt	Ungesättigt (aromatisch)
		Cycloalkane (Alicyclen)	Cycloalkene Arene (Aromaten)		



Cyclohexan

Grundstoff für Synthese (Nylon)  
„gesättigt“: Einfachbindungen



# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

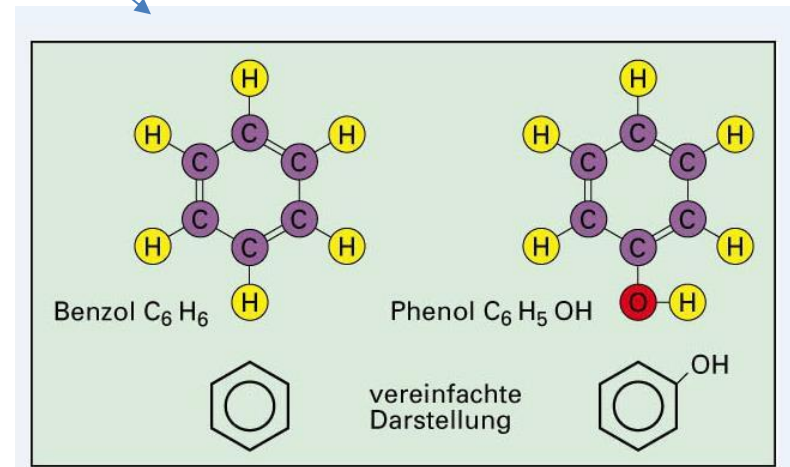
**Tab. 13.6** Vereinfachte Systematik der organischen Stoffklassen

Organische C-Verbindungen					
Acyclische Verbindungen mit C-Ketten		Cyclische Verbindungen mit C-Ringen			
Gesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkane	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkene Alkine	Carbocyclen		Heterocyclen	
		Gesättigt	Ungesättigt	Gesättigt	Ungesättigt (aromatisch)
		Cycloalkane (Alicyclen)	Cycloalkene Arene (Aromaten)		

### „ungesättigt“ Carbocyclen: Mehrfachbindungen

**Benzol:** Grundstoff für Polystyrol, Lösemittel, Teer, Bitumen

**Phenol:** Grundstoff für Polycarbonate, Harze, früher Desinfektionsmittel



# Chemische Grundlagen

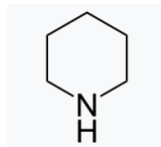
## organische Verbindungen

**Tab. 13.6** Vereinfachte Systematik der organischen Stoffklassen

Organische C-Verbindungen					
Acyclische Verbindungen mit C-Ketten		Cyclische Verbindungen mit C-Ringen			
Gesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkane	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkene Alkine	Carbocyclen		Heterocyclen	
		Gesättigt	Ungesättigt	Gesättigt	Ungesättigt (aromatisch)
		Cycloalkane (Alicyclen)	Cycloalkene Arene (Aromaten)		

**mind. ein Atom im Ring kein C oft O, N oder S**

„gesättigt“: Einfachbindungen

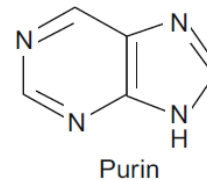


**Piperidin**  
Spermidin  
Grundstoff

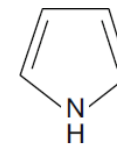


**Oxolan,**  
Tetrahydrofuranwic  
htiges Lösemittel

„ungesättigt“: Mehrfachbindungen



**Purin:**  
Grundbaustein  
Nucleobasen  
Adenin und  
Guanin, Coffein



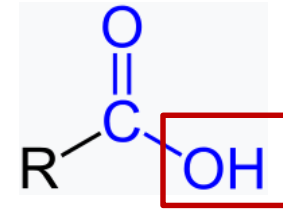
**Pyrrol:**  
Grundbaustein  
Hämoglobin,  
Chlorophyll,  
Vitamin B12

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

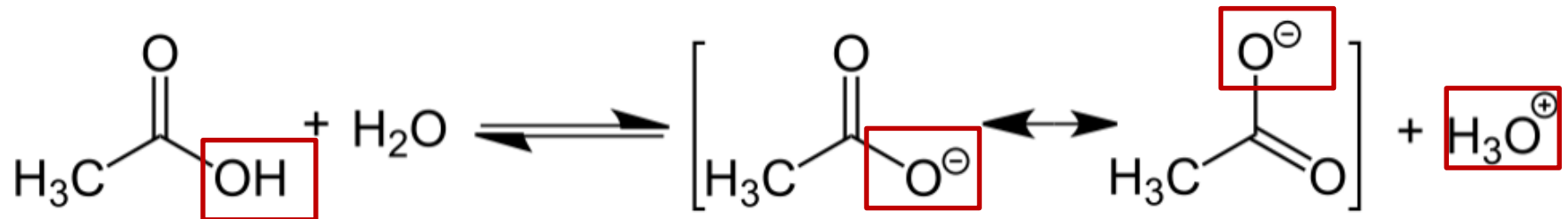
### Carbonsäuren (C-Ketten):

Einfügen von **Sauerstoff** in Ketten →  
Carboxylgruppe (COOH)



durch die starke **Elektronegativität** des **Sauerstoffs** ist die endständige OH-Bindung so stark polarisiert → Abgabe Proton ( $\text{H}^+$ ) → Säure

### Essigsäure



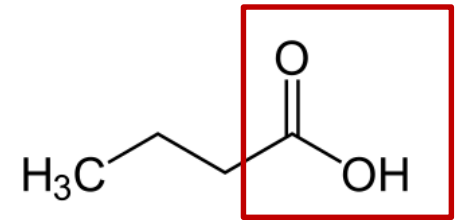
# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

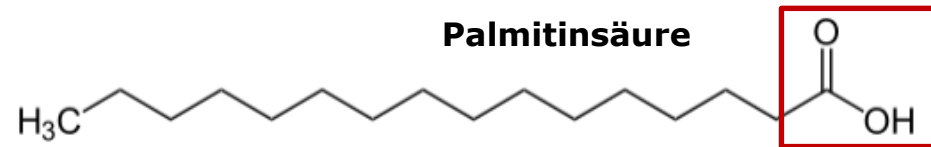
### Carbonsäuren (aliphatische C-Ketten):

- Ameisensäure
- Propion- und **Buttersäure**
- > C12 Fettsäuren: **Palmitinsäure**

**Buttersäure**

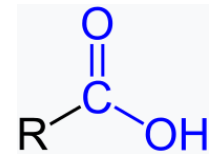


**Palmitinsäure**



**Tab. 13.12** Beispiele wichtiger Monocarbonsäuren

C-Atome	Gruppenformel	Trivialname	Anion	Rest
1	HCOOH	Ameisensäure	-formiat	Formyl-
2	CH <sub>3</sub> COOH	Essigsäure	-acetat	Acetyl-
3	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Propionsäure	-propionat	Propionyl-
4	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	Buttersäure	-butyrat	Butyryl-
5	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -COOH	Valeriansäure	-valerianat	Valerianyl-
6	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	Capronsäure	-capronat	Capronyl-
16	CH <sub>3</sub> -(CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> -COOH	Palmitinsäure	-palmitat	Palmityl-

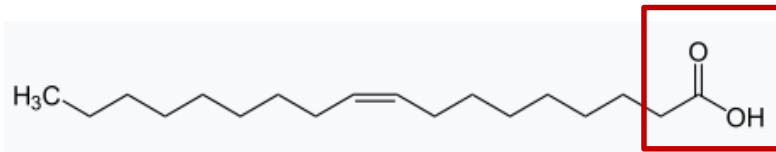


# Chemische Grundlagen

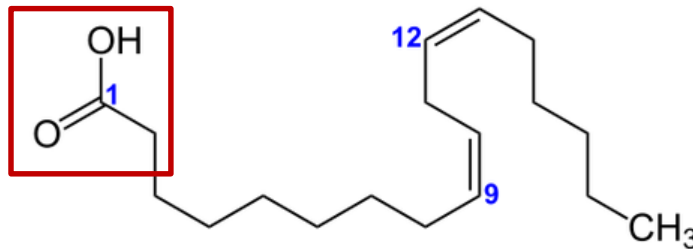
## organische Verbindungen

### Carbonsäuren (aliphatische C-Ketten):

langkettig und einfach oder mehrfach ungesättigt → **Omega-6-Fettsäuren** und **essentielle Omega-3-Fettsäuren**

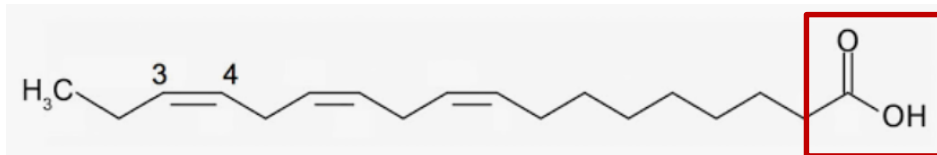


**Ölsäure**



**Linolsäure**

(omega-6: erste Doppelbindung am 6. C-Atom)



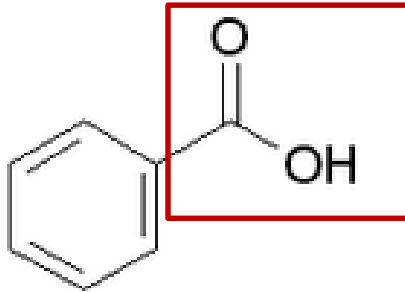
**alpha-Linolensäure**

(omega-3: erste Doppelbindung am 3. C-Atom)

# Chemische Grundlagen

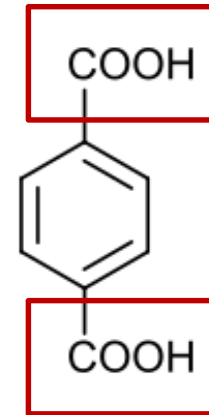
## organische Verbindungen

**aromatische Carbonsäuren (aromatischer Ring: „ungesättigte“ Carbocyclen mit Mehrfachbindungen und Carboxylgruppe):**



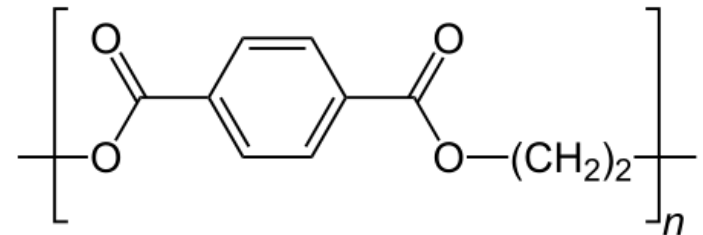
Benzoessäure

**Benzoessäure:** Vorkommen in Früchten und Harzen und Konservierungsmittel



Terephthalsäure

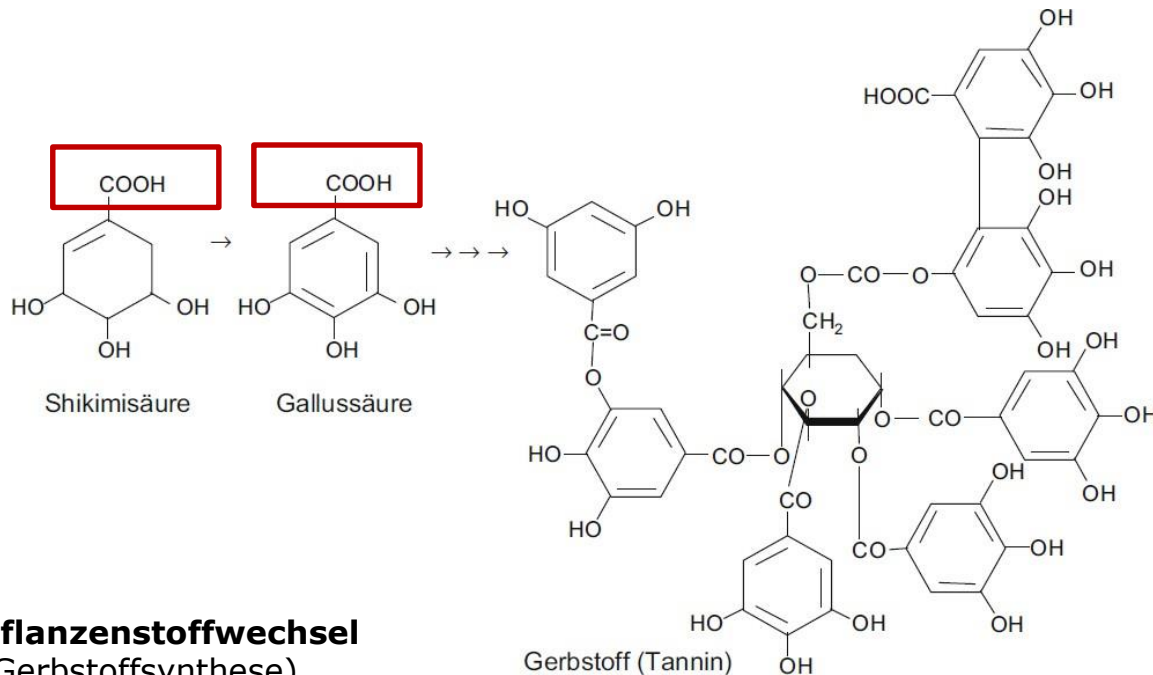
**Terephthalsäure:** Dicarbonsäure, Ausgangsstoff für **PET** (Polyethylenterephthalat)



# Chemische Grundlagen

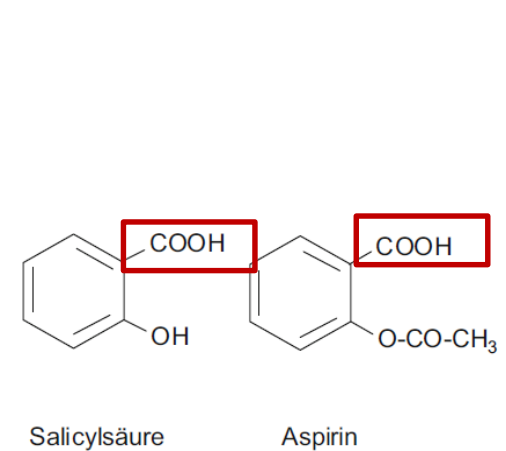
## organische Verbindungen

### aromatische Carbonsäuren (aromatischer Ring und Carboxylgruppe):



**Pflanzenstoffwechsel**  
(Gerbstoffsynthese)

**Ausgangsstoff**  
Grippemedikament Tamiflu




**Aspirin:**  
Acetylsalicylsäure



# Chemische Grundlagen

**Tabelle 1: Wichtige organische Kohlenstoffverbindungen**

Stoff	Summenformel	Strukturformel	Eigenschaften	Verwendung
Ethylalkohol (Ethanol)	$C_2H_5OH$	$  \begin{array}{c}  H & H \\    &   \\  H-C & -C-OH \\    &   \\  H & H  \end{array}  $	leicht flüchtig, leicht entzündbar, angenehmer Geruch, Dämpfe schwerer als Luft	Lösemittel für Schellack und Nitrozellulose, Ausgangsstoff für Lack- und Kunststoffindustrie
Essigsäure (Ethansäure)	$CH_3COOH$	$  \begin{array}{c}  H \\    \\  H-C-C=O \\    \quad \quad   \\  H \quad \quad OH  \end{array}  $	leicht flüchtig, stechend riechend, ätzend	Lösemittel, Konservierungs- mittel, Ausgangsstoff für Kunststoffherstellung, Färbereitechnik
Formaldehyd (Methanal)	$HCHO$	$  \begin{array}{c}  O \\     \\  H-C \\    \\  H  \end{array}  $	stechend riechend, Dämpfe sind giftig	Herstellung von Phenol-, Harnstoff- und Melamin- harzen, Desinfektionsmittel
Trichlorethylen (Trichlorethen)	$CCl_2CHCl$	$  \begin{array}{c}  Cl & & Cl \\  & \backslash & / \\  & C=C \\  & / & \backslash \\  Cl & & H  \end{array}  $	leicht flüchtig, narkotisierend, giftig, nicht brennbar	Lösemittel und Reinigungs- mittel
Tetrachlor- kohlenstoff (Tetrachlor- methan)	$CCl_4$	$  \begin{array}{c}  Cl \\    \\  Cl-C-Cl \\    \\  Cl  \end{array}  $	süßlich riechend, schwer entzündbar, giftig	Lösemittel und Reinigungs- mittel
Benzol	$C_6H_6$		leicht flüchtig, süßlicher Geruch (nach Benzin), verbrennt mit stark rußen- der Flamme, sehr giftig!	Lösemittel für Kunststoffe; Kraftstoffzusatz, Ausgangs- stoff für die Kunststoff-, Farb-, und Arzneimittel- herstellung





# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Makromoleküle

**Moleküle** sind kleine, in sich geschlossene Atomgruppen von weniger als **100 Atomen**.

**Makromoleküle** sind „Riesenmoleküle“ aus **Tausenden** von Atomen.

Hochmolekulare Stoffe haben **keinen scharfen Schmelzpunkt**.

Beim Erwärmen erweichen sie allmählich (z.B. Thermoplaste beim Kunststoffrecycling) oder zersetzen sich (z.B. energetische Verwertung von Kunststoffabfällen).

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Makromoleküle

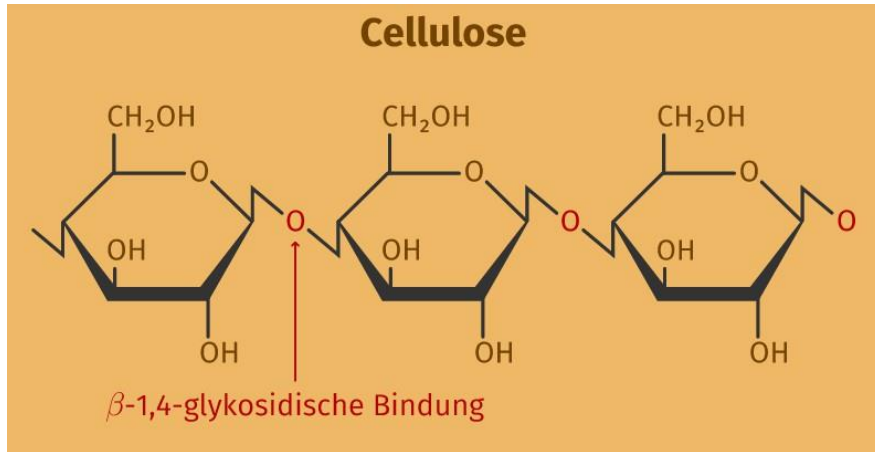
### Naturstoffe

- Nucleinsäuren
- Kautschuk
- Cellulose
- Stärke
- Proteine

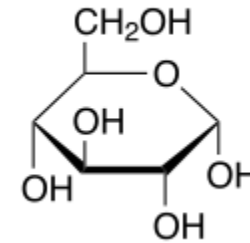


# Chemische Grundlagen

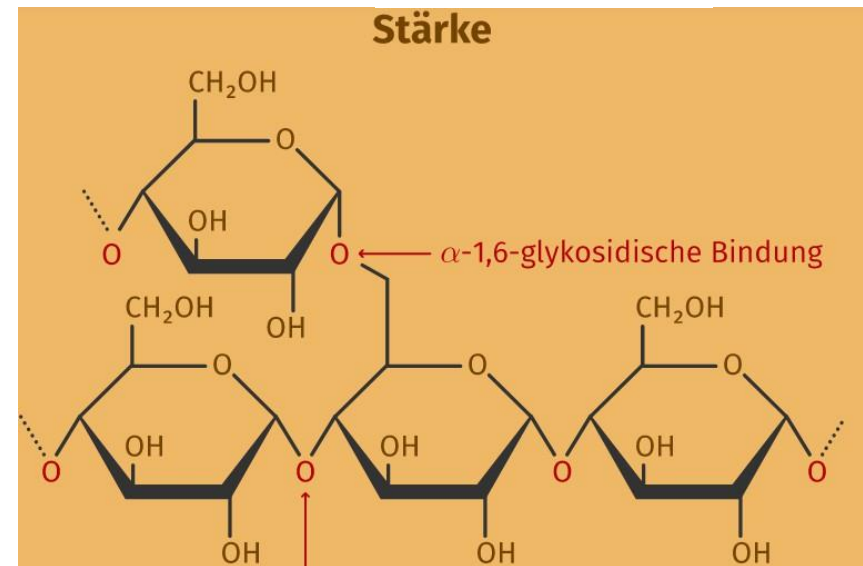
## organische Verbindungen: Cellulose, Stärke



**Cellulose: Polysaccharid aus Glucose (Monozucker)**



**Amylose (Stärke):  
Polysaccharid aus Glucose  
(Monozucker)**



# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen: Cellulose

- bedeutendster **nachwachsender Rohstoff** (50 – 100 Mrd. t/a)
- häufigste organische Verbindung
- Bestandteil nahezu aller **natürlicher Zellwände**
- nicht abbaubar durch humanen Stoffwechsel (Ballaststoffe)
- vielfältige **Einsatzbereiche**



Cellulose als  
Bindemittel



Cellulose als  
Verdickungsmittel



Cellulose als  
Fasernetzwerk



Cellulose als  
Absorber

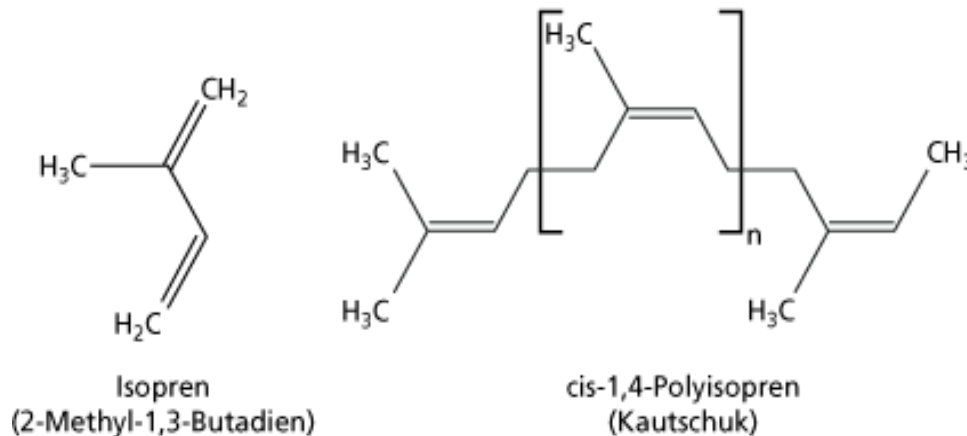


# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Kautschuk


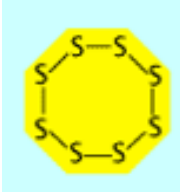
- Polymer: 3.000 bis 10.000 Einzelmoleküle von **Isopren (2-Methyl-1,3-Butadien)**
- **natürlich (Latex)** oder künstlich

Chemische Struktur von Isopreneinheiten und Kautschuk

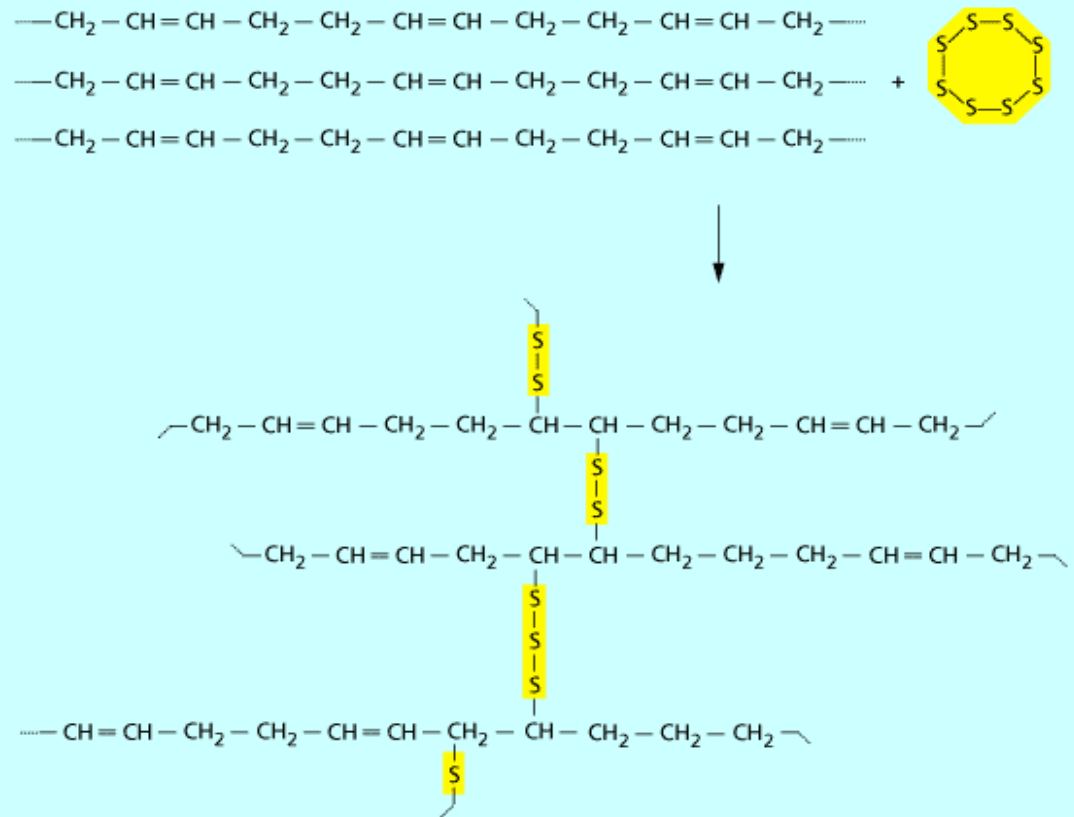


# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Kautschuk

- **Vulkanisation:**  
Kautschuk → Gummi
- Ausbildung **Disulfid-Brückenbindungen** (Temperatur, Druck) zwischen den **Isoprenketten** durch Zugabe von **S<sub>8</sub>**


- **Weichgummi:** 5 bis 10 % Schwefelgehalt oder
- **Hartgummi:** 30 bis 50 %

### Vulkanisieren von Kautschuk



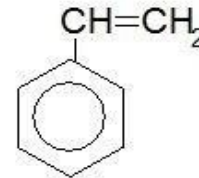


# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, SBR

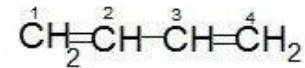
- **Styrol-Butadien-Kautschuk, SBR,**  
Copolymerisat aus Styrol und 1,3-Butadien
- Einsatz bei **Reifenherstellung**  
(zusammen mit Vulkanisationsmittel und Zink im Straßenabfluss und Hauptquelle für **Mikroplastik**)

Ethenylbenzene

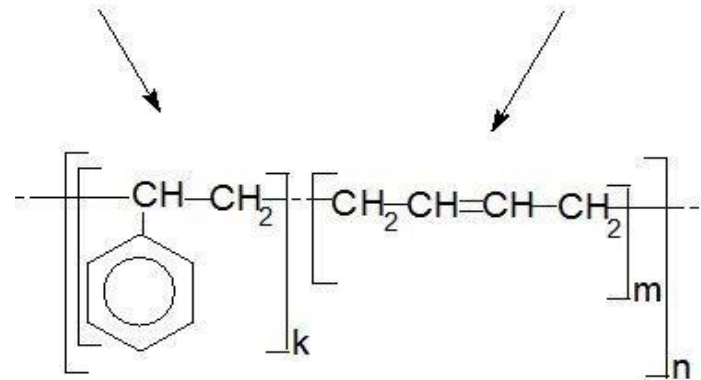


Styrol

+



1,3-Butadien



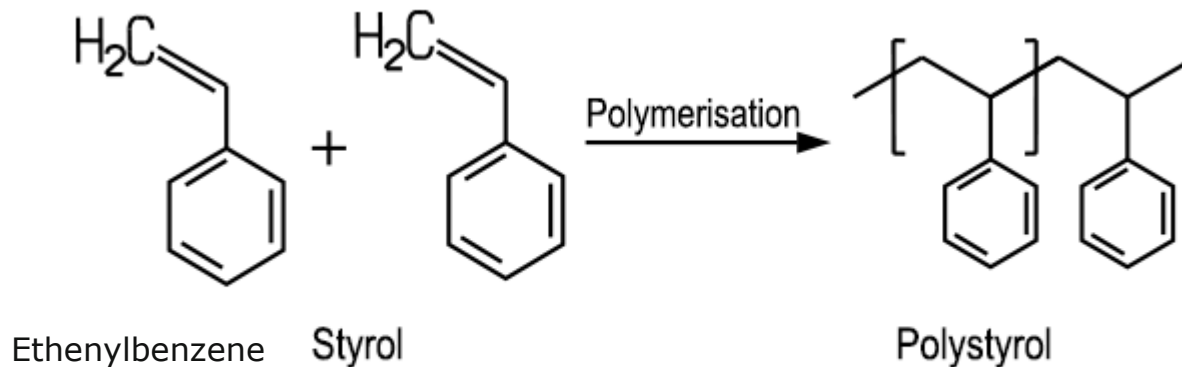
Styrol-Butadien-Kautschuk



# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, SBR

- Styrol (Ethenylbenzene) **polymerisiert** zu dem Polymer **Styropor**



Polymerisation von Styrol zu Polystyrol







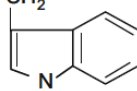
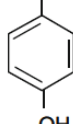
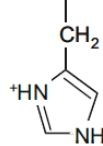


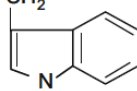
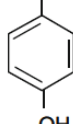
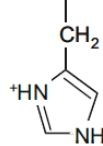

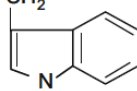
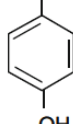
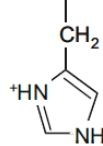


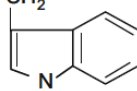
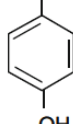
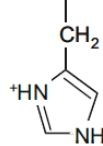

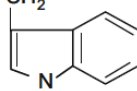
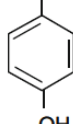
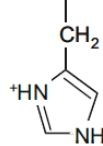

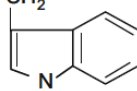
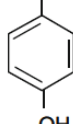
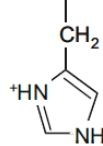
# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

### Proteine:

- Bestandteile sind **Aminosäuren**, die sich formal von Mono- oder Dicarbonsäuren ableiten lassen.
- Carboxylgruppe (-COOH)** und eine weitere funktionelle Gruppe, die namensgebende **Aminogruppe (-NH<sub>2</sub>)** → Wirkung als Säure und als Base
- 20 „essentielle“ Aminosäuren**

Tab. 15.1 Die 20 biogenen Aminosäuren

<div><div><div><div><div></div><div>COOH</div></div><div><div>H<sub>2</sub>N-CH</div><div>R</div></div></div></div><div>Allgemeinformel</div></div> <tr><td colspan="2"><div><div><div><div><div>COOH</div><div>HN</div><div></div></div><div>Iminosäure Prolin Pro</div></div></div></div><tr><td colspan="6">Seitenketten aliphatisch (hydrophob): R unpolar</td></tr><tr><td><div><div>H</div><div>Glycin Gly</div></div></td><td><div><div>CH<sub>3</sub></div><div>Alanin Ala</div></div></td><td><div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Valin Val</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div></div><div>Leucin Leu</div></div></td><td><div><div><div>HC-CH<sub>3</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Isoleucin Ile</div></div></td><td></td></tr><tr><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>SH</div></div><div>Cystein Cys</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>S-CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Methionin Met</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Phenylalanin Phe</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Tryptophan Try</div></div></td><td colspan="2"></td></tr><tr><td colspan="6">Seitenketten ungeladen (hydrophil): R polar</td></tr><tr><td><div><div><div>H<sub>2</sub>C-OH</div></div><div>Serin Ser</div></div></td><td><div><div><div><div>HC-OH</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Threonin Thr</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Asparagin Asn</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Glutamin Gln</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Tyrosin Tyr</div></div></td><td></td></tr><tr><td colspan="3">Seitenketten geladen: R kationisch</td><td colspan="3">R anionisch</td></tr><tr><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>H<sub>2</sub>C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup></div></div></div><div>Lysin Lys</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>H<sub>2</sub>C</div><div>NH<sub>2</sub></div></div><div><div>HN-C=NH<sub>2</sub><sup>+</sup></div></div></div></div><div>Arginin Arg</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Histidin His</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Aspartat Asp</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Glutamat Glu</div></div></td><td></td></tr></td></tr>		<div><div><div><div><div>COOH</div><div>HN</div><div></div></div><div>Iminosäure Prolin Pro</div></div></div></div> <tr><td colspan="6">Seitenketten aliphatisch (hydrophob): R unpolar</td></tr> <tr><td><div><div>H</div><div>Glycin Gly</div></div></td><td><div><div>CH<sub>3</sub></div><div>Alanin Ala</div></div></td><td><div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Valin Val</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div></div><div>Leucin Leu</div></div></td><td><div><div><div>HC-CH<sub>3</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Isoleucin Ile</div></div></td><td></td></tr> <tr><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>SH</div></div><div>Cystein Cys</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>S-CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Methionin Met</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Phenylalanin Phe</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Tryptophan Try</div></div></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td colspan="6">Seitenketten ungeladen (hydrophil): R polar</td></tr> <tr><td><div><div><div>H<sub>2</sub>C-OH</div></div><div>Serin Ser</div></div></td><td><div><div><div><div>HC-OH</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Threonin Thr</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Asparagin Asn</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Glutamin Gln</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Tyrosin Tyr</div></div></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Seitenketten geladen: R kationisch</td><td colspan="3">R anionisch</td></tr> <tr><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>H<sub>2</sub>C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup></div></div></div><div>Lysin Lys</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>H<sub>2</sub>C</div><div>NH<sub>2</sub></div></div><div><div>HN-C=NH<sub>2</sub><sup>+</sup></div></div></div></div><div>Arginin Arg</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Histidin His</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Aspartat Asp</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Glutamat Glu</div></div></td><td></td></tr>		Seitenketten aliphatisch (hydrophob): R unpolar						<div><div>H</div><div>Glycin Gly</div></div>	<div><div>CH<sub>3</sub></div><div>Alanin Ala</div></div>	<div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Valin Val</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div></div><div>Leucin Leu</div></div>	<div><div><div>HC-CH<sub>3</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Isoleucin Ile</div></div>		<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>SH</div></div><div>Cystein Cys</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>S-CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Methionin Met</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Phenylalanin Phe</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Tryptophan Try</div></div>			Seitenketten ungeladen (hydrophil): R polar						<div><div><div>H<sub>2</sub>C-OH</div></div><div>Serin Ser</div></div>	<div><div><div><div>HC-OH</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Threonin Thr</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Asparagin Asn</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Glutamin Gln</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Tyrosin Tyr</div></div>		Seitenketten geladen: R kationisch			R anionisch			<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>H<sub>2</sub>C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup></div></div></div><div>Lysin Lys</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>H<sub>2</sub>C</div><div>NH<sub>2</sub></div></div><div><div>HN-C=NH<sub>2</sub><sup>+</sup></div></div></div></div><div>Arginin Arg</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Histidin His</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Aspartat Asp</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Glutamat Glu</div></div>	
<div><div><div><div><div>COOH</div><div>HN</div><div></div></div><div>Iminosäure Prolin Pro</div></div></div></div> <tr><td colspan="6">Seitenketten aliphatisch (hydrophob): R unpolar</td></tr> <tr><td><div><div>H</div><div>Glycin Gly</div></div></td><td><div><div>CH<sub>3</sub></div><div>Alanin Ala</div></div></td><td><div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Valin Val</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div></div><div>Leucin Leu</div></div></td><td><div><div><div>HC-CH<sub>3</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Isoleucin Ile</div></div></td><td></td></tr> <tr><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>SH</div></div><div>Cystein Cys</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>S-CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Methionin Met</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Phenylalanin Phe</div></div></td><td><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Tryptophan Try</div></div></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td colspan="6">Seitenketten ungeladen (hydrophil): R polar</td></tr> <tr><td><div><div><div>H<sub>2</sub>C-OH</div></div><div>Serin Ser</div></div></td><td><div><div><div><div>HC-OH</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Threonin Thr</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Asparagin Asn</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Glutamin Gln</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Tyrosin Tyr</div></div></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Seitenketten geladen: R kationisch</td><td colspan="3">R anionisch</td></tr> <tr><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>H<sub>2</sub>C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup></div></div></div><div>Lysin Lys</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>H<sub>2</sub>C</div><div>NH<sub>2</sub></div></div><div><div>HN-C=NH<sub>2</sub><sup>+</sup></div></div></div></div><div>Arginin Arg</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Histidin His</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Aspartat Asp</div></div></td><td><div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Glutamat Glu</div></div></td><td></td></tr>		Seitenketten aliphatisch (hydrophob): R unpolar						<div><div>H</div><div>Glycin Gly</div></div>	<div><div>CH<sub>3</sub></div><div>Alanin Ala</div></div>	<div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Valin Val</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div></div><div>Leucin Leu</div></div>	<div><div><div>HC-CH<sub>3</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Isoleucin Ile</div></div>		<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>SH</div></div><div>Cystein Cys</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>S-CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Methionin Met</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Phenylalanin Phe</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Tryptophan Try</div></div>			Seitenketten ungeladen (hydrophil): R polar						<div><div><div>H<sub>2</sub>C-OH</div></div><div>Serin Ser</div></div>	<div><div><div><div>HC-OH</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Threonin Thr</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Asparagin Asn</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Glutamin Gln</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Tyrosin Tyr</div></div>		Seitenketten geladen: R kationisch			R anionisch			<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>H<sub>2</sub>C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup></div></div></div><div>Lysin Lys</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>H<sub>2</sub>C</div><div>NH<sub>2</sub></div></div><div><div>HN-C=NH<sub>2</sub><sup>+</sup></div></div></div></div><div>Arginin Arg</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Histidin His</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Aspartat Asp</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Glutamat Glu</div></div>			
Seitenketten aliphatisch (hydrophob): R unpolar																																													
<div><div>H</div><div>Glycin Gly</div></div>	<div><div>CH<sub>3</sub></div><div>Alanin Ala</div></div>	<div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Valin Val</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH</div><div><div>H<sub>3</sub>C</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div></div><div>Leucin Leu</div></div>	<div><div><div>HC-CH<sub>3</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Isoleucin Ile</div></div>																																									
<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>SH</div></div><div>Cystein Cys</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>S-CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Methionin Met</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Phenylalanin Phe</div></div>	<div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div><div>Tryptophan Try</div></div>																																										
Seitenketten ungeladen (hydrophil): R polar																																													
<div><div><div>H<sub>2</sub>C-OH</div></div><div>Serin Ser</div></div>	<div><div><div><div>HC-OH</div><div>CH<sub>3</sub></div></div></div><div>Threonin Thr</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Asparagin Asn</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>C-NH<sub>2</sub></div><div>O</div></div></div></div><div>Glutamin Gln</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Tyrosin Tyr</div></div>																																									
Seitenketten geladen: R kationisch			R anionisch																																										
<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>H<sub>2</sub>C-NH<sub>3</sub><sup>+</sup></div></div></div><div>Lysin Lys</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div><div>H<sub>2</sub>C</div><div>NH<sub>2</sub></div></div><div><div>HN-C=NH<sub>2</sub><sup>+</sup></div></div></div></div><div>Arginin Arg</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div></div></div></div><div>Histidin His</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Aspartat Asp</div></div>	<div><div><div><div>CH<sub>2</sub></div><div>CH<sub>2</sub></div><div>COO<sup>-</sup></div></div></div><div>Glutamat Glu</div></div>																																									

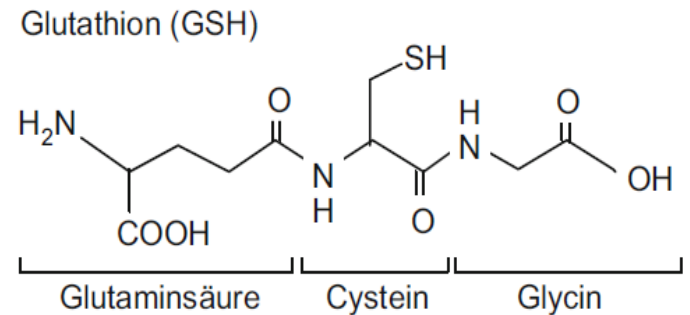
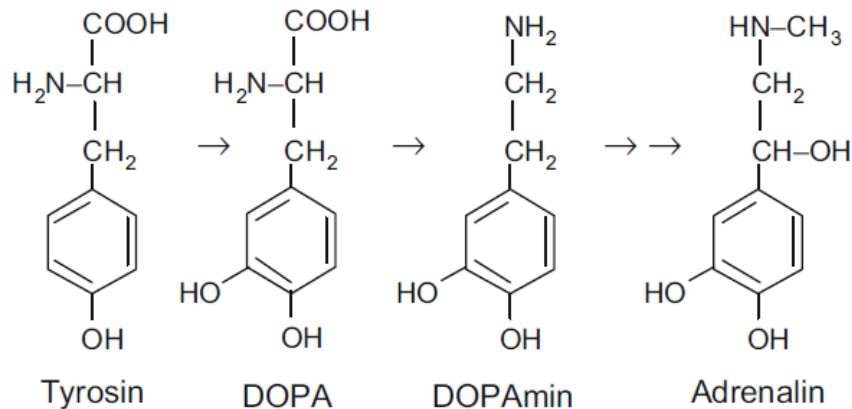
[Bannwarth et al., 2017]

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

aus **Aminosäuren** entstehen

- pharmakologisch bedeutsame **Amine**
- **Dopamin** und **Adrenalin** (Neurotransmitter, Hormon)
- **Gluthathion** (Antioxidanz, Cystein Reserve, Entgiftung..)



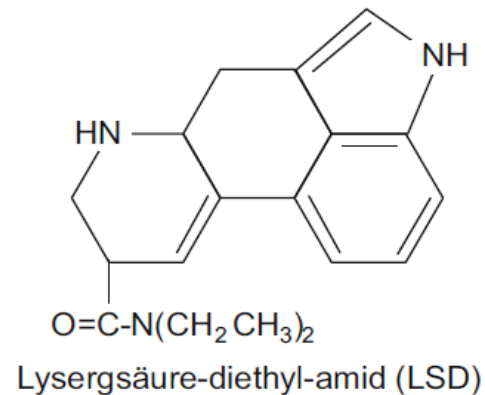
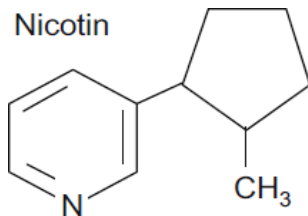
# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

aus **Aminosäuren** entstehen

### Alkaloide

- Pflanzen: Tabak (**Nikotin**)
- Pilze in Weizen: **Mutterkornpilz** (*Claviceps purpurea*..LSD)
- ...



# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

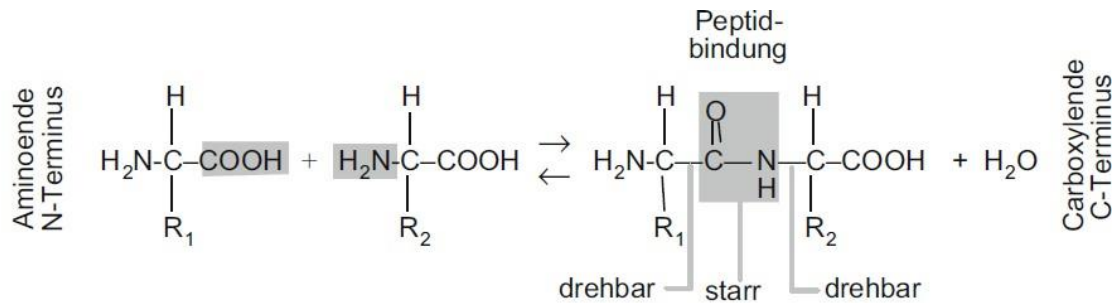
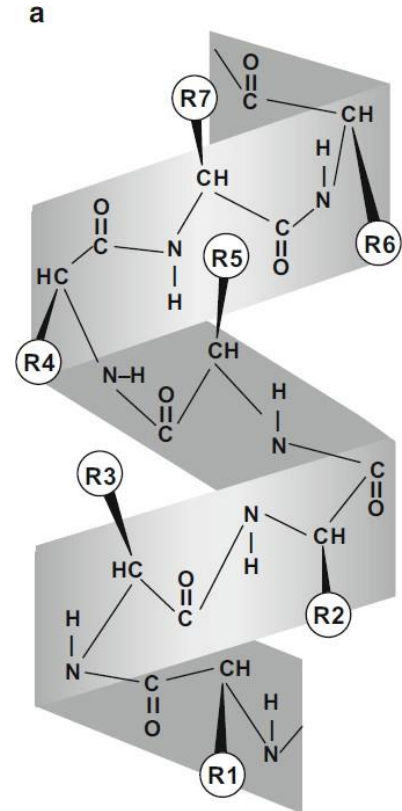


Abb. 15.8 Zwei Aminosäuren verbinden sich zum Dipeptid

## Dipeptid



## Polypeptid

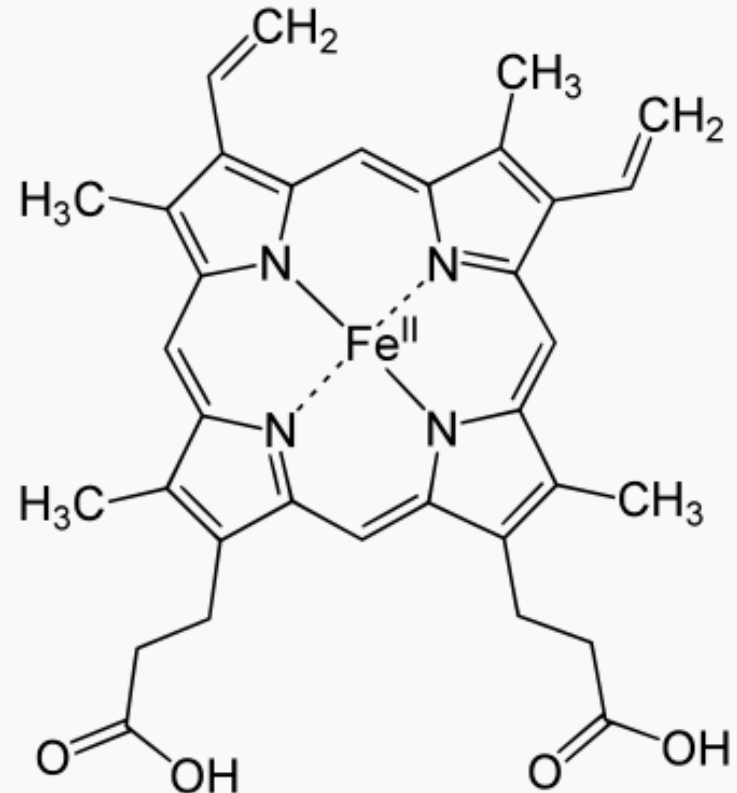
# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen

### Aufgaben Proteine:

- **Enzyme:** Katalyse chemischer Reaktionen im Zellstoffwechsel
- **Transportproteine:** (**Hämoglobin**)
- **Speicherproteine** (**Globuline** sind Nahrungs- bzw. Energiespeicher, **Albumin** der Milch)
- **Bewegungsproteine** (Proteinfilamente im Muskel **Actin** und **Myosin**)

Hämoglobin

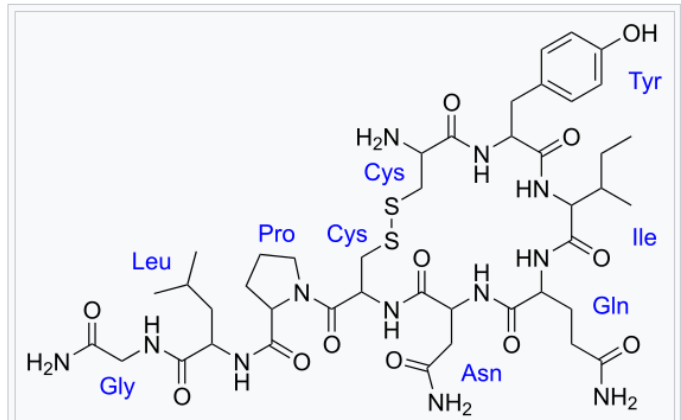




# Chemische Grundlagen organische Verbindungen

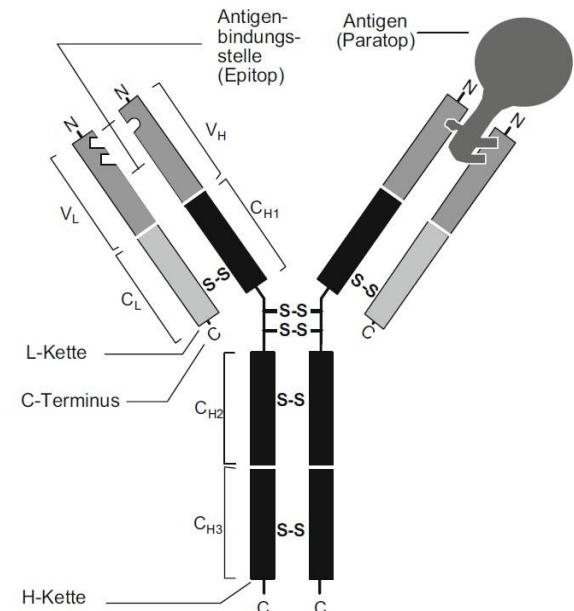
## Aufgaben Proteine:

- **Stütz- bzw. Skleroproteine**  
(Kollagen)
- **Kontrollproteine**  
(Repressorproteine)
- **Rezeptorproteine**  
(Nervenzellen:  
**Neurotransmitter,**  
**Oxytocin**)
- **Antikörperproteine**  
(Komponente Antikörper)
- **Toxische Proteine**  
(Schlangengifte)



Oxytocin ist ein **Nonapeptid**. Nervenzellen im **Hypothalamus** bilden aus einem **Vorläufer-Protein** (106 Aminosäuren) dieses Oligopeptid als **Botenstoff** und setzen das **Neuropeptid** auch in der (Neuro-)Hypophyse frei, sodass es als **Neurohormon** wirkt.

**Abb. 15.15** Struktur eines Immunglobulins der Klasse G (IgG): Je zwei H- und L-Ketten (schwere bzw. leichte Ketten) bilden eine Y-förmige Figur. Die Ketten sind untereinander durch Disulfidbrücken (vgl. Abb. 15.11) stabilisiert





# Chemische Grundlagen

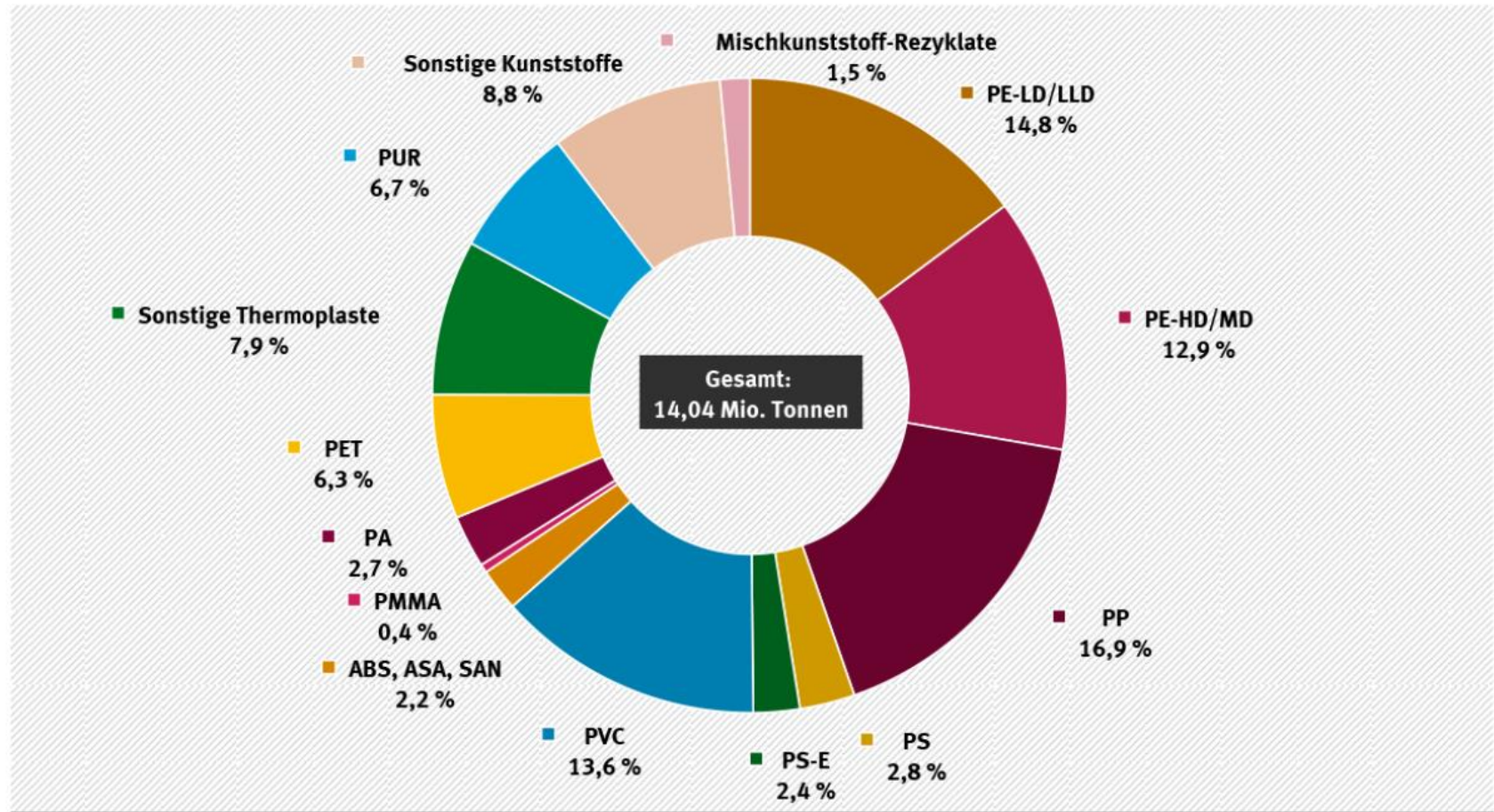
## organische Verbindungen, Kunststoffe



# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Kunststoffe

Anteil der Kunststoffsorten an der Verarbeitungsmenge Kunststoffe 2021 (Neuware und Rezyklat)

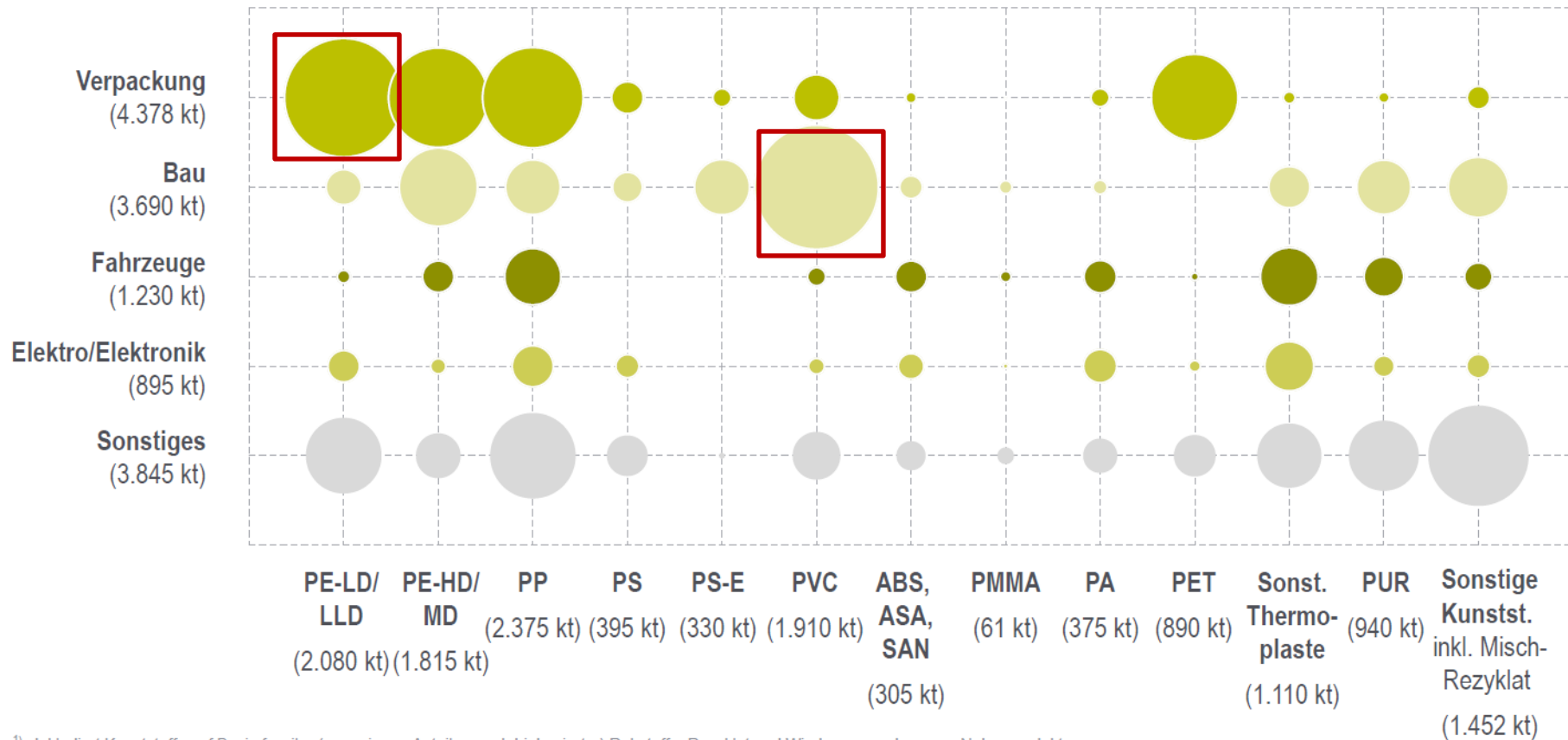


Quelle: Umweltbundesamt 2023, eigene Zusammenstellung mit Daten der CONVERSIO Market & Strategy GmbH - Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Kunststoffe

Struktur der verarbeiteten Kunststoffe innerhalb der Branchen: Überblick<sup>1)</sup>



<sup>1)</sup> Inkludiert Kunststoffe auf Basis fossiler (zu geringen Anteilen auch biobasierter) Rohstoffe, Rezyklat und Wiederverwendung von Nebenprodukten

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Kunststoffe

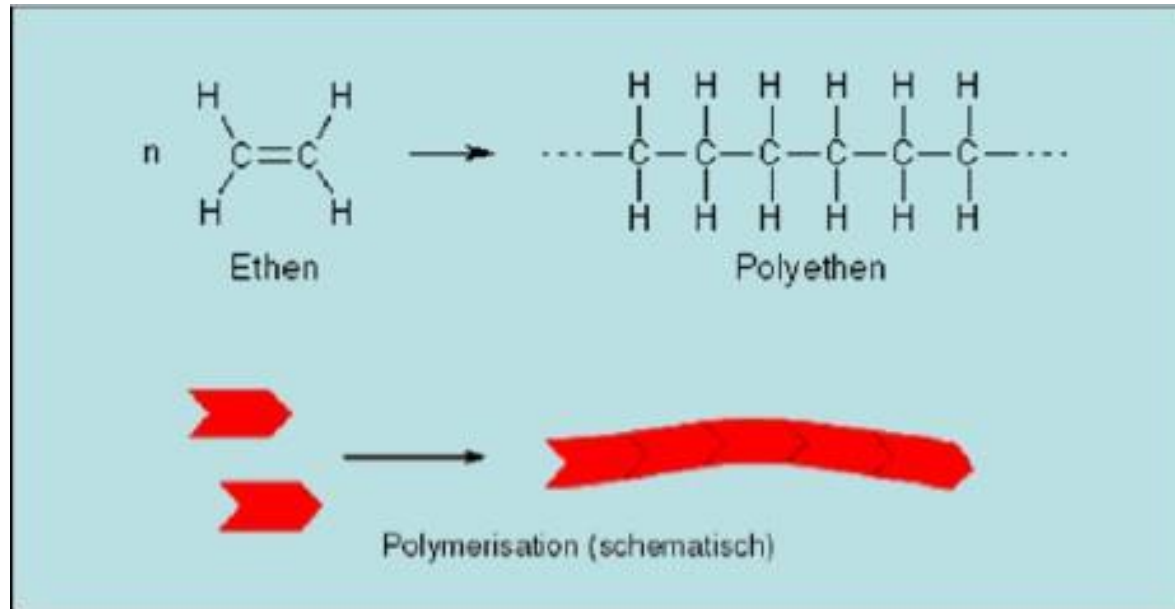
### Stoffeigenschaften von Polymeren:

- geringe **Dichte** (ca. 0,8 bis 2 g/cm<sup>3</sup>)
- geringe oder keine elektrische **Leitfähigkeit**
- geringe **Wärmeleitfähigkeit**
- **große chemische Beständigkeit**, in organischen Lösungsmitteln z.T. löslich
- geringe **Temperaturbeständigkeit**
- kein definierter Schmelzpunkt sondern **Erweichung**

# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Polyethylen

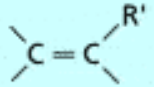
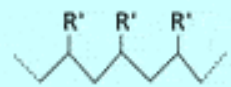
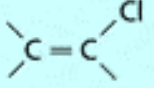
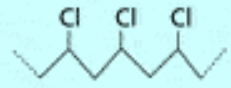
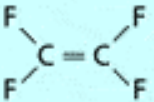

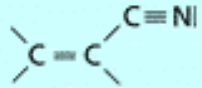
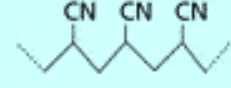
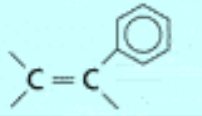

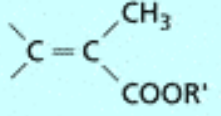
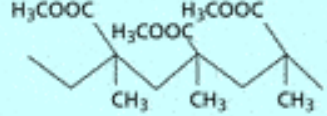
- **PE (Polyethylen), PP (Polypropylen) und PVC (Polyvinylchlorid)** häufigste Kunststoffverbindungen
- Plastiktüten, Eimer, Verpackungen....
- weich, aber stabil gegenüber Chemikalien, nicht biologisch abbaubar





# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Kunststoffe

Wichtige Polymerisate		
Monomer (Synthesart)	Polymerkette (Ausschnitt)	Verwendung
Ethen ( $R' = H$ ) Propen ( $R' = CH_3$ ) (R, Z) 	Polyethen (PE) Polypropen (PP) 	Rohre, Flaschen, Folien, Kfz-Teile
Chlorethen (R) 	Polyvinylchlorid (PVC) 	Fußböden, Rohre, Kunstleder, Fasern
Tetrafluor- ethen (R) 	Polytetrafluorethen (PTFE) 	chem. Apparate, Dichtungen, Isolier- ungen
Acrylnitril (R, A) 	Polyacrylnitril (PAN) 	Textilfasern
Styren (R) 	Polystyren/Poly- styrol (PS) 	Hausgeräte, Verpackungen
Methacryl- säuremethyl- ester (R) 	Polymethacryl- säuremethyl- ester (PMMA) 	Gebrauchsgegen- stände, Glasersatz (Plexiglas)
R = Radikalisch, Z = Metallkomplekxkatalysator; A = Anionisch		



# Chemische Grundlagen

## organische Verbindungen, Kunststoffe

