

Grundwissen Chemie 10. Jahrgangsstufe NTG

1. Organische Chemie

Definition: Die organische Chemie ist die Chemie der Kohlenstoffverbindungen mit Ausnahme von CO, CO₂, Kohlensäure und ihren Salzen

2. Kohlenwasserstoffe

Definition: Kohlenwasserstoffe sind Verbindungen, die nur aus C- und H-Atomen aufgebaut sind.

2.1 Einteilung



Gesättigte Kohlenwasserstoffe enthalten nur Einfachbindungen und damit die maximal mögliche Zahl an H-Atomen, ungesättigte Kohlenwasserstoffe haben Mehrfachbindungen und damit ein Defizit an H-Atomen.

2.2 Molekülstruktur

	Anordnung der Bindungspartner um das C-Atom	Bindungswinkel	
C-C-Einfachbindung	tetraedrisch	109°	→ Zickzackform längerer C-Ketten
C=C-Doppelbindung	trigonal-planar	120°	→ Keine freie Drehbarkeit um die C=C-Bindungsachse
C≡C-Dreifachbindung	linear	180°	

2.3 Homologe Reihe

Definition: Eine homologe Reihe ist eine Verbindungsreihe, in der sich jede Verbindung von der folgenden durch die gleiche Atomgruppe unterscheidet.

Die aufeinander folgenden Glieder der Alkane, Alkene und Alkine unterscheiden sich jeweils durch eine CH₂-Gruppe.

Alkane: C _n H _{2n+2} (n = 1,2,3)	Alkene: C _n H _{2n}	Alkine: C _n H _{2n-2}
Methan CH ₄		
Ethan H ₃ C-CH ₃	Ethen H ₂ C=CH ₂	Ethin HC≡CH
Propan H ₃ C-CH ₂ -CH ₃	Propen H ₂ C=CH-CH ₃	Propin HC≡C-CH ₃
Butan H ₃ C-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	But-1-en H ₂ C=CH-CH ₂ -CH ₃	But-1-in HC≡C-CH ₂ -CH ₃
etc.		

2.4 Nomenklatur

2.4.1 Nomenklaturregeln für Alkane

- Die längste Kohlenstoffkette im Molekül ist die Hauptkette:
Die Zahl der Kettenglieder des C-Grundgerüsts ergibt den Grundnamen des betreffenden Alkans.
Die Nummerierung wird so durchgeführt, dass Verzweigungen (bzw. Substituenten) eine möglichst niedrige Nummer erhalten
Bei mehreren Ketten gleicher Länge gilt: Hauptkette ist die Kette mit den meisten Seitenketten.
- Die Namen der Seitenketten werden entsprechend der Zahl der C-Atome gebildet und die Endsilbe *-an* durch *-yl* ersetzt.
- Gleiche Alkylreste werden durch die Silben di-, tri-, tetra-, penta- usw. zusammengefasst.
- Die Stellung der Seitengruppen wird durch arabische Ziffern angegeben, die sich aus der Nummerierung der C-Atome in der längsten Kohlenstoffkette ergeben. Dabei erhält der alphabetisch vorrangige Substituent die niedrigere Ziffer.
- Die Seitengruppen werden in alphabetischer Reihenfolge *ohne Berücksichtigung der Zahlwörter* genannt (Ethyl- hat z.B. Vorrang vor Dimethyl-).
Substituenten werden dem Namen des Kohlenwasserstoffs vorangestellt, zusammen mit der Ziffer, welche die Position am betreffenden C-Atom angibt.

2.4.2 Nomenklaturregeln für ungesättigte Kohlenwasserstoffe

- a) Kohlenwasserstoffe mit Doppelbindung erhalten die Endung *-en*, Kohlenwasserstoffe mit Dreifachbindung die Endung *-in*.
- b) Die Festlegung der Hauptkette erfolgt nach folgender Liste mit abnehmender Priorität:
 - Die Hauptkette besitzt die größte Zahl an Mehrfachbindungen.
 - Die Hauptkette enthält die größere Zahl an Kohlenstoff-Atomen.
 - Die Hauptkette besitzt die größere Zahl an Doppelbindungen.
 - Die Hauptkette trägt die größere Zahl an Seitenketten.
- c) Die Lage der Mehrfachbindung wird durch die Nummer desjenigen C-Atoms gekennzeichnet, von dem aus sich die Mehrfachbindung zum nächst höheren C-Atom erstreckt. Diese Nummer wird unmittelbar vor die Endung *-en* bzw. *-in* geschrieben.
- d) Die Nummerierung der C-Atome beginnt an dem der C-C-Doppelbindung am nächsten liegenden Molekülende.
- e) Bei unterschiedlichen Mehrfachbindungen erhält die Doppelbindung die niedrigere Nummer.
- f) Bei mehreren Doppelbindungen wird die Endung *-en* durch *-dien*, *-trien* usw. ersetzt und an den Namensteil *Alka-* angefügt.

2.5 Physikalische Eigenschaften der Alkane

2.5.1 Siedepunkte

Allgemein gilt: Starke zwischenmolekulare Kräfte → hoher Siedepunkt
(s. dazu GW 9. Jgst., Kap. 3.4)

Alkanmoleküle sind unpolar →

Zwischenmolekulare Kräfte: Van-der Waals-Kräfte

Van-der Waals-Kräfte nehmen mit der Moleküloberfläche zu. →

- Bei unverzweigten Alkanen steigen die Siedepunkte mit der Kettenlänge der Moleküle.
- Bei verzweigten isomeren Alkanen werden die Oberfläche und somit die Siedepunkte mit zunehmender Verzweigung kleiner.

2.5.2 Löslichkeit

Alkanmoleküle sind hydrophob. →

- Mischbarkeit mit unpolaren Stoffen, da Wechselwirkungen der Moleküle untereinander (van der Waals-Kräfte) möglich
- keine Mischbarkeit mit polaren Stoffen, da keine Wechselwirkungen der Moleküle untereinander möglich

2.5.3 Viskosität

Eine Flüssigkeit ist umso viskoser, je größer die zwischenmolekularen Kräfte sind. → Bei Alkanen steigt die Viskosität mit der Kettenlänge.

2.6 Chemisches Verhalten der Kohlenwasserstoffe

2.6.1 Brennbarkeit

Verbrennung zu CO₂ und H₂O

Beispiel: Verbrennung von Methan:

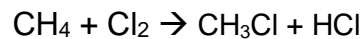


2.6.2 Radikalische Substitution von Alkanen

Substitution	Ersatz eines Atoms oder einer Atomgruppe in einem Molekül durch andere Atome oder Atomgruppen
Radikal	Reaktives Teilchen mit einem ungepaarten Elektron, z. B.: ·CH ₃ (Alkylradikal), Cl· (Chlor-Radikal)

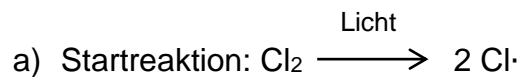
Bei der Halogenierung von Alkanen werden H-Atome durch Halogenatome ersetzt.

Beispiel: Chlorierung von Methan

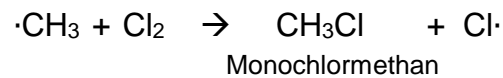
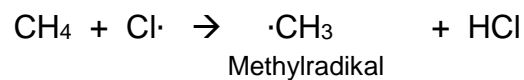


Weitere Reaktionsprodukte: CH₂Cl₂, CHCl₃, CCl₄

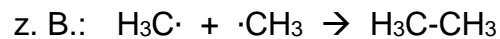
Reaktionsmechanismus:



b) Kettenreaktion (Radikalkettenmechanismus):



c) Kettenabbruch durch Reaktion zweier Radikale untereinander,

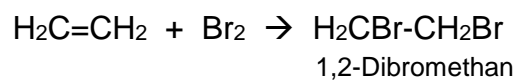


2.6.3 Elektrophile Addition an Alkene

Addition	Anlagerung von Atomen oder Atomgruppen an ungesättigte Moleküle unter Aufspaltung einer Mehrfachbindung
Elektrophil	Teilchen mit Elektronenmangel oder positiver (Teil-)Ladung
Nucleophil	Teilchen mit Elektronenüberschuss oder negativer (Teil-)Ladung

Bei der Halogenierung von Alkenen werden Halogenmoleküle an die C=C-Doppelbindung addiert.

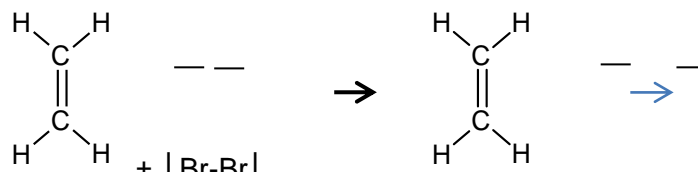
Beispiel: Bromierung von Ethen



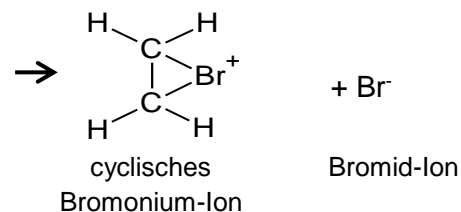
Entfärbung von Bromwasser: Nachweis für C=C

Reaktionsmechanismus:

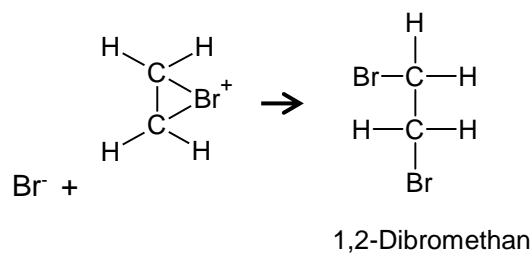
a) Polarisierung des Br₂-Moleküls:



b) Heterolytische Spaltung des Br₂-Moleküls,
Angriff des entstehenden Elektrophils Br⁺ an der C=C:



c) Nucleophiler Rückseitenangriff von Br⁻:



Elektrophile Addition = Donator-Akzeptor-Reaktion:

Elektronendonator : C=C

Elektronenakzeptor: Elektrophil Br⁺

3. Sauerstoffhaltige organische Verbindungen

3.1 Alkohole

Funktionelle Gruppe: **Hydroxygruppe (OH-Gruppe)**

Struktur: R-OH (R = Kohlenwasserstoffrest)

Funktionelle Gruppe:	Atomgruppe in organischen Molekülen, die die Eigenschaften dieser Verbindungsklasse wesentlich bestimmt
-----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.1.1 Einteilung

- Nach Anzahl der OH-Gruppen:
Einwertige Alkohole enthalten 1 OH-Gruppe,
z. B. C₂H₅OH: Ethanol.
Mehrwertige Alkohole enthalten mehrere OH-Gruppen,
z. B. H₂COH-CHOH-CH₂OH: Propan-1,2,3-triol (Glycerin).
- Nach Stellung der OH-Gruppen:
Das C-Atom, das die OH-Gruppe trägt, ist mit
 - 1 weiteren C-Atom verbunden → Primärer Alkohol: RCH₂-OH
 - 2 weiteren C-Atomen verbunden → Sekundärer Alkohol: R₂CH-OH
 - 3 weiteren C-Atomen verbunden → Tertiärer Alkohol: R₃C-OH

3.1.2 Homologe Reihe der Alkanole

Alkanole = Alkohole, die von Alkanen abgeleitet werden

Methanol: CH₃OH

Ethanol: C₂H₅OH

Propan-1-ol: C₃H₇OH

Butan-1-ol: C₄H₉OH

etc.

Allgemeine Formel: C_nH_{2n+1}OH

3.1.3 Nomenklaturregeln für Alkohole

- Alkohole mit endständiger OH-Gruppe:
Name des entsprechenden Kohlenwasserstoffs + Endung „ol“
- Alkohole mit nicht endständiger OH-Gruppe:
Positionsnummer der OH-Gruppe durch möglichst kleine Ziffer vor der Endung „ol“ angeben.
Die OH-Gruppe ist bei der Nummerierung vorrangig.
Reihenfolge der funktionellen Gruppen im Namen: -en, -in, -ol.
- Alkohole mit mehreren OH-Gruppen:
„di-“, „tri-“, „tetra-“, ... vor die Endung „ol“ setzen

3.1.4 Physikalische Eigenschaften der Alkohole

	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_n-\text{OH}$	
	Alkylrest	Hydroxygruppe
Eigenschaften	unpolar, hydrophob	polar, hydrophil
Zwischenmolekulare Wechselwirkungen	Van-der-Waals-Kräfte	H-Brücken

→ Höhere Siedepunkte und bessere Wasserlöslichkeit als bei Alkanen

→ Mit zunehmender Länge des Alkylrests:

Anstieg der Siedepunkte,
Abnahme der H₂O-Löslichkeit,
Zunahme der Löslichkeit in unpolaren Lösungsmitteln

→ Mit zunehmender Zahl an OH-Gruppen:

Anstieg der Siedepunkte,
Zunahme der Wasserlöslichkeit,
Abnahme der Löslichkeit in unpolaren Lösungsmitteln

3.1.5 Oxidation der Alkohole

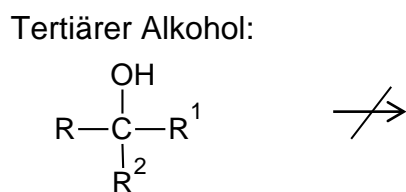
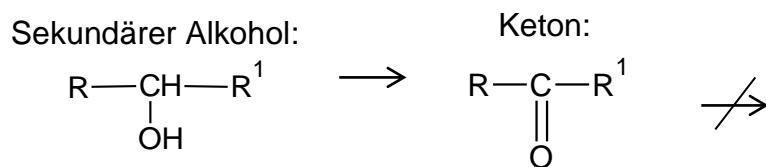
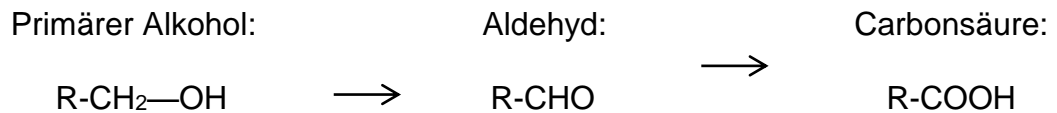
a) Festlegung der Oxidationszahlen in organischen Verbindungen

Man erhält die Oxidationszahl jedes einzelnen C-Atoms in einer organischen Verbindung, indem man die Oxidationszahlen seiner Bindungspartner addiert und die Summe mit -1 multipliziert.

Oxid.zahl:	Gebundenes H-Atom:	+1
	Gebundenes C-Atom:	0
	1fach gebundenes Heteroatom:	-1
	2fach gebundenes Heteroatom:	-2
	3fach gebundenes Heteroatom:	-3

Bei kettenförmigen organischen Verbindungen legt man die Oxidationszahl des C-Atoms fest, das die höchste Oxid.zahl besitzt.

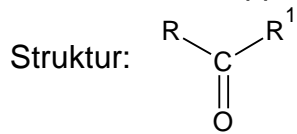
b) Oxidationsprodukte von Alkoholen



Oxidationsmittel: Schwefelsaure $KMnO_4$ -Lösung oder
schwefelsaure $K_2Cr_2O_7$ -Lösung

3.2 Carbonylverbindungen

Funktionelle Gruppe: **Carbonylgruppe C=O**



Aldehyde: $\text{R}^1 = \text{H}$

Ketone: R und $\text{R}^1 =$ Alkylrest

3.2.1 Homologe Reihen

Alkanale		Alkanone	
Methanal	H-CHO		
Ethanal	H ₃ C-CHO		
Propanal	H ₅ C ₂ -CHO	Propanon:	H ₃ C-CO-CH ₃
Butanal	H ₇ C ₃ -CHO	Butanon:	H ₃ C-CO-C ₂ H ₅
Pentanal	H ₉ C ₄ -CHO	Pentan-2-on:	H ₃ C-CO-C ₃ H ₇
etc.		etc.	
Benennung: Name des entsprechenden Alkans + Endung			
„al“		„on“	

3.2.2 Physikalische Eigenschaften

Polare C=O-Gruppe → ermöglicht

- Dipol-Dipol-Wechselwirkungen untereinander und
- H-Brücken zu H₂O

a) Siedepunkte

	Zwischenmolekulare Kräfte
Alkane	Nur van-der-Waals-Wechselwirkungen
Alkanale Alkanone	Van-der-Waals-Wechselwirkungen + Dipol-Dipol-Wechselwirkungen
Alkanole	Van-der-Waals-Wechselwirkungen + H-Brücken

Bei Verbindungen
vergleichbarer
Molekülmasse:
Anstieg der
Siedepunkte

b) Löslichkeit

Alle Alkanale und Alkanone sind in unpolaren Lösungsmitteln löslich.
Kurzkettenige Alkanale und Alkanone sind wasserlöslich.

3.2.3 Nachweisreaktionen für Aldehyde

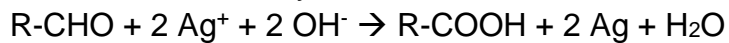
a) Fehling-Probe

Bildung eines orangeroten Niederschlags mit Fehlingscher Lösung beim Erhitzen: Reduktion von Cu^{2+} zu Cu_2O im Alkalischen,
Oxidation des Aldehyds zur Carbonsäure



b) Silberspiegel-Probe

Bildung eines Silberspiegels beim Erwärmen mit ammoniakalischer AgNO_3 -Lösung: Reduktion von Ag^+ zu Ag ,
Oxidation des Aldehyds zur Carbonsäure



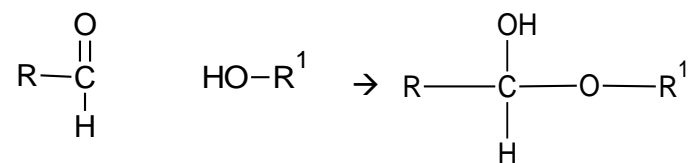
3.2.4 Nucleophile Addition an die Carbonylgruppe

Donator-Akzeptor-Reaktion:

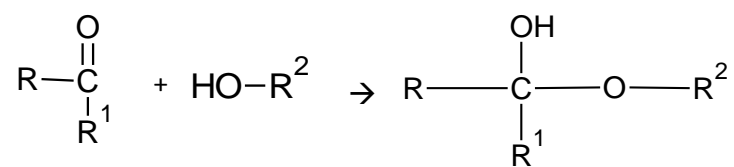
Elektronenakzeptor = Carbonylgruppe

Elektronendonator = Nucleophil, z. B. Alkohol

Aldehyd + Alkohol \rightarrow Halbacetal



Keton + Alkohol \rightarrow Halbketal



3.3 Carbonsäuren

Funktionelle Gruppe = **Carboxygruppe: -COOH**

Struktur: R-COOH

3.3.1 Homologe Reihe der Alkansäuren

Methansäure: H-COOH

Ethansäure: H₃C-COOH

Propansäure: H₅C₂-COOH

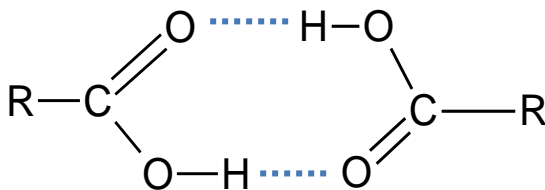
Butansäure: H₇C₃-COOH

etc.

Benennung: Name des entsprechenden Alkans + Endung "säure"

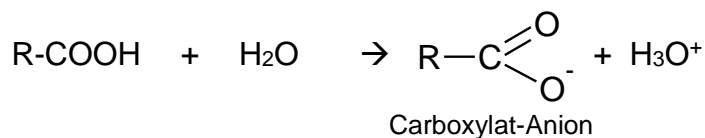
3.3.2 Physikalische Eigenschaften

Siedepunkte noch höher als bei Alkoholen aufgrund Dimerisation und Ausbildung von H-Brücken:



3.3.3 Chemische Eigenschaften

Carbonsäuren reagieren (schwach) sauer:



Ursachen der sauren Reaktion:

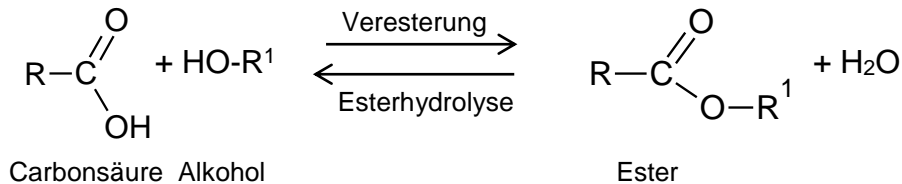
- Erhöhte Polarität der O-H-Bindung in der Carboxygruppe aufgrund Polarisierung durch das Carbonyl-O-Atom → erleichterte H⁺-Abgabe
- Stabilisierung des Carboxylat-Anions aufgrund Delokalisation der negativen Ladung

3.4 Carbonsäureester

Funktionelle Gruppe: $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{—O—}$

Struktur: $\text{R—}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{—O—R}^1$

Das Ester-Gleichgewicht:



Benennung von Estern:

Name der Säure + Name des Alkylrests des Alkohols + Endung „ester“

Die Veresterung verläuft unter *Kondensation*: Vereinigung von 2 Molekülen zu einem größeren Molekül unter Abspaltung eines kleineren Moleküls

Veresterung und Esterhydrolyse sind **umkehrbare (reversible) Reaktionen**

→ Einstellung des Ester-Gleichgewichts:

Im Gleichgewichtszustand werden pro Zeiteinheit genauso viele Ester-moleküle gebildet wie gespalten, Hin- und Rückreaktion laufen gleich schnell ab.

3.5 Übersicht über sauerstoffhaltige organische Verbindungen

Stoffklasse		Funktionelle Gruppe	
Alkohole	R-OH	Hydroxygruppe	-OH
Aldehyde	R-CHO	Aldehydgruppe	-CHO
Ketone	R-CO-R'	Carbonylgruppe	$\begin{array}{l} \diagup \\ \text{C=O} \\ \diagdown \end{array}$
Carbonsäuren	R-COOH	Carboxygruppe	-COOH
Carbonsäureester	R-COOR'	Estergruppe	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \diagdown \\ \text{O} \end{array}$

4.2 Kohlenhydrate

4.2.1 Einteilung

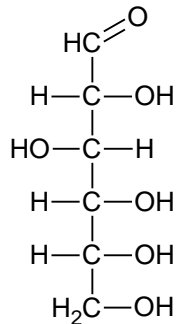
- **Monosaccharide** (Einfachzucker)
Zucker sind Polyhydroxyaldehyde oder Polyhydroxyketone.
Beispiele: Glucose, Fructose
- **Disaccharide** (Zweifachzucker)
Beispiele: Saccharose, Maltose
- **Polysaccharide** (Vielfachzucker)
Beispiele: Stärke, Cellulose

4.2.2 Glucose

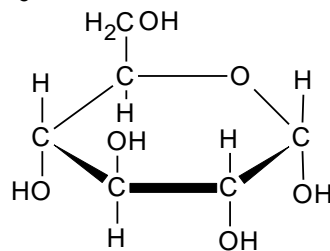
Summenformel: $C_6H_{12}O_6$

Glucose gehört zu den Polyhydroxyaldehyden.

Offenkettige Form:

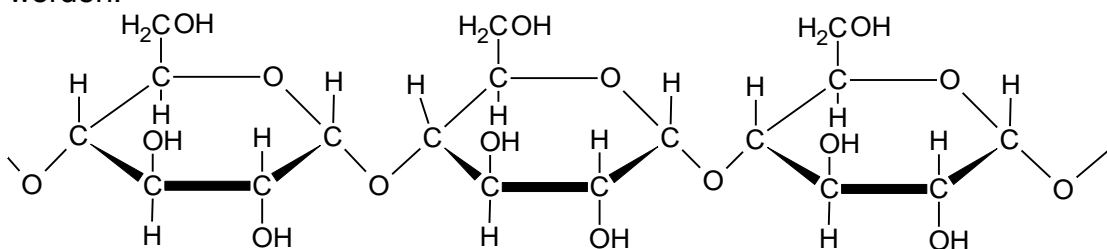


Die Ringform, in der das Glucose-Molekül meistens vorliegt, entsteht durch intramolekulare Halbacetalbildung zwischen der Aldehydgruppe an C₁ und der OH-Gruppe an C₅.



4.2.3 Stärke

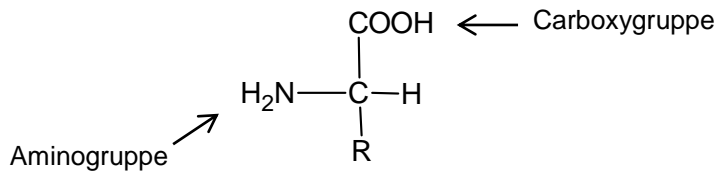
Das Stärkemolekül entsteht in einer Kondensationsreaktion aus vielen Glucose-Molekülen, die unter Abspaltung von H_2O miteinander verknüpft werden.



4.3 Proteine

4.3.1 Aminosäuren als Bausteine der Proteine

Allgemeine Formel einer Amino(carbon)säure:



Proteine bestehen aus α -Aminosäuren: Die Aminogruppe befindet sich an dem der Carboxygruppe benachbarten C-Atom (α -C-Atom).

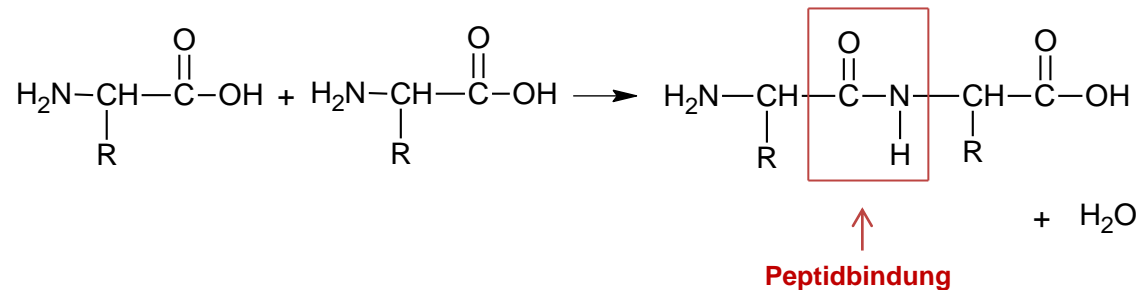
In natürlichen Proteinen kommen 20 verschiedene Aminosäuren vor, die sich in ihren Resten R unterscheiden.

Aminosäuren liegen sowohl im festen als auch im gelösten Zustand als Zwitterionen vor:



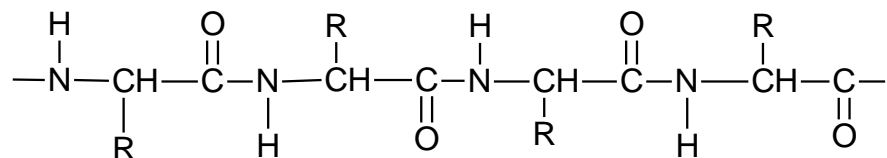
4.3.2 Peptide und Proteine

Zwei Aminosäuren werden unter Kondensation zu einem Dipeptid verknüpft:



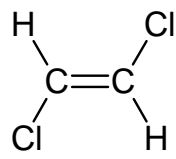
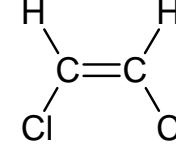
Seitenketten sind an der Kondensation nicht beteiligt.

Durch fortgesetzte Kondensation entstehen Polypeptide bzw. Proteine (Proteine = Polypeptide, die eine biologische Funktion besitzen):



5. Isomerieformen

Konstitutionsisomerie (Strukturisomerie) Unterschiedliche Verknüpfung der Atome bei gleicher Summenformel		
Gerüstisomerie Unterschiedlicher Aufbau des Kohlenstoffgerüsts <u>Beispiel:</u> Isomere Butane $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	Stellungsisomerie (Positionsisomerie) Unterschiedliche Stellung funktioneller Gruppen in der C-Kette (oder im Ring) <u>Beispiele:</u> Isomere Butanole $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CHOH}-\text{CH}_3$ Isomere Butene $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	Funktionelle Isomerie Isomere besitzen unterschiedliche funktionelle Gruppen <u>Beispiel:</u> Propanal – Propanon $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$

Konfigurationsisomerie Verschiedene räumliche Anordnung der Substituenten bei gegebener Konstitution <u>Beispiel: E/Z-Isomerie</u>	
E- 	Z- 
1,2-Dichlorethen	

6. Formelschreibweisen für organische Moleküle

Die **Summenformel** gibt Art und Anzahl der im Molekül enthaltenen Atome an.

In der **strukturierten Summenformel** wird die funktionelle Gruppe hervorgehoben.




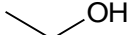

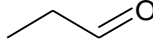
In **Halbstrukturformeln** (vereinfachten Strukturformeln) werden je nach Bedarf Formelteile wie in Summenformeln zusammengefasst.

In **Skelettformeln** werden die Atomsymbole der C-Atome nicht dargestellt und die H-Atome ganz weggelassen. Für längere Alkylreste ergibt sich dabei aufgrund der tetraedrischen Anordnung der Substituenten am C-Atom eine Zickzackform, bei der jeder Strich für eine C-C-Einfachbindung steht. Somit bedeuten alle unbeschrifteten Enden eines Bindungsstriches und jeder Knick ein C-Atom.

Doppelbindungen werden mit 2 Strichen, Dreifachbindungen mit 3 Strichen gezeichnet.

Funktionelle Gruppen bzw. Heteroatome werden als solche gezeichnet.

Beispiele:

Summenformel	Strukturierte Summenformel	Halbstrukturformel	Skelettformel
C_2H_6		H_3C-CH_3	
C_3H_8		$H_3C-CH_2-CH_3$	
C_6H_{12}		$H_3C-(CH_2)_4-CH_3$	
C_2H_6O	H_5C_2-OH	H_3C-CH_2-OH	
C_2H_6O	$H_3C-O-CH_3$		
C_3H_6O	H_5C_2-CHO	H_3C-CH_2-CHO	
$C_3H_6O_2$	H_5C_2-COOH	H_3C-CH_2-COOH	