



# Inhalt

1	Thermodynamik	4
1.1	Energetik	4
1.1.1	Chemische Reaktionen und Energie	4
1.1.2	System und Umgebung	4
1.1.3	Die innere Energie	4
1.1.4	Energieerhaltungssatz	4
1.2	Endotherm und Exotherm	5
1.3	Innere Energie	5
1.3.1	Innere Energie	5
1.4	Enthalpie	5
1.4.1	Standardreaktionsenthalpie	5
1.4.2	Reaktionsenthalpie berechnen	6
1.5	Entropie	6
1.5.1	Reaktionsentropie	6
1.5.2	2. Hauptsatz der Thermodynamik	6
1.5.3	3. Hauptsatz der Thermodynamik	6
2	Metastabile Systeme	7
2.1	Chemisches Gleichgewicht	7
2.1.1	Chemisches Gleichgewicht Berechnung	7
2.2	Metastabile Systeme	7
2.3	Spontane Vorgänge	7
2.3.1	Gibbs Hemiholz Gleichung	7
2.3.2	Ordnung im System	8
3	Säure/Base	9
3.1	Säure-Base Liste	9
3.2	pH-Wert	10
3.2.1	pKs/pKb Berechnung	10
3.3	pKs/pKb Wert	10
3.3.1	pKs/pKb Berechnen	10
3.4	Säure Base Reaktion	10
3.5	Puffer	11
3.5.1	Puffer Berechnung	11
4	Naturstoffe	12
4.1	Kohlenhydrate	12
4.2	Schreibweisen	13
4.2.1	Fischer Projektion	13
4.2.2	Haworth Projektion	13
4.3	Zucker	14

4.3.1	Monosaccharide	14
4.3.2	Disaccharide	14
4.3.3	Oligosaccharide	14
4.3.4	Polysaccharide	14
4.4	Stärke	14
4.4.1	Amylose	14
4.4.2	Amylopektin	15
4.5	Aminosäuren	15
4.5.1	Chromatographie	15
4.6	Proteine	15
4.6.1	Denaturierung von Proteinen	15
4.6.2	Protein Enzyme	16
4.7	Stoffklasse Fette	16
4.7.1	Chemischer Aufbau von Fetten und Ölen	16
4.7.2	Fetthärtung/Margarine	16
4.7.3	Begriffe	17
4.7.4	Ungesättigte Fettsäuren Nachweis	17
4.8	Begriffe	17
4.8.1	Chiralität	17
4.8.2	Achiralität	17
4.8.3	Isomerie	17
4.8.4	Anomere	18
4.8.5	Asymmetrisches C-Atom	18
4.8.6	Furanose, Pyranose	18
4.9	Versuche	18
4.9.1	Benedikt Fehling / Tollens Probe	18
4.9.2	Seliwanow-Probe / GOD-Test	19
4.10	Nachweisreaktionen	19
4.10.1	Stärke	19
4.10.2	Aminosäuren	19
4.10.3	Proteine	19
4.11	Wichtige Stoffe + Struktur	20
5	Aromaten	21
5.1	Allgemein	21
5.2	Strukturaufklärung	21
5.3	Aromatischer Zustand	21
5.4	Hückel-Regel	22
5.5	Begriffe	22
5.5.1	Mesomerie Energie	22
5.5.2	Benzol - Benzen	22
5.5.3	Phenol	22
5.5.4	Aminobenzol - (Anilin)	22
5.5.5	+M / -M - Erklärung	22
5.5.6	Heterocyclische Aromaten	23
5.5.7	Polycyclische Aromaten	23
6	Kunststoffe	24
6.1	Kunststoffabfälle - ein Problem?	24
6.1.1	Drei Verwertungsmöglichkeiten	24
6.2	Biologisch abbaubare Kunststoffe	25
6.3	Einteilung der Kunststoffe in verschiedene Arten	25

6.3.1	mechanischen/thermischen Eigenschaften	25
6.3.2	Reaktionstypen	26
6.4	Synthese Polyamide	26
6.5	Synthese Polycarbonat	26
6.6	Polymerisation	27
7	Elektrochemie	28
8	Allgemeines	29
8.1	Homologe Reihen	29
8.2	Bindungen	30
8.2.1	Elektronenpaarbindung	30
8.2.2	Atombindung	30
8.2.3	Ionenbindung	30
8.2.4	Metallbindung	31
8.2.5	Koordinative Bindungen	31
8.3	Polarität	31
8.3.1	Polar	31
8.3.2	Unpolar	31
8.4	Wechselwirkungen	31
8.4.1	Wasserstoffbrückenwechselwirkung	31
8.4.2	London-Wechselwirkung	31
8.4.3	Dipol-Dipol Wechselwirkung	31
8.4.4	Ionische-Wechselwirkung	31
8.5	Aktivierungsenergie	31
8.6	Kalorimeter	32
8.7	Katalysator	32
8.8	Massenwirkungsgetz	32
8.9	Nukleophiler Angriff	32
8.10	Redox Reaktion	33
8.10.1	Oxidation	33
8.10.2	Reduktion	33
8.10.3	Redox Reaktion	33
8.11	Isomerie	33
8.12	Nachweisreaktionen	33
8.13	Schreibweisen	34
8.13.1	Fischer Projektion	34
8.13.2	Haworth Projektion	34
8.13.3	Ionenschreibweise	34
8.13.4	Lewis Formel	34
8.13.5	Strukturformel	34
8.14	Wichtige Stoffe	34
9	Was fehlt noch?	35

# Kapitel 1: Thermodynamik

## 1.1 Energetik

### 1.1.1 Chemische Reaktionen und Energie

Alle Stoffe sind mit Energieumwandlungen gekoppelt. Chemische Energie kann umgewandelt werden in:

- thermische Energie
- kinetische Energie (Mechanische Energie)
- elektrische Energie
- Strahlungsenergie

### 1.1.2 System und Umgebung

Will man Energieumsätze bei chemischen Reaktionen betrachten, muss man festlegen in welchem räumlichen Bereich die Untersuchung statt finden soll. Ein solch abgegrenzter Raum nennt man System. Der Bereich der übrig bleibt wird Umgebung genannt.

Arten:

- Offenes System: Energie + Stoffaustausch (Reagenzglas)
- Geschlossenes System: Energieaustausch (Reagenzglas + Stopfen)
- Isoliertes System: kein Austausch (Reagenzglas + Stopfen + Styropor)

### 1.1.3 Die innere Energie

Die Summe aller Energie die in einem System steckt:

- chemische Energie
- thermische Energie
- kinetische Energie

Einheit in Joule [J].

Die innere Energie ist eine extensive Größe die von der Stoffmenge abhängig ist. Daher ist der Unterschied  $\Delta U$  messbar.

### 1.1.4 Energieerhaltungssatz

1. Hauptsatz der Thermodynamik:

Die Gesamtenergie eines Systems und seine Umgebung kann weder zu, noch abnehmen.

exotherme Reaktion  $Q_r < 0$  (-E)  
endotherme Reaktion  $Q_r > 0$  (+E)

Um  $Q_r$  bestimmen zu können, begrenzt man die Umgebung künstlich auf einen definierten Raum. Dieser muss isoliert sein. Solche "Systeme" sind Kalorimeter.

Kann vernachlässigt werden:

- Reaktionswärme die im geschlossenen System bleibt
- Wärmeverlust durch den Deckel des Kalorimeters

Je nach Reaktionstyp unterscheidet man:

- Verbrennungswärme
- Lösungswärme
- Neutralisationswärme
- Bildungswärme

## 1.2 Endotherm und Exotherm

Mithilfe der Aktivierungsenergie und der Differenz der Energien zwischen Edukt und Produkt, lässt sich sagen, ob eine Reaktion endotherm oder exotherm ist. Wenn die Aktivierungsenergie kleiner ist als die Differenz, dann ist die Reaktion exotherm. Ist die Aktivierungsenergie höher als die Differenz, dann ist die Reaktion endotherm.

Endotherm:

Das System nimmt Energie aus der Umgebung auf. Während der Reaktion nimmt die Temperatur ab. Ein Beispiel wäre das verdampfen von Wasser.

Exotherm:

Das System gibt Energie an das System in Form von Wärme ab. Ein Beispiel wäre das Verbrennen von Holz.

## 1.3 Innere Energie

### 1.3.1 Innere Energie

Nur die Änderung der inneren Energie kann bestimmt werden ( $\Delta U$ ).

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

## 1.4 Enthalpie

### 1.4.1 Standardreaktionsenthalpie

Um Reaktionsenthalpien besser vergleichen zu können hat man die molare Standardreaktionsenthalpie eingeführt:  $\Delta_R H^\circ$

Standardbedingungen = 25°C bzw. 298K — 1013mBar

Es gibt verschiedene Standardenthalpien, besonders für Berechnungen geeignet sind:

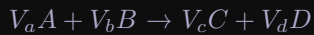
- molare Schmelz- und Verdampfungsenthalpie
- molare Verbrennungsenthalpie

- molare Bindungsenthalpie
- molare Bildungsenthalpie

Für energetische Betrachtungen kann es geschickt sein die Reaktion in gedachte Teilschritte zu zerlegen.  
Satz von Hess 1840: Gesetz der konstanten Wärmesummen:

**"Die Enthalpieänderung von zwei Zuständen ist unabhängig vom Reaktionsweg"**

## 1.4.2 Reaktionsenthalpie berechnen



$V_x$  = stöchiometrischer Koeffizient

$$\Delta_R H = \Sigma H_{Produkte} - \Sigma H_{Edukte}$$

## 1.5 Entropie

### 1.5.1 Reaktionsentropie

$$\Delta_r S_m = (\Sigma \nu S_m(Produkte)) - (\Sigma \nu S_m(Edukte))$$

### 1.5.2 2. Hauptsatz der Thermodynamik

Entropie ist der 2. Hauptsatz der Thermodynamik:

**Die Gesamtentropie eines Systems und seiner Umgebung kann nicht abnehmen. Sie bleibt entweder gleich (ideal reversibler Verlauf) oder nimmt zu (tatsächlicher Ablauf in Natur und Technik).**

Die Entropie ist das Maß der Unordnung.

$$\Delta S_{Ges} = \Delta S_{System} + \Delta S_{Umgebung}$$

Änderung der Entropie durch Wärmezufuhr:  $\Delta S = \frac{Q}{T}$

### 1.5.3 3. Hauptsatz der Thermodynamik

Gibt ein System Wärme ab, verringert sich seine Entropie. Am absoluten Nullpunkt  $t = 0K = -273.15^\circ C$  ist die Entropie eines ideal kristallisierten Reinstoff 0.

# Kapitel 2: Metastabile Systeme

## 2.1 Chemisches Gleichgewicht

Chemisches Gleichgewicht ist ein Zustand, wenn die Geschwindigkeit der Hin- und Rückreaktion gleich sind und die Konzentration der beteiligten Stoffe konstant bleiben.

### 2.1.1 Chemisches Gleichgewicht Berechnung

$$K_c = \frac{|C|^c |D|^d}{|A|^a |B|^b}$$

$K_c$  = Gleichgewichtskonstante

## 2.2 Metastabile Systeme

Metastabilität ist eine schwache Form der Stabilität. Ein metastabiler Zustand ist stabil gegen kleine Änderungen, aber instabil gegenüber größeren Änderungen.

Ein metastabiles System:

Zustand 1 ist gegenüber kleinen Störungen stabil und geht bei großen Störungen in Zustand 3 über. Zustand 2 ist labil.

Erst ein Zündfunke oder ein Katalysator lässt eine Reaktion bei metastabilen Systemen ablaufen.

Man benötigt Aktivierungsenergie.

## 2.3 Spontane Vorgänge

Chemische Reaktionen, die energetisch betrachtet bei einer gegebenen Temperatur ohne äußere Einflüsse ablaufen können. Die Geschwindigkeit spielt dabei keine Rolle.

### 2.3.1 Gibbs Hemholtz Gleichung

Die freie Enthalpie  $G$  beschreibt spontane Reaktionen.

$$G = H - T * S \quad \Delta G = \Delta H - T * \Delta S$$

- $\Delta_r H$  = Reaktionswärme  $Q_r$  bei konstantem Druck
- $T * \Delta S$  = Temperatur mal die Entropieänderung
- $\Delta_r G < 0$  = Reaktion ist Exergonisch, läuft freiwillig ab
- $\Delta_r G > 0$  = Reaktion ist Endergonisch, kann durch Energieerzeugung von außen erzwungen werden



### 2.3.2 Ordnung im System

Befinden sich Teilchen in einem begrenzten Bereich an bestimmten Plätzen, bezeichnet man diesen Zustand als geordnet. Die Ordnung wird geringer, wenn für die Teilchen der Raum und die Anzahl der möglichen Plätze größer werden. Dies beruht auf der Ausbreitung der Energie.

Vorgänge mit geringer Ordnung:

- Diffusion
- Rost
- Schmelzen

Die Ordnung nimmt ab wenn...

- der Raum größer wird
- die Geschwindigkeit der Teilchen zu nimmt (Temperatur)
- Anzahl der Teilchen zu nimmt
- Temperatur, Konzentration oder Druck gleichen sich aus

Man muss die Ordnung sowohl im System als auch in der Umgebung betrachten. Entropie ist ein Maß der Unordnung.

# Kapitel 3: Säure/Base

## 3.1 Säure-Base Liste

Säure	Formel	Base	Formel
Chlorwasserstoff	$HCl$	Chloridion	$Cl^-$
Perchlorsäure	$HClO_4$	Perchloration	$ClO_4^-$
Ameisensäure	$HCOOH$	Formiation	$CHOO^-$
Bromwasserstoff	$HB_r$	Bromidion	$Br^-$
Salpetersäure	$HNO_3$	Nitration	$NO_3^-$
Essigsäure	$HC_3COOH$	Acetation	$CH_3COO^-$
Schwefelwasserstoff	$H_2S$	Hydrosulfidion	$HS^-$
		Sulfidion	$S^{2-}$
Schwefelige Säure	$H_2SO_3$	Hydrosulfition	$HSO_3^-$
		Sulfation	$SO_3^{2-}$
Schwefelsäure	$H_2SO_4$	Hydrosulfation	$HSO_4^-$
		Sulfation	$SO_4^{2-}$
Kohlensäure	$H_2CO_3$	Hydrogencarbonation	$HCO_3^-$
		Carbonation	$CO_3^{2-}$
Phosphorsäure	$H_3PO_4$	Dihydrogenphosphation	$H_2PO_4^-$
		Hydrogenphosphation	$HPO_4^{2-}$
		Phosphation	$PO_4^{3-}$

## 3.2 pH-Wert

Der pH Wert ist ein Maß für den sauren oder basischen Charakter eine wässrigen Lösung. Er ist die Gegenzahl zum Logarithmus der Ammonium-Ionen ( $H_3O^+$ ) des Stoffes. Um die Stärke der jeweiligen Säure/Base zu bestimmen gibt es den  $pK_s$  oder  $pK_b$  Wert.

0: stark sauer

4: leicht sauer

7: neutral

10: leicht basisch

14: stark basisch

### 3.2.1 $pK_s/pK_b$ Berechnung

starke Säuren:

$$pH = -\lg([c(H_3O^+)]) = -\lg([c_0(HAc)])$$

schwache Säuren:

$$pH = \frac{1}{2}(pK_s - \lg([c_0(HAc)]))$$

starke Basen:

$$pOH = -\lg([c(OH^-)]) \rightarrow pH = 14 - pOH$$

schwache Basen:

$$pOH = \frac{1}{2}(pK_b - \lg([c_0(Ac)]))$$

## 3.3 $pK_s/pK_b$ Wert

Je niedriger der  $pK_s$ -Wert desto stärker die Säure.

Je niedriger der  $pK_b$ -Wert desto stärker die Base.

Der pH Wert wird mithilfe des  $pK_s$ - $pK_b$ -Wert berechnet.

$$pK_s + pK_b = 14$$

### 3.3.1 $pK_s/pK_b$ Berechnen

Nach dem Massenwirkungsgesetz:

$$K_s = \frac{c(A^-) \cdot c(H_3O^+)}{c(HA)}$$

$$K_b = \frac{c(HB^-) \cdot c(OH^-)}{c(B)}$$

- $K_s$  = Säurenkonstante
- $H_3O^+$  = Hydroxidion
- $A^-$  = konjugierte Base
- $HA$  = schwache Säure

$$pK_s = -\lg(K_s)$$

$$pK_b = -\lg(K_b)$$

## 3.4 Säure Base Reaktion

Im Bronsted-Modell werden Säuren als Protonendonatoren und Base als Protonenakzeptoren definiert.

- Säure gibt  $H^+$  ab

- Base nimmt  $H^+$  auf

## 3.5 Puffer

Puffersysteme werden benutzt um den **pH Wert** auf einem konstanten Wert zu halten. Dabei gibt man eine schwache Säure und ihre konjugierte Base im Verhältnis von 1:1.

Pufferwirkung ist am optimalsten:  $pH = pK_s + / - 1$

Pufferkapazität:

- Stoffmenge an  $H_3O^+$  die hinzugegeben werden muss, um den pH Wert um 1 zu verringern.
- Stoffmenge an  $OH^-$  die hinzugegeben werden muss, um den pH Wert um 1 zu vergrößern.

### 3.5.1 Puffer Berechnung

$$pH \text{ Wert} = pK_s + \lg\left(\frac{|A^-|}{|HA|}\right)$$

# Kapitel 4: Naturstoffe

## 4.1 Kohlenhydrate

Zucker enden auf -ose.

Die jeweiligen Enzyme auf -ase.

Jedes C-Atom darf nur eine Hydroxy-Gruppe haben.

Folgendes gilt für Kohlenhydrate:

- Zahl der C-Atome:
    - 3: Triose
    - 4: Tetrose
    - 5: Pentose
    - 6: Hexose
  - Zahl der Einheiten:
    - 1 Zuckereinheit: Monosaccharid
    - 2 Zuckereinheiten: Disaccharid
    - 3-20 Zuckereinheiten: Oligosaccharid
    - $20 <$  Zuckereinheiten: Polysaccharid
  - Nach ihrer funktionellen Gruppe:
    - Aldehydgruppe:
      - \* Aldosen
      - \* Glucosen
      - \* Polyhydroxyaldehyde
    - Ketogruppe:
      - \* Ketosen
      - \* Fructosen
      - \* Polyhydroxyketone
- $\Rightarrow$  sie sind das Produkt der partiellen Oxidation mehrwertiger Alkohole

In Ringform gilt:

- Furanose:  
5 C-Atome im Ring
- Pyranose:  
6 C-Atome im Ring

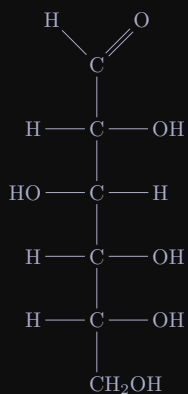
## 4.2 Schreibweisen

### 4.2.1 Fischer Projektion

- längste C-Kette von oben nach unten
- höchst oxidiertes C-Atom nach oben
- letzte anomere C-Atom beschreibt rechts- (D) oder links- (L) drehend:  
Wenn OH Gruppe rechts ist, ist es D  
Wenn OH Gruppe links ist, ist es L

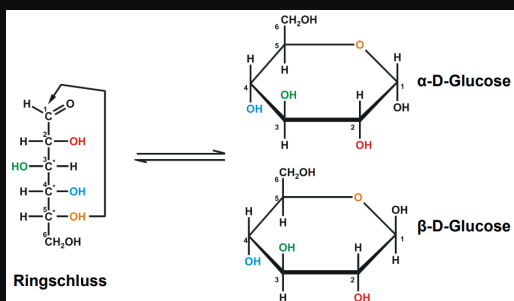
Dabei ist zu beachten, dass durch die Fischerprojektion Enantiomere und Diastomere erfasst werden können. Wenn bei dem folgenden Stoff die letzte OH-Gruppe auf der linken Seite wäre, wäre dies ein Diastomer zu dem Stoff. Wären alle asymmetrischen C-Atome gespiegelt wäre es ein Enantiomer.

$\alpha$ -D-Glucose:



### 4.2.2 Haworth Projektion

D-Glucose:



## 4.3 Zucker

### 4.3.1 Monosaccharide

1 Zuckereinheit

### 4.3.2 Disaccharide

2 Zuckereinheiten

Zwei Monosaccharide die über eine Sauerstoffverbindung vernetzt sind.

#### Besonderheiten zum Bau der Saccharose:

$\alpha$ -D-Glucose (Glucopyranose) und  $\beta$ -D Fructose (Fructofuranose) zu einer  $\alpha 1 - \beta 2$  glycosidischen B.  
→  $\alpha - \beta$ -1,2-...

Saccharose muss gezeichnet werden können.

#### Besonderheiten zum Bau der Maltose:

Es gibt eine  $\alpha$ -Maltose +  $\beta$ -Maltose.

$\alpha$ -1,4 glycosidische Verknüpfung einer  $\alpha$ -D Glucose mit einer  $\alpha/\beta$ -D Glucose

#### Besonderheiten zum Bau der Cellobiose:

$\beta$ -D Glucose mit  $\beta$ -D Glucose

$\beta$ -1,4-glycosidische Verknüpfung.

#### Besonderheiten zum Bau der Lactose:

D-Galactose mit D-Glucose

$\beta$ -1,4 glycosidische Bindung

### 4.3.3 Oligosaccharide

3-20 Zuckereinheiten

- Mehrfachzucker
- Muttermilch
- Fucosyllactose
- Cyclodextrin

### 4.3.4 Polysaccharide

Mehr als 20 Zuckereinheiten

## 4.4 Stärke

### 4.4.1 Amylose

Eine Kette von  $\alpha$ -1,4-glycosidisch verknüpften Glucoseeinheit.

#### 4.4.2 Amylopektin

Hat eine  $\alpha$ -1,4-glykosidische Verbindung. Dazu Struktur mit zusätzlichen  $\alpha$ -1,6-Verknüpfung (verzweigter).

### 4.5 Aminosäuren

In der Natur kommen 20 natürliche Aminosäuren (AS) vor. Alle natürlichen Aminosäuren sind L- $\alpha$ -Amino-Carbonsäuren.

Werden in 3 Gruppen eingeteilt:

- neutrale Aminosäuren (Glycin, Alanin, ...)
- saure Aminosäuren (Asparaginsäure, ...)
- basische Aminosäuren (Lysin, ...)

Der Isoelektrische Punkt (IEP) ist der pH-Wert an dem die Aminosäure als Zwitterion vor liegt.

Bei  $\text{pH} < \text{IEP}$  = kationische Form

Bei  $\text{pH} > \text{IEP}$  = anionische Form

#### 4.5.1 Chromatographie

### 4.6 Proteine

Reihenfolge:

1. Primärstruktur: Aminosäure-Sequenz (Abfolge in welcher die Aminosäuren verbunden sind)  
mit C-terminalen Ende + N-terminalen Ende
2. Sekundärstruktur:
  - $\alpha$ -Helix (intramolekulare H-Brücken-Wechselwirkungen)
  - $\beta$ -Faltblattstruktur (intermolekulare H-Brücken-Wechselwirkungen)
3. Tertiärstruktur:
  - meiste Proteine enden hier.
  - räumliche Bau des Protein:
    - Globuläres Protein | Enzyme (kugelförmig)
    - Fibrilläres Protein | Strukturproteine (faserförmig)

Wechselwirkungen:

- London-Wechselwirkungen
  - Dipol-Dipol-Wechselwirkungen
  - H-Brücken-Wechselwirkungen
  - Ionische-Wechselwirkungen = (Ionische-Bindung)
  - Atombindung
4. Quartärstruktur:
    - Mehrere globuläre Proteine verbinden sich zu einer größeren Einheit

#### 4.6.1 Denaturierung von Proteinen

Zerstörung von Secundär- und Tertiärstruktur

- Wärmezufuhr



- Säure-/Base Zufuhr (pH-Wert)
- Schwermetalle (Blei, Kupfer, etc.)

#### 4.6.2 Protein Enzyme

Proteine können als Enzyme fungieren.

Enzyme sind Biokatalysatoren die nach dem Schlüssel-Schloss Prinzip wirken.

### 4.7 Stoffklasse Fette

Fettmoleküle mit (vielen) ungesättigten Fettsäuren sind meistens Öle.

Fettmoleküle mit (vielen) gesättigten Fettsäuren sind bei Raumtemperatur meistens fest.

⇒ Fette besitzen einen Schmelzbereich

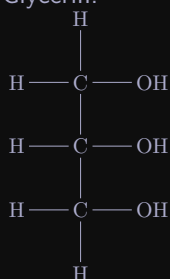
Je langkettiger die Fettsäurereste sind, desto höher liegt der Schmelzbereich des Fettes.

Je mehr C=C (Doppelbindungen) vorkommen, desto niedriger ist der Schmelzbereich des Fettes.

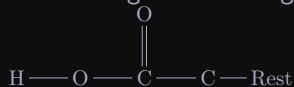
#### 4.7.1 Chemischer Aufbau von Fetten und Ölen

Fettmoleküle sind Ester des Glycerins (1,2,3-Propandiol) mit drei Fettsäuren.

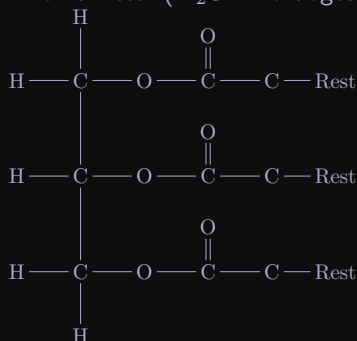
Glycerin:



Fettsäuren gibt es beliebige. Hier:



Wird zu Fett: ( $\text{H}_2\text{O}$  wird abgespalten)



#### 4.7.2 Fetthärtung/Margarine

Pflanzenöle wie zum Beispiel Ölsäure werden mit Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) und Nickelkatalysatoren gehärtet

→ Additionsreaktion

### 4.7.3 Begriffe

- Gesättigte Fettsäuren: Fettsäuren ohne C-Doppelbindungen
- Ungesättigte Fettsäuren: Fettsäuren mit C-Doppelbindung
- Essenzielle Fettsäuren: vom Körper nicht herstellbar, muss über Nahrung aufgenommen werden.

### 4.7.4 Ungesättigte Fettsäuren Nachweis

Nachweis der Doppelbindung  $C=C$

- Bromwasser ( $Br_2(aq)$ )
- $KMnO_4$  Bayer-Reagenz
- Iod  $I_2 \Rightarrow$  Iodzahl zu bestimmen

## 4.8 Begriffe

### 4.8.1 Chiralität

- verhält sich wie Bild und Spiegelbild
- optisch Aktiv  
→ Fähigkeit bei polarisierendem Licht zu drehen

Beispiel: Hände. Sind gleich aber nicht identisch. Spiegelbild ist identisch zur Hand.

### 4.8.2 Achiralität

Bild und Spiegelbild lassen sich nicht zur Deckung bringen. Besitzen eine Symmetrieebene.

Beispiel:  $CO_2$

$O = C = O$

### 4.8.3 Isomerie

Stoffe mit der selben Summenformel aber unterschiedlicher Strukturformel.  
(Andere räumliche Struktur/Aufbau)

Folgende Isomere:

1. Stereoisomere:

- unterscheiden sich nur in der räumlichen Anordnung
- haben selbe Anordnung von Atomen

2. Konstitutionsisomere:

- unterschiedliche Bindungen zwischen Atomen  
→ Atome sind in unterschiedlicher Reihenfolge verbunden
- Beispiel:  
 $C_4H_{10}$  könnte Butan und 2-Methylpropan sein

Beispiel: 2-Methylpropan und Butan

3. Enantiomere:

- gehören zu Stereoisomeren

- nicht deckungsgleich (wie Hände)
- gleiche Bindungen
- wie Bild und Spiegelbild
- ist Chiral
- kann mit Fischerprojektion erfasst werden.

#### 4. Diastomere:

- gehören zu Stereoisomeren
- kann mit Fischerprojektion erfasst werden.
- keine Enantiomere da sie nicht im Spiegelbild gleich sind.

### 4.8.4 Anomere

Eine Art der Isomerie. Wird nur an dem anomeren Zentrum (erste C-Atom von Haworth) unterschieden. Entweder  $\alpha$  oder  $\beta$ .

Bei  $\alpha$ : Hydroxylgruppe geht nach unten.

Bei  $\beta$ : Hydroxylgruppe geht nach oben.

### 4.8.5 Asymmetrisches C-Atom

Auch "Chirales Zentrum" genannt.

Ein C-Atom bei dem alle "Ärmchen" unterschiedliche Bindungen haben. Dieser werden mit einem \* markiert.

Beispiel:

1. - H
2. - OH
3. - Methan
4. - Ethan

### 4.8.6 Furanose, Pyranose

Die Begriffe beschreiben den Ring eines Stoffes.

Furanose steht für einen Fünf-Ring (5-C-Atome)

Pyranose steht für einen Sechs-Ring (6-C-Atome)

## 4.9 Versuche

### 4.9.1 Benedikt Fehling / Tollens Probe

Beide Reaktionen weisen reduzierende Zucker nach (z.B. Glukose)

#### Benedikt Fehling Probe

Die Ergebnisse die positiv (also reduzierende Zucker) sind werden farbig (Orange) angezeigt.

### **Tollens Probe**

Die positiven Ergebnisse werden in Form von elementaren Silber gezeigt.

### **4.9.2 Seliwanow-Probe / GOD-Test**

Beides Tests können verwendet werden um von Glucose und Fructose unterscheiden zu können.  
Beider versuche kommen auf das selbe Ergebnis nur umgekehrt.  
GOD-Test ist ABI relevant. Seliwanow-Probe nicht.

#### **Seliwanow-Probe**

Test ist positiv auf Fructose und negativ auf Glucose

#### **GOD-Test**

Glucose-Oxidase-Test

Test ist positiv auf Glucose und negativ auf Fructose

## **4.10 Nachweisreaktionen**

Meist Reaktionen bei denen die Farben der Endstoffe der Nachweis ist.

### **4.10.1 Stärke**

Iod-Probe:

1. Probe vorbereitung:  
Die zu testende Substanz in Wasser lösen
2. Iodlösung hinzufügen:  
Einige Tropfen einer Iod-Kaliumiodid-Lösung hinzufügen
3. Farbänderung:  
Bei Anwesenheit von Stärke färbt sich die Lösung blau-schwarz

### **4.10.2 Aminosäuren**

### **4.10.3 Proteine**

Xanto-Protein-Reaktion

Vorraussetzungen:

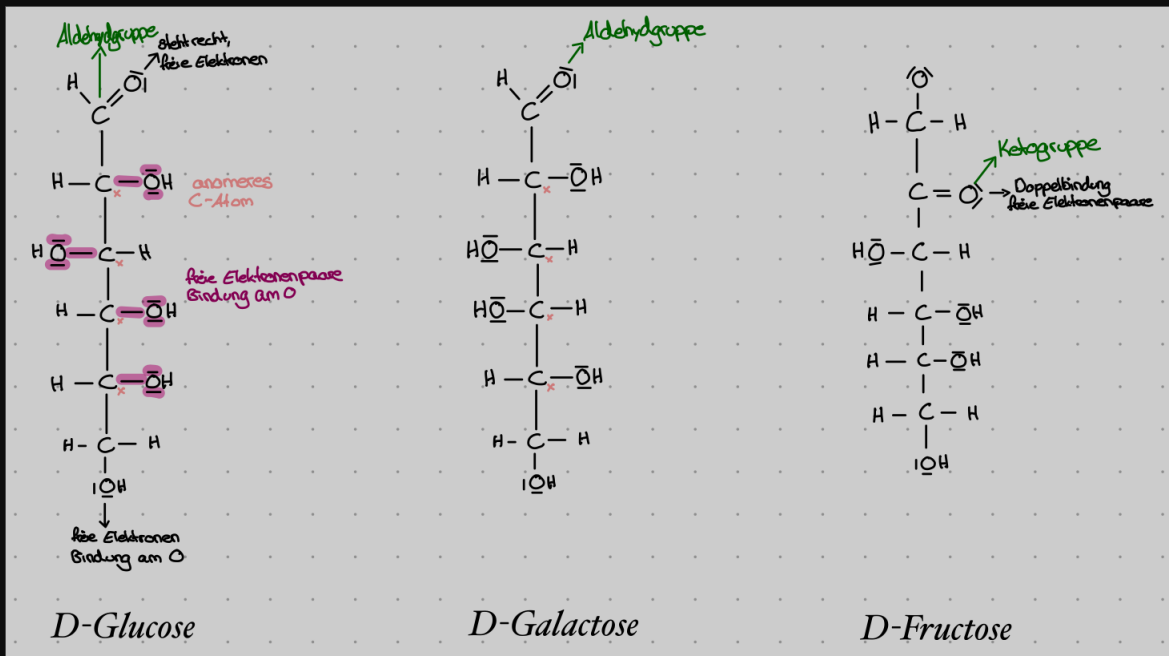
- anwesenheit von Aminosäure mit Ring

Funktionsweise:

- Bei beigabe von Salpetersäure färbt sich die Substanz gelb

## 4.11 Wichtige Stoffe + Struktur

### Kohlenhydrate



# Kapitel 5: Aromaten

## 5.1 Allgemein

- Benzol
- Ringförmige Verbindungen mit  $4n + 2$  delokalisierten Elektronen
- Mesomerie und Mesomerieenergie
- Hetero- und pycyclische Aromaten
- Wichtige Benzolderivate:  
Phenol, Toluol, Benzaldehyd, Benzosäure, Styrol, Phenylalanin

## 5.2 Strukturaufklärung

### Nicht Abi relevant!!

1925 Michael Faraday entdeckt Benzol in Leuchtglasflaschen.

Er ermittelte das Massenverhältnis  $C : H = 12 : 1$ .

Verhältnisformel:  $C_1 : H_1$

→  $C_6H_6$

1865 - 1872 Kekulé: 6-C-Ring von  $C - C = C - C = C - C =$

1872: Zwei Gleichwertige die sich nur in der Lage von Doppelbindungen unterscheiden und ständig den Platz wechseln können.

Struktur:

- planar
- Bindung
- Bindungswinkel:  $120^\circ$
- Bindungslänge: 139pm  
Einfachbindung: 154pm  
Doppelbindung: 134pm
- $\sigma$ -Bindungsgerüst mit delokalisierten  $\pi$ -Elektronen

## 5.3 Aromatischer Zustand

"Aromatisch", ursprünglich ohne scharfe Abgrenzungen. Später verstand man Benzol und seine derivate darunter.

Heute: Aromaten sind Stoffe, die die Hückel-Regel erfüllen

## 5.4 Hückel-Regel

Ein aromatischer Zustand liegt vor, wenn die Moleküle einer Verbindung eine ebene Ringstruktur mit einem ringförmigen geschlossenen  $\pi$ -Elektronensystem mit  $(4n + 2)$  delokalisierten  $\pi$ -Elektronen aufweisen ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ).

## 5.5 Begriffe

### 5.5.1 Mesomerie Energie

Verbindungen mit delokalisierten Elektronen sind in der Regel Energie ärmer und somit stabiler. Die Energiedifferenz zwischen den tatsächlich existierenden Teilchen und den hypothetischen Teilchen bezeichnet man als Mesomerie Energie.

### 5.5.2 Benzol - Benzen

Früher Benzol, heute Benzen. (beides wird benutzt)

- $C_6H_6$
- Cyclohexa-1,3,5-trien
- Molare Masse: 78,14
- unlöslich in wasser  $\rightarrow$  organisches Löslich
- Einatmen sehr gefährlich (Krebserregend)
- Farblos, aromatisch riechend
- Schmelztemperatur: 5,5°C
- Siedetemperatur: 80,1°C

### 5.5.3 Phenol

- Reagiert sauer
- Besitzt eine Hydroxy-Gruppe

### 5.5.4 Aminobenzol - (Anilin)

- Reagiert basisch (schwach)
- Besitzt eine Amino-Gruppe

### 5.5.5 +M / -M - Erklärung

+M/-M - Effekt:

+M/-M - Substituenten:

5.5.6 Heterocyclische Aromaten

5.5.7 Polycyclische Aromaten



# Kapitel 6: Kunststoffe

## 6.1 Kunststoffabfälle - ein Problem?

Um einschätzen zu können wie die Produkte recycelt werden können, müssen sie Sortenrein getrennt werden.

- Schwimm-Senk-Abscheider
- Hydrozyklon
- $\Rightarrow$  Sortenreine Kunststoffe z.B. PET

### 6.1.1 Drei Verwertungsmöglichkeiten

#### Werkstoffliches Recycling

- ist die effizienteste Methode für Recycling von Kunststoff
- nur thermoplastischen Kunststoff
- muss sortenrein sein
- Kunststoffe werden zu Granulat verarbeitet
- meist führt die Spaltung der Makromoleküle jedoch zur Verschlechterung der Qualität (Downcycling)
- 41% werden in Deutschland recycelt durch diese Methode

#### Rohstoffliches Recycling

- Ausgangsstoff: vermischte, nicht werkstofflich trennbare Kunststoffabfälle
- Polymere werden durch Pyrolyse oder Hydrierung in Monomere gespalten
- **Pyrolyse:** Erhitzung auf 700°C ohne Sauerstoff
- **Hydrierung:** Solvolyse; Kettenteilung durch Lösungsmittel  
→ weitere Spaltung durch Hydrolyse mit saurer Lösung
- 1% wird in Deutschland recycelt durch diese Methode

#### Thermisches / Energetisches Recycling

- Verbrennung, Nutzung thermischer Energie = Erdölverbrennung
- Emissionen dürfen nicht überschritten werden
- Krise bei PVC, weil HCl Bildung

- Stoffe müssen rein sein, nur Kohlenwasserstoffverbindungen
- nach Downcycling
- 57% der Kunststoffabfälle in Deutschland

## 6.2 Biologisch abbaubare Kunststoffe

- z.B. Stärkefolien
- Polyester

## 6.3 Einteilung der Kunststoffe in verschiedene Arten

- **Sorte:** wie PE, PP, PET, ...
- **mechanischer/thermischer Eigenschaft:** Thermoplasten, Duromere, Elastomere
- **Reaktionstyp:** Polykondensationsreaktion, Polymerisationsreaktion, Polyadditionsreaktion

### 6.3.1 mechanischen/thermischen Eigenschaften

**orange** = Wird im Abi gerne abgefragt

**Thermoplasten:** erhalten eine Doppelbindung oder zwei funktionelle Gruppen im Molekül

- **Struktur:** Lineare anordnung (Faserartig)
- **Kräfte:** London-WW, Wasserstoffbrücken-WW., machmal London-WW
- **Eigenschaften:**
  - erweichen bei moderater Erwärmung
  - plastische Verformung möglich
  - brennbar
  - werden bei Kälte spröde
  - recyclebar
  - spritzgußverfahren
- **Beispiel:** PP, PE, PVE

**Duroplasten:** enthalten zwei Doppelbindungen oder drei funktionelle Gruppen im Molekül

- **Struktur:** stark verzweigt, engmaschig
- **Kräfte:** kovalente Verbindungen
- **Eigenschaften:**
  - zersetzen sich bei starker Erwärmung
  - keine plastische Verformung möglich
  - hart und spröde
  - nicht brennbar

- Form entsteht bei Reaktion

- **Beispiel:** Harze

**Elastomere:** **enthalten zwei oder drei funktionelle Gruppen im Molekül**

- **Struktur:** Weitmaschig, weniger verzweigt als Duroplasten
- **Kräfte:**
- **Eigenschaften:**
  - schrumpfen bei moderater Erwärmung
  - zersetzen sich bei starker Erwärmung
  - keine plastische Verformung möglich
  - gummielastische Verformung bei Krafteinwirkung
- **Beispiel:** ABR, SBR, PU - Polyurethan

### 6.3.2 Reaktionstypen

**Polykondensationsreaktion:** Bei einer Kondensationsreaktion reagieren Moleküle unter Abspaltung von Wasser oder *HCl* miteinander. Man unterscheidet *Polyester*, *Polyamide*, *Polycarbonate* und *Aminoplasten*.

#### Polyester

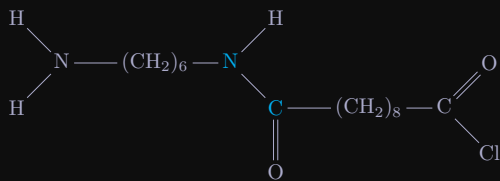
allgemein: Dicarbonsäure + Diol (Derivate)

## 6.4 Synthese Polyamide

Hinweis: nukleophiler Angriff

**Allgemein:** Dicarbonsäure + Diamin

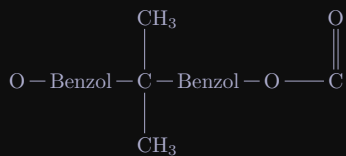
a) Nylon = 1,6-Di-Aminohexan + Decansäurechlorid



Die **N-C** Bindung wird als Amid-Bindung bezeichnet (wie Peptid nur anderer Name).

## 6.5 Synthese Polycarbonat

**Allgemein:** Diol + Kohlensäure (oder Derivate)



2,2-Bis(4-Hydroxyphenyl)propan (Bisphenol A) ("Weichmacher")

## 6.6 Polymerisation

Moleküle die mindestens **eine** Doppelbindung enthalten reagieren meist in einer Polymerisation.

## Kapitel 7: Elektrochemie

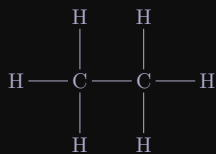
# Kapitel 8: Allgemeines

## 8.1 Homologe Reihen

Beispiele sind jeweils mit Ethan- gewählt.

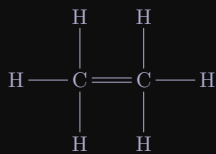
1. Alkane:  $C - C$ -Einfachbindung |  $C_n O_{n2+2}$

Ethan:



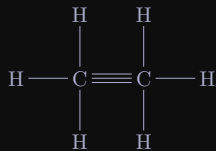
2. Alkene:  $C = C$ -Doppelbindung |  $C_n O_{n2}$

Ethen:



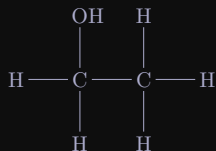
3. Alkine:  $C \equiv C$ -Dreifachbindung |  $C_n O_{n2-2}$

Ethin:



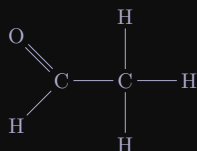
4. Alkohole:  $R - OH$  |  $C_n H_{2n+1} OH$

Ethanol:

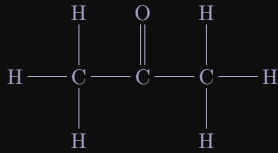


5. Aldehyde:  $R - CHO$  |  $C_n H_{2n} CHO$

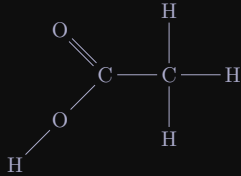
Ethanal:



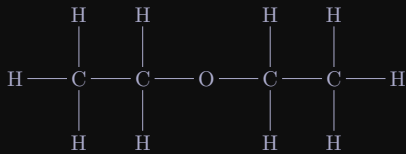
6. Ketone:  $R - CO - R' \mid C_n H_{2n} O$   
 Propanon: (Da mindestens 3 C benötigt)



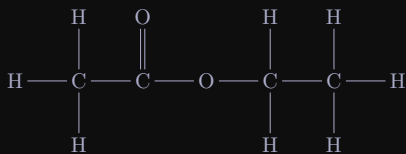
7. Carbonsäuren:  $R - COOH \mid C_n H_{2n+1} COOH$   
 Ethansäure:



8. Ether:  $R - COO - R'$   
 Diethylether-Molekül:



9. Ester:  $R - COO - R'$   
 Ethansäureethylester:



## 8.2 Bindungen

### 8.2.1 Elektronenpaarbindung

- Atome teilen sich die Elektronen
- Immer zwei Elektronen bilden eine Elektronenpaar (polar, unpolar  $\Delta EN$ )
- bindende/nichtbindende Elektronenpaare
- Oktettregel/Edelgaskonfiguration soll erfüllt sein
- Einfach-, Zweifach-, Dreifachbindungen möglich

### 8.2.2 Atombindung

### 8.2.3 Ionenbindung

- Salze
- Nichtmetall mit Metall
- Elektronen werden vollständig übertragen bzw. entzogen  $\Delta EN > 1.5$   
 → Kationen (positiv), Anionen (Negativ)

- Bohr'sche Atommodell → volle äußerste Schale
- positive und negative Ladungen ziehen sich elektrostatisch an
- Gitterstrukturen
- Wechselwirkungen in alle Raumrichtungen
- Hohe Schmelz und Siedepunkte

#### 8.2.4 Metallbindung

- Metall
- "Elektronengasmodell"
- Leitfähigkeiten erklärbar
- Duktilität (Verformbarkeit)
- chemische Bindung, die durch Anziehung zwischen Atomrümpfen und den freien Elektronen (Elektronengas) entsteht

#### 8.2.5 Koordinative Bindungen

- Kommen bei Komplexverbindungen vor
- Wechselwirkungen zwischen Zentralatom/ion und Liganden
- Spezielle Art der Elektronenpaarbindung
- Koordinationszahl als Anzahl der koordinativen Bindungen am Zentralteilchen
- Lewis Säure/Base-Theorie

Bsp: Diamminsilber(I)-Ions bei Tollens Reaktion, Tetraaquakupfer(II)-Ions bei Fehling Reaktion

### 8.3 Polarität

#### 8.3.1 Polar

#### 8.3.2 Unpolar

### 8.4 Wechselwirkungen

#### 8.4.1 Wasserstoffbrückenwechselwirkung

#### 8.4.2 London-Wechselwirkung

#### 8.4.3 Dipol-Dipol Wechselwirkung

#### 8.4.4 Ionische-Wechselwirkung

### 8.5 Aktivierungsenergie

Die Aktivierungsenergie ist die benötigte Energie um eine Reaktion ablaufen zu lassen.

Die Aktivierungsenergie zeigt an ob es sich um eine **exotherme** oder **endotherme** Reaktion handelt. Ist die Aktivierungsenergie hoch, so ist es eine **endotherme** Reaktion, ist sie jedoch niedrig so ist es eine **exotherme** Reaktion. Reaktionen mit niedriger Aktivierungsenergie laufen in der Regel schneller ab und können als



spontaner wahrgenommen werden.

Um die Aktivierungsenergie herabzusetzen kann man einen Katalysator verwenden.

## 8.6 Kalorimeter

Ein Kalorimeter ist ein Gerät um Temperaturen eines Systems zu berechnen.

Aufbau:

- Geschlossener Behälter
- Thermometer
- Rührer

Berechnung:  $Q = m_{ges} * c_{ges} * \Delta T$

- $Q$  = Wärmeenergie
- $m$  = Masse des Behälters
- $c$  = spezifische Wärmekapazität
- $\Delta T$  = Temperaturänderung

## 8.7 Katalysator

Ein Katalysator ist ein Stoff um die Aktivierungsenergie herabzusetzen.

"Der Katalysator geht unverändert aus der Reaktion heraus."

Er bietet der Reaktion eine andere Route wodurch es einfacher wird zu reagieren.

Arten des Katalysator:

- Homogene Katalyse: Der Katalysator und der Reaktionspartner sind beide in der gleichen Phase. Sprich, beide gasförmig oder flüssig. Dadurch können sich die Stoffe gut vermischen.
- Heterogene Katalyse: Beide Stoffe liegen in verschiedenen Phasen vor. Der Katalysator ist im festen Zustand während die Edukte flüssig oder gasförmig sind.
- Biokatalyse: Katalyse die im Körper statt findet (biologische Systeme)
- Autokatalyse: Bei der Reaktion entsteht der Katalysator selbstständig, daher braucht man keinen extra hinzufügen.

## 8.8 Massenwirkungsgesetz

Die Gleichgewichtskonstante  $K_c$  ist temperaturabhängig und unabhängig von den Anfangskonzentrationen der reagierenden Stoffe. Bei konstanter Temperatur im chemischen Gleichgewicht bleibt das Verhältnis der Konzentrationen der Teilchen auf der rechten Seite der Gleichung dividiert durch die Konzentrationen der Teilchen auf der linken Seite konstant. Die Einheit der Gleichgewichtskonstanten hängt von den Koeffizienten in der Reaktionsgleichung ab.

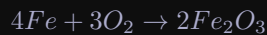
## 8.9 Nukleophiler Angriff

Ein nukleophiler Angriff beschreibt den Angriff eines elektronenreichen Teilchens (Nukleophil) auf ein elektronenarmes Zentrum (Elektrophil) in einer chemischen Reaktion.

## 8.10 Redox Reaktion

### 8.10.1 Oxidation

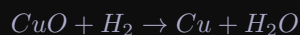
Oxidation ist ein chemischer Prozess, bei dem ein Element oder eine Verbindung Elektronen verliert, während es mit einem anderen Stoff reagiert. Die Substanz, die Elektronen verliert, wird als Reduktionsmittel bezeichnet, während die Substanz, die Elektronen gewinnt, als Oxidationsmittel bekannt ist. Ein Beispiel für eine Oxidationsreaktion ist die Reaktion von Eisen mit Sauerstoff, bei der Eisenoxid entsteht:



In diesem Beispiel verliert das Eisen Elektronen und wird oxidiert, während der Sauerstoff Elektronen gewinnt und reduziert wird.

### 8.10.2 Reduktion

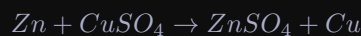
Reduktion ist das Gegenteil der Oxidation und bezeichnet einen chemischen Prozess, bei dem ein Element oder eine Verbindung Elektronen gewinnt. Die Substanz, die Elektronen gewinnt, wird als Oxidationsmittel bezeichnet, während die Substanz, die Elektronen verliert, als Reduktionsmittel bekannt ist. Ein typisches Beispiel für eine Reduktionsreaktion ist die Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Wasserstoff, bei der Kupfer und Wasser entstehen:



In diesem Beispiel gewinnt das Kupfer(II)-oxid Elektronen und wird reduziert, während der Wasserstoff Elektronen verliert und oxidiert wird.

### 8.10.3 Redox Reaktion

Redoxreaktionen (Reduktions-Oxidationsreaktionen) sind chemische Reaktionen, bei denen Elektronen zwischen zwei Substanzen übertragen werden. Sie bestehen aus zwei Halbreaktionen: einer Oxidation, bei der Elektronen abgegeben werden, und einer Reduktion, bei der Elektronen aufgenommen werden. Ein Beispiel für eine Redoxreaktion ist die Reaktion von Zink mit Kupfer(II)-sulfat:



In dieser Reaktion gibt Zink Elektronen ab und wird zu Zinkionen oxidiert, während Kupfer(II)-ionen Elektronen aufnehmen und zu elementarem Kupfer reduziert werden. Hierbei fungiert Zink als Reduktionsmittel und Kupfer(II)-sulfat als Oxidationsmittel.

Oxidation:  $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$  Reduktion:  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

## 8.11 Isomerie

Es gibt verschiedene Arten der Isomerie. [Hier](#) gibt es mehr dazu.

## 8.12 Nachweisreaktionen

Dokumenten-Links:

- [Stärke Nachweis](#)
- [Proteine Nachweis](#)
- [Aminosäuren Nachweis](#)

- Ungesättigte Fettsäuren Nachweis

## 8.13 Schreibweisen

### 8.13.1 Fischer Projektion

Gehört zu Naturstoffen und ist [hier](#) zu finden.

### 8.13.2 Haworth Projektion

Gehört zu Naturstoffen und ist [hier](#) zu finden.

### 8.13.3 Ionenschreibweise

### 8.13.4 Lewis Formel

### 8.13.5 Strukturformel

## 8.14 Wichtige Stoffe

Name	Formel
Essigsäure	$HC_3COOH$
Ammoniak	$NH_3$
Ammoniumchlorid	$NH_4Cl$
Chlorwasserstoff	$HCl$
Oxoniumionen	$H_3O^+$
Hydroxidion	$OH^-$
Citronensäure	$C_6H_8O_7$

## Kapitel 9: Was fehlt noch?

- Mesomer info
- Brönsted
- Atombindung / Bindungen bessere Erklärung
- Koordinative Bindungen
- Kondensationsschreibweise / Kondensationsreaktion
- Wechselwirkungen
- polar / unpolar
- Peptidbindungen
- Chromatographie
- Aromaten Steckbrief und Strukturaufklärung verbessern
- Hybridisierungen und so
- Monomer, Polymer (villt)
- Nukleophiler
- Schreibweisen:
  - Lewis Formel
  - Ionenschreibweise
  - Strukturformel
- Nachweisreaktion:
  - Stärke (Iod probe)
  - Restliche sonst auch
- Stoffe:
  - Carboxi-/Carboxylgruppen
  - Voll-/Halbacetat
  - Glycosidische Bindungen
  - Acetat
  - Cellulose