

# Alkane

## homologe Reihe

Summenformel:  $C_n H_{2n+2}$

Nomenklatur: -an

- ▷ Mit steigender Kettenlänge nehmen Siede u. Schmelztemperatur zu. (Van-der-Waals-Kräfte)
- ▷ Alle Alkane sind brennbar und wasserunlöslich (außer Methan)

## Stoffeigenschaften

- ▷ gesättigte Kohlenwasserstoffe → reaktionsträge
- ▷ reagieren nicht mit Säuren oder Laugen
- ▷ typische Reaktionen
  - radikalische Substitution (M1)
    - ↳ unter UV-Licht reagieren sie mit Halogenen
  - Reaktion mit Sauerstoff →  $CO_2$  und  $H_2O$ ; exotherm
    - ⇒ freiwerdende Energie wird zum Heizen oder als Treibstoff von Maschinen genutzt
- ▷  $sp^3$ -hybridisiert → tetraedisch

## Cycloalkane

- ▷ Eigenschaften vergleichbar mit Alkanen
- ▷ Ring (aus dem Alkan werden 2 H-Atome abgespalten)
- ▷ räumliche Anordnung: Konformation

Sesselkonformation

Wannekonformation

# Halogenalkane

▷ entstehen bei der radikalischen Substitution  
bei Alkanen

▷

## Alkene

### homologe Reihe

Summenformel:  $C_n H_{2n}$

Nomenklatur: Stellung der Doppelbindung vor -en (möglichst  
kleine Zahl)

Löslichkeit, Schmelz und Solt. sind bei gleicher  
Kettenlänge fast identisch mit den entsprechenden Alkanen

### Stoffeigenschaften

▷  $C=C$  - Doppelbindung

↳ ungesättigte Kohlenwasserstoffe → reaktiv

▷ Herstellung: Eliminierung (M2) bei Alkanen

▷ Reaktivität: Additionsreaktionen, vor allem  $A_E$  (M3)

### $sp^2$ , planar, trigonal

C-Atome sind  $sp^2$ -hybridisiert

↳ planar und trigonal

# Isomerie

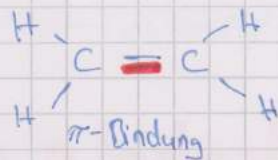
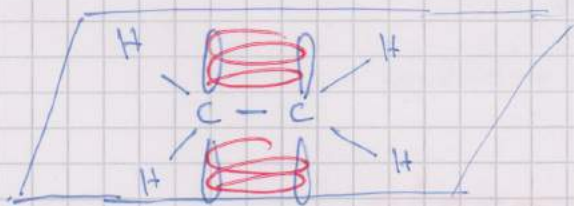
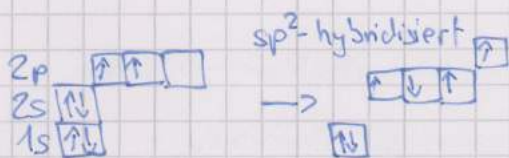
▷ durch die Doppelbindung sind Alkene nicht frei drehbar

↳ cis- und trans-Isomere

Cis-Isomerie: Die beiden Gruppen liegen auf der gleichen Seite

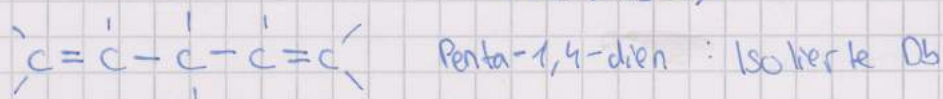
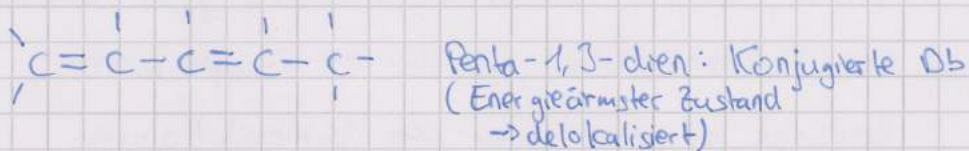
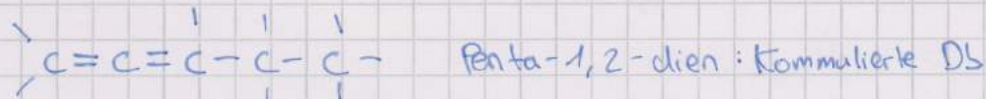
Trans-Isomerie: Die beiden Gruppen liegen gegenüberstehend

## $\sigma$ - $\pi$ -Modell



planar: Bindungswinkel  $120^\circ$

## Polyene



# Alkine

## homologe Reihe

Summenformel:  $C_nH_{2n-2}$

Nomenklatur: Stellungen d. Doppelbindung vor -in  
höhere Priorität als Alkene

Unpolar, lösen sich nur in unpolaren Lösungsmitteln

## Stoffeigenschaften

$C \equiv C$  - 3-Fachbindung  $\rightarrow$  nicht drehbar  $\rightarrow$  linear

$\hookrightarrow$  ungesättigter Kohlenwasserstoff  $\rightarrow$  reaktiv

Reaktivität: Additionsreaktionen

$sp$ -hybridisiert  $\rightarrow$  1  $\sigma$ - und 2  $\pi$ -Bindungen

# Alkohole / Alkanole

## homologe Reihe

$\triangleright$  haben als funktionelle Gruppe mindestens eine

Hydroxyl-Gruppe (OH-Gruppe)

$\triangleright C_nH_{2n+1}OH$

$\triangleright$  primär, sekundär und tertiäre Alkohole, je nachdem, ob

das Kohlenstoffatom mit der OH-Gruppe weitere

Bindungen zu zwei oder drei Kohlenstoffatomen

aufweist

Nomenklatur: -ol an den Alkannamen und die Nummer  
der Stellung der OH-Gruppe vor -ol.

# Hydrophil / Lipophil

Hydrophil = wasserliebend  
Lipophil = fettliebend

Hydrophob = wasserföchtig  
Lipophil = fettliebend

„Gleiches löst sich in Gleichem“

▷ kurzkettige Alkohole lösen sich gut in Wasser

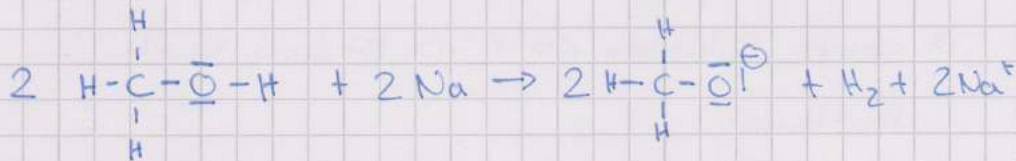
▷ längerkettige Alkohole lösen sich zunehmend besser in unpolaren Lösungsmitteln

# Stoffeigenschaften

Siedetemperatur und Schmelztemperatur:

▷ typische Reaktionen:  $S_N$  Etherbildung (M7), Reaktion zu Alkoholen (OS), Eliminierung (M2)

# Alkoholate → stärkere Basen



starke Base  
↳ gutes Nucleophil  
Erhöhung d. Elektronendichte

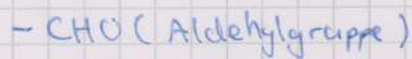
⇒ Mit Hilfe von Natrium lässt sich  $\text{H}_2$  abspalten

# Oxidationen

- ▷ Bei Oxidationen von primären Alkoholen entstehen Aldehyde (06), die dann noch weiter zu Carbonsäuren (11) oxidiert werden können
- ▷ Bei Oxidationen von sekundären Alkoholen entstehen Ketone (07)

## Aldehyde / Alkanale

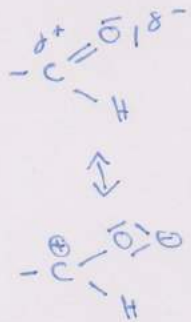
- ▷ Die funktionelle Gruppe ist eine Carbonylgruppe, die sich am Ende einer Kohlenstoffkette befindet:



Nomenklatur: Alkan + -al

Herstellung: Oxidation von primären Alkoholen (04)

Grenz Zustand:



## Eigenschaften und Reaktivität

- ▷ starke Polarität der C-O Bindung bewirkt Reaktivität
- ▷ Typische Reaktionen
  - Additionsreaktionen:  $A_N$  (M8)
  - Kondensreaktionen (M6)
- ▷ reduzierende Wirkung
  - Aldehyd Nachweis (N2)

## Wasserlöslichkeit:

▷ wie Hydroxy-Gruppe auch polar, aber nicht ganz so stark

↳ kurzkettige Aldehyde sind wasserlöslich

↳ langkettige, aufgrund der sinkenden Polarität nicht

## Siedetemperatur:

▷ Wegen der Polarität ist die Siedetemperatur höher als bei den Alkanen, aber niedriger als die der entsprechenden Alkohole (O4)

▷ Die Siedetemperaturen steigen mit Zunahme der Kettenlänge aufgrund der steigenden Van-der-Waals-Kräfte (A3)

# Ketone / Alkanone

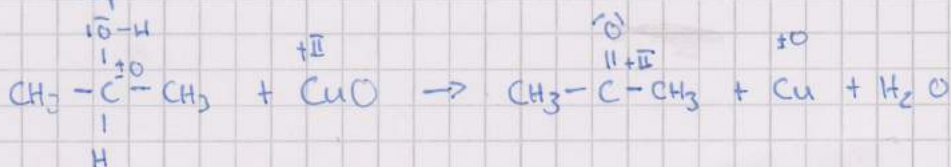
▷ Die funktionelle Gruppe ist die Carbonylgruppe

An das C-Atom sind 2 Kohlenwasserstoffreste gebunden:  $>C=O$  (Keto-Gruppe)

Nomenklatur: Alkan + Stelle der Keto-Gruppe + -on

Herstellung: Ketone entstehen durch Oxidation von sekundären Alkoholen.

Beispiel:



Propan-2-ol

Kupferoxid

Aceton (Propanon)

Kupfer

Wasser

# Eigenschaften u. Reaktivität

- ▷ starke Polarität der C-O Bindung bewirkt Reaktivität
- ▷ typische Reaktionen → (Wie Aldehyde, Reaktionsfähigkeit allerdings schwächer)
  - Additionsreaktion:  $A_N$  (M8)
  - Kondensationsreaktion (M6)
- ▷ keine reduzierende Wirkung
  - ↳ Fehling-Reaktion, Tollensprobe (N2)  
fallen negativ aus
- ▷ durch das positiv polarisierte C-Atom sind Annäherungen eines Nucleophils (mit FEP) erleichtert
- ▷ Wasserlöslichkeit u. Siedetemperatur ähnlich wie bei den Aldehyden (O6)
- ▷ Im Vergleich zum Aldehyd ist das Keten aufgrund des 2. Rests nicht so reaktionsfreudig
  - C-Atom weniger positiv
  - ↳ erschwert die Annäherung eines Nucleophils



# Ether / Alkoxy-Alkane



→ Sauerstoffatom verbindet zwei Kohlenwasserstoffreste

Herstellung: Alkohole (04) können unter Abspaltung von Wasser zu Ethern umgesetzt werden.

Etherbildung (M7)

Nomenklatur: 1. Variante: Nennung d. Alkylreste + Ether

2. Variante Alkoxy-Alkane

- niederrangige Substituent der Kette ist der Alkoxy-Rest ( $-O-R_2$ )
- der höherrangige bildet den Stamm des Stoffnamen

Methoxymethan / Dimethylether  $CH_3 - \bar{O} - CH_3$

2-Methoxypropan  $H_3C - \bar{O} - CH(CH_3)_2$

1-Ethoxy-2-fluorethan  $FH_2C - CH_2 - \bar{O} - CH_2 - CH_3$

## Stoffeigenschaften

▷ polar

Wasserlöslichkeit:

▷ kleine Ether sind mäßig wasserlöslich

↳ große Ether nicht, aufgrund der sinkenden Polarität

Siedetemperatur:

▷ deutlich unter den entsprechenden Alkoholen

↳ keine Wasserstoffbrückenbindungen (AS)

# Ester (Carbonsäureester)

▷ Derivat der Carbonsäuren

▷ Zwei Kohlenwasserstoffreste über  $-COOR$

Herstellung: Veresterung (M9) bzw. Kondensationsreaktion (M6)

- Ester entstehen, wenn eine (Carbon)säure mit einem primären oder sekundären Alkohol (meist mit Hilfe eines Katalysators) reagiert

Nomenklatur: Endung -at

Alternativ:

ursprüngliche Säure + „Alkylgruppe des Alkohols“ + Ester

Beispiel: Essigsäureethylester

▷ niedere Carbonsäuren + niedere Alkohole

→ Duft- und Aromastoffe

▷ höhere Carbonsäuren + höhere Alkohole

→ Wachse

▷ höhere Carbonsäuren + Glycerin (Propantriol)

→ Fette

Können bei der Esterhydrolyse ( $H_2O/H^+$ ) wieder in Carbonsäure und Alkohol aufgespalten werden

## Stoffeigenschaften

Wasserlöslichkeit: kurze Ester gut, lange schlecht

Siedetemperaturen: geringer als von Alkohol  
↳ keine H-Brückenbindungen

# Carbonsäuren

▷ Funktionelle Gruppe: Carboxylgruppe ( $-COOH$ )  
(Carboxy-Gruppe)

Nomenklatur: Alkan + Säure

Herstellung: Oxidation von primäre Alkoholen (04)  
oder Aldehyden (06)

▷ Entstehen bei der Esterhydrolyse

▷ können mit Alkoholen zu Carbonsäureestern (10)  
reagieren

▷ bekannteste: Essigsäure bzw. Ethansäure

Reaktionsmöglichkeiten: Additionsreaktionen:

• Additionsreaktionen:  $A_N$  (M8)

• Halogen-carbonsäuren (12)

▷ Fettsäuren (als 4 C-Atome)

• min. eine Doppelbindung  $\rightarrow$  ungesättigte Fettsäuren

## Stoffeigenschaften

Wasserlöslichkeit:

• kurzkettige Carbonsäuren lösen sich wegen der hydrophilen Carboxylgruppe gut in Wasser

$\rightarrow$  lange nicht, aufgrund d. sinkenden Polarität

Siedetemperatur

• Wasserstoffbrücken können gebildet werden (Dimere)

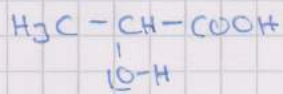
• Carboxyl-Gruppe ist stärker polar als Hydroxy(l)-Gruppe

$\rightarrow$  höhere Siedetemperatur

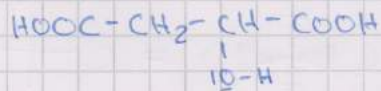


# Hydroxysäuren

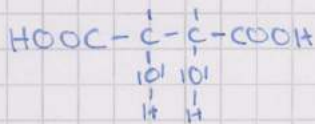
$\alpha$  - Hydroxycarbonsäure (Milchsäure)



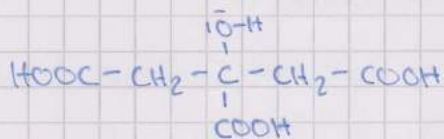
$\alpha$  - Hydroxycarbonsäure (Äpfelsäure)



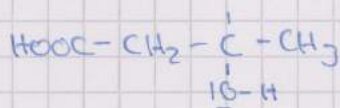
2,3 - Di-Hydroxybutan - 1,4 Di carbonsäure  
(Weinsäure)



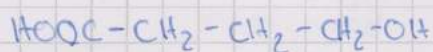
Zitronensäure (2 Hydroxypropantricarbonsäure)



$\beta$  - Hydroxybuttersäure (3-Hydroxybuttersäure)



$\gamma$  - Hydroxybuttersäure (4-Hydroxybuttersäure)

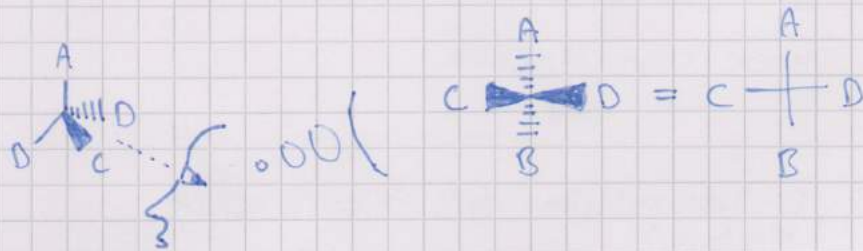


# Fischer-Projektion

▷ horizontal angeordnete Substituenten stehen vor der Ebene

▷ vertikal angeordnete Substituenten stehen hinter der Ebene

D (lat. dexter „rechts“) L (lat. laevis „links“)



Keilstrichformel

Fischer-Projektion

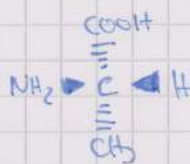
## Regeln

▷ Kette von oben nach unten gezeichnet

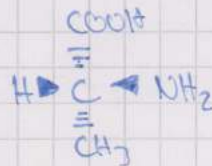
↳ wobei das am stärksten oxidierte C-Atom oben steht

▷ Das chirale Zentrum wird oft nicht geschrieben

▷ untere Gruppe bestimmt den Namen (D oder L)



L-Alanin



D-Alanin

Enantiomer( )

# Aromaten

## Kriterien für den aromatischen Zustand

- ▷  $sp^2$ -hybridisiert → planar
  - ▷ cyclisch
  - ▷ alle Atome des Rings sind  $sp^2$ -hybridisiert
  - ▷ durchgehend konjugierte Doppelbindung
  - ▷ Hückel-Regel  $(4n + 2) \pi$ -Elektronen  
( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ )  
→ Zahl der delokalisierten Elektronenpaare ist ungerade
  - ▷ Bindungslänge zwischen einfach und doppelbindung
  - ▷ Molekül zeigt besonders hohe Stabilisierungsenergie
- ⇒ Die Doppelbindung sind im Vergleich zu den nichtaromatischen Doppelbindung energieärmer  
→ weniger reaktiv
- ▷ Sie neigen nicht zu Additionsreaktionen, sondern zu Substitutionsreaktionen

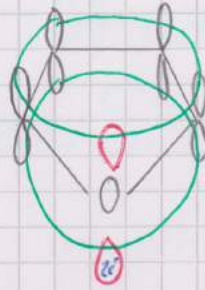
Reaktionsmöglichkeiten:

- SE  
Halogenierung ( ), F.C. Alkylierung ( ),  
Nitrierung ( )
- Hydrierung ( )

# Heteroaromaten



Furan



Sauerstoff - hybridisiert  $\rightarrow$  ein freies EP

$\rightarrow$  bildet vertikales  $\pi$ -Orbital

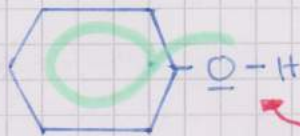
$\triangleright$  erfüllt Hückel-Regel

Reaktionsmöglichkeiten: siehe Aromaten (15)

# Aromatischer Alkohol

bsp Phenol

$\triangleright$  Säurestärke ist größer als von normalen Alkoholen



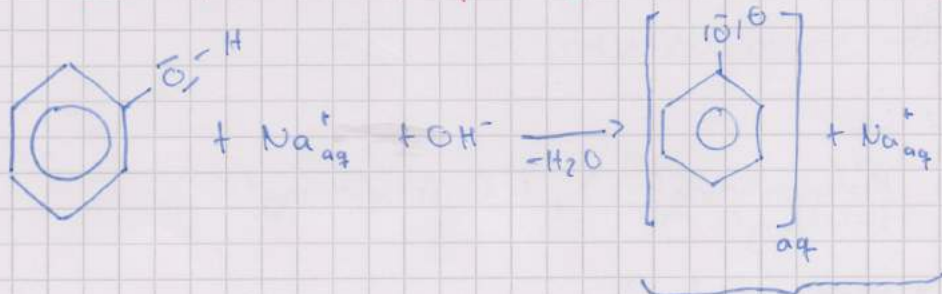
+M-Effekt vom Sauerstoff

Polartät wird erhöht

$\triangleright$  Wasserlöslichkeit: eher schlecht (6 Kohlenstoffe)

$\rightarrow$  Emulsion

aber: Neutralisation führt zu einer klaren Lösung

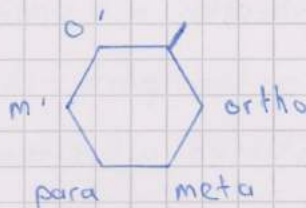
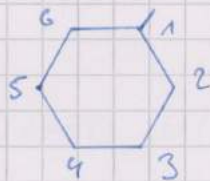


in der Regel wasserlöslich  $\leftarrow$  Salz

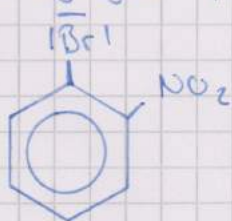


# Zweitsubstitution

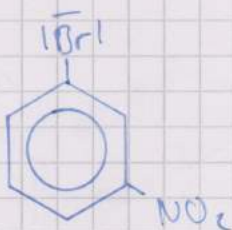
## Nomenklatur



Ausgangsstoff: Brombenzen



Ortho-Nitrobrombenzen  
2-Nitrobrombenzen 13%



Meta-Nitrobrombenzen  
3-Nitrobrombenzen 85%



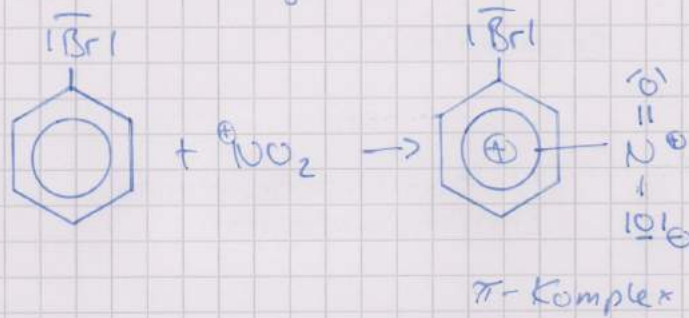
Para-Nitrobrombenzen  
4-Nitrobrombenzen 2%

Erstsubstituent wird den Zweitsubstituenten aufgrund mesomere (und induktive) Effekte in eine bestimmte Richtung lenken.

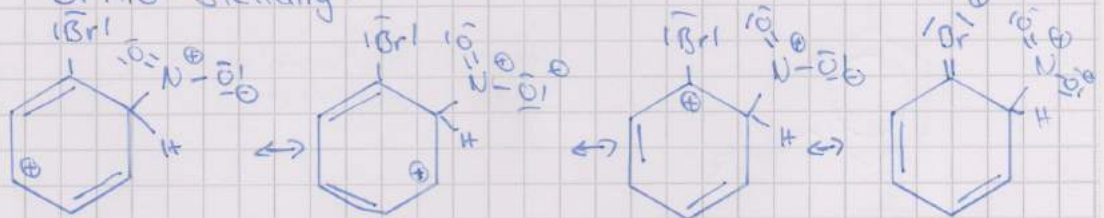
# Dirigierende Wirkung des Erstsубstituenten

Substituenten mit einem positiven (+) M-Effekt (AG) sind ortho-para-dirigistisch.

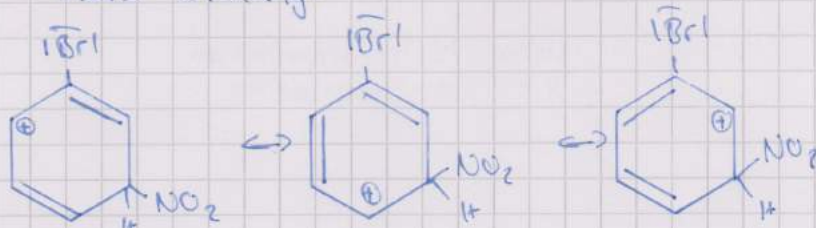
Substituenten mit einem negativen (-) M-Effekt (AG) sind meta-dirigistisch.



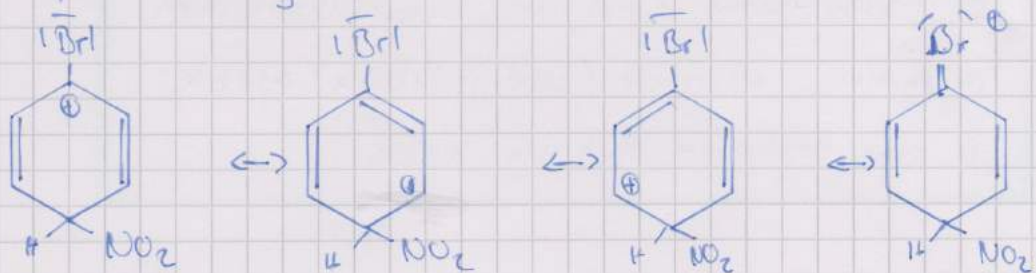
ortho-Stellung:



meta-Stellung:

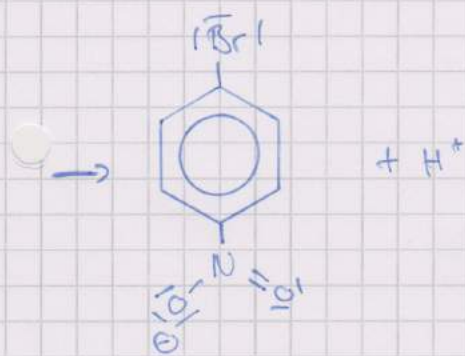


para-Stellung:



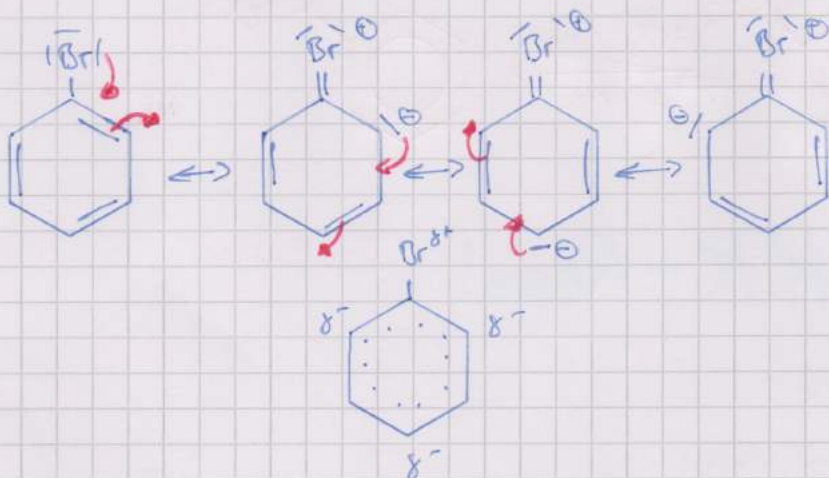
$\delta$ -Komplex

Mesomeriestabilisierter



Rearomatisierung  
Para-Stellung entsteht bevorzugt

Alternativ können die Grenzstrukturen (mesomeren) die, durch Mesomeren-Effekt, erhöhten Elektronendichte erkennbar machen:



+M-Effekt: **op- dirigistisch**

4 ortho ; 3 meta ; 4 para

▷ 2 ortho Stellen gegen 1 para Stelle

↳ sterische Hinderung spricht für para

-M-Effekt: **m- dirigistisch**

3 ortho ; 3(4) meta ; 3 para

▷ bei ortho und para sind zwei positive Ladungen nebeneinander

+I-Effekt: jeweils 3 **op- dirigistisch**

▷ positive Ladung bei op wird abgeschwächt

-I-Effekt: jeweils 3 **m- dirigistisch**

▷ positive Ladung bei op wird verstärkt

+M: aktivierende Wirkung

Elektronendichte höher

→ elektrophiler Angriff erleichtert

→ Reaktion ist schneller

-M: deaktivierende Wirkung

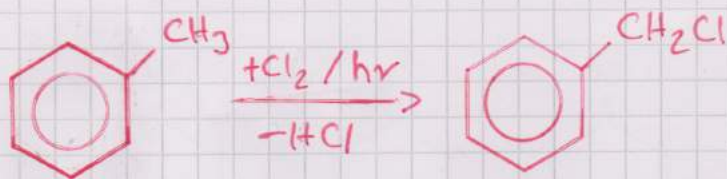
→ elektrophiler Angriff erschwert

→ Reaktion ist langsamer

# SSS-Regel

- ▷ Strahlung / Sonne (UV)
- ▷ Siedehitze
- ▷ Seitenkette

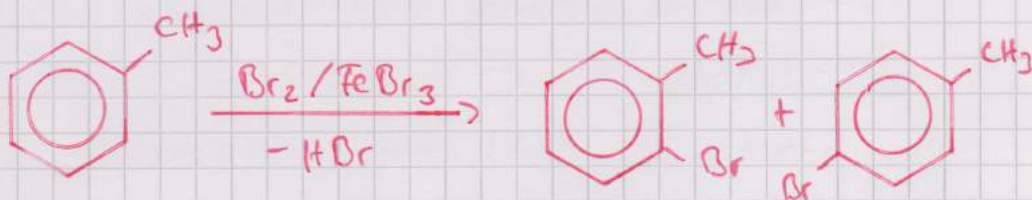
⇒ Substitutionsreaktionen (Bromierung, Chlorierung, ...) an Alkyl-substituierten Aromaten finden an der Seitenkette statt



# KKK-Regel

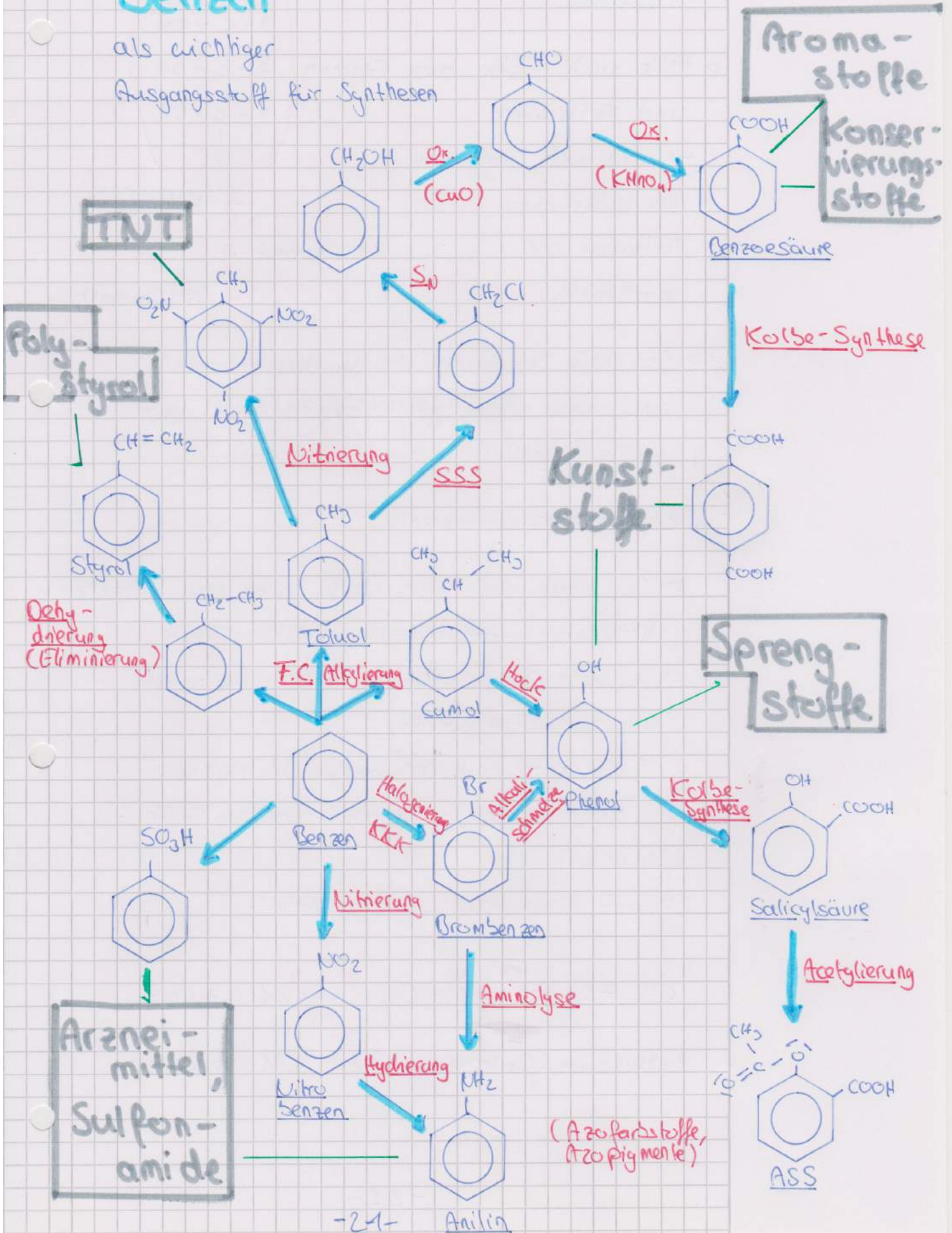
- ▷ Kälte
- ▷ Katalysator
- ▷ Kern

⇒ Substitutionsreaktionen an Alkyl-substituierten Aromaten finden am aromatischen Kern statt.



# Benzen

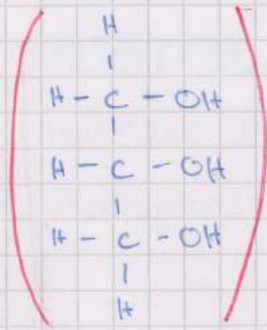
als wichtiger Ausgangsstoff für Synthesen



# Fette

- ▷ Fette sind Ester aus Glycerin und Fettsäuren

→ heißen auch Triglyceride



- ▷ Alle natürlichen Fettsäuren sind geradzahlig

Fettsäurerest

Glycerinrest

Fettsäurerest

Fettsäurerest

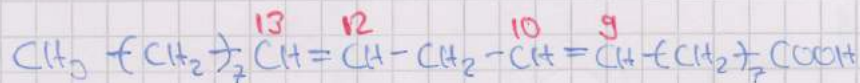
- ▷ Essentielle Fettsäuren (die der Mensch braucht) sind meist ungesättigte Fettsäuren (besitzt Mehrfachbindungen)

Schmelztemperaturbereich:

- ▷ Je länger die Kette, desto höher die Schmelztemperatur → Van-der-Waals-Kräfte
- ▷ Je mehr Doppelbindungen, desto niedriger ist die Schmelztemperatur  
(Knick → enge Anlagerungen der Moleküle nicht möglich) → geringere London-Kräfte

Löslichkeit:

- ▷ gut in lipophilen Lösungsmitteln



Linolsäure (Octadeca-(2,2)-9,12-diensäure)

305 Kunststoffe sind synthetisch hergestellte Materialien, welche aus Makromolekülen bestehen

- unterschiedliche Monomere  $\rightarrow$  unterschiedliche Kunststoffe  
 $\rightarrow$  verschiedene Eigenschaften
- geringe Dichte  
 $\rightarrow$  Flugzeugbau, Bekleidungsindustrie, Verpackungen
- Medizin: problemlose Verträglichkeit  
 $\rightarrow$  Füllmaterial, Nahtmaterial, künstliche Körperteile
- negativ: Natur baut Kunststoffe nur sehr langsam ab.

306  
307

Die Moleküle, aus denen Makromoleküle (Polymere) gebildet werden, nennt man Monomere. Damit lässt sich das Polymer beschreiben. Man unterscheidet zwischen 3 Arten der Kunststoffe:

### Thermoplaste

- Beim Erwärmen  
 $\hookrightarrow$  verformbar
- Beim Abkühlen  
 $\hookrightarrow$  Form wird behalten
- linear oder wenig verzweigte Moleküle
- Bei Temperaturerhöhung  
 $\hookrightarrow$  weich  $\rightarrow$  schmelzen
- hornartig, lederartig, gummielastisch

### Duroplaste

- lassen sich nicht verformen
- hart & spröde
- engmaschiges Molekülnetz
- 3-dimensional vernetzt
- Bei Temperaturerhöhung zersetzen sie sich ohne zu erweichen
- glasartig-spröder Zustand

### Elastomere

- Bei mechanischer Belastung  
 $\hookrightarrow$  Formveränderung, kehrt aber wieder in den Ausgangszustand
- niedrige Temperatur: hart und spröde
- höheren Temperaturen: ab  $300^{\circ}\text{C}$  Zersetzung
- weitmaschig, 2-dimensional vernetztes Molekül
- gummielastischer Zustand

Monomere	Name	Verwendungsbeispiele	Herstellung
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \end{array}$	Ethen Polyethen (PE)	Tragetaschen, Eimer, Mülltonnen	R
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Propen Polypropen (PP)	Dichtungen, Batterie- kisten, Schalen	Z-N
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \\ \text{C} \equiv \text{N} \end{array}$	Propenitril Polyacrylnitril (PAN)	Synthesefasern	R A
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \\ \text{Cl} \end{array}$	Chloretten Polyvinylchlorid (PVC)	Bodenbeläge, Rohre, Schläuche, Schallplatten	R
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	Phenylethen Polystyrol (PS)	Verpackungen, Vorrats- dosen, Isoliermaterial	R K A
$\begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \\ \text{F} \end{array}$	Tetrafluorethen Polytetrafluor- ethen (PTFE)	Rohre, Dichtungen, Pfannenbeschichtung	R
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagdown \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{O} - \text{CH}_3 \end{array}$	Methyl-2- methylpropen- oat Polymethyl- methacrylat (PMMA)	Sonnenbrillen, Lichtkuppeln, Uhrgläser	R A

R: Radikalische Polymerisation

A: Anionische Polymerisation

K: Kationische Polymerisation

Z-N: Polymerisation unter Verwendung eines Ziegler-Natta-

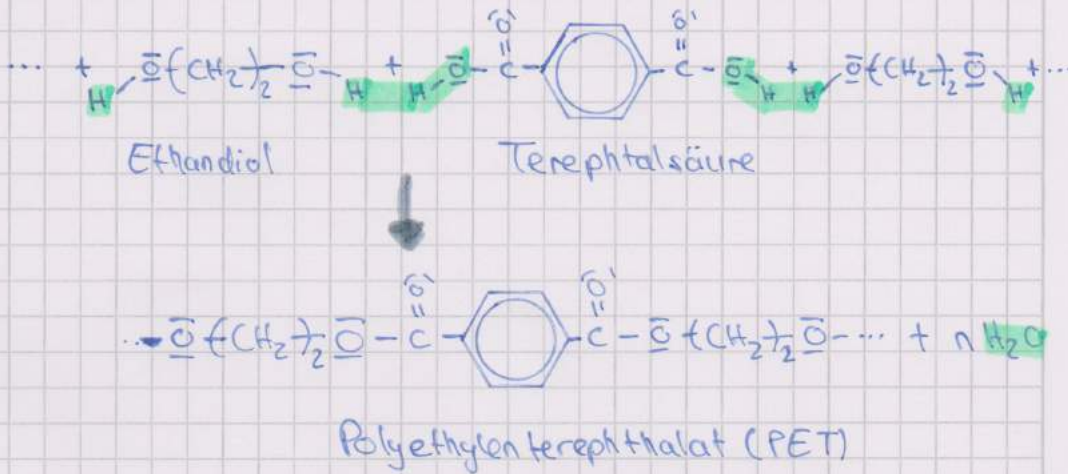
Katalysators → Ordnung: alle unten; oben; abwechselnd



# Polyester

▷ Dicarbonsäure + Diol  $\xrightarrow{AN}$  lineare Polyester

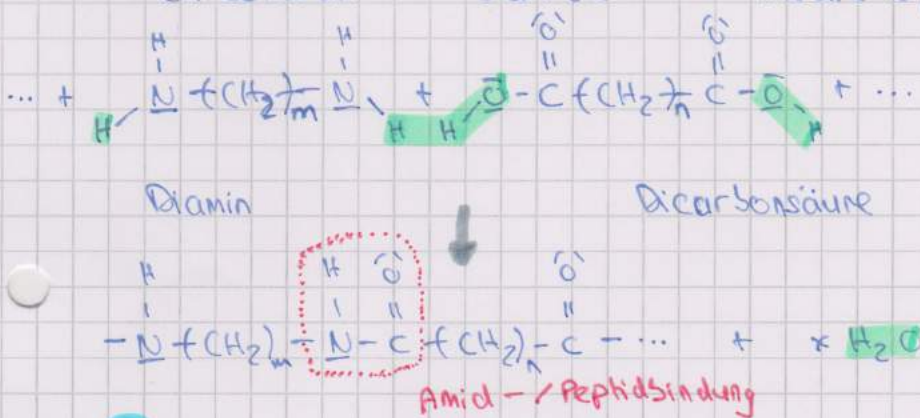
Mechanismus:  
Veresterung  
mit Protonierung



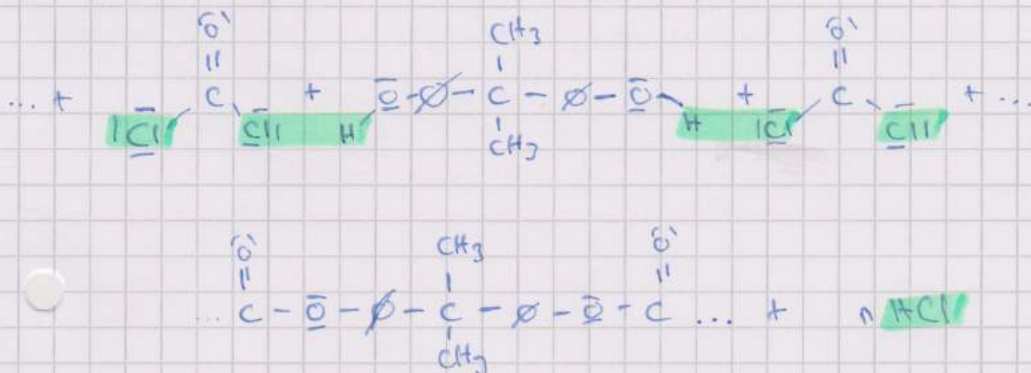
# Polyamide

▷ Dicarbonsäure + Diamine  $\xrightarrow{AN}$  lineare Polyester

Man verwendet oft Säurechloride da eine Protonierung der Aminogruppe protonieren würde



# Polycarbonate (Ester der Kohlensäure)

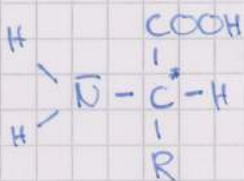


Hochschule  
Leipzig  
am 1. Februar

Sehr geehrte  
Herrn  
am 1. Februar

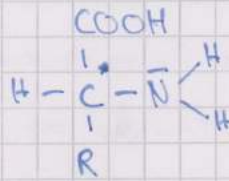
# Allgemeiner Aufbau (von Aminosäuren)

- ▷ Bausteine der Proteine
- ▷ Carboxylgruppe und Aminogruppe am  $\alpha$ -C-Atom  
→  $\alpha$ -Aminosäuren (2-Aminosäuren)
- ▷ unterscheiden sich nur vom Rest:
  - ▷ Rest bestimmt ob es saure oder basische Aminosäuren sind. (oder neutral)
- ▷ L-Aminosäuren kommen in der Natur vor



L- $\alpha$ -Aminosäure

R: Rest



D- $\alpha$ -Aminosäure

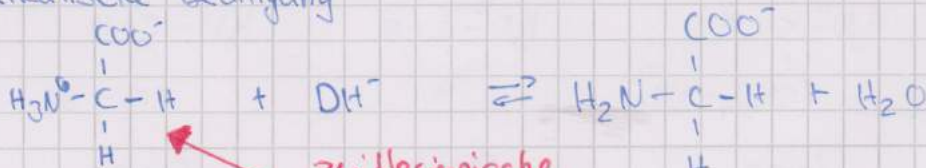
C\*: asymmetrisches C-Atom

siehe auch Fischerprojektion (14)

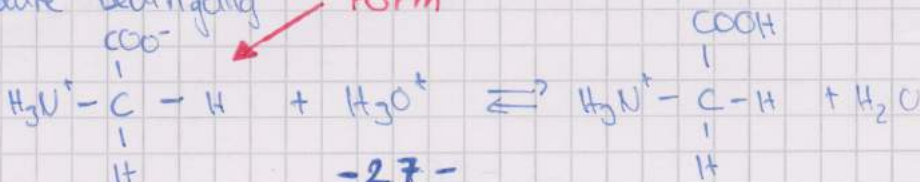
## Zwitterionenstruktur

Aminosäuren sind aus Zwitterionen (hohe Zusammenhaltkräfte) aufgebaut. Sie haben ähnliche Eigenschaften wie Salze und können als Ampholyte reagieren

- alkalische Bedingung



- saure Bedingung



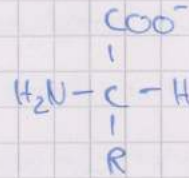
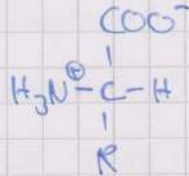
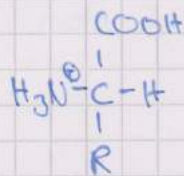
zwitterionische Form

# Der isoelektrische Punkt

Ammoniumcarbonsäure

Ammoniumcarboxylat

Aminocarboxylat



pH < IEP

pH = IEP

pH > IEP

kationische Form

zwitterionische Form

anionische Form

Der IEP ist der pH-Wert, an dem die Aminosäuren in Form von Zwitterionen vorliegen.

▷ Aufbau der Aminosäuren bestimmen den IEP

▷ basische Gruppen => hoher IEP

▷ saure Gruppen => niedriger IEP

▷ ∅ IEP = 6

## Elektrophorese

Glycin:  
liegt größtenteils als Zwitterion vor

=> neutral

Cystein:

nur 2 funktionelle Gruppen; IEP überschritten

=> komplett deprotoniert

-> negativ

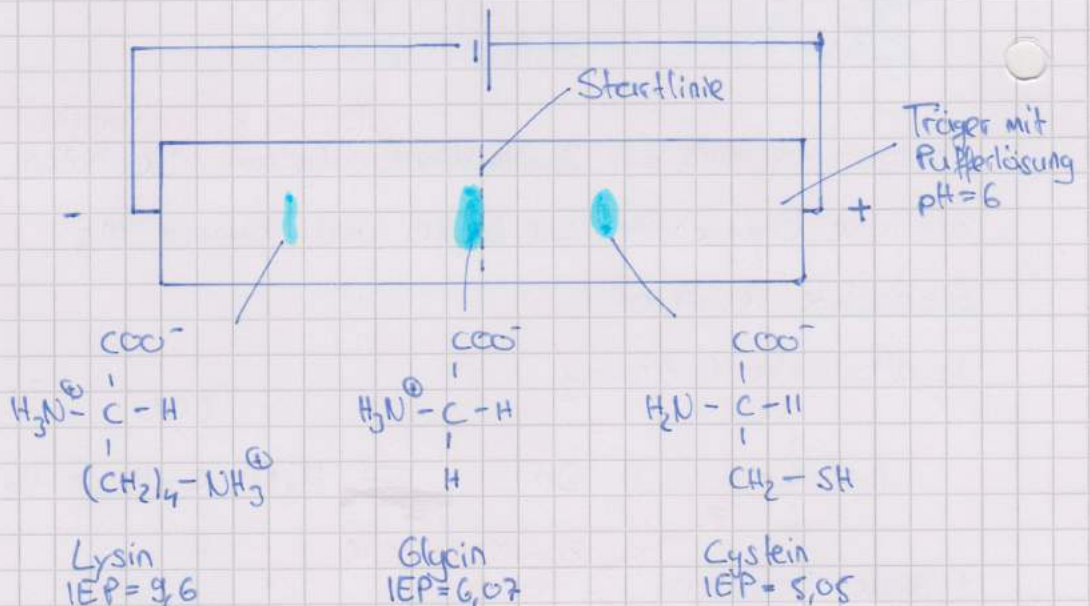
Lysin

IEP noch nicht erreicht; zwar nicht mehr vollständig protoniert (wegen pH = 6), aber

immernoch einfach

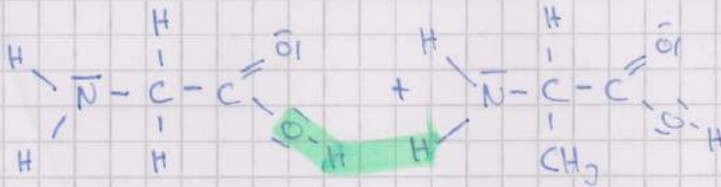
positiv

-> positiv



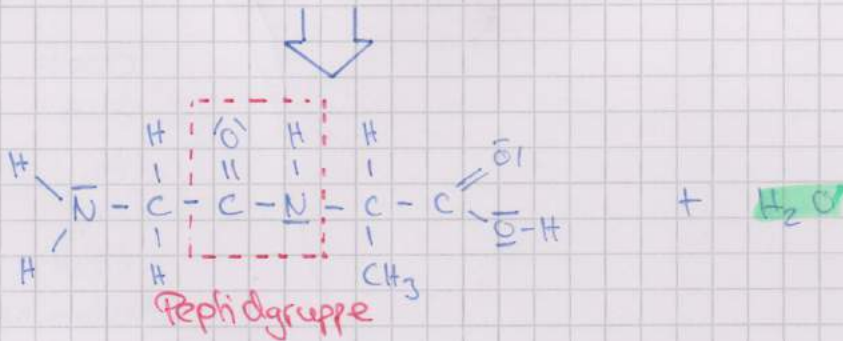
# Peptide und Peptidbindungen

▷ Eine Peptidbindung entsteht, wenn zwei Aminosäuren durch eine Kondensationsreaktion miteinander reagieren

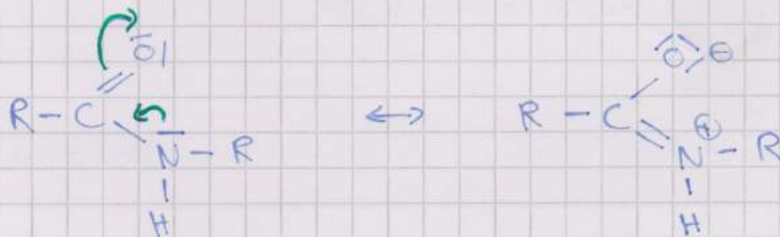


Glycin (Aminosäure)

Alanin (Aminosäure)



Glycylalanin (Dipeptid)



Peptidbindung wird mesomeriestabilisiert

→ positive partial Ladung abgeschwächt

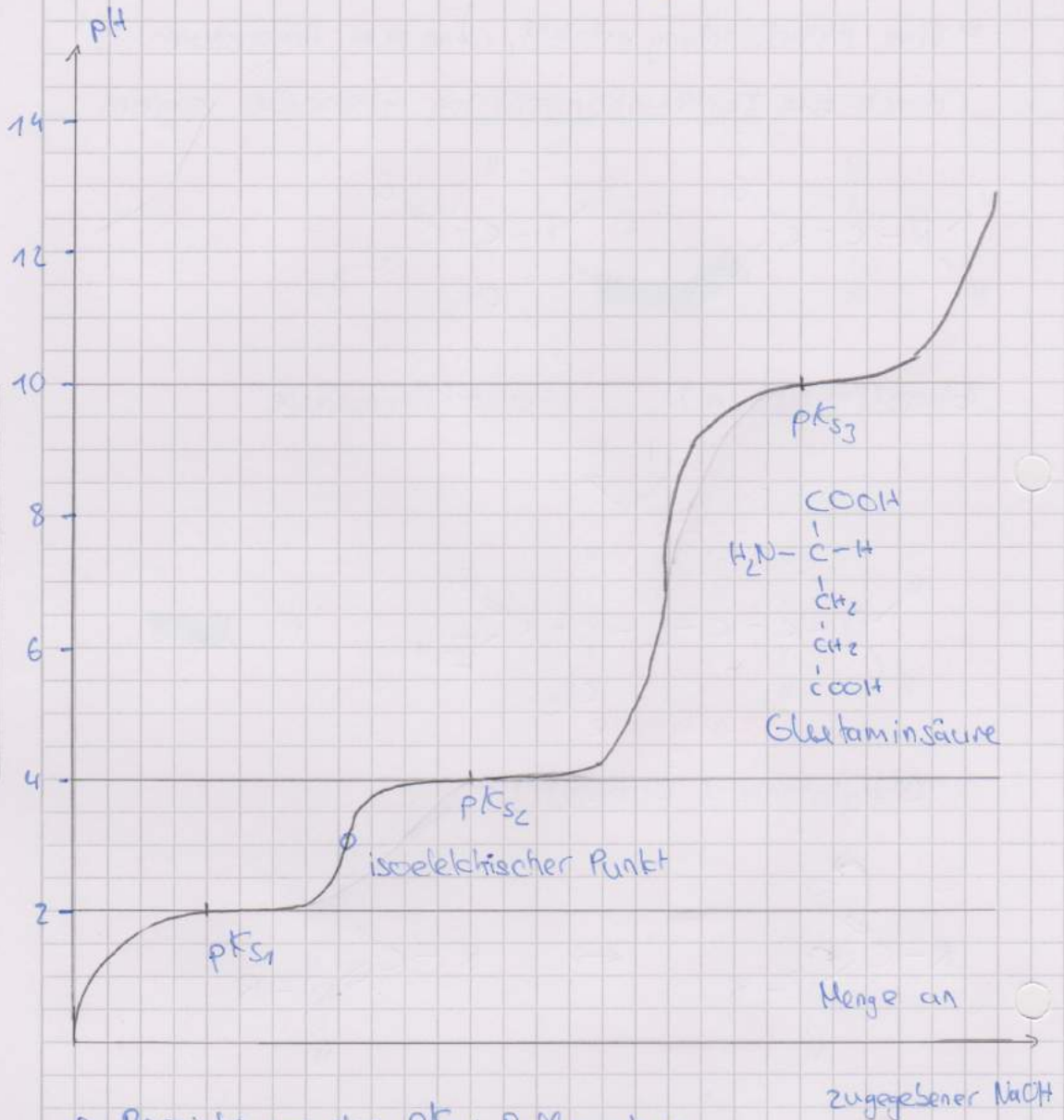
→ Hydrolyse erschwert

→ sp<sup>2</sup>-hybridisiert → planar

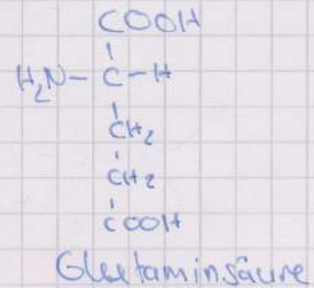
▷ Peptide sind organische Verbindungen, die Peptidbindung zwischen Aminosäuren enthält.

# Titration

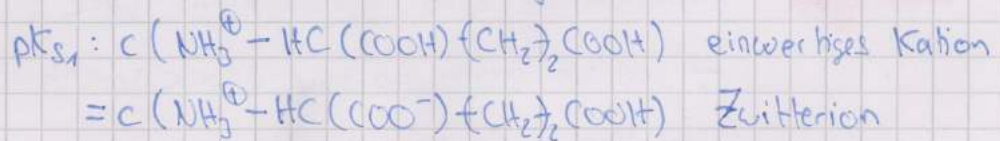
Titrationkurve einer sauren Aminosäure



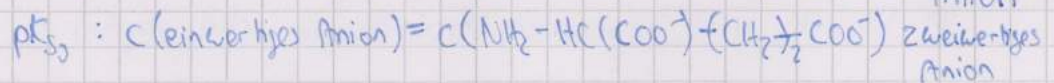
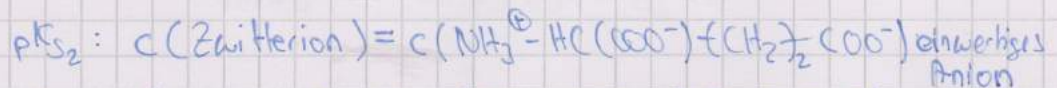
großer Abstand:  
Anion ( $CH_2$ -  
Gruppe gibt  
nicht gern sein  
Proton ab.  
Abfederung von  
 $OH^-$  nicht möglich  
→ stark pH-Ver-  
änderung



▷ Bereiche um den  $pK_s$ : Puffersysteme



IEP: Zwitterion

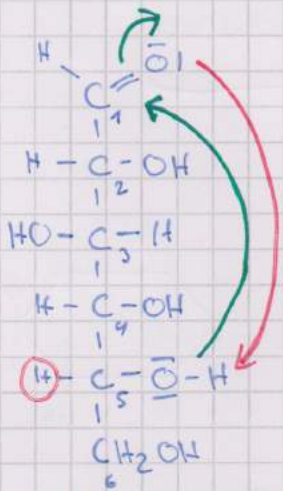


# Kohlenhydrate

## Monosaccharide

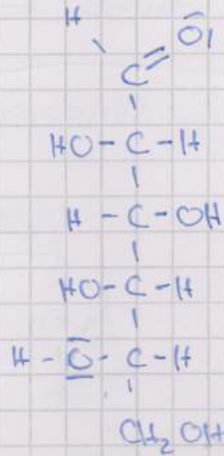
### Glucose

Fischer-Projektion



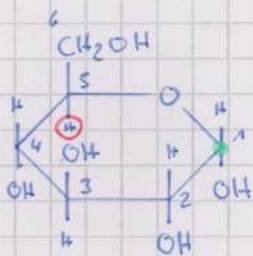
D-Glucose

(*"Ta-Ta-Ta-Ta"*)

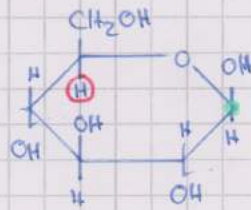


L-Glucose

Haworth-Projektion



$\alpha$ -D-Glucose



$\beta$ -D-Glucose

• anomeres C-Atom

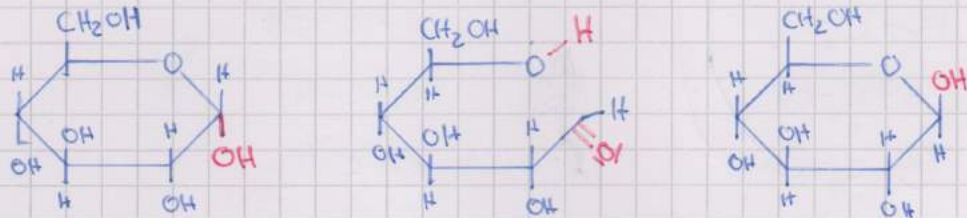
→ Kann wieder in die Kettenform

# Mutarotation

- ▷ in wässriger Lösung stehen  $\alpha$  und  $\beta$ -Form der Zucker in einem Gleichgewicht
- ▷ Mutarotation ändert aber den Drehwinkel

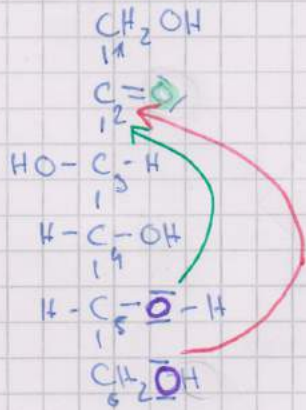


Diastereomere





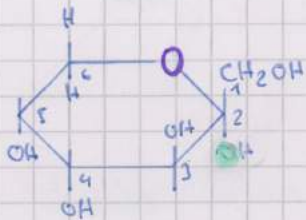
# Fructose



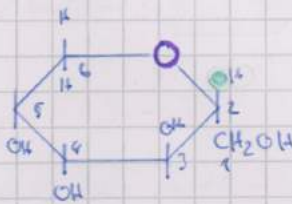
Fructopyranose

Fructofuranose

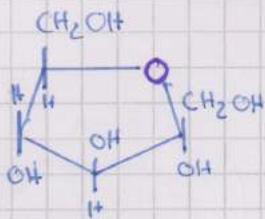
D-Fructose



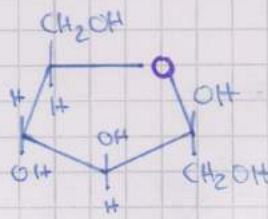
$\alpha$ -D-Fructopyranose



$\beta$ -D-Fructopyranose



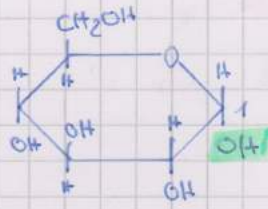
$\alpha$ -D-Fructofuranose



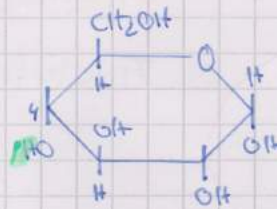
$\beta$ -D-Fructofuranose

# Disaccharide

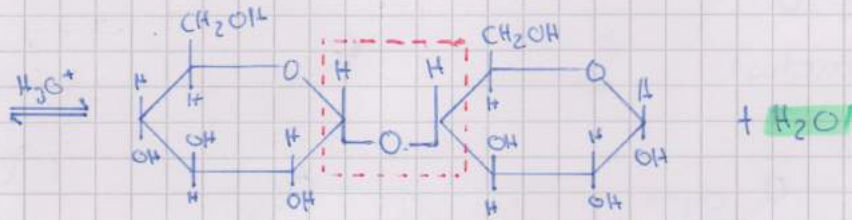
## Maltose



$\alpha$ -D-Glucose



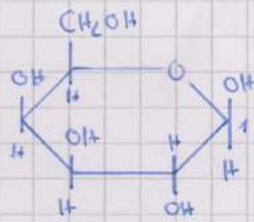
$\alpha$ -D-Glucose



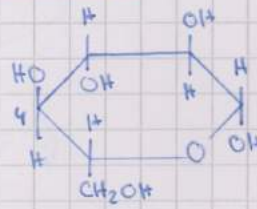
### $\alpha$ -1,4-glycosidische Bindung

- ▷ Am C1-Atom des zweiten Glucosemolekül verleibt die halbacetalische OH-Gruppe. → Mutarotation (enthält Aldehyde)
- reagiert auf Fehlingsche Probe positiv

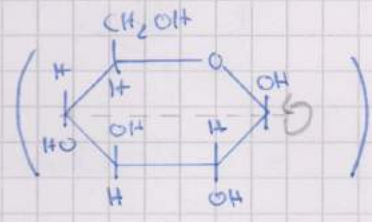
## Lactose



$\beta$ -D-Galactose

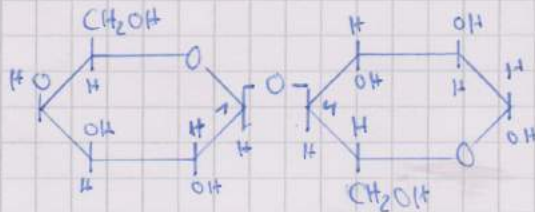


$\beta$ -D-Glucose



$\beta$ -D-Glucose

$\beta$ -D-Glucose muss gedreht werden, damit die OH-Gruppe oben ist  
→ Ermöglichung der glycosidischen Bindung

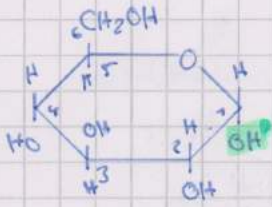


Lactose, 1,4 glycosidisch verknüpft

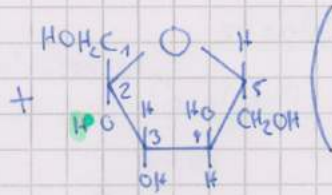
Ebenfalls positiv auf Fehlingsche Probe

(offene Form (mit CH=O) möglich)

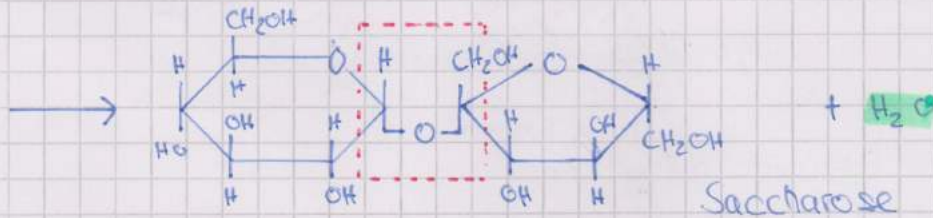
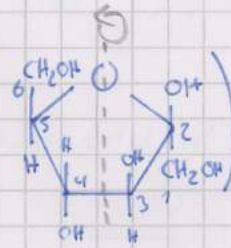
# Saccharose



$\alpha$ -D-Glucopyranose



$\beta$ -D-Fructofuranose



## $\alpha$ - $\beta$ -1,2-glycosidische Bindung

- ▷ Die einzige halbacetalische OH-Gruppe der  $\alpha$ -D-Glucopyranose wird für die  $\alpha$ - $\beta$ -1,2-glycosidische Bindung verbraucht.

→ kann nicht in die Kettenform

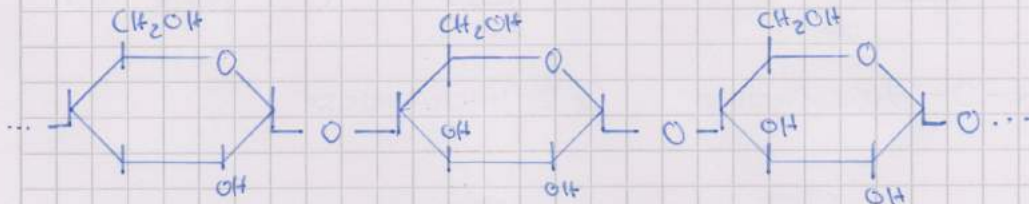
→ keine Aldehydgruppe

⇒ reagiert negativ auf die Fehlingsche Probe

# Polysaccharide

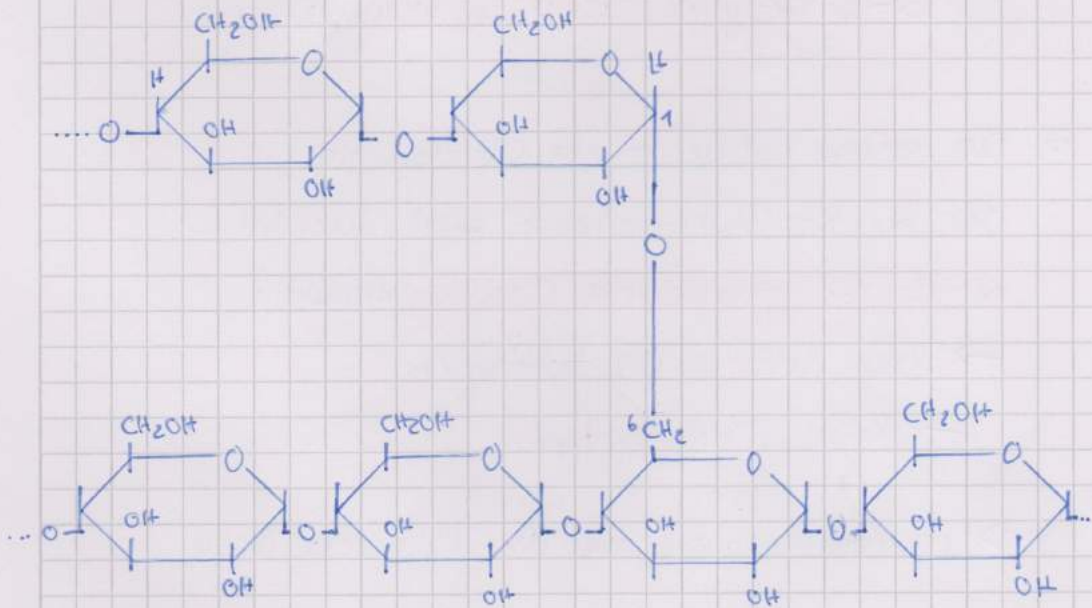
## Stärke

besteht aus Amylose: wasserlöslich in warmen Wasser



1,4 glycosidische Bindung

und Amylopektin: nicht wasserlöslich



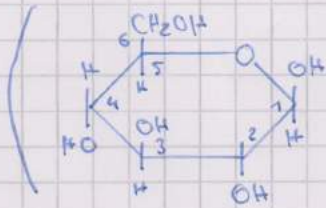
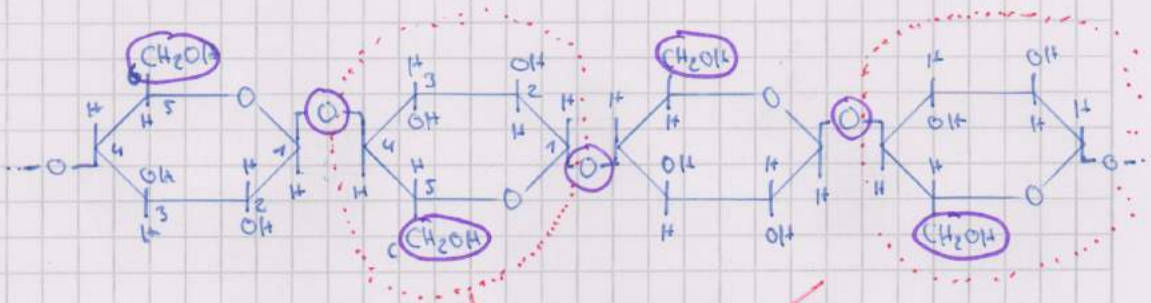
- ▷ können mit Enzymen (Amylase) oder Säuren in kleinere Moleküle gespalten werden
- Polysaccharide → Maltose → Glucose

## Iod-Stärke-Reaktion

- ▷ Iod-Kalium-iodid-Lsg (Iod in Kaliumiodidlsg gelöst)
- Einschlussverbindung → Triiodid in Umlagen der Stärkemoleküle
- ▷ Mit Amylose → Blaufärbung Amylopektin: rot-violett

# Cellulose

▷  $\beta$ -1,4 glycosidische Bindung von  $\beta$ -D-Glucose



$\beta$ -D-Glucose gedreht,  
damit eine glycosidische  
Bindung möglich ist

▷ Zwischen den linearen Cellulose-Ketten sind  
WBS möglich

→ zwischen  $\text{CH}-\text{O}-\text{H}$  und  $\text{O}$  der  
glycosidischen Bindung

(Zwischen  $\text{O}$  und  $\text{OH}$  wahrscheinlich auch möglich)

▷ wasserunlöslich



# Enthalpie und Entropie

## Systeme

### offenes System

Energie- und Stoffaustausch

### geschlossenes System

Energieaustausch

### abgeschlossenes System

Weder Energie, noch Stoffaustausch

## Enthalpie

▷ Energiegehalt eines Systems

$\Delta H > 0$  : Wärmeaufnahme  $\rightarrow$  endotherm

$\Delta H < 0$  : Wärmeabgabe  $\rightarrow$  exotherm

## Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H^\circ$

▷ Enthalpieänderung, die sich unter Standardbedingungen bei Bildung eines Stoffes aus seinen Elementen ergibt

## Reaktionsenthalpie $\Delta_r H^\circ$

▷ Die Reaktionsenthalpie ist die Summe der Produkte aus Stoffmengenänderung und molarer Bildungsenthalpie der Reaktionspartner

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ (\text{Produkte}) - \Delta_f H^\circ (\text{Edukte})$$

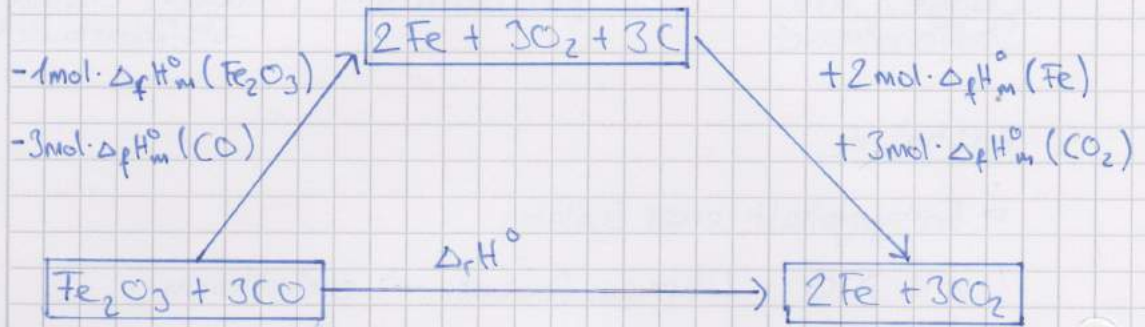
▷ Die Summe aller Energieformen in einem isolierten System ist konstant

↳ 1. Hauptsatz der Thermodynamik

# Satz von Hess

- ▷ Die Enthalpieänderung zwischen zwei Zuständen ist unabhängig vom Reaktionsweg

Berechnung einer Reaktionsenthalpie aus Bildungsenthalpien



$$\begin{aligned}\Delta_r H^\circ &= -1\text{mol} \cdot \left(-824 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) - 3\text{mol} \cdot \left(-111 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) \\ &\quad + 2\text{mol} \cdot \left(0 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) + 3\text{mol} \cdot \left(-393 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) \\ &= -22 \text{ kJ}\end{aligned}$$

# Entropie (S)

- ▷ Maß für Unordnung eines chemischen Systems
- ↳ Die Zunahme der Unordnung ist eine Triebkraft von chemischen Reaktionen
- ▷ Alles natürliche Geschehen wird regiert durch das Bestreben der Abnahme der Energie und Zunahme der Entropie
- ↳ (2. Hauptsatz der Thermodynamik)
- ▷ Die Gesamtentropie eines Systems mit seiner Umgebung kann nicht abnehmen. Sie bleibt entweder gleich oder nimmt zu

zu

$$\Delta S_{\text{Gesamt}} \geq 0$$



# Gibbs-Helmholtzsche-Gleichung

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

freie Enthalpie    Enthalpie    absolute Temperatur    Entropie

Ist  $\Delta G < 0$     exergonisch     $\rightarrow$  freiwillig

$\Delta G > 0$     endergonisch     $\rightarrow$  unter Zwang  
(von außen  
Energie)

$\Delta G = 0$     Gleichgewichtszustand

$$\Delta_r G = \Delta G(\text{Produkte}) - \Delta G(\text{Edukte})$$

▷ Bei tiefen Temperaturen entscheidet hauptsächlich  $\Delta H$  über den Ablauf einer chemischen Reaktion, bei hohen Temperaturen gewinnt  $\Delta S$  zunehmend an Bedeutung. Das Entropieglied  $T \cdot \Delta S$  ist also unter Umständen in der Lage, den Verlauf einer chemischen Reaktion umzukehren

# Geschwindigkeit von Reaktionen

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{c(t_2) - c(t_1)}{t_2 - t_1}$$

## Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit

### ▷ Kollisionsmodell:

#### Druck

#### Konzentration

Je höher der Druck / die Konzentration,  
desto höher ist die Reaktionsgeschwindigkeit  
⇒ mehr Zusammenstöße

### ▷ Oberfläche

• Reaktionsgeschwindigkeit nimmt mit dem Verteilungsgrad zu.

→ Je größer die Oberfläche, desto mehr Zusammenstöße

### ▷ Temperatur

Geschwindigkeit der Teilchen wird beeinflusst

→ je höher die Geschwindigkeit, desto mehr Zusammenstöße gibt es

### ▷ Katalysator / Enzyme

• senken die Aktivierungsenergie (Mindestbetrag an Geschwindigkeit) herab.

→ mehr Teilchen können die herabgesenkte Aktivierungsenergie aufbringen

Maxwell-Boltzmann-Verteilung

Je höher die Temperatur, desto mehr Teilchen überschreiten eine gegebene Mindestgeschwindigkeit.

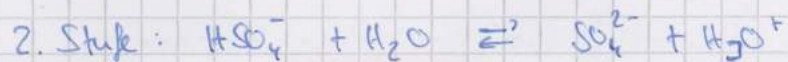
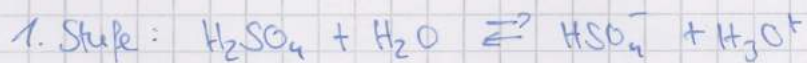
# Chemisches Gleichgewicht

- ▷ Hin- und Rückreaktion finden im gleichen Ausmaß statt
- ▷ Die Konzentrationen verändern sich nicht
- ▷ Chemisches Gleichgewichte sind dynamische Gleichgewichte

## Arten von Gleichgewichten

- ▷ Lösungsgleichgewicht
- ▷ Phasengleichgewicht (unterschiedliche Aggregatzustände)
  - ◇ Gas-Flüssig (Kohlensäure im geschlossenen System)
  - ◇ Flüssig-Fest (NaCl in gesättigte wässrige Lösung von NaCl)
  - ◇ Fest-Gas (Trockeneis)
- ▷ Säurebasengleichgewicht
- ▷ Fließgleichgewicht

# Protolyse

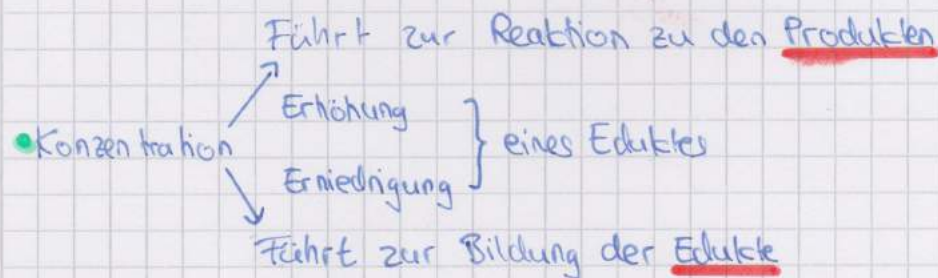
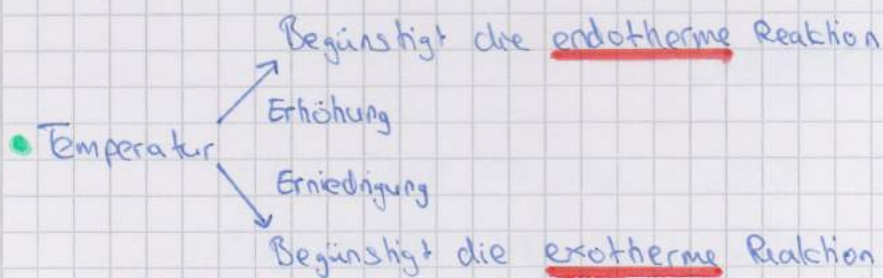
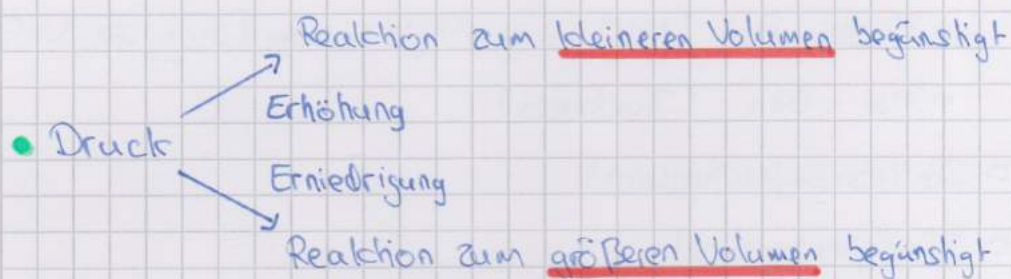


Meristikums

# Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts

Das Prinzip von Le Chatelier und Braun:

Übt man auf ein Gleichgewicht befindliches chemisches System Zwang aus durch Zufuhr bzw. Entzug von Wärme, durch Änderung des Volumens oder der Stoffmengen, so verschiebt sich das Gleichgewicht in die Richtung des Zwangs (Temperatur-, Druck-, und Konzentrationsänderungen) verringert werden.



- Zustandsvariablen

# Chemische Größen

$m = \text{Masse [g]}$

$M = \text{molare Masse [g} \cdot \text{mol}^{-1}]$

$n = \text{Stoffmenge [mol]}$

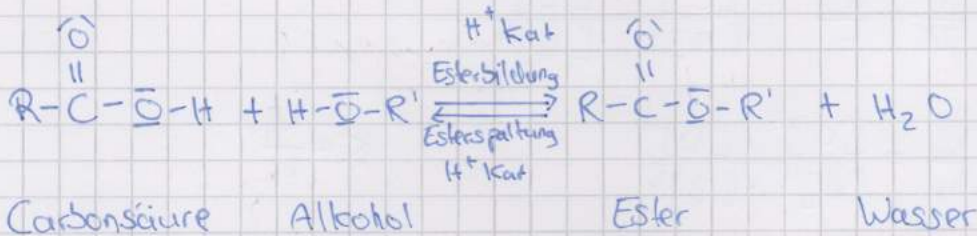
$V = \text{Volumen [L]}$

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

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

$$m = c \cdot M \cdot V$$

# Estergleichgewicht (Prinzip vom Zwang Beispiel)



▷ Änderung der Konzentration:

▷ Säure und Alkoholzugabe

▷ Wasser- und Esterentzug

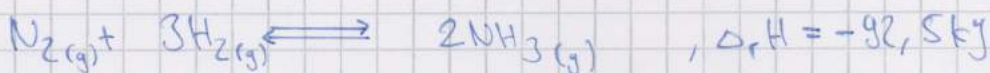
→ erhöhte Esterbildung

▷ Änderung der Temperatur:

▷ Erhöhung d. Temperatur → Esterspaltung

▷ Druckänderung ist unwirksam (in diesem Fall),  
da das Volumen gleich geblieben ist.

# Haber-Bosch-Verfahren



• hoher Druck → Reaktion zum kleineren Volumen

• niedrige Temperatur → Begünstigung der exothermen Reaktion

↳ aber niedrige Reaktionsgeschwindigkeit → Katalysator → Senkung der  $E_A$

# Massenwirkungsgesetz

## Gleichgewichtskonstante K

$$\vec{v}_{\text{vor}} = \vec{v}_{\text{rück}}$$



$$\vec{v}_{\text{vor}} = k_1 [A]^a \cdot [B]^b$$

$$\vec{v}_{\text{rück}} = k_2 [C]^c \cdot [D]^d$$

$$\frac{\vec{v}_{\text{rück}}}{\vec{v}_{\text{vor}}} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

$$K = \frac{k_1}{k_2}$$

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} = \frac{[\text{Produkte}]}{[\text{Edukte}]}$$

(bei 1013 hPa  
u. 25°C)

## Iod-Wassersstoffgleichgewicht

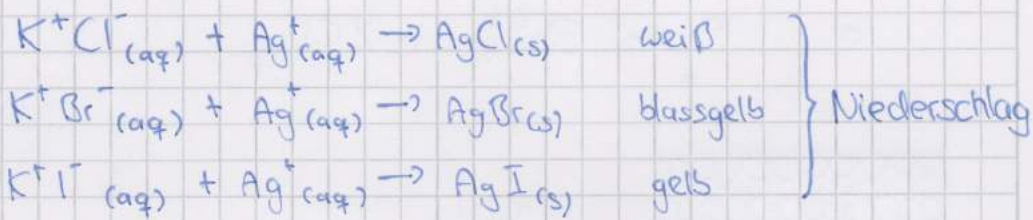


▷ erfolgreiche Zusammenstöße verringer Anzahl d. Eduktmoleküle

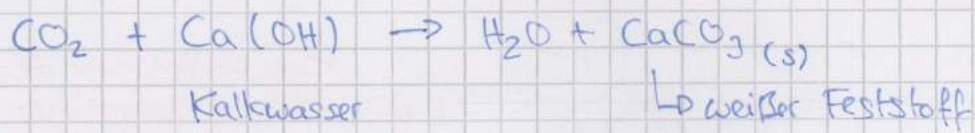
- Hinreaktion wird langsamer
  - Rückreaktion wird schneller
- } Gleichgewicht stellt sich ein:  $\vec{v} = \vec{v}$

# Nachweisreaktionen

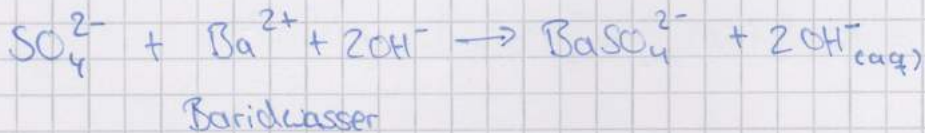
## Halogenide



## Kohlenstoffdioxid

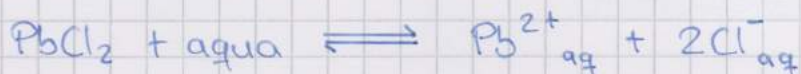
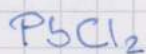
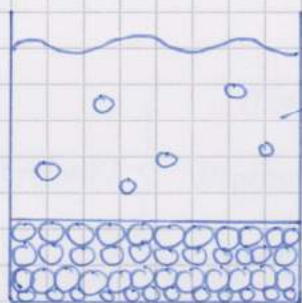


## Sulfate



# Löslichkeitsprodukt $K_L$

(S. 97  
a.B)



$$K = \frac{[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^{-}]^2}{[\text{PbCl}_2]}$$

Konzentration des  
Feststoffes irrelevant  
→ gesättigte Lsg.

$$K_L = K \cdot [\text{PbCl}_2] = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^{-}]^2$$

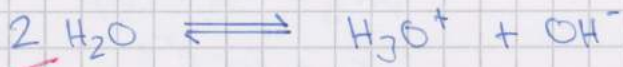
$K_L$  sehr groß  $\Rightarrow$  gut löslich, viele Ionen liegen vor

$K_L$  sehr klein  $\Rightarrow$  schlecht löslich, Feststoff liegt  
hauptsächlich vor.



# Herleitung der pH-Definition

## Autoprotolyse des Wassers



Ampholyt

$$K = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c^2(\text{H}_2\text{O})}$$

$V = 1 \text{ L}$  enthält

55,56 Mol Wasser

$$K_w = K \cdot c^2(\text{H}_2\text{O}) = c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

Ionenprodukt  
des Wassers

$$K_w (25^\circ\text{C}) = 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^2$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{OH}^-) = \sqrt{10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}} = 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}_3\text{O}^+] = 7$$

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-] = 7$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

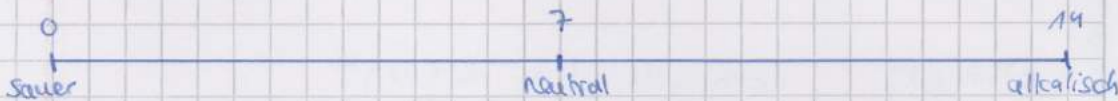
$\lg$

$$\lg [\text{H}_3\text{O}^+] + \lg [\text{OH}^-] = \lg (10^{-14})$$

$\cdot (-1)$

$$-\lg [\text{H}_3\text{O}^+] + (-\lg [\text{OH}^-]) = -\lg 10^{-14}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$



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

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

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

Die Autoprotolyse des Wassers muss bei der pH-Wert

Berechnung von sehr gering konzentrierten Säuren / Basen

beachtet werden

# Die Stärke von Säuren und Basen

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

$$K_s = 10^{-pK_s}$$

$$pK_B = -\lg(K_B)$$

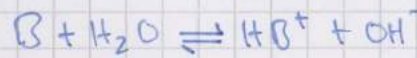
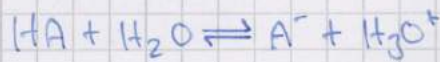
$$K_B = 10^{-pK_B}$$

$$K_s = K \cdot c(\text{H}_2\text{O})$$

$$= \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$$

$$K_B = K \cdot c(\text{H}_2\text{O})$$

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



$$-\lg(K_A \cdot K_B) = pK_A + pK_B = 14$$

Weitere Formeln:

starke Säure:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+]$

schwache Säure:  $\text{pH} = \frac{1}{2}(pK_s - \lg[c_0(\text{HA})])$   
( $pK_A \geq 3$ )

## Henderson-Hasselbalch-Gleichung

$$\text{pH} = pK_A + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

! Wichtig bei Titrationsen !

$$\text{pH} = pK_A, \text{ wenn gilt: } [\text{A}^-] = [\text{HA}]$$

▷ starke Säure, hohe Dissoziation

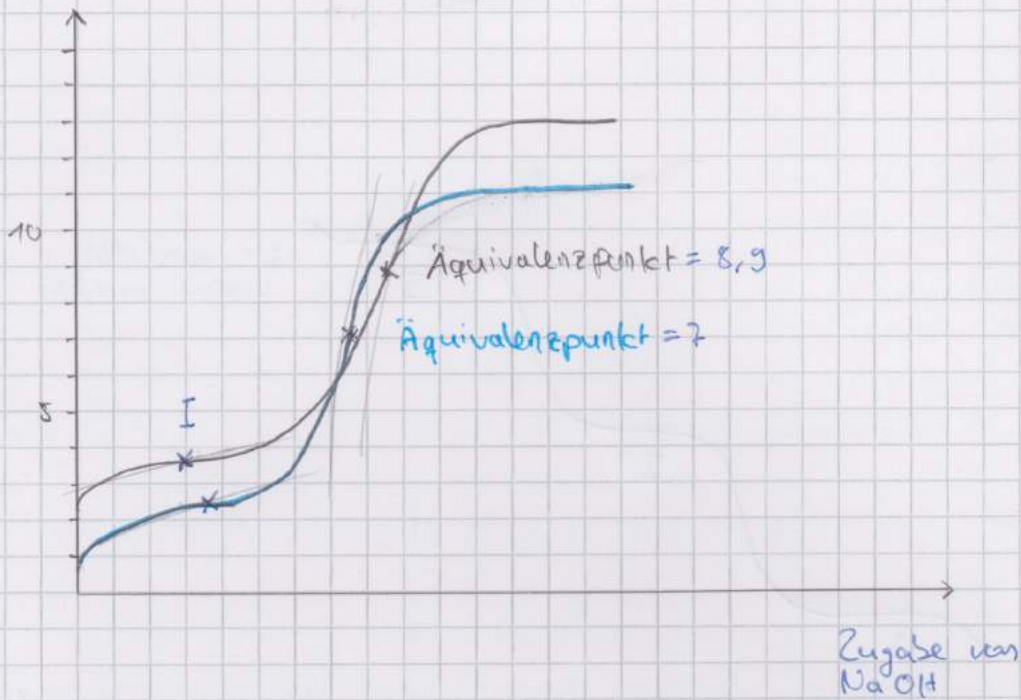
→ Ausgangskonzentration d. Säure = Konzentration der  $\text{H}^+$ -Ionen

▷ schwache Säure, geringe Dissoziation

→ Konzentration der konjugierten Base = Konzentration der  $\text{H}^+$ -Ionen

# Titration

Von 0,1 M Essigsäure  
Von 0,1 M Salzsäure



Essigsäure überwiegt

I ist Pufferbereich:



Äquivalenzpunkt: Nur  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  liegt vor

Außerdem:  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{NaOH}]$  ← zugegebene Menge

→  $\text{pH} = 7$

Aber:

In diesem Fall ist er größer als 7,  
weil Acetationen mit Wasser reagieren können

→  $\text{OH}^-$  entsteht in kleinen Mengen

→ Erhöhung des pH-Wertes

Von einer unbekannten Säure

$\times M$

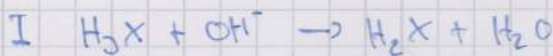
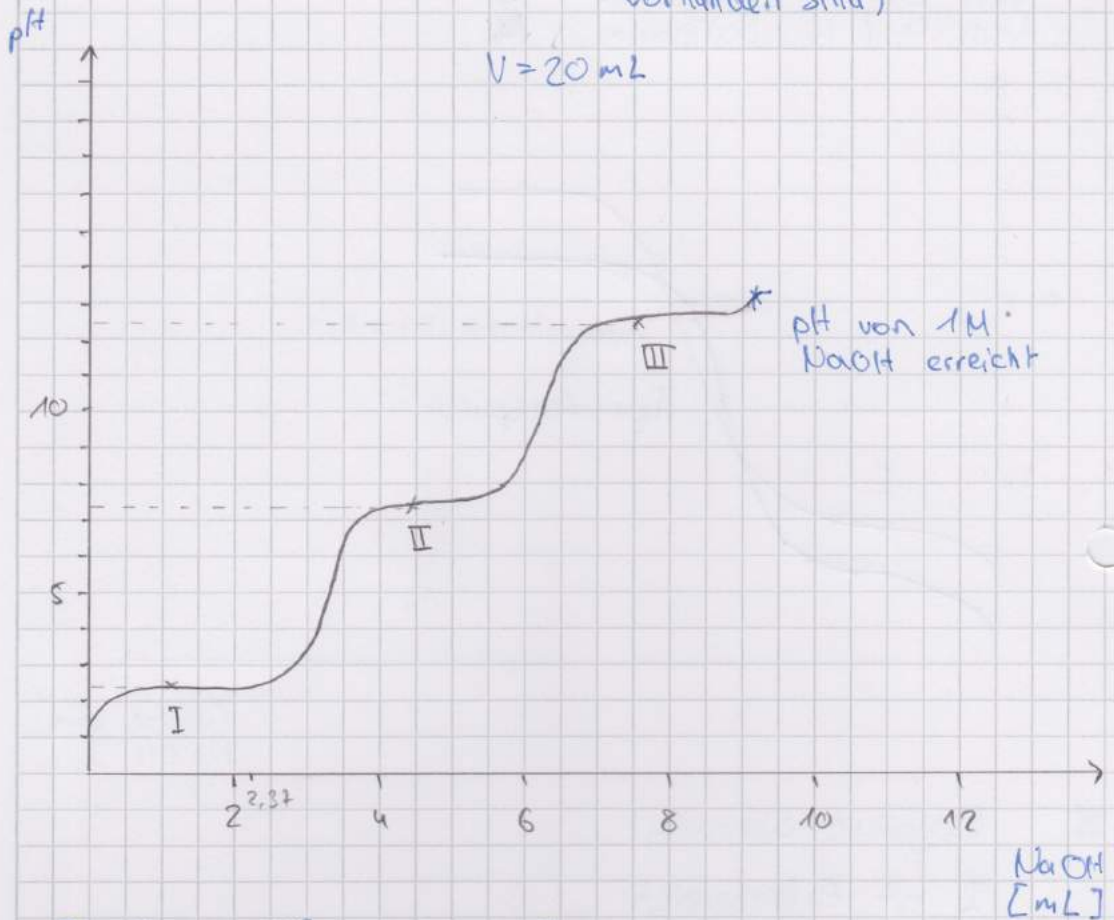
$H_3X$  (da 3 Pufferbereiche vorhanden sind)

$V = 20 \text{ mL}$

$$pK_{A_3} = 12,3$$

$$pK_{A_2} = 7,2$$

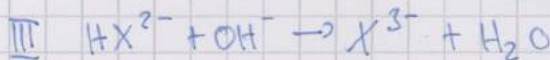
$$pK_{A_1} = 2,2$$



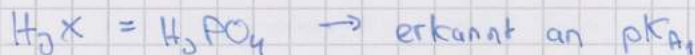
$$[H_3X] = [H_2X^-]$$



$$[H_2X^-] = [HX^{2-}]$$



$$[HX^{2-}] = [X^{3-}]$$



Jedes  $OH^-$ -Molekül verringert die Menge an  $H_3PO_4$

um 1. Nach Zugabe von 2,37 ml gilt  $[OH^-]_{\text{zugegeben}} = [H_3PO_4]$

$$n(\text{NaOH}) = n(OH^-) = n(H_3PO_4)$$

$$c_{H_3PO_4} = \frac{n}{V} = \frac{1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,00237 \text{ L}}{0,02 \text{ L}} = 0,12 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

# Puffer

▷ Puffer enthalten Teilchen, die  $H_3O^+$ - und  $OH^-$ -Ionen binden können. Die Puffersysteme bestehen meist aus einer schwachen Säure ( $4 \leq pK_s \leq 10$ ) und ihrer korrespondierenden schwachen Base ( $4 \leq pK_B \leq 10$ )