

Inhaltsverzeichnis

ORGANISCHE CHEMIE (KW)	4
ZUSAMMENFASSUNG IM SCHNELLDURCHLAUF	4
1. STAMMNAMEN	4
2. NOMENKLATUR	4
2.1. Nomenklatur in der Organik.....	4
2.2. Nomenklatur in der Anorganik	5
3. VERSCHIEDENE KOHLENWASSERSTOFFE	6
4. FUNKTIONELLE GRUPPEN.....	7
5. WICHTIGE REAKTIONSTYPEN	8
5.1. Redoxreaktion.....	8
5.2. Säure/Base - Reaktion	8
6. ISOMERIEARTEN.....	8
2.1. Strukturisomerie	8
A) Funktionsisomerie	9
B) Stellungsisomerie	9
C) Protonenisomerie = Tautomerie.....	9
D) Valenzisomerie.....	9
2.2. Stereoisomerie.....	10
A) Optische Isomerie.....	10
B) Cis/Trans-Isomerie	11
I. KOHLENHYDRATE UND IHRE BAUSTEINE	11
1. EINFÜHRUNG - ALLGEMEIN	11
2. MONOSACCHARIDE	12
2.1. D-Glucose (Traubenzucker).....	12
2.2. D-Ribose.....	13
2.3. D-Fructose	14
3. POLARIMETRIE.....	15
4. DISACCHARIDE.....	16
4.1. Maltose (Malzzucker)	16
4.2. Saccharose.....	17
4.3. Cellobiose.....	17
5. ZERLEGUNG VON DISACCHARIDE	18
5.1. enzymatische Spaltung.....	18
5.2. saure Hydrolyse	18
5.3. Nachweis der Zerlegung von Disacchariden	18
6. NACHWEISREAKTIONEN VON MONO-, DI- UND POLYSACCHARIDEN	19
6.2. Fehling Probe	20
7. OLIGOSACCHARIDE	22
8. POLYSACCHARIDE	23
8.1. Amylose (lösliche Stärke).....	23
8.2. Amylopektin (unlösliche Stärke)	23
8.3. Cellulose.....	24
Exkurs - Amoniak:	24

II AMINOSÄUREN, PEPTIDE, PROTEINE.....	25
1. STANDARDVERTRETER: ALANIN	25
2. PHYSIOLOGISCHE WIRKUNG ALS PUFFER.....	26
<i>Exkurs - Versuchsbeschreibung</i>	26
<i>Exkurs - Benzolring</i>	26
2.1. Versuch Pufferwirkung	27
3. BEISPIELE VON AMINOSÄUREN (AS)	28
4. DIPEPTIDBILDUNG	29
4.1. Darstellung:	29
A) Herr Müllers Treppenförmigedarstellung	29
B) Frau Eichler - Klinks Vertauschungsdarstellung	29
C) Die Drehungsdarstellung (H_2N als Drehachse)	29
4.2. zur Geometrie der Peptidbindung	30
<i>Exkurs - Orbitalmodell</i>	30
5. PROTEINE (S.367)	31
5.1. Primärstruktur: Aminosäuresequenz.....	31
5.2. Sekundärstruktur - Grundform der Peptidkette.....	31
5.3. Tertiärstruktur - Übergeordnete Strukturierung.....	32
5.4. Quartärstruktur	32
5.5. Denaturierung	32
5.6. Nachweis von Proteinen	32
5.7. Nachweis der einzelnen Aminosäuren.....	33
5.8. Bildung des Biurets und des Biuretkomplexes mit Cu^{2+}	34
III. DNA/RNA	35
<i>Aufbau:</i>	35
IV. KUNSTSTOFFE	36
1. EINTEILUNGSMÖGLICHKEITEN	36
2. POLYMERISATION	36
2.1. Wichtige Polymerisate:.....	38
2.2. Copolymerisation:.....	40
<i>Exkurs - Reste Orientierung - Taktizität</i>	41
3. POLYKONDENSATION	41
3.1. Schema der Polyesterbildung	42
3.2. Schema der Polyamidbildung	43
3.3. Vernetzte Polycondensate	45
4. POLYADDITION	46
3.1. Epoxidharze	46
3.2. Polyurethan	46

V. GESCHWINDIGKEIT CHEMISCHER REAKTIONEN.....	47
1. FORMELN	47
1.1. <i>Definition der Reaktionsgeschwindigkeit:</i>	47
1.2. <i>Konzentrationsangabe:</i>	47
1.3. <i>Stoffmengenangabe:</i>	47
2. AUFGABENTYPEN	48
3. MESSUNG DER REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT	48
4. ABHÄNGIGKEIT DER REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT.....	49
4.1. <i>Stoffabhängigkeit</i>	49
4.2. <i>Abhängigkeit von physikalischen Größen</i>	49
4.3. <i>Abhängigkeit von Katalysatoren</i>	49
4.4. <i>Konzentrationsabhängigkeit bzw. Proportionalitäts Abhängigkeit</i>	50
5. CHEMISCHE REAKTION UND GLEICHGEWICHTSEINSTELLUNG	50
5.1. <i>Beispiele</i>	50
5.2. <i>Schema für Lösungsweg von Berechnungen mit MWG</i>	52
6. EINFLUSS DER KONZENTRATION AUF EIN CHEMISCHES GLEICHGEWICHT.....	52
7. EINFLUSS DER TEMPERATUR AUF EIN CHEMISCHES GLEICHGEWICHT	53
8. EINFLUSS DES DRUCKS AUF EIN CHEMISCHES GLEICHGEWICHT.....	53
9. PRINZIP VON LE CHATELIER	54
10. HABER-BOSCH-VERFAHREN: AMMONIAKSYTHESE	54

ORGANISCHE CHEMIE (KW)

Zusammenfassung im Schnelldurchlauf

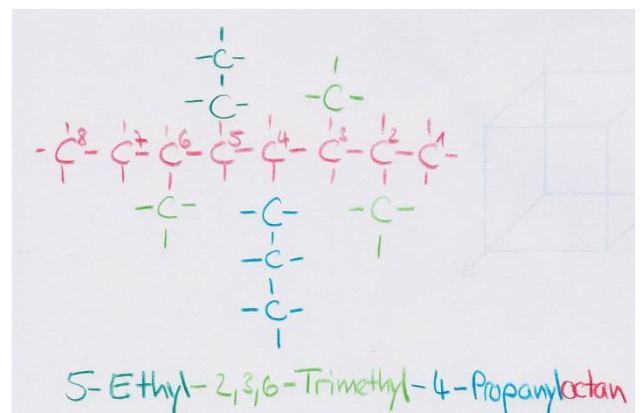
1. Stammnamen

Anzahl der C-Atome		Stammname
1	C-Atom	Methan
2	C-Atome	Ethan
3	C-Atome	Propan
4	C-Atome	Butan
5	C-Atome	Pentan
6	C-Atome	Hexan
7	C-Atome	Heptan
8	C-Atome	Oktan
9	C-Atome	Nonnan
10	C-Atome	Decan
11	C-Atome	Undecan
12	C-Atome	Dodecan
...		
16	C-Atome	Hexadecan
...		
18	C-Atome	Octadecan
...		
20	C-Atome	Eicosan

2. Nomenklatur

2.1. Nomenklatur in der Organik

1. Durchnummerieren der längsten Kette
→ Stammnamen (wird ans Ende gestellt)
2. Benennung der Abzweigungen
3. Alphabetisch die Abzweigungen ordnen; Angaben der Anzahl und Abzweigungsstelle vor den Stammnamen stellen (mehrere gleichnamige Reste können zusammengefasst werden und daraufhin mit der entsprechenden Vorsilbe versehen werden)

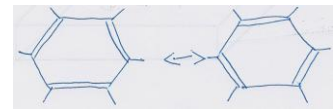


2.2. Nomenklatur in der Anorganik

Elemente	<p>I. Metalle liegen immer als Atom vor → Symbol entspricht dem vorliegendem Teilchen: z.B. Na, Ca, Al, Si, ...</p> <p>II. Edelgase liegen immer als Atom vor → Symbol entspricht dem vorliegendem Teilchen: z.B. He, Ne, Ar, ...</p> <p>III. Nichtmetalle (außer Edelgase) liegen als (Element-) Molekül vor → Symbol wird entsprechend mit Index versehen z.B. Cl₂, B₂, H₂, O₂, N₂, ... Besonders: S₈, P₄, C_n → C</p>																																																									
	<p>IV. Verbindungen zwischen Metallen und Nichtmetallen können zu Ionen zerlegt werden. Sie sind je nach Elektronenübergängen (bzw. Wertigkeit) kombiniert: z.B.</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>I</td> <td>II</td> <td>III</td> <td>IV</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NaCl</td> <td>CaCl₂</td> <td>AlCl₃</td> <td>SiCl₄</td> <td>VII → einwertig Cl</td> </tr> <tr> <td>Na₂O</td> <td>CaO</td> <td>Al₂O₃</td> <td>SiO₂</td> <td>VI → zweiwertig O</td> </tr> </table> <p>→ Endung: -id</p> <p>Sind die Anionen aus verschiedenen Nichtmetallen (also zusätzlich O₂) zusammengesetzt, ergibt sich die Endung: -at (O₂-reich) oder -it (O₂-arm)</p> <p>Die wichtigsten sollten wie Vokabeln gelernt werden; sie leiten sich von den Säuren ab:</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td style="background-color: red;">Schwefelsäure:</td> <td>H₂SO₄</td> <td>→z.B.</td> <td>Na₂SO₄</td> <td>CaSO₄</td> <td>Al₂(SO₄)₃</td> <td style="background-color: yellow;">-sulfat</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">schwefelige Säure</td> <td>H₂SO₃</td> <td>→z.B.</td> <td>Na₂SO₃</td> <td>CaSO₃</td> <td>Al₂(SO₃)₃</td> <td style="background-color: yellow;">-sulfit</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">Kohlensäure</td> <td>H₂CO₃</td> <td>→z.B.</td> <td>Na₂CO₃</td> <td>CaCO₃</td> <td>Al₂(CO₃)₃</td> <td style="background-color: yellow;">-carbonat</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">Salpetersäure</td> <td>HNO₃</td> <td>→z.B.</td> <td>NaHNO₃</td> <td>Ca(HNO₃)₂</td> <td>Al(HNO₃)₃</td> <td style="background-color: yellow;">-nitrat</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">salpetrige Säure</td> <td>HNO₂</td> <td>→z.B.</td> <td>NaHNO₂</td> <td>Ca(HNO₂)₂</td> <td>Al(HNO₂)₃</td> <td style="background-color: yellow;">-nitrit</td> </tr> <tr> <td style="background-color: red;">Phosphorsäure</td> <td>H₃PO₄</td> <td>→z.B.</td> <td>Na₃H₃PO₄</td> <td>Ca₃(H₃PO₄)₂</td> <td>AlH₃PO₄</td> <td style="background-color: yellow;">-phosphat</td> </tr> </table>	I	II	III	IV		NaCl	CaCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄	VII → einwertig Cl	Na ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	VI → zweiwertig O	Schwefelsäure:	H ₂ SO ₄	→z.B.	Na ₂ SO ₄	CaSO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃	-sulfat	schwefelige Säure	H ₂ SO ₃	→z.B.	Na ₂ SO ₃	CaSO ₃	Al ₂ (SO ₃) ₃	-sulfit	Kohlensäure	H ₂ CO ₃	→z.B.	Na ₂ CO ₃	CaCO ₃	Al ₂ (CO ₃) ₃	-carbonat	Salpetersäure	HNO ₃	→z.B.	NaHNO ₃	Ca(HNO ₃) ₂	Al(HNO ₃) ₃	-nitrat	salpetrige Säure	HNO ₂	→z.B.	NaHNO ₂	Ca(HNO ₂) ₂	Al(HNO ₂) ₃	-nitrit	Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	→z.B.	Na ₃ H ₃ PO ₄	Ca ₃ (H ₃ PO ₄) ₂	AlH ₃ PO ₄	-phosphat
	I	II	III	IV																																																						
NaCl	CaCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄	VII → einwertig Cl																																																						
Na ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	VI → zweiwertig O																																																						
Schwefelsäure:	H ₂ SO ₄	→z.B.	Na ₂ SO ₄	CaSO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃	-sulfat																																																				
schwefelige Säure	H ₂ SO ₃	→z.B.	Na ₂ SO ₃	CaSO ₃	Al ₂ (SO ₃) ₃	-sulfit																																																				
Kohlensäure	H ₂ CO ₃	→z.B.	Na ₂ CO ₃	CaCO ₃	Al ₂ (CO ₃) ₃	-carbonat																																																				
Salpetersäure	HNO ₃	→z.B.	NaHNO ₃	Ca(HNO ₃) ₂	Al(HNO ₃) ₃	-nitrat																																																				
salpetrige Säure	HNO ₂	→z.B.	NaHNO ₂	Ca(HNO ₂) ₂	Al(HNO ₂) ₃	-nitrit																																																				
Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	→z.B.	Na ₃ H ₃ PO ₄	Ca ₃ (H ₃ PO ₄) ₂	AlH ₃ PO ₄	-phosphat																																																				
Verbindungen	<p>V. Verbindungen zwischen verschiedenen Nichtmetallen</p> <p>→ Verbindungsmoleküle mit polaren Bindungen</p> <p>Häufig muss man hierbei vom Namen auf die entsprechende Formel schließen.</p> <p>z.B.:</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>Perchlorsäure</td> <td>HClO₄</td> <td>Perchloration</td> <td>ClO₄-</td> </tr> <tr> <td>Chlorsäure</td> <td>HClO₃</td> <td>Chloration</td> <td>ClO₃-</td> </tr> <tr> <td>chlorige Säure</td> <td>HClO₂</td> <td>Chlorition</td> <td>ClO₂-</td> </tr> <tr> <td>unterchlorige Säure</td> <td>HClO</td> <td>Hypochloridion</td> <td>ClO-</td> </tr> <tr> <td>Chlorwasserstoff</td> <td>HCl</td> <td>Chloridion</td> <td>Cl-</td> </tr> </table>	Perchlorsäure	HClO ₄	Perchloration	ClO ₄ -	Chlorsäure	HClO ₃	Chloration	ClO ₃ -	chlorige Säure	HClO ₂	Chlorition	ClO ₂ -	unterchlorige Säure	HClO	Hypochloridion	ClO-	Chlorwasserstoff	HCl	Chloridion	Cl-																																					
Perchlorsäure	HClO ₄	Perchloration	ClO ₄ -																																																							
Chlorsäure	HClO ₃	Chloration	ClO ₃ -																																																							
chlorige Säure	HClO ₂	Chlorition	ClO ₂ -																																																							
unterchlorige Säure	HClO	Hypochloridion	ClO-																																																							
Chlorwasserstoff	HCl	Chloridion	Cl-																																																							

3. Verschiedene Kohlenwasserstoffe

Aliphatische oder Kettenförmige	a) gesättigte KWs	nur Einfachbindungen; keine Ringe, nur Ketten → Alkane
	b) ungesättigte KWs	mindestens eine Doppelbindung → Alkene (Alkadien, Alkatrien,...) mindestens eine Dreifachbindung → Alkine (Alkadiin, Alkatriin,...)
Ringförmig/ Cyklisch	c) einfache cyclische KWs	1 Ring → Cycloalkane (z.B. Cyclohexan)
	d) aromatische cyclische KWs	mindestens 1 Ring → Aromaten (z.B. Benzol)
	u.a.	



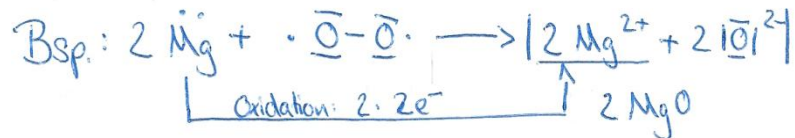
4. Funktionelle Gruppen (R = Kohlenwasserstoffrest)

$\begin{array}{c} \text{OX-OAT-XO} \\ \downarrow \\ \text{ZO-OAT-OZ} \end{array}$	a)	$\text{R}-\text{OH}$	Hydroxylgruppe	→ Alkohole bzw. Alkanole
	b)	$\text{R}-\text{O}-\text{R}'$ ($\text{R}' \neq \text{H}$)	Ethergruppe	→ Ether
$\begin{array}{c} \text{OX-OAT-XO} \\ \downarrow \\ \text{ZO-OAT-OZ} \end{array}$	c)	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{H}$	Aldehydgruppe Carbonylgruppe	→ Aldehyde bzw. Alkanale
	d)	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{R}'$ ($\text{R}' \neq \text{H}$)	Ketogruppe	→ Ketone bzw. Alkanone
	e)	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$	Carboxylgruppe (Carbonyl+Hydroxyl)	→ Carbonsäuren
	f)	$\text{R}-\text{C}(=\text{O})\text{OR}'$ ($\text{R}' \neq \text{H}$)	Estergruppe	→ Carbonsäureester
	g)	$\text{R}_1-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{R}_2$	Amidgruppe	→ [Poly-] Amide
h)	$\text{R}-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-\text{OR}'$	Urethan	→ Polyurethan	

5. Wichtige Reaktionstypen

5.1. Redoxreaktion (gekoppelte Oxidation/Reduktion)

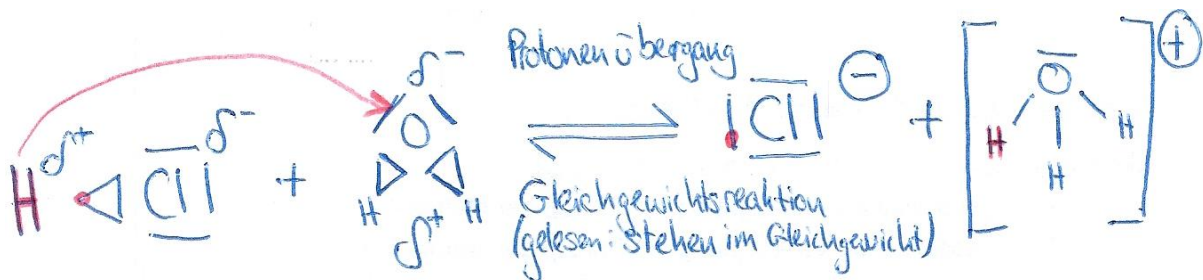
- Oxidation:
- O₂-Aufnahme (Klasse 8)
 - e⁻-Abgabe (Klasse 9)
 - H-Abgabe (Klasse 10)
 - Erhöhung der Oxidationszahl (K2 [formale Abgabe von e⁻])



5.2. Säure/Base - Reaktion (Teilchenebene)

[zum Vergleich Stoffebene: Säure + Lauge \longrightarrow Salz + Wasser]

Teilchenebene:

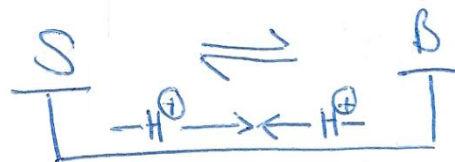


Chlorwasserstoff (S) + Wasser (B)

Chloridion (B) + Oxoniumion (S)

Chlorwasserstoffteilchen wirkt als Säure
(\rightarrow Protonenspender = Protonendonator)

Wasserteilchen wirkt als Base
(\rightarrow Protonenempfänger = Protonenakzeptor)



6. Isomeriearten

Kohlenwasserstoffe mit gleicher Summenformel, aber unterschiedlicher Strukturformel nennt man Isomere

2.1. Strukturisomerie (= Konstitutionsisomerie)

Verbindung deren Moleküle sich bei gleicher Summenformel in der Reihenfolge der Verknüpfung ihrer Atome unterscheiden.

A) Funktionsisomerie

z.B. C_2H_6O → Ethanol:

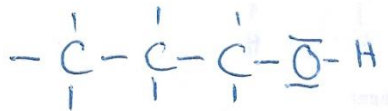


→ Dimethylether

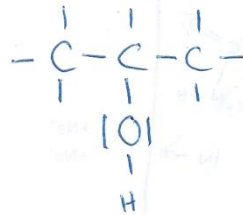


B) Stellungsisomerie

z.B. C_3H_8O → 1-Propanol

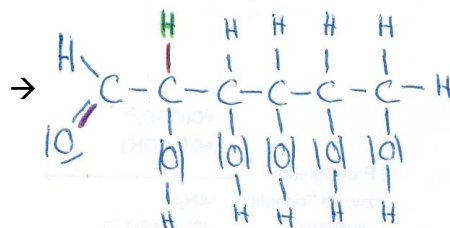
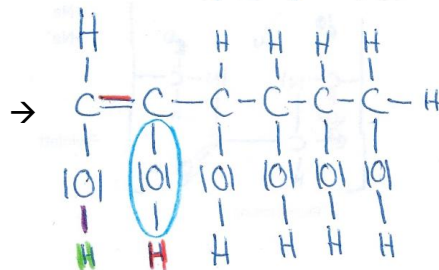
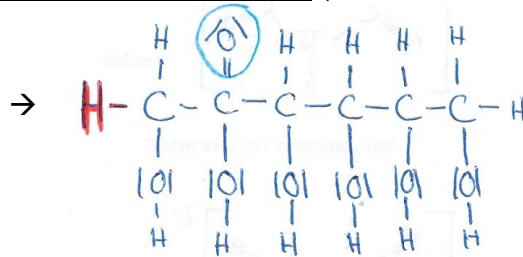


→ 2-Propanol



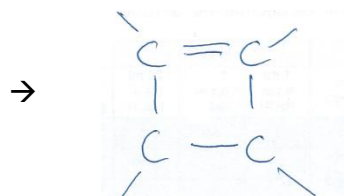
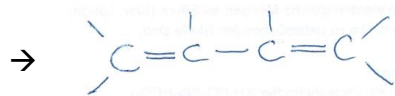
C) Protonenisomerie = Tautomerie (z.B. Keto-Enol-Tautomerie)

z.B. $C_6H_{12}O_6$



D) Valenzisomerie (Atombindungen)

z.B. C_4H_6



2.2. Stereoisomerie

Verbindungen gleicher Summenformel und gleicher Konstitution, deren Atome sich in der räumlichen Anordnung unterscheiden sind Stereoisomer und können ebenfalls verschiedene Eigenschaften besitzen.

A) Optische Isomerie = Bild/Spiegelbild-Isomerie (→ wichtig für Kohlenhydrate)

Voraussetzung: C-Atome mit 4 verschiedenen Fortführungen ("Anhängsel" bzw. Substitutionen)

→ optisch aktives C-Atom (*C) = chirales Zentrum

Bsp.: 2-Hydroxypropansäure

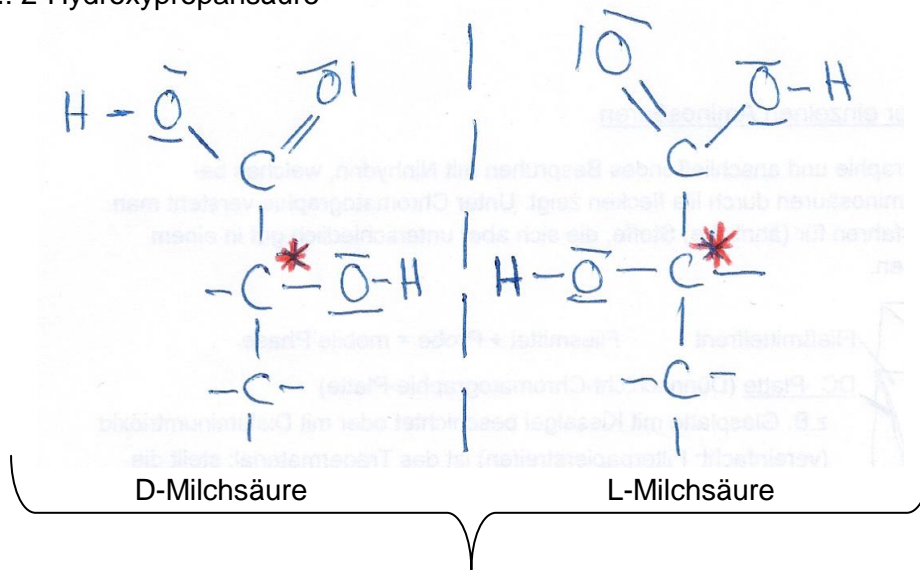
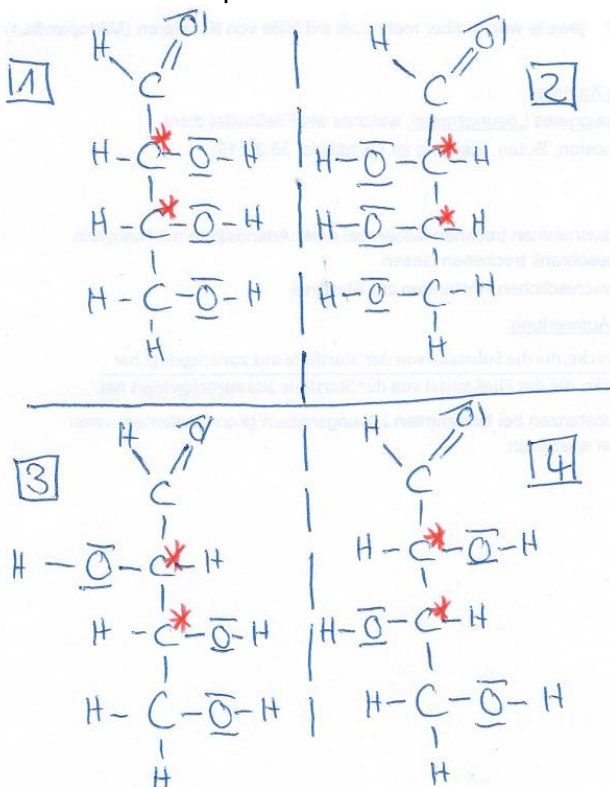


Bild und Spiegelbild bezeichnet man als **Enantiomere** oder **Enantiomerenpaare**

Enantiomerenpaare von Aldobutanose



1 & 2; 3 & 4 sind Enantiomerenpaare

ABER: 2 & 3 nicht

1 D,D - Aldobutanose

2 L,L - Aldobutanose

3 L,D - Aldobutanose

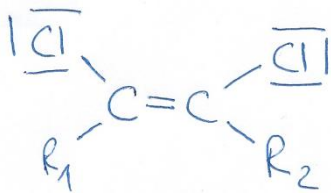
4 D,L - Aldobutanose

Als Stereoisomere, welche zueinander keine Enantiomere darstellen, bezeichnet man als **Diastereomere** (2 & 3).

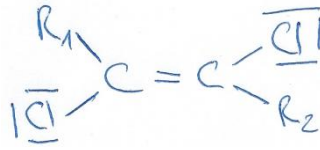
B) Cis/Trans-Isomerie (= geometrische Isomerie)

Voraussetzung: Doppelbindung oder Ring

Bsp.:



cis-Form



trans-Form

I. Kohlenhydrate und ihre Bausteine

1. Einführung - Allgemein

[Vgl. : Anorganik mit Kupfersulfat-Pentahydrat $\text{CuSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$]

Kohlenhydrate sind keine echten Hydrate, sondern bei den Bausteinen der Kohlenhydrate verhalten sich die Elemente $\text{H} : \text{O}$ wie $2 : 1$; sind aber chemisch gebunden.

Kohlenhydrate sind Polyhydroxycarbonylverbindungen.

Allgemeine Summenformel: $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ ($n=[3],[4],5,6,[7],[8]$)

Beispiel: Summenformel $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow$ hat viele Isomere

Man bezeichnet je nach Anzahl der C-Atome: Propose, Butose, Pentose, Hexose, Heptose, Octose. Man bezeichnet je nach Art der Carbonylgruppe Aldo- oder Ketogruppe (am 2. C-Atom). Man bezeichnet je nach Stellung der Hydroxylgruppe:

rechts \rightarrow dexter \rightarrow D

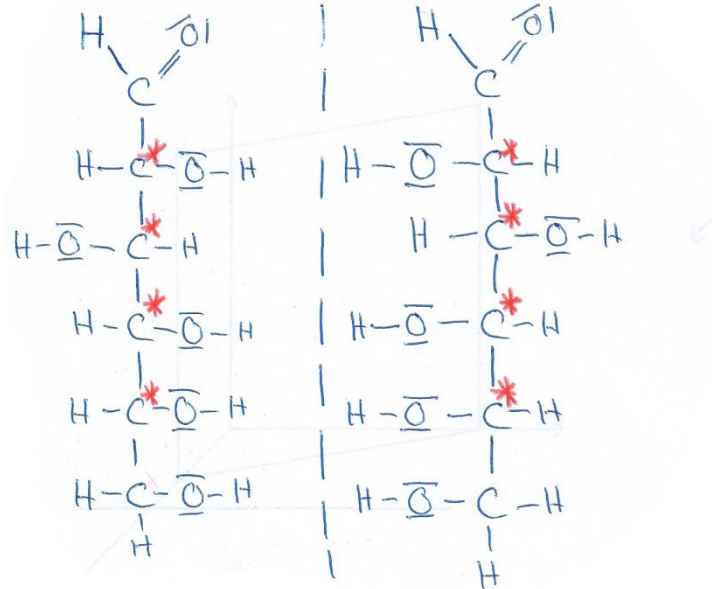
links \rightarrow learus \rightarrow L

2. Monosacharide

(= einfachste Bausteine der Kohlenhydrate)

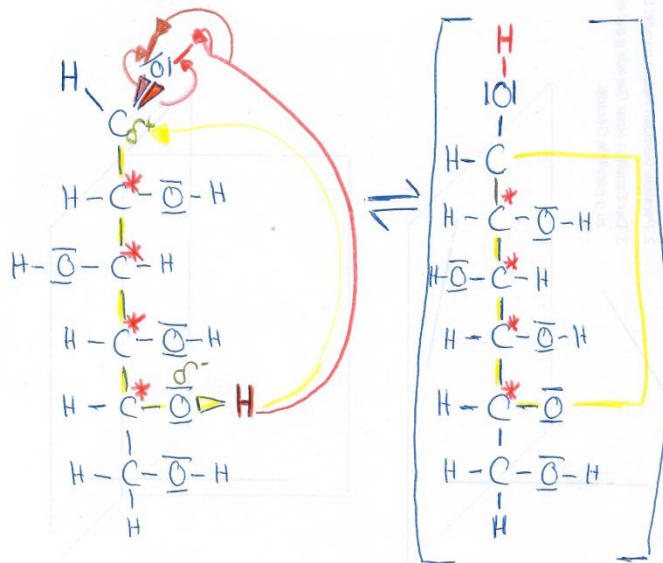
2.1. D-Glucose (Traubenzucker) = D,L,D,D-Aldohexose

D beschreibt die Stelle der Hydroxylgruppe am letzten asymmetrischen C-Atom



D-Glucose

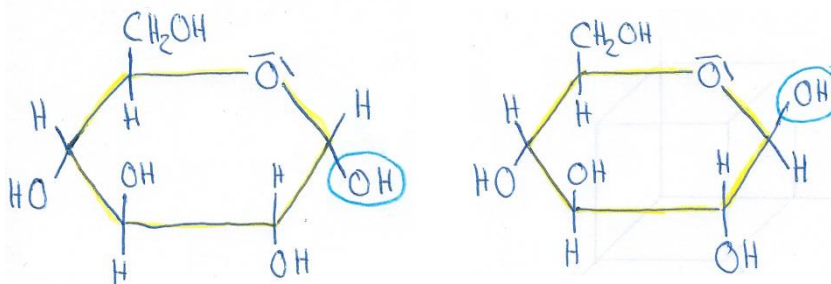
L-Glucose



Kettenform in Fischerprojektion

Ringbildung

Ringform in Haworth Projektion → Pyranoseform (Sechseck)



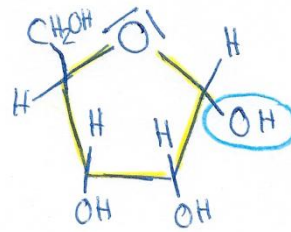
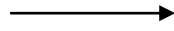
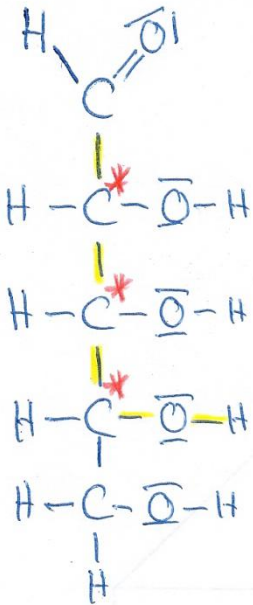
α -Form (nur in Ringform)

β -Form (nur in Ringform)

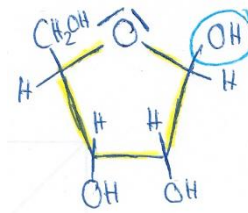
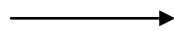
α - und β -Form bilden zusammen die **Anomere**

2.2. D-Ribose = D,D,D-Aldopentose

Furanoseform:

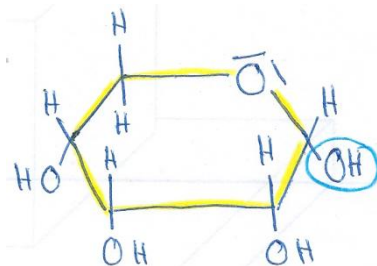
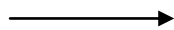
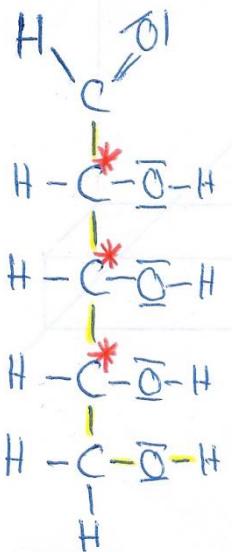


α -D-Ribose in der Furanoseform

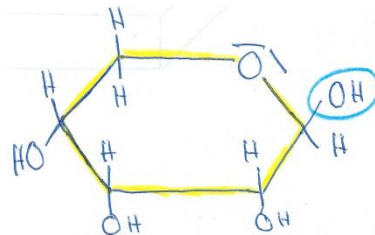
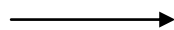


β -D-Ribose in der Furanoseform

Pyranoseform:



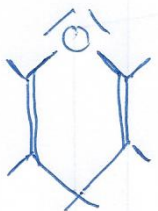
α -D-Ribose in der Pyranoseform



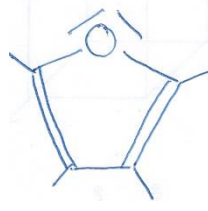
β -D-Ribose in der Pyranoseform

Zusatz:

Pyranoseform:

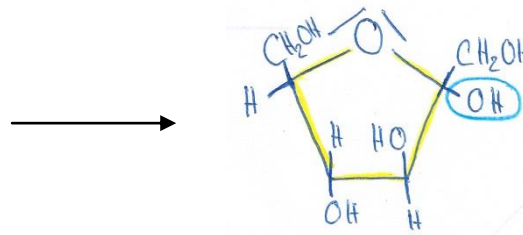
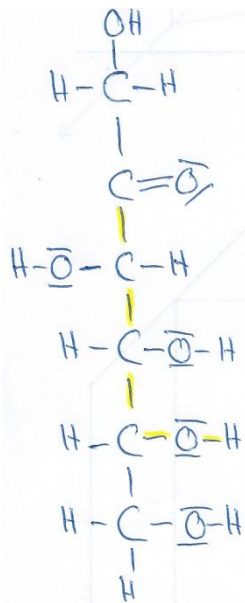


Furanoseform

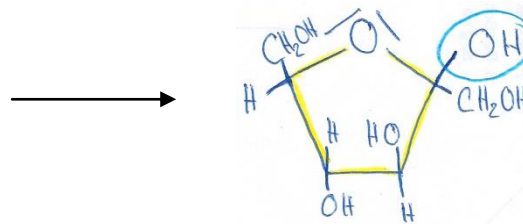


2.3. D-Fructose = L,D,D-Ketohexose

Furanoseform:

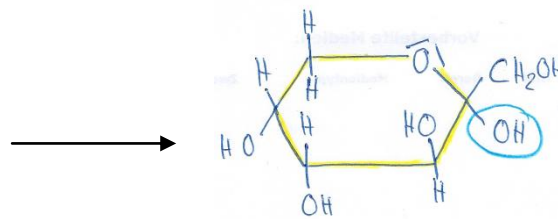
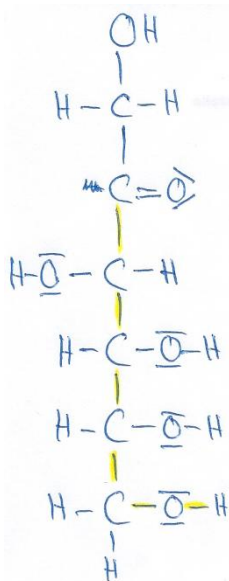


α -D-Fructose in der Furanoseform

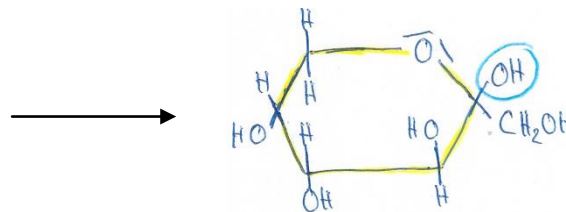


β -D-Fructose in der Furanoseform

Pyranoseform:



α -D-Fructose in der Pyranoseform



β -D-Fructose in der Pyranoseform

Wichtig:

Im sauren Milieu liegen die Monosaccharide in ihrer Ringform vor, im neutralen Milieu ist minimal die Kettenform vorliegend und im alkalischen milieu liegt sowohl Ketten wie auch Ringform vor. \rightarrow Nachweisreaktionen

3. Polarimetrie

(siehe Buch Seite 365 f.)

Bei optisch aktiven Substanzen (Stoffe mit asymmetrischen C-Atomen, die sich nicht durch Drehung zur Deckung bringen lassen) beobachtet man im Polarimeter einer frisch zubereiteten Lösung z.B. der α -D-Glucose den Drehwinkel $+112,2^\circ$, bei β -D-Glucose $+18,7^\circ$ und als Endwert für D-Glucose $+52,7^\circ$.

Die Änderung des Drehwinkels bis zur Einstellung des Gleichgewichtes zwischen α - und β -Form bezeichnet man als **Mutarotation!** Diese Umwandlung läuft über die Kettenform. Bedingung dafür ist, dass ein alkalischer Bereich vorliegt.

Der Anteil der Anomere im Gleichgewicht lässt sich aus den spezifischen Drehung berechnen:

α -D-Glucose (100%)	$+112,2^\circ$	}	Differenz	d.h. die Änderung um $0,935^\circ$
β -D-Glucose (100%)	$+18,7^\circ$			
D-Glucose	$+52,7^\circ$			

von $93,5^\circ$ entspricht eine Änderung um 1%

Änderung von α -D-Glucose bis zur Einstellung des Gleichgewichts beträgt: $59,5^\circ$

d.h. 63,6% haben sich in die β -D-Glucose verwandelt
36,4% bleiben als α -D-Glucose erhalten

D- und L- Form besitzen den gleichen Drehwinkel, aber unterschiedliche Vorzeichen

Drehrichtung nach rechts ist (+), nach links (-) [häufig sind D-Formen rechtsdrehend]

z.B. D - (+) - Glucose D - (-) - Milchsäure
D - (-) - Ribose D - (-) - Weinsäure
D - (-) - Fructose

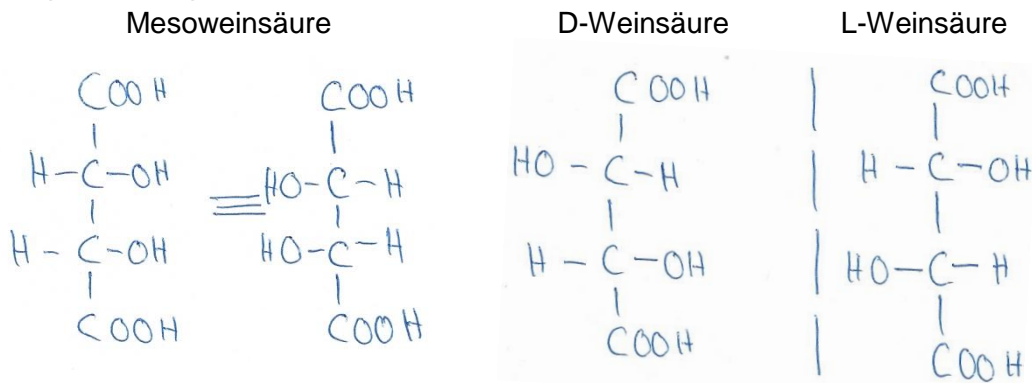
Ein **Racemat** bzw. **racemisches Gemisch** enthält D- und L- Form in gleichen Mengen, Verhältnis 1:1. (z.B. D - (-) - Weinsäure [$\alpha = -19^\circ$] und L - (+) - Weinsäure [$\alpha = 19^\circ$] stellt man bei polarimetrischen Untersuchungen keine Ablenkung des Lichtes fest.

→ Ein Racemat ist optisch inaktiv

Meso-Formen eines Moleküls:

Moleküle mit optisch aktiven C-Atomen (bzw. mit Chiralitätszentren), die aber nicht optisch aktiv sind bezeichnet man als Mesoformen. (Bsp. Weinsäure = 2,3- Dihydroxybutandisäure)

Beispiele von optisch aktiven und inaktiven Substanzen

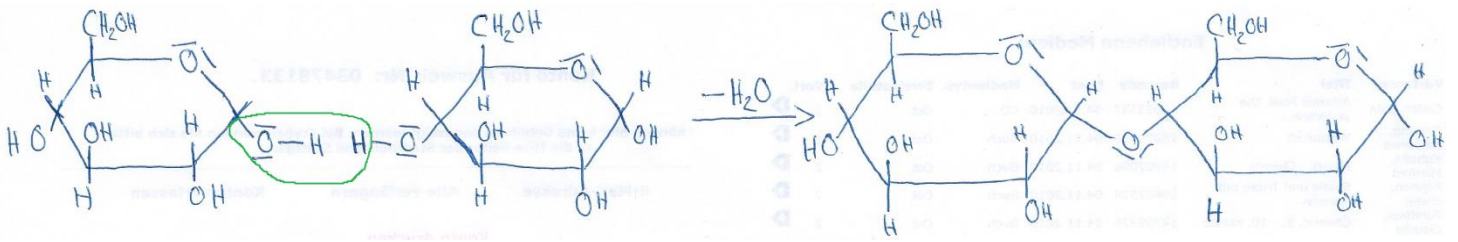


optisch inaktiv

optisch aktiv

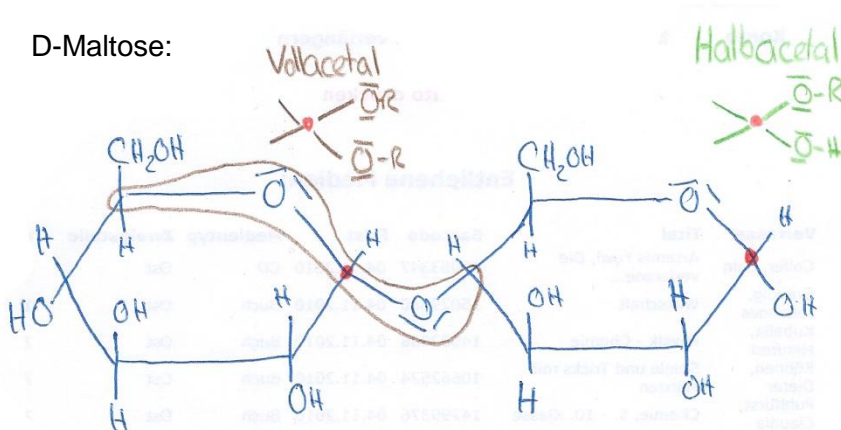
4. Disaccharide

4.1. Maltose (Malzzucker)



α -D-Glucose und α -D-Glucose bilden D-Maltose/Malzzucker

D-Maltose:

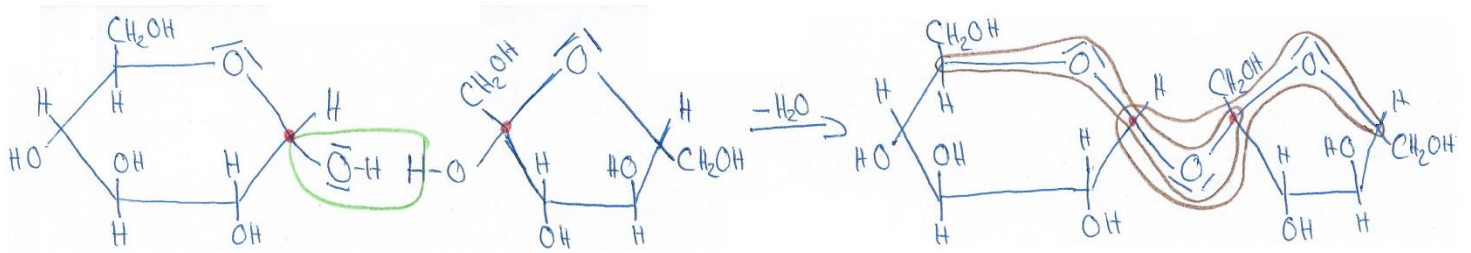


Anomeres C-Atom = glykosidisches C-Atom

Bei der Halbacetalfunktion sind weitere Reaktionen möglich:

- Kettenverlängerung durch Vollacetalbildung
- Nachweis der Ursprünglichen Aldehydgruppe in alkalischem Milieu durch Umwandlung der Ringform in die Kettenform (z.B. Fehlingsche Probe)

4.2. Saccharose

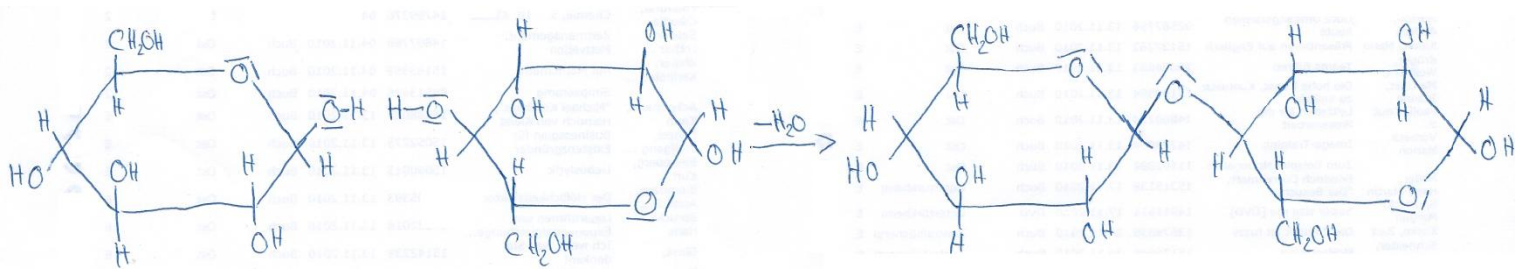


α -D-Glucose und β -D-Fructose bilden Saccharose

→ 2 Vollacetalgruppen
→ negative Fehling Probe

α - β - 1,2 - glykosidische Verknüpfung

4.3. Cellobiose



β -D-Glucose und β -D-Glucose bilden Cellobiose

β - 1,4 - glykosidische Verknüpfung

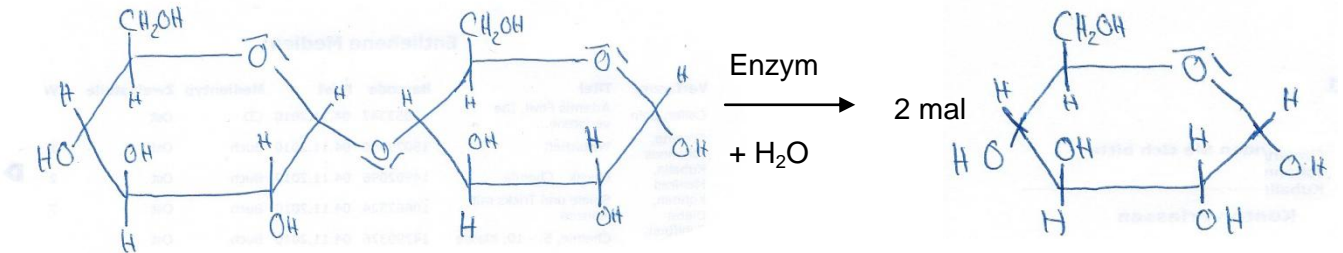
5. Zerlegung von Disaccharide

5.1. enzymatische Spaltung

Enzyme = Biokatalysatoren, Stoffe, welche Reaktionen in Gang setzen, sie beschleunigen, verlangsamen oder sogar ganz stoppen.

Die Wirkungsweise von Biokatalysatoren ist substratspezifisch und bindungsspezifisch.

z.B.: Maltase wirkt als Enzym bei Maltose; Maltase greift die glykosidische Bindung (bei Wasserzusatz!) an → α -Glucose wird als Monosaccharid erhalten.



Im alkalischen Milieu auch in β -Stellung möglich → β -D-Glucose als Endprodukt möglich

5.2. saure Hydrolyse

Bei der sauren Hydrolyse wird die Substanz unter Zufügung von Säure längere Zeit gekocht.

z.B.: Maltose $\xrightarrow{+H_2O \quad +H_3O^+ \text{ kochen}}$ α -D-Glucose

Saccharose $\xrightarrow{+H_2O \quad +H_3O^+ \text{ kochen}}$ α -D-Glucose und β -D-Fructose

5.3. Nachweis der Zerlegung von Disacchariden

→ durch Polarimetrie (siehe I.3.)

besonders eindrucksvoll bei der Spaltung von Saccharose

α (Saccharose) = $+66,5^\circ$ → rechtsdrehend

↓ nach Spaltung

α (D-Glucose) = $+52,7^\circ$ → rechtsdrehend

α (D-Fructose) = $-92,4^\circ$ → linksdrehend

→ nach Zerlegung Drehwinkel von: $-19,8^\circ$

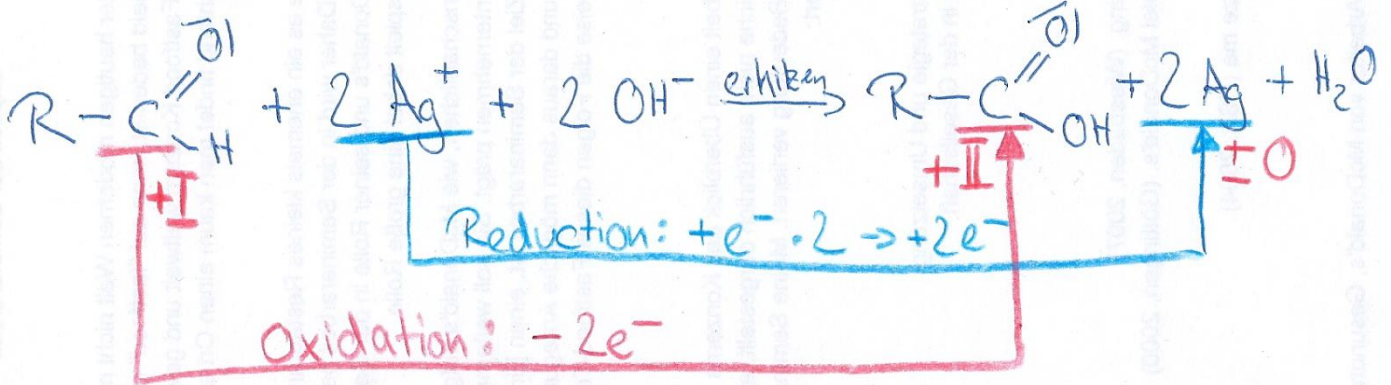
Inversion: Nach Spaltung eine Umkehrung des Drehwinkels von + nach - oder von - nach +

Das Gemisch, welches man bei der sauren Hydrolyse von Saccharose erhält, ist ein äquimolares Gemisch von D-Glucose und D-Fructose, welches den Namen Invertzucker [invertere-wenden]. (Dabei tritt ein Wechsel der Vorzeichen bei der optischen Drehung auf)

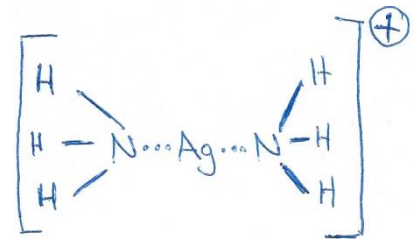
6. Nachweisreaktionen von Mono-, Di- und Polysacchariden

6.1. Tollenssche Probe/Silberspiegelprobe (Nachweis von Aldehydgruppe)

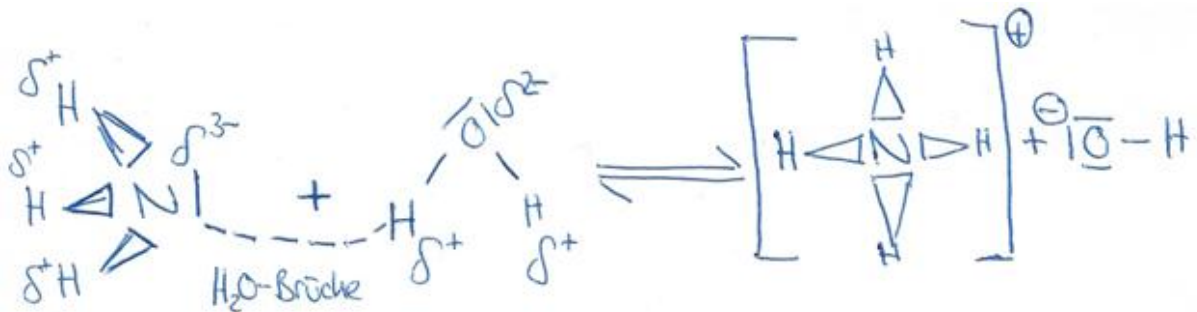
Aldehyd + Silber (I)-Ionen + Hydroxydionen \longrightarrow Carbonsäure + Silber + Wasser



→ Aldehyd-haltige Substanz wird mit einer ammoniakalischen Silbernitratlösung gemischt und erhitzt. Bildet sich ein Silberspiegel, was der Nachweis positiv. Ammoniak bildet hierbei einen Silberdiaminkomplex.

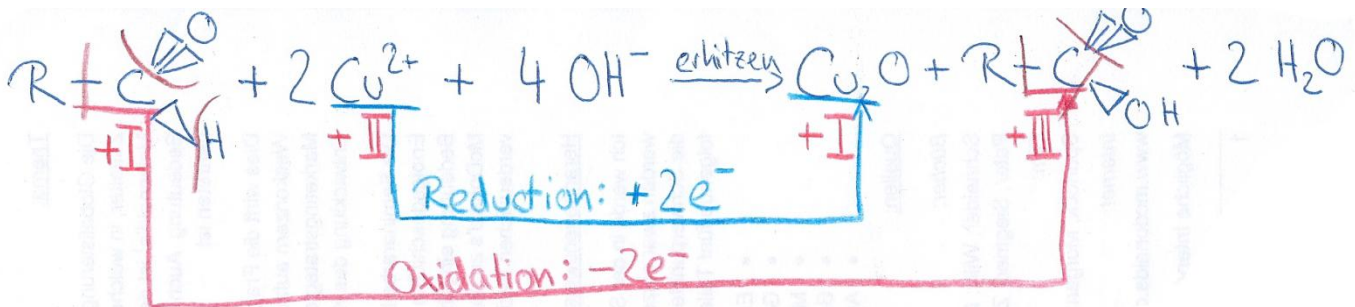


Zu diesem:

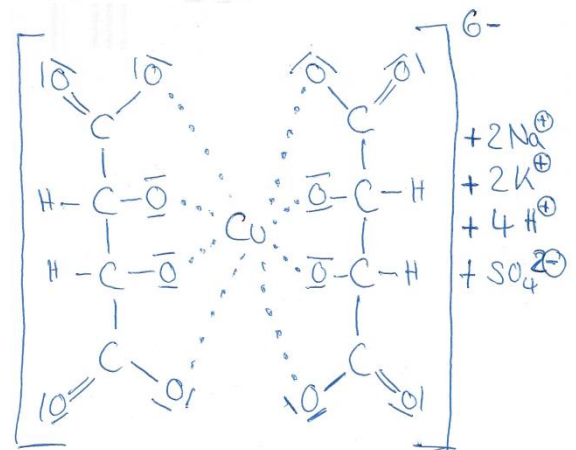


6.2. Fehling Probe (Nachweis von Aldehydgruppe)

Aldehyd + Kupfer(II)-Ionen + Hydroxydionen → Kupfer(I)oxid + Carbonsäure + Wasser



→ Aldehyd-haltige Substanz wird mit Fehling I ($\text{Cu}^{2+}\text{SO}_4^{2-}$) und Fehling II (Kaliumnatriumtartratlösung) gemischt und erhitzt. Bildet sich ein roter Niederschlag, was der Nachweis positiv. Kaliumnatriumtartrat bildet einen Cu^{2+} -Komplex. Nur so funktioniert die Reaktion, da Cu^{2+} und OH^- einen schwerlöslichen Niederschlag bilden würden.



6.3. Versuch: Fehling Probe

Substanzen: Fehling I, Fehling II, Xylose(a), D-Fructose(b), Saccharose(c), Milchzucker(d), D-Maltose(e), D-Glucose(f)

Geräte: 2 Reagenzglasständer, 8 Reagenzgläser, Gasbrenner, Klammer, (Schutzbrille, Feuer)

Durchführung: Eine Spatelspitze der Substanzen (a-f) wird in die jeweiligen Reagenzgläser gefüllt und beschriftet. In wenig Wasser lösen und durch Schütteln auflösen. Jeweils ca. 2 ml Fehling I und Fehling II Mischung (ca. jeweils 6 ml von Fehling I und II) in die Reagenzgläser geben. Vorsichtig erhitzen.

Beobachtung:

- a: dunkelrot Färbung
- b: orangerot Färbung
- c: Schwarz → grün Färbung
- d: orangerot Färbung
- e: orangerot Färbung
- f: grün

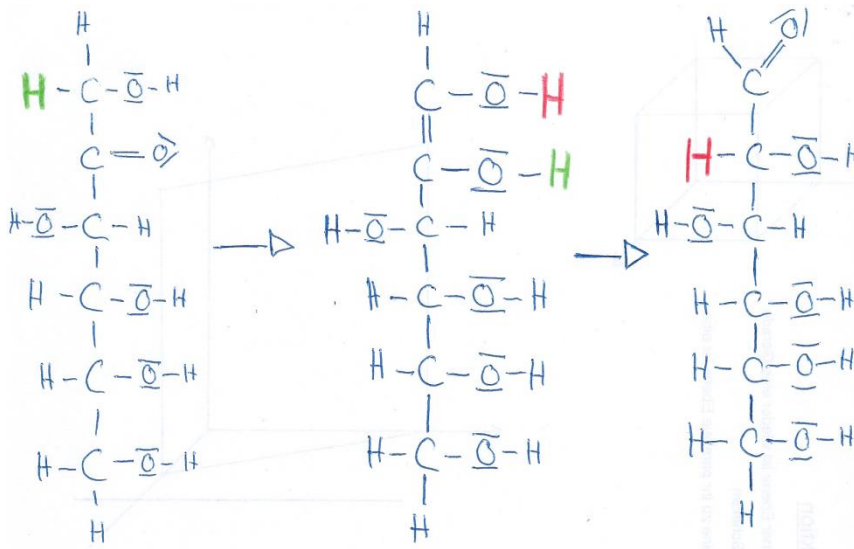
Zur Fehling - und Tollens - Probe:

positive Probe	negative Probe
Hylose	
Galactose	
Fructose	
Glucose	
Ribose	
Lactose	Saccharose
Maltose	Haushaltszucker
	Stärke
	Cellulose

Monosaccharide, Disaccharide, Polysaccharide

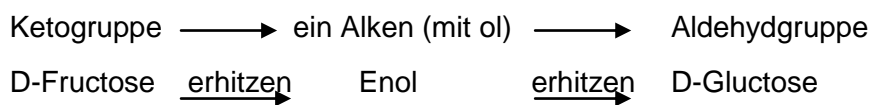
Nach langem Kochen auch bei anderen Saccharide eine positiver Nachweis, da diese durch das Erhitzen aufgespalten werden.

Erklärung für die positive Reaktion der Fructose:



Keto - Enol - Tautomerie [Enol-Aldehyd-Tautomerie]

Tautomerie: Umlagerung eines H-Atoms



7. Oligosaccharide

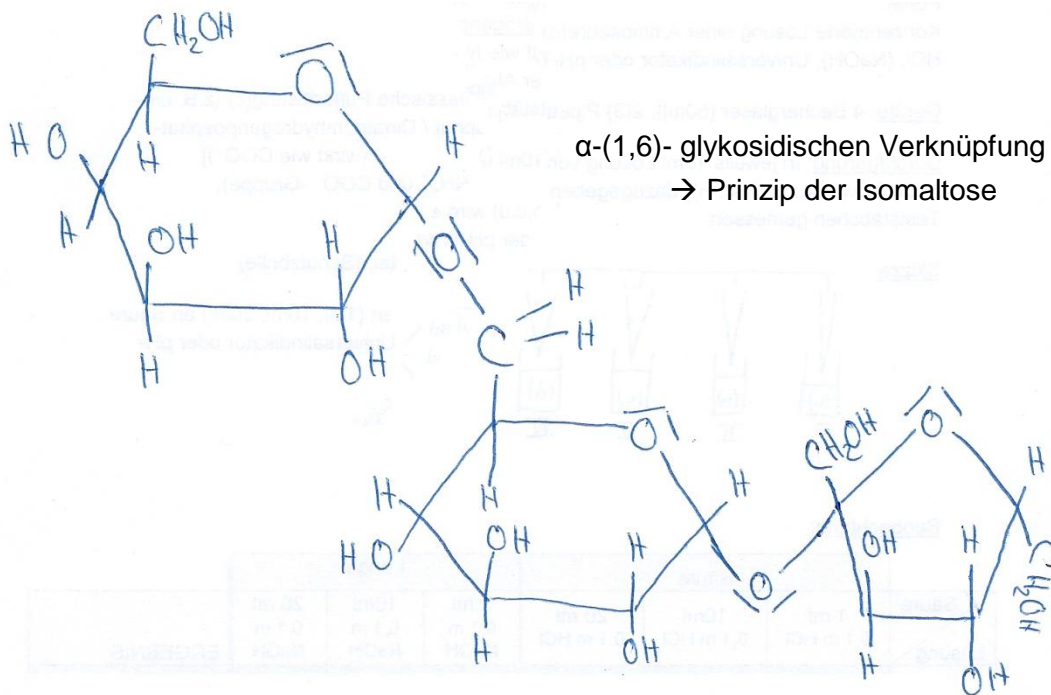
Oligosaccharide sind Moleküle mit mehreren und zwar bis zu 10 Monosaccharideinheiten

z.B. Trisaccharid: Raffinose

Galaktose und Glucose mit einer α -(1,6)- glykosidischen Verknüpfung

Glucose und Fructose mit einer α,β -(1,2)- glykosidischen Verknüpfung

Bemerkung: Galaktose ist ein Monosaccharid wie die Glucose, bei der die Hydroxylgruppe am 4 C-Atom umgekehrt orientiert ist.



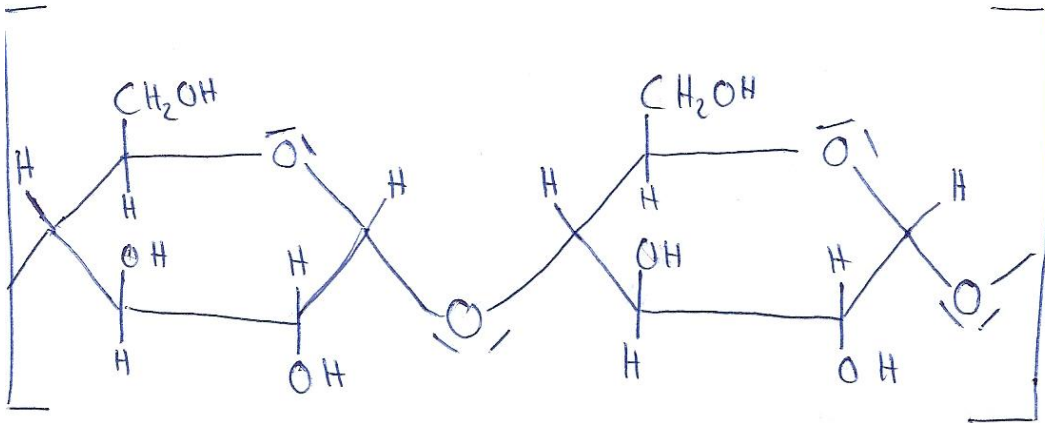
α -(1,6)- glykosidischen Verknüpfung
→ Prinzip der Isomaltose

α,β -(1,2)- glykosidischen Verknüpfung
→ Prinzip der Saccharose

8. Polysaccharide

8.1. Amylose (lösliche Stärke) → unverzweigt

n * α -D-Glucose mit 1,4 - glykosidischen Verknüpfung ("Prinzip der Maltose")



8.2. Amylopektin (unlösliche Stärke) → verzweigt

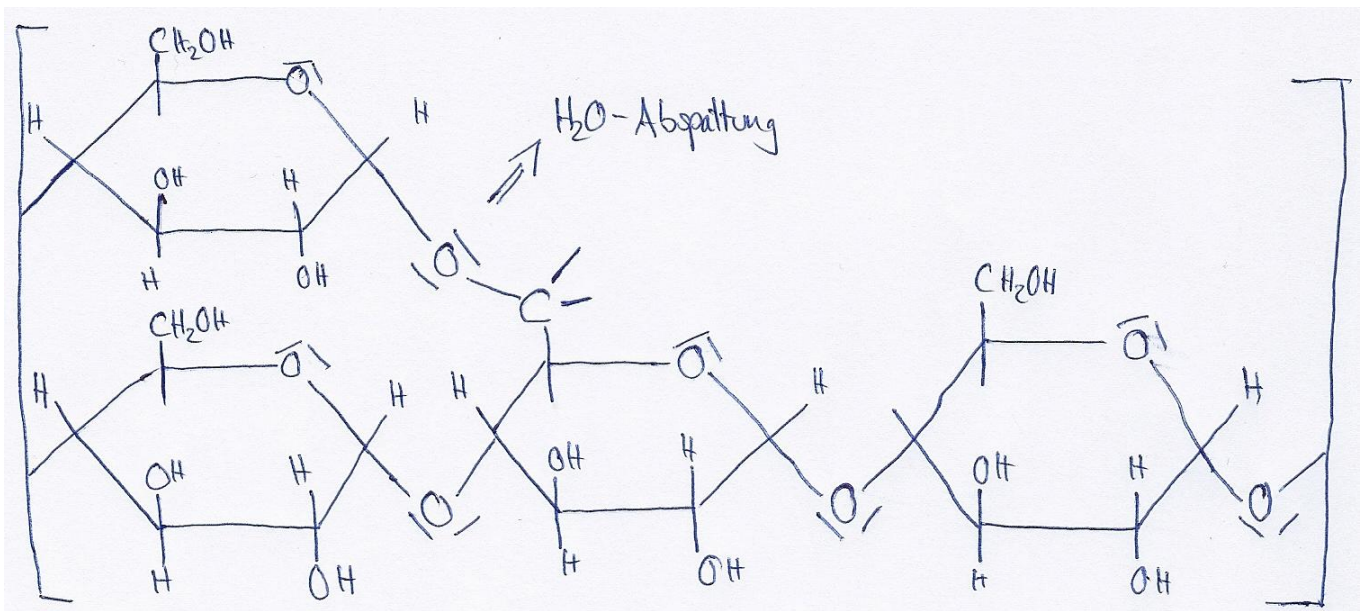
n * α -D-Glucose ($n_{\text{Amylopektin}}$ ist ca. 10-mal größer als n_{Amylose})

mit α -(1,4) - glykosidischen Verknüpfung → "Prinzip der Maltose"

mit α -(1,6) - glykosidischen Verknüpfung → "Prinzip der Isomaltose"

Verknüpfung nach ca. jeder 12 Verzweigung

Ausschnitt aus der Struktur des Amylopektin:



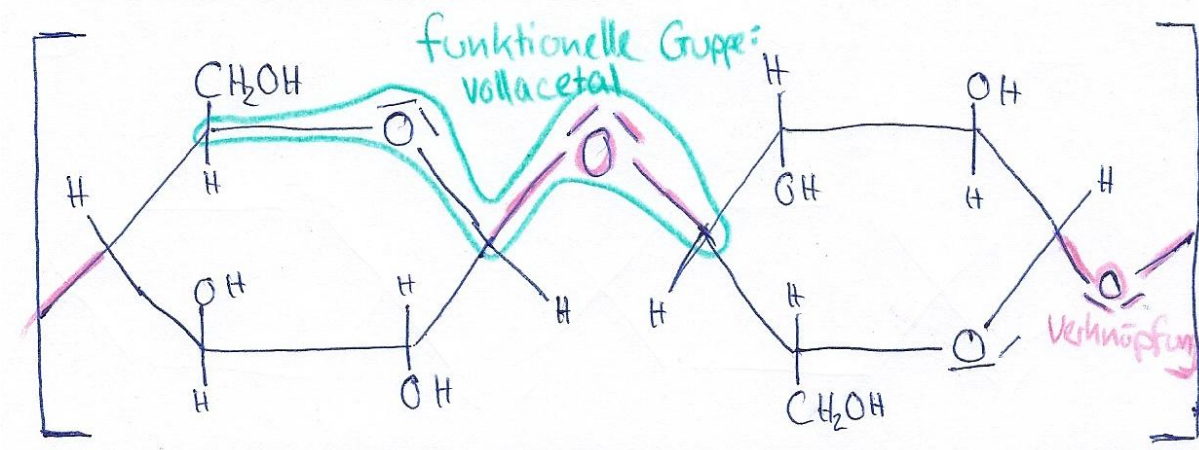
Amylose und Amylopektin sind pflanzliche Stärke. Die Tierische Stärke Glykogen ist wie Amylopektin aufgebaut, jedoch stärker verzweigt (ca. nach jedem 9- Baustein).

8.3. Cellulose

$n \cdot \beta$ -D-Glucose mit 1,4 - glykosidischen Verknüpfung (s.a. Disaccharid Cellobiose)

→ Drehung jedes 2 Moleküls um 180°

Ausschnitt aus der der Struktur der Cellulose



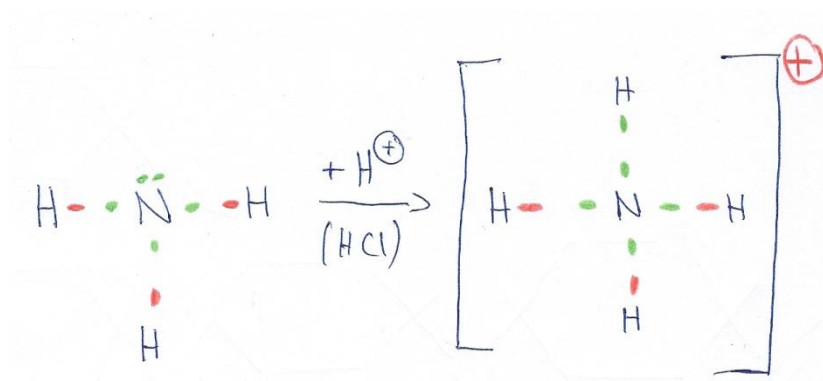
Zur Unterscheidung von Stärke und Cellulose dient der Stärkenachweis mit der Lugolschen Lösung bzw. der Kalium-Iodid-Lösung, wobei sich die Substanz in Anwesenheit von Stärke blau - lila färbt, auf Grund der Bildung von Einschlussverbindungen.

Amyloseeinschluss Verfärbung: blau

Amylopektineinschluss Verfärbung: blaulila

Exkurs - Amoniak:

(siehe auch Silberspiegelprobe)

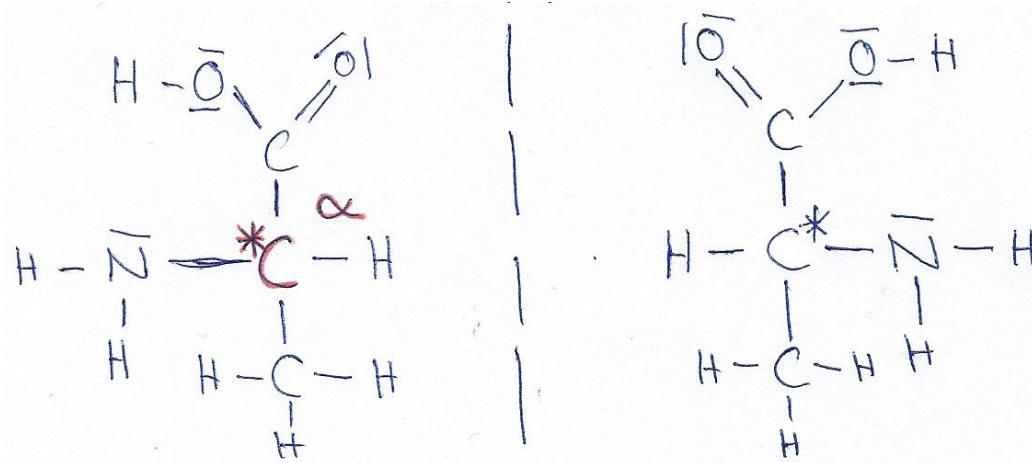


II Aminosäuren, Peptide, Proteine

1. Standardvertreter: Alanin

= α - Aminopropansäure

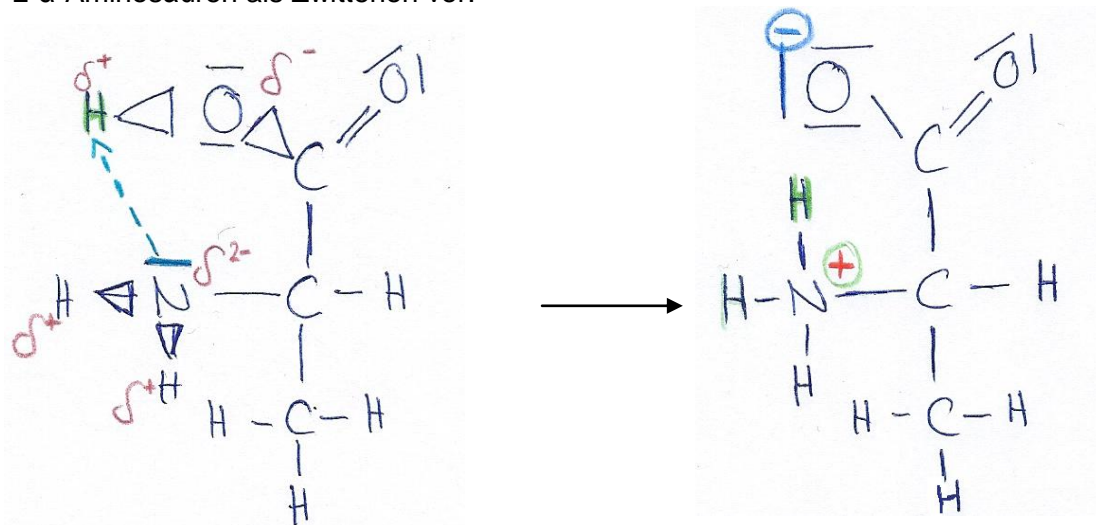
= 2 - Aminopropansäure



L-Alanin

[D-Alanin]

In der Natur kommt nur L-Aminosäuren vor. Außerdem liegt L-Alanin, wie andere L- α -Aminosäuren als Zwitterion vor:



L-Alanin

Carboxylgruppe

Aminogruppe

—————>

—————>

—————>

Zwitterion des L-Alanin

Carboxylatgruppe (negativ geladen)

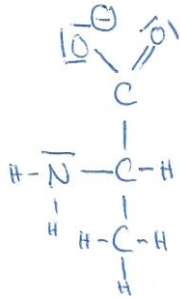
Ammoniumgruppe (positiv geladen)

→ physikalische Eigenschaften sind gekennzeichnet durch Ionennatur

→ Wasserlöslich (gut), leitfähig, hat einen hohen Schmelz- und Siedepunkt (ist bei Raumtemperatur fest), bildet Kristalle

2. Physiologische Wirkung als Puffer

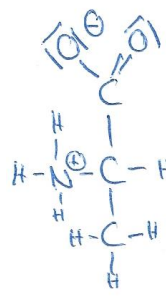
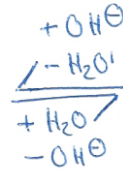
Laugenzugabe



Anion des Alanin

Aminopropanoat

allg. Aminocarboxylat

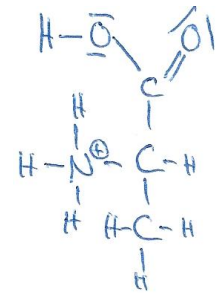
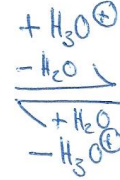


Alanin als Zwitterion

Ammoniumpropanoat

allg. Ammoniumcarboxylat

Säurezugabe



Kation des Alanin

Ammoniumpropansäure

allg. Ammoniumcarbonsäure

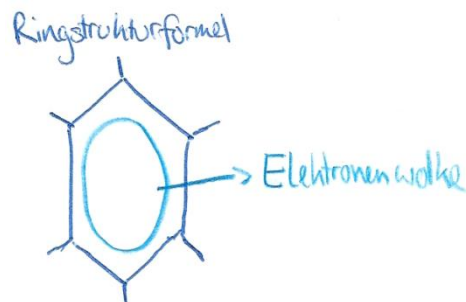
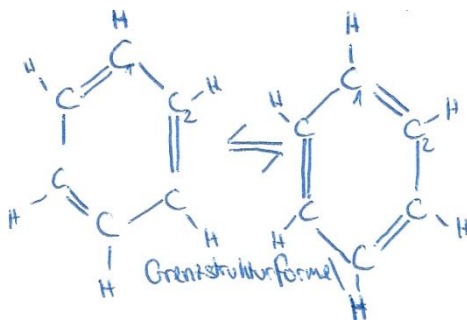
Auf diese Weise können kleinere Mengen von Säure oder Lauge, gepuffert werden; d.h. der pH-Wert verändert sich kaum. (beidseitig wirkender Puffer \rightarrow Säure und \rightarrow Lauge)

Exkurs - Versuchsbeschreibung

- 1) Name beziehungsweise Bezeichnung des Versuches
- 2) Substanzen beziehungsweise Chemikalien
- 3) Geräte
- 4) Durchführung
- 5) Skizze
- 6) Beobachtung
- 7) Ergebnis
- 8) Auswertung mit Reaktionsgleichung
mit Verallgemeinerung
mit Erklärung

Exkurs - Benzolring

Benzolring, einfachstes Aromat, cyclisch, eben, mit gleichlangen Bindungen zwischen C-Atomen, Summenformel C_6H_6)



Elektronenwolke mit 6 delokalisierten Elektronen \rightarrow Mesomerie Stabilisierung

2.1. Versuch Pufferwirkung

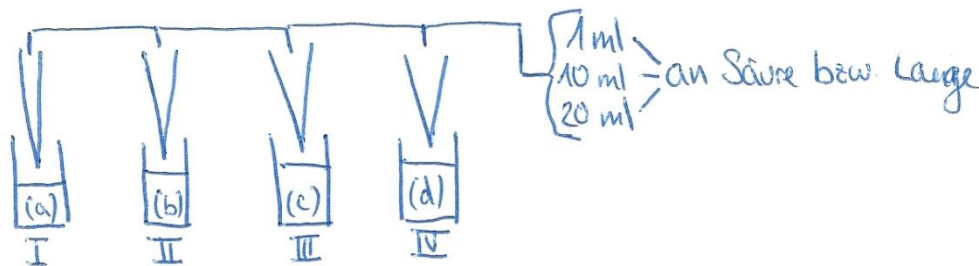
Substanzen: Wasser(a), konzentrierte Kochsalzlösung(b), klassische Pufferlösung(c) (z.B. ein Phosphorpuffer $\text{KH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$ [Kaliumdihydrogenphosphat / Dinatriumhydrogenphosphat-Puffer:

(wirkt wie NH_4^+) (wirkt wie COO^-), Konzentrierte Lösung einer Aminosäure(d) (hier Alanin mit NH_4^+ und COO^- -Gruppe), HCl, {NaOH}, Universalindikator oder pH-Teststäbchen

Geräte: 4 Bechergläser (50ml), 2{3} Pipetten(10ml und 2ml), 2 Spatel, (Schutzbrille)

Durchführung: In jeweils 10ml Lösung von (a,b,c,d) wird eine Mengen (1ml, 10ml, 20ml) an Säure (HCl) {bzw. Lauge (NaOH)} dazugegeben und der pH-Wert mittels Universalindikator oder pH-Teststäbchen gemessen.

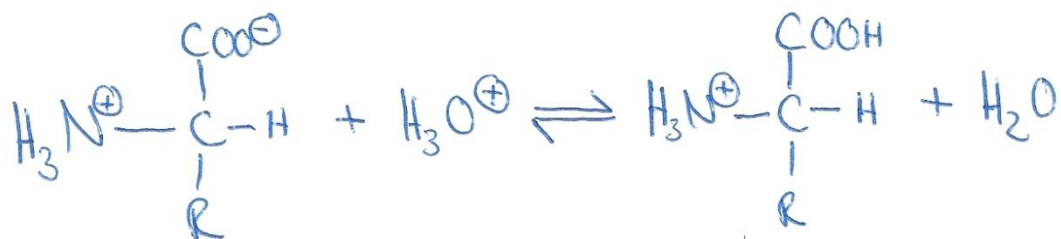
Skizze:



Beobachtung:

Säure Lösung	Säure			Lauge			ERGEBNIS
	1 ml 0,1 m HCl	10ml 0,1 m HCl	20 ml 0,1 m HCl	1 ml 0,1 m NaOH	10ml 0,1 m NaOH	20 ml 0,1 m NaOH	
10ml v. (a)	orange 7	rot 3-4	rot 2-3	7	7-9	11	sehr starke pH-Wertveränderung
10ml v. (b)	leicht grün 6	orangerot 4	rotorange 3	7	7	9-10	starke pH-Wertveränderung
10ml v. (c)	grün 7	leicht grün 7	grüngelb 6	7	7	7	keine feststellbare pH-Wertveränderung
10ml v. (d)	leicht grün 6	gelborange 5-6	orange 5	7	8	8	leichte / schwache pH-Wertveränderung

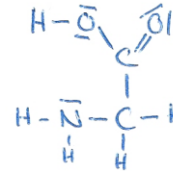
Erklärung: zu d)



3. Beispiele von Aminosäuren (AS)

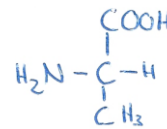
Am Aufbau von Proteinen, den größeren körpereigenen Stoffe, sind 20 Aminosäuren beteiligt. Davon sind 8 sogenannte essentielle Aminosäuren, d.h. sie müssen durch die Nahrung aufgenommen werden. In der Regel handelt es sich dabei um α -L-Aminosäuren. (Bemerkung: $\alpha \cong 2$; eigentlich als Zwitterion vorliegend)

a) Glycin (Gly) = 2 - Aminoethansäure
(einfachste Aminosäure, einzige nicht optisch aktive Aminosäure
→ kein Chiralitätszentrum)



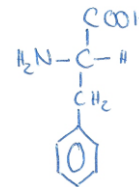
neutrale Aminosäure, unpolar

b) Alanin (Ala) = 2 - L - Aminopropansäure
(bekannteste Aminosäure, Grundlage für weitere Aminosäuren mit funktionellen Gruppen, optischaktiv)



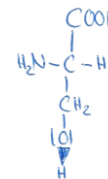
neutrale Aminosäure, unpolar

c) Phenylalanin (Phe) =
Phenyl - 2 - L - Aminopropansäure
(Aminosäure mit zusätzlichem Benzolring)



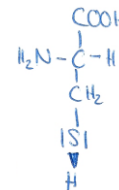
neutrale Aminosäure, unpolar, aromatische Gruppe

d) Serin (Ser) =
Hydroxyl - 2 - L - Aminopropansäure
(Aminosäure mit einer polaren funktionellen Gruppe)



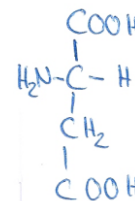
neutrale Aminosäure, polar

e) Cystein (cys) =
- 2 - L - Aminopropansäure
(Aminosäure mit einer polaren funktionellen Gruppe, schwefelhaltig)



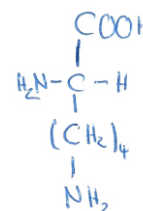
neutrale Aminosäure, polar

f) Asparaginsäure (Asp) =
2 - L - Aminodibutansäure
(Aminosäure mit einer sauren funktionellen Gruppe, COOH - gruppierung \cong Carboxylgruppe)



saure Aminosäure

g) Lysin (Lys) =
2-L-Amino-6-aminohexansäure
(Aminosäure mit einer basischer funktionellen Gruppe,
NH₂ - gruppierung \cong Aminogruppe)

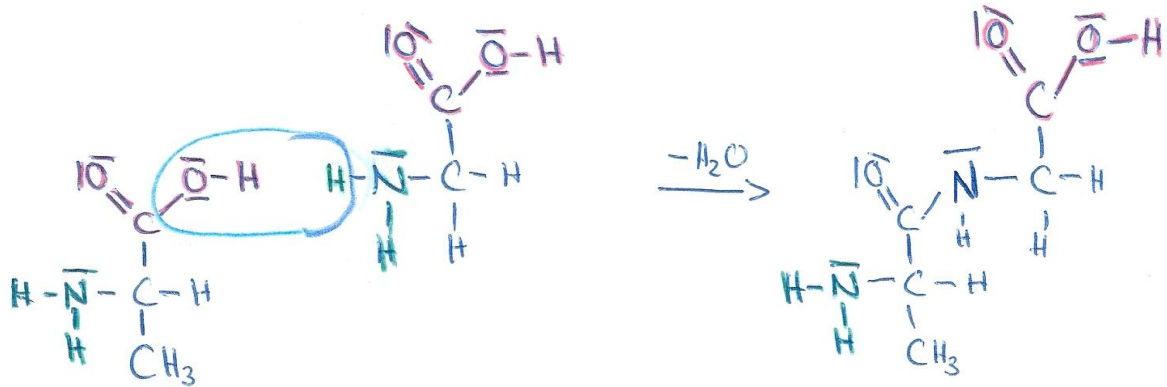


basische Aminosäure

4. Dipeptidbildung (z.B. Alanin + Glycin)

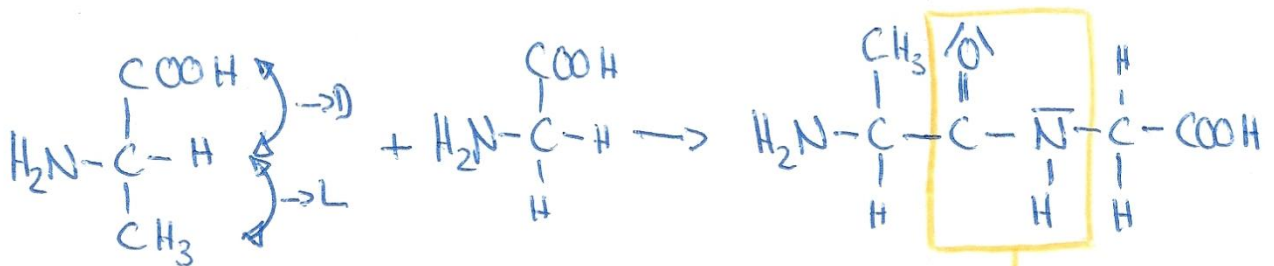
4.1. Darstellung:

A) Herr Müllers Treppenförmigedarstellung

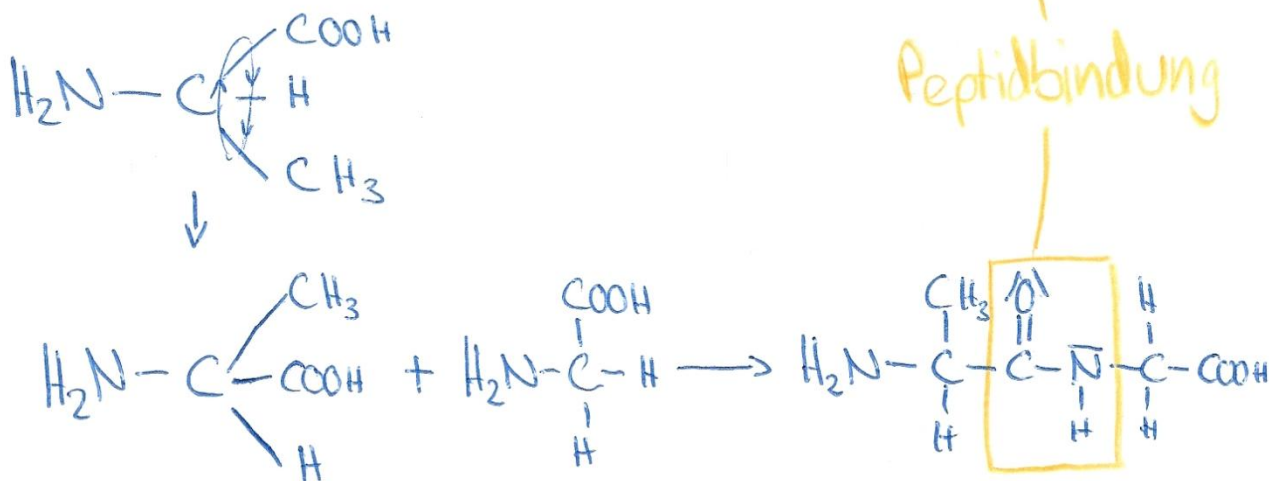


Aminosäure1	+	Aminosäure2	→	Dipeptid
Ala	+	Gly	→	AlaGly
				zweite Möglichkeit einer Verknüpfung: GlyAla

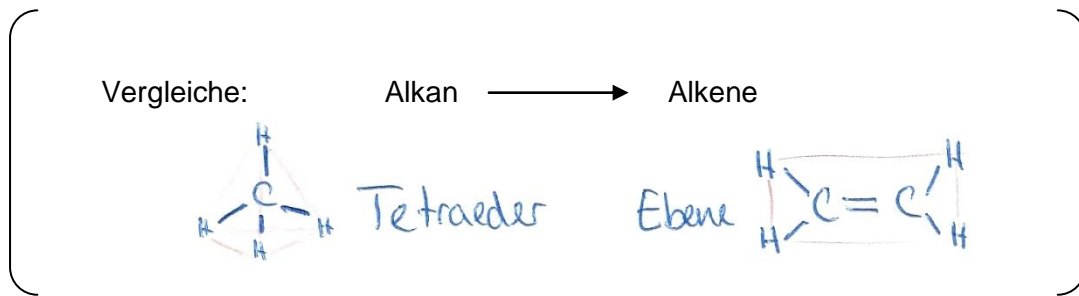
B) Frau Eichler - Klinks Vertauschungsdarstellung



C) Die Drehungsdarstellung (H₂N als Drehachse)



4.2. zur Geometrie der Peptidbindung



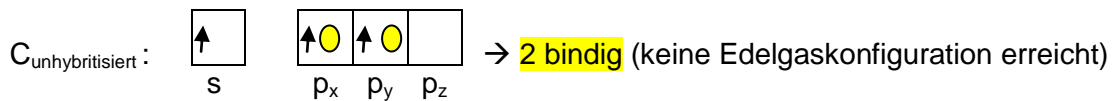
Die Atome der Peptidbindung und die beiden benachbarten α -C-Atome sind in einer Ebene angeordnet und bilden eine starre Struktureinheit. Es besteht eine sp^2 -Hybridisierung

Exkurs - Orbitalmodell

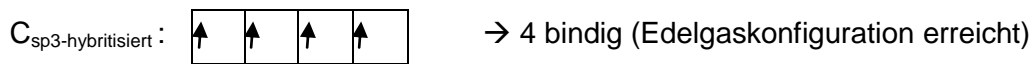
Orbital \cong Aufenthaltswahrscheinlichkeitsräume

\rightarrow Betrachtung der Valenzelektronen

\rightarrow kein Elektron darf den gleichen Zustand wie ein anderes besitzen

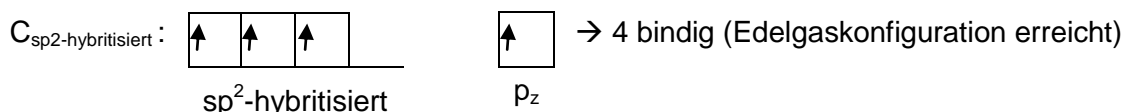


(Kugelförmig) (Hantelförmig)



sp^3 -hybridisiert

(einseitige Hanteln)

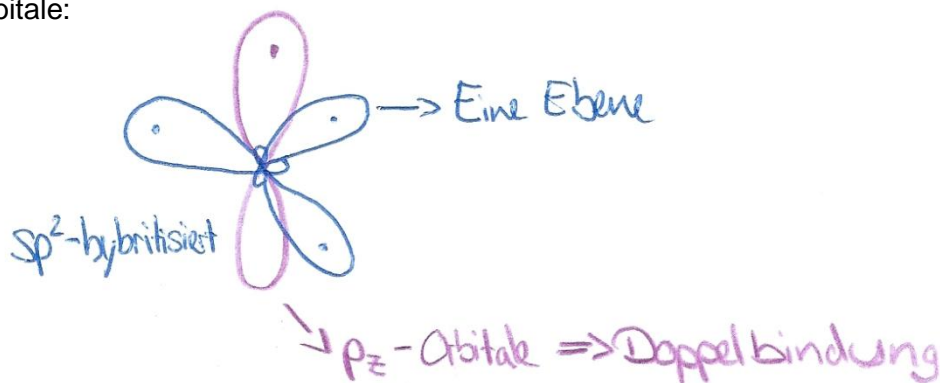


sp^2 -hybridisiert

p_z

(energetisch sehr ähnlich)

Orbitale:



Überleitung: Aminosäuren sind bausteine für	Oligopeptide (bis ca. 10)
	Polypeptide (10 - 100)
	Proteine (ab 100)

5. Proteine (S.367)

Diese besitzen zunehmend übergeordnete Strukturen:
Primärstruktur, Tertiärstruktur und Quartärstruktur.

5.1. Primärstruktur: Aminosäuresequenz

Anzahl und Reihenfolge wird festgelegt: z.B. Gly-Ala-Ser-Phe-Ala-Gly

→ spezifische Eigenschaften, spezielle Nachweise werden dadurch bestimmt; Abbau festgelegt.

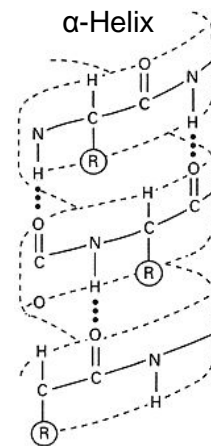
Jeweils drei aufeinanderfolgende Aminosäuren werden als Tripeptid bezeichnet

5.2. Sekundärstruktur - Grundform der Peptidkette

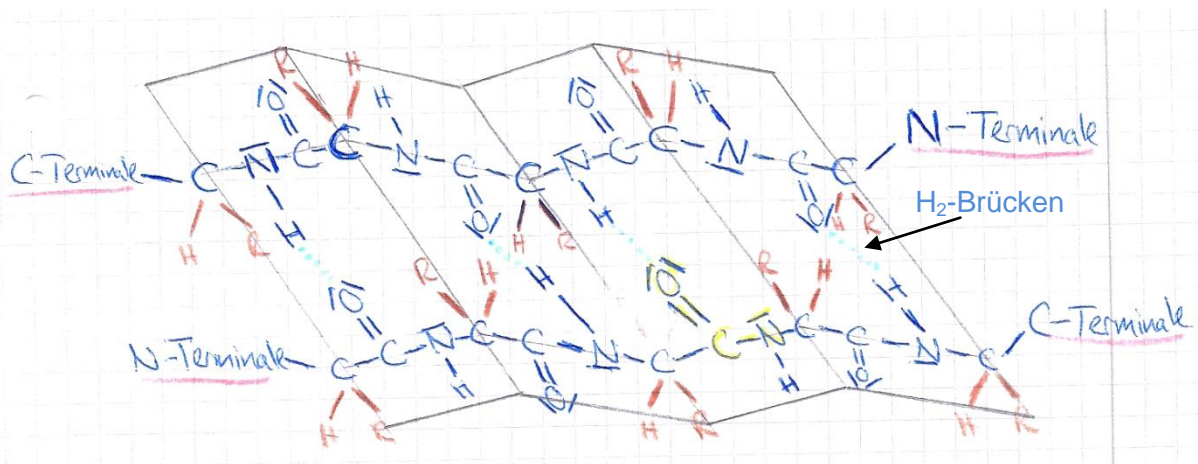
Die Wasserstoffbrückenbindung zwischen den Aminosäuren einer Polypeptidkette führen zur Sekundärstruktur.

Zusammenhalt durch Wasserstoffbrücken
mit 3,6 Bausteinen pro Windung und nach außen
zeigenden Resten (s. auch Buch)

intramolekular (d.h. innerhalb ein und desselben
Moleküls)



β-Faltblatt



antiparallel: C ← N-Terminale
N → C-Terminale

5.3. Tertiärstruktur - Übergeordnete Strukturierung

Es entstehen kugelförmige oder langgestreckte Gebilde (Skelet, Faser) auf Grund von Van-der-Walz-Kräfte, Schwefelbrücken (Disulfid), Ionenwechselwirkung (Ionenbindung) und zusätzliche Wasserstoffbrücken. siehe Abbildung S.377

5.4. Quartärstruktur

Zusammenlagerung mehrerer Peptidketten

z.B. Hämoglobin: 4 Polypeptidketten und einer prothetischen Gruppe (hier: Häme[eisenhaltig])

5.5. Denaturierung

= irreversible Veränderung von Proteinen durch:

- Erhitzung
- Schwermetalle
- Säuren- und Laugenzugabe (→pH-Wertänderung)
- Salze (starke Veränderung der Ionenkonzentration)

⇔ bezeichnet man als Denaturierung

5.6. Nachweis von Proteinen

a) Durch Denaturierung

b) Xanto-Protein-Reaktion

→ Nachweis von Proteinen mit aromatischen Charakter

Dabei wird das Protein mit (konzentrierter) Salpetersäure einige Minuten erhitzt.

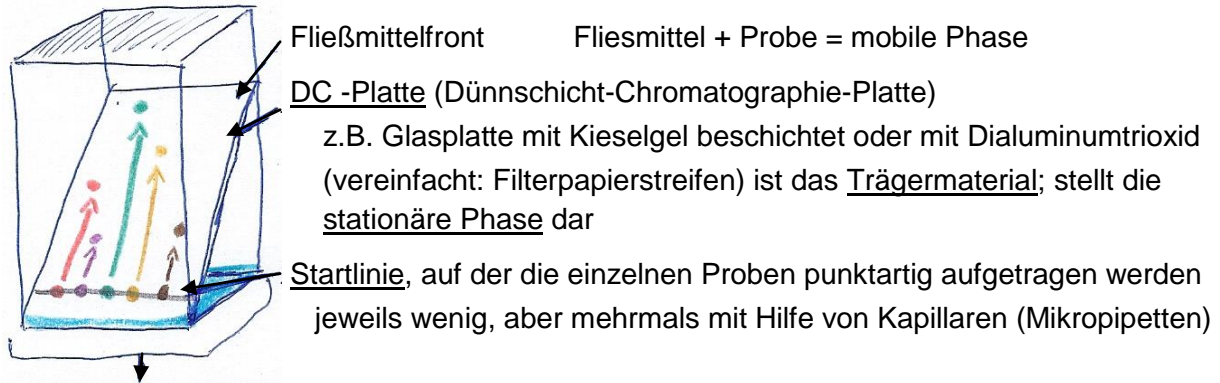
Positiver Nachweis bei gelb, orange gefärbten Ballungen

c) Biuretreaktion

→ Nachweis von Proteinen auf Grund einer Komplexbildung mit alkalischer Kupfersulfatlösung

5.7. Nachweis der einzelnen Aminosäuren

durch Chromatographie und anschließendes Besprühen mit Ninhydrin, welches bei Erwärmung die Aminosäuren durch lila flecken zeigt. Unter Chromatographie versteht man ein Trennverfahren für (ähnliche) Stoffe, die sich aber unterschiedlich gut in einem Lösungsmittel lösen.



Chromatographische Kammer (Mit Deckel)

Enthält ein jeweils geeignetes Lösungsmittel, welches als Fließmittel dient.

(z.B. Mischung aus Aceton, Buten, Eisessig im Verhältnis 35:35:10)

Auswertung:

Platte rechtzeitig herausnehmen trocknen lassen bei einer Aminosäure mit Ninhydrin besprühen, im Wärmeschrank trockenen lassen

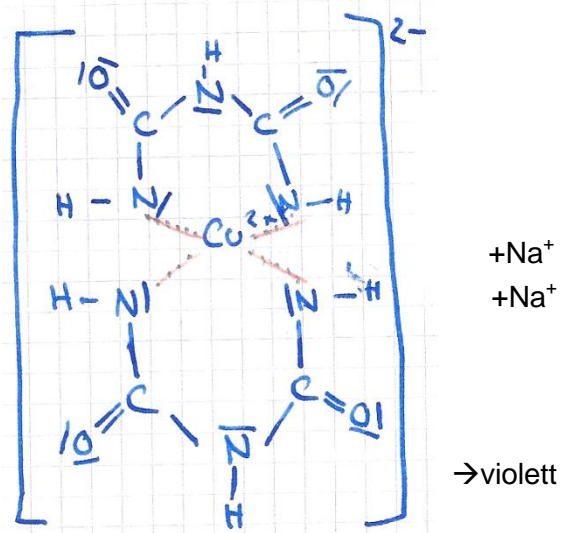
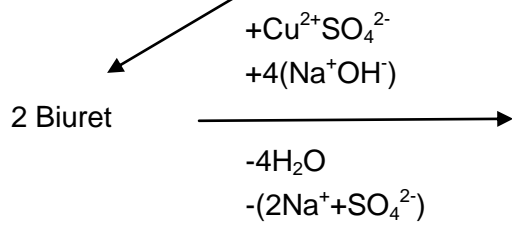
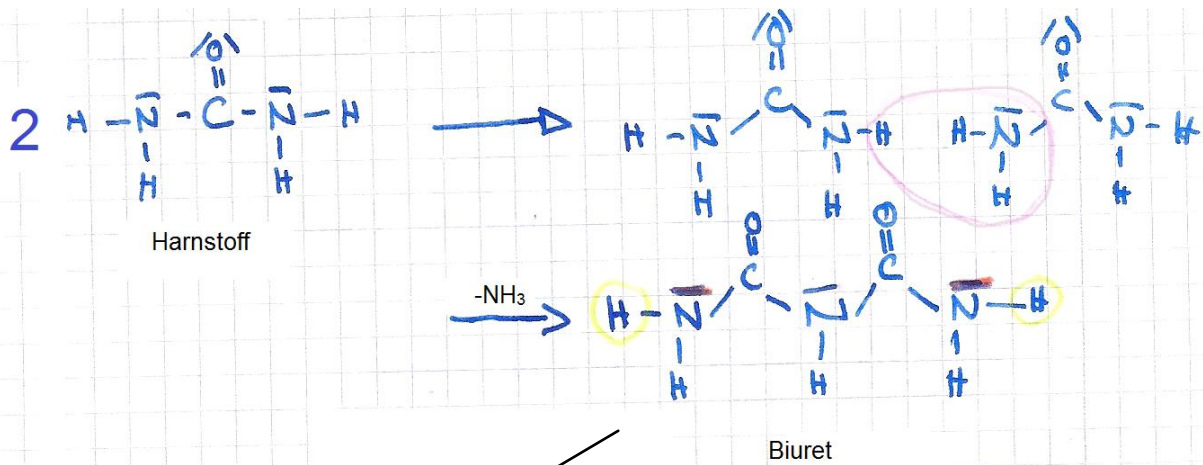
→ lila Flecken in unterschiedlichen Abständen zur Startlinie

tabellarische Auswertung:

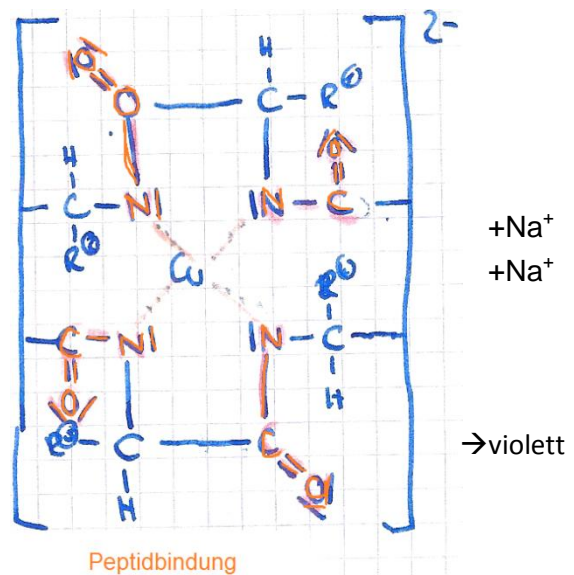
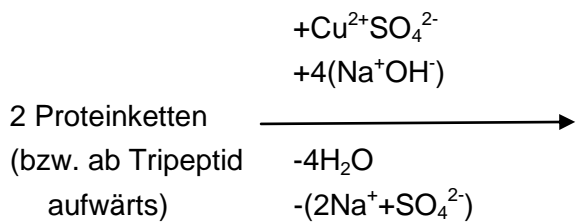
$$R_f = \frac{\text{Strecke, die die Substanz von der Startlinie aus zurückgelegt hat}}{\text{Strecke, die das Fließmittel von der Startlinie aus zurückgelegt hat}}$$

R_f - Werte sind für Substanzen bei bestimmten Lösungsmitteln (Kombinationen) unter Standardbedingungen spezifisch.

5.8. Bildung des Biurets und des Biuretkomplexes mit Cu^{2+}



Biuretkomplex (von Harnstoff)



III. DNA/RNA

Aufbau:

DNA, die Desoxyribonukleinsäure, und heterogene Gruppe der RNAs, Ribonukleinsäure, gehören zu der Familie der Nukleinsäuren. Nukleinsäuren bestehen allgemein aus drei Bausteinen: **(I) Zucker, (II) Phosphorsäure bzw. Phosphat, (III) Basen.** (Vgl. unten)

	DNA	RNA
(I) Zucker	<p>β-Desoxyribose \rightarrow DNA</p>	<p>β-Ribose \rightarrow RNA</p>
(II) Phosphorsäure bzw. Phosphat	<p style="text-align: center;">Phosphorsäure</p> <p style="text-align: center;">Phosphat</p> <p>In der Periode darf das Elektronen-oktett, welches in der zweiten Periode zwingend ist, überschritten werden \rightarrow Elektronen-dezet</p>	
(III) Basen	<p>Adenin (2 Ringe) </p> <p>Thymin </p> <p>Guanin (2 Ringe) </p> <p>Cytosin </p> <p><i>2 H₂-Brücken</i> (between A and T) <i>3 H₂-Brücken</i> (between G and C)</p>	<p>Adenin (2 Ringe) </p> <p>Urazil </p> <p>Guanin (2 Ringe) </p> <p>Cytosin </p> <p><i>2 H₂-Brücken</i> (between A and U) <i>3 H₂-Brücken</i> (between G and C)</p>
	antiparallele Doppelhelix	Einzelstrang

IV. Kunststoffe

Kunststoffe sind synthetisch (oder halb synthetisch) hergestellt feste Materialien, welche aus Kohlenwasserstoffverbindungen unter Einbau von funktionellen Gruppen in Form von Makromolekülen bestehen. Zur Herstellung dient als Ausgangsstoff meist das Erdöl.

1. Einteilungsmöglichkeiten

A) hinsichtlich besonderer Eigenschaften:

- z.B. Duroplaste (verkohlen beim Erhitzen),
 - Thermoplaste (lassen sich durch Erhitzen erweichen),
 - Elastomere (elastisch, aber verkokeln)
- unterschiedliche Grundstruktur

B) hinsichtlich der unterschiedlichen Herstellungsverfahren

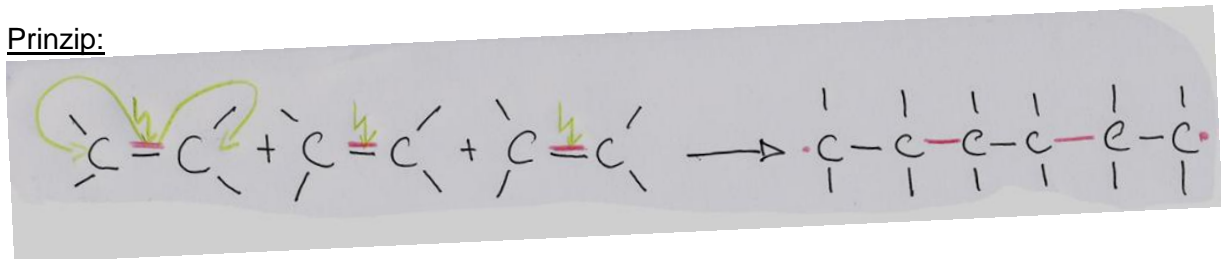
2. Polymerisation

Mechanismus: radikalische Polymerisation

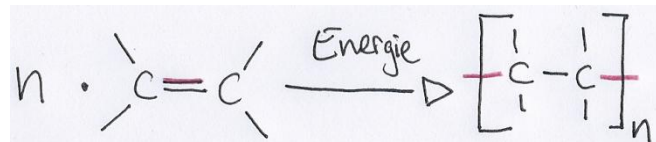
Baustein: ungesättigte Kohlenwasserstoffe (meist Alkene [auch Alkine oder Cyclen])

Eine Bausteinart genügt, aber mehrere Bausteinarten möglich

Prinzip:



Reaktionsgleichung:

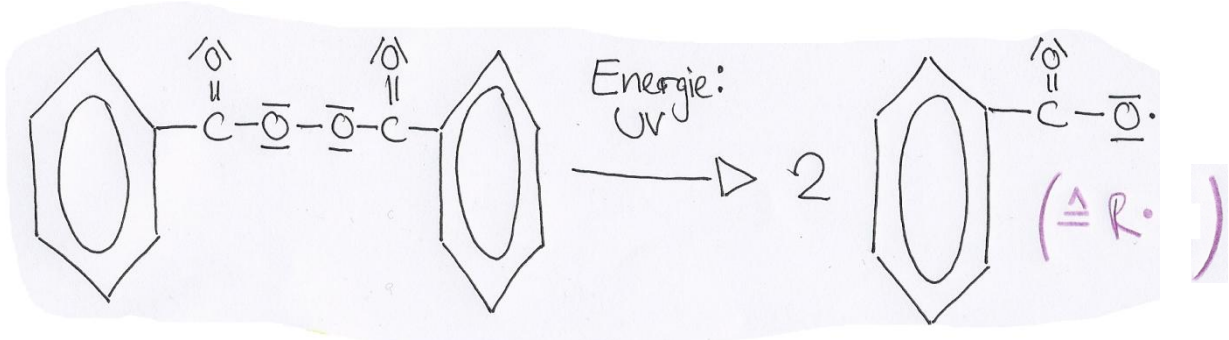


Kennzeichen einer radikalische Polymerisation:

- Zusatz eines Radikalbildners, relativ wenig Energiezufuhr
- Alkene (oder ähnliches) als Grundbaustein
- Produkt unterschiedlicher Moleküllänge, aber keine weiteren Teilchen

Erklärung des Reaktionsmechanismus in vier Schritten:

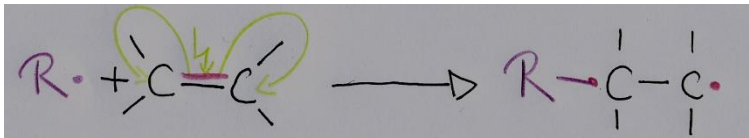
I) Start: Bildung von Radikalen (ausmolekühlen, die sich leicht spalten lassen)



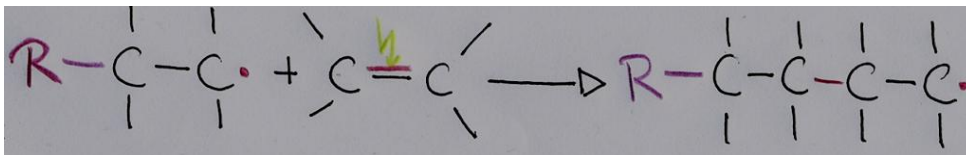
z.B. Diphenylperoxid (--> Benzolsäure)

II) Angriff des Radikals auf den Baustein (z.B. Ethen)

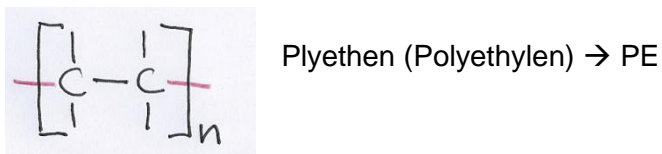
→ Auflösen/Aufklappen der Doppelbindung



III) Übertragung der Radikaleigenschaft auf weitere Bausteine --> zunehmende Kettenlänge



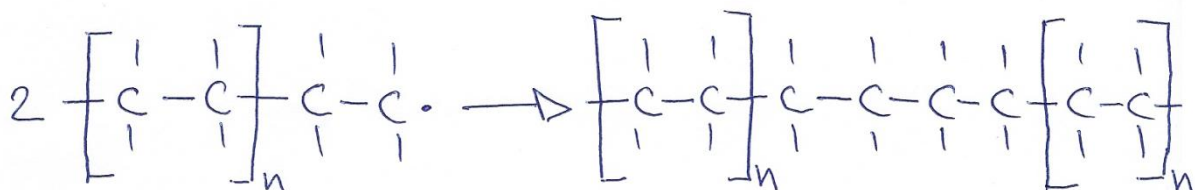
IV) Produkt: (Polymerisate)



Polyethen (Polyethylen) → PE

V) Abbruchkombination:

Rekombination zweier Radikale

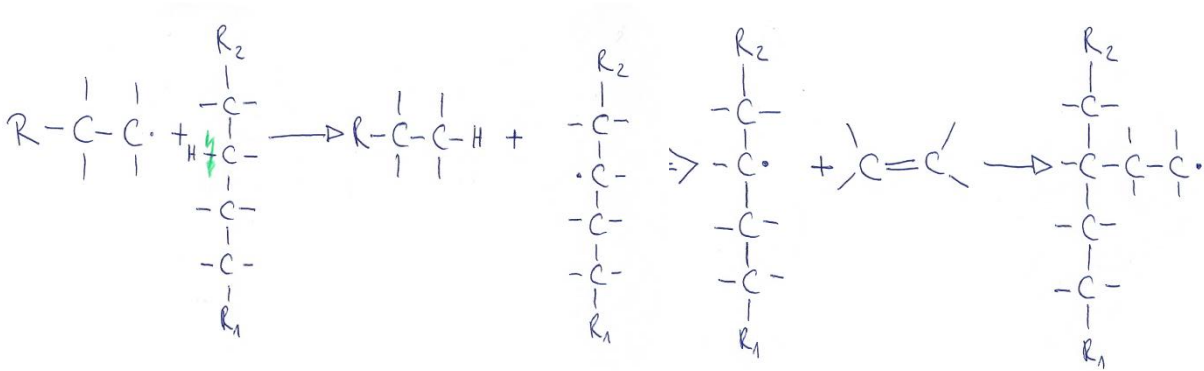


VI) Nebenreaktion:

Radikal vervollständigt sich durch Wegnahme eines Wasserstoffatoms einer schon gebildeten Kette und erzeugt dadurch eine neue Radikalstelle in der Mitte der Kette

→ verzweigte Moleküle (z.B. LDPE: Low-Density-Polyethylen)

Fremde Reaktion → siehe auch radikalische Substitution



2.1. Wichtige Polymerisate:

WICHTIG: Polymerisate sind Polymere! Polymerisate ≠ Polymere

Polyethylen

PE-HD entspricht HDPE



PE-LD entspricht LDPE



HD → high density (hohe Dichte) *hochwertig* LD → low density (geringe Dichte) *billig*

Hergestellt bei niederem Druck
(Niederdruck-PE)

Hergestellt bei hohem Druck
(Hochdruck-PE)

→ nur normale Polymerisation

→ Polymerisation + zusätzliche Bildung von
Seitenketten

→ langkettig, unverzweigt

→ nicht so langkettig wie HDPE

↑ (mit kristallinen Bereichen:
parallel angeordnete Kettenstücke)

↑ → verzweigt (Knäuel)

→ hoher Polymerisationsgrad
(7000-180000 Monomere [Bausteine])

→ niedriger Polymerisationsgrad
(bis maximal 2000 Monomere [Bausteine])

→ fest, stabil, bruchstabil

→ wenig formstabil

→ höher erweichend

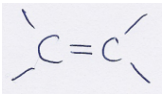
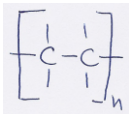

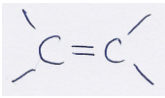
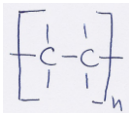
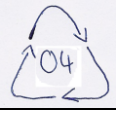
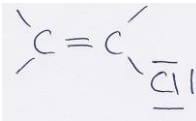
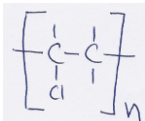

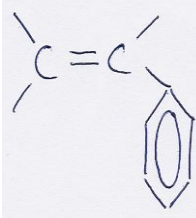
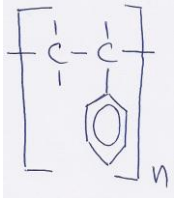

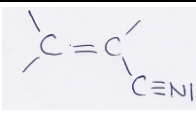
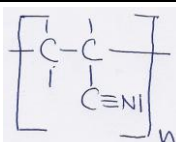
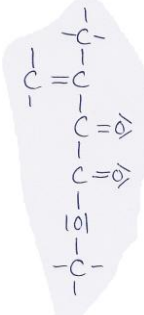
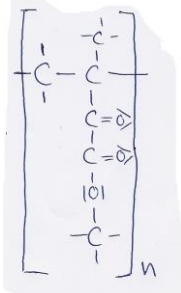
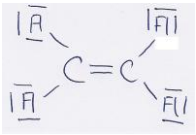
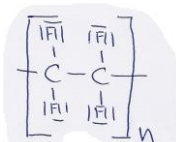
→ Erweichungspunkt unter 100°C

→ Erweichungspunkt: ~ 120°C

Verwendung: Fahrradhelme, Kindersitze

Verwendung: Folien, Trinkflaschen, Becher

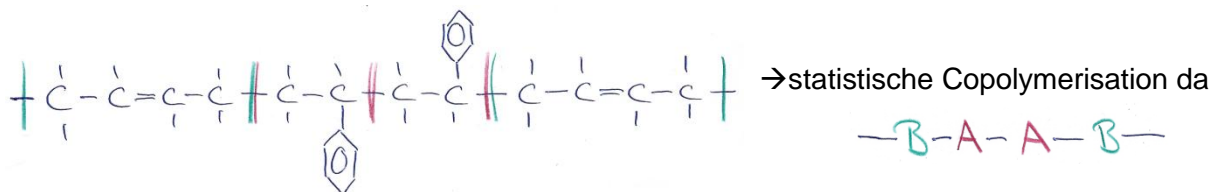
Beispiele für Polymere: → Polymerisate

Monomer	Ausschnitt aus dem Polymer	Bezeichnung	Kurz	Eigenschaften/Verwendung (nicht unbedingt auswendig)
		High-density-Polyethylen	HDPE 	s. oben
		Low-density-Polyethylen	LDPE 	s. oben
		Polyvinylchlorid (→ethyl)	PVC 	hart, H ₂ O-abstoßend Bodenbeläge
		Polystyrol	PS (schon sehr wichtig) 	aufschäumbar (beinhaltet ein leicht in Gasförmig umgehenden Stoff), geringe Dichte, geringe Wärmeleitfähigkeit, Wärmebeständig Flaschen, CD-Hüllen, Lebensmittelbehälter, Kleiderbügel
		Polyacrylnitril	PAN	weich, wasserlöslich, zugfest, dehnungsarm Textilien, Lacke
		Polymethylmethacrylsäureester	PMMA	Säuren- und Laugenbeständig, mechanisch belastbar Zahnspangen, Plexiglas
		Polytetrafluorethylen	TEFLON	Hitzebeständig, Säuren- und Laugenbeständig Pfannen

2.2. Copolymerisation:

Kennzeichen	Verwendung mehrerer Monomere	(A, B, C)
Arten:	a) statistische Copolymerisation (zufällig)	(-A-B-B-A-A-A-B-A-A-B-B-)
	b) alternierende Copolymerisation (abwechselnd)	(-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-)
	c) Blockpolymerisation	(-A-A-A-A-A-A-B-B-B-B-B-)
	d) Pfropfpolymerisation (Seitenkette mit B) → Vernetzung	(-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-) B B B B B B

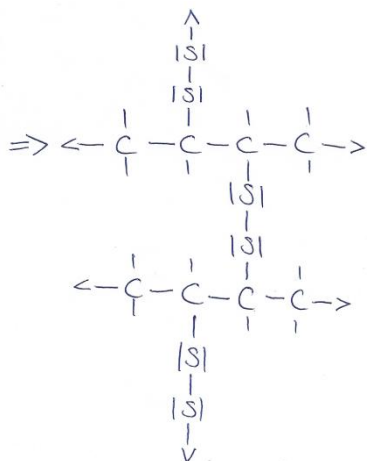
Beispiel: **Styrol** - **Butadien** - Copolymere (hier Copolymerisat)



Eine weitere mögliche Folgereaktion:

Als Folgereaktion ist eine Vernetzung mit Hilfe von Schwefel möglich

(S₂ [bei hohen Temperaturen], siehe auch Buch)

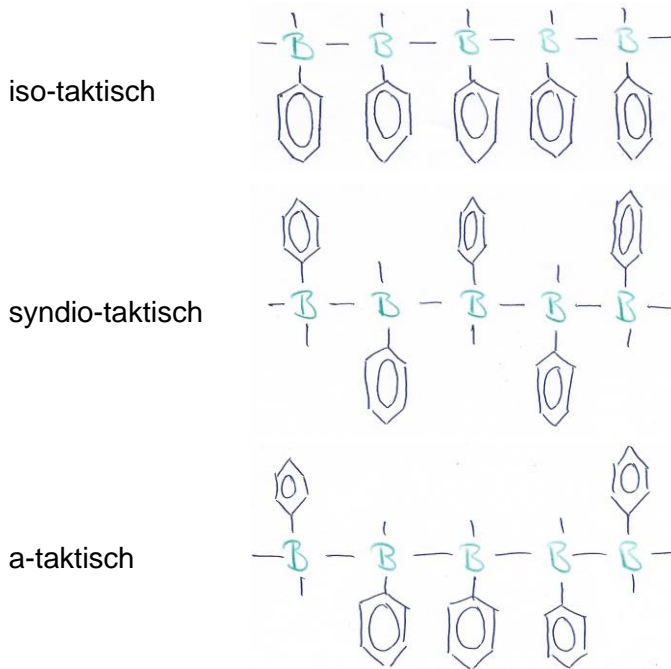


→ Vulkanisation (vulkanisieren)

→ Herstellung von Autoreifen

Exkurs - Reste Orientierung - Taktizität

Resteorientierung (Vergleiche S. 307, Abb. 2): können in ihrer räumlichen Orientierung in Abfolge unterschiedlich sein:



3. Polykondensation

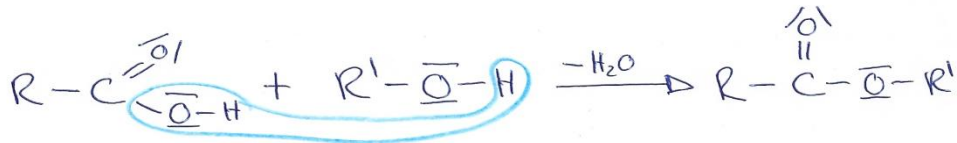
= zusammenfügen von Monomeren (Bausteine) unter Abspaltung kleiner Teilchen (meist H_2O)

Vor der Monomere: mindestens 2 funktionelle Gruppen (\rightarrow Polymerketten)

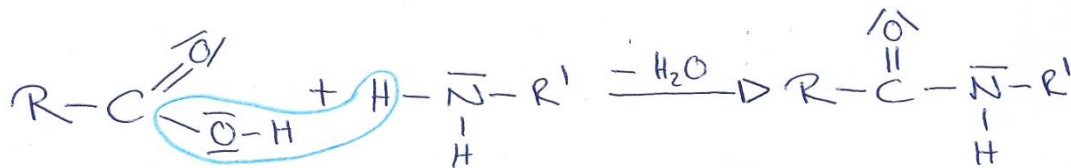
{mindestens 3 funktionelle Gruppen (\rightarrow Polymernetze)}

Stoffgruppen:

A) Carbonsäure + Alkohol \longrightarrow Carbonsäureester [Ester]

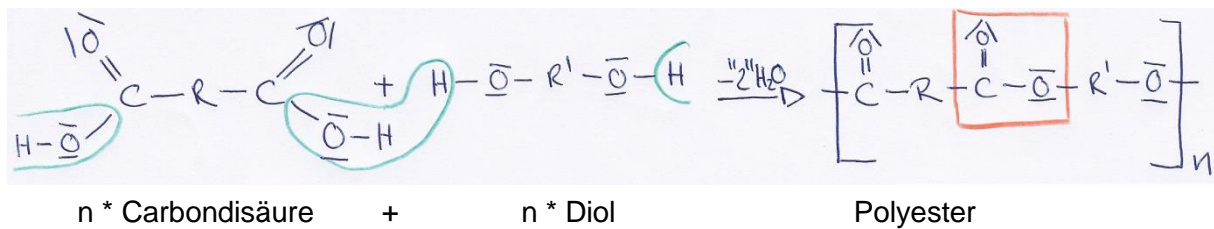


B) Carbonsäure + Amin \longrightarrow [Carbonsäureester-] Amide



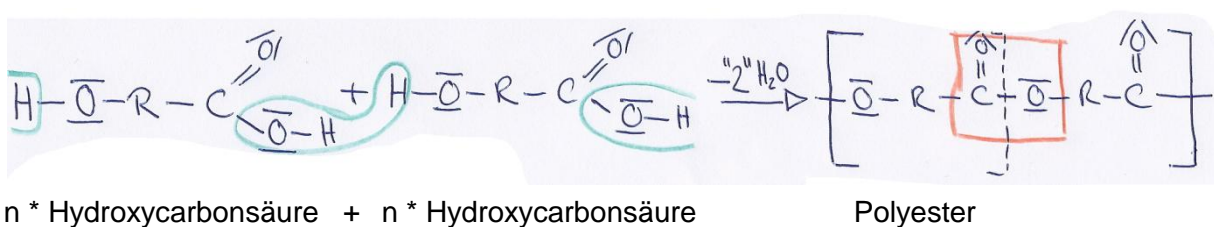
3.1. Schema der Polyesterbildung

Fall A: (Ausschnitt)



- Zwei Monomersorten notwendig
- Großer Ausschnitt charakterisiert das Polykondensat
- Gedrehte Anordnung der Estergruppe

Fall B: (Ausschnitt)

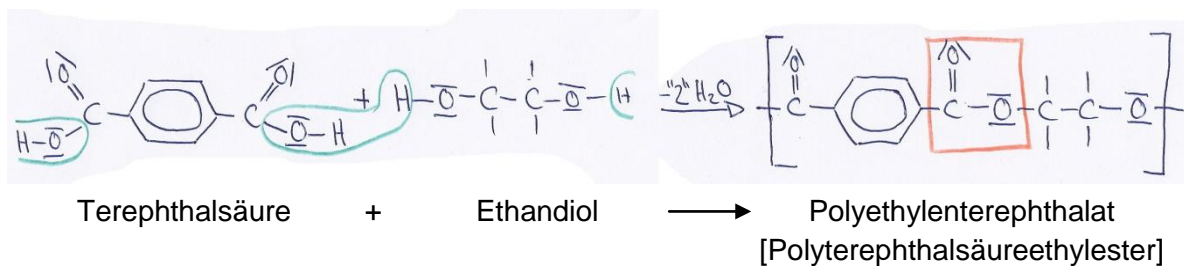


- Nur eine Monomersorten notwendig
- Kleiner Ausschnitt charakterisiert das Polykondensat
- Immer gleiche Anordnung der Estergruppe

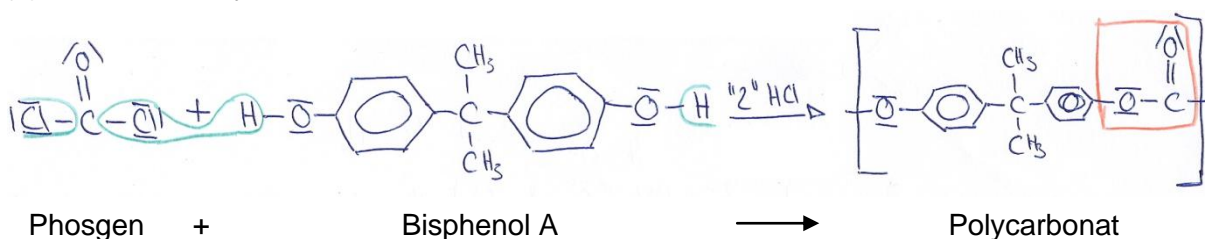
Eigenschaften: siehe Buch

Beispiele (siehe auch: Buch, Seite 304)

(1) Ausschnitt Polyethylterephthalat [Polyterephthalsäureethylester]



(2) Ausschnitt Polycarbonat

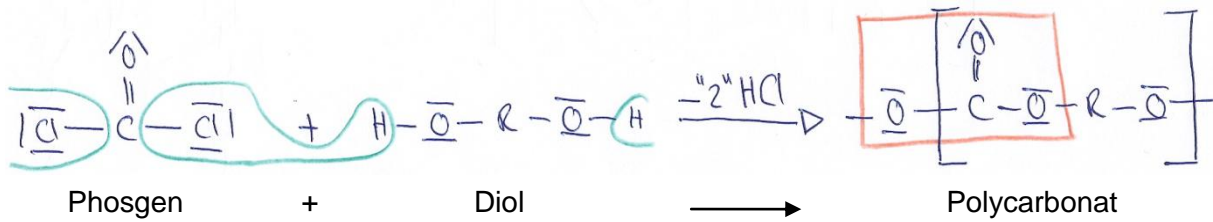


Mögliche Abiturfrage: In welchem Fall spaltet sich kein Wasser ab?

→ siehe Beispiel Polycarbonat

Aufgabe: Stelle ein Polycarbonat her.

(3) Ausschnitt Polycarbonat

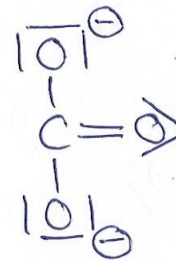
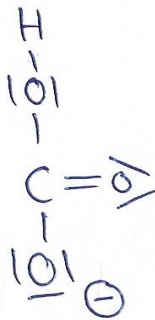
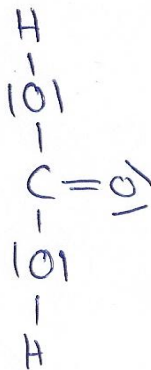


Bemerkung dazu:

H_2CO_3 Kohlensäure

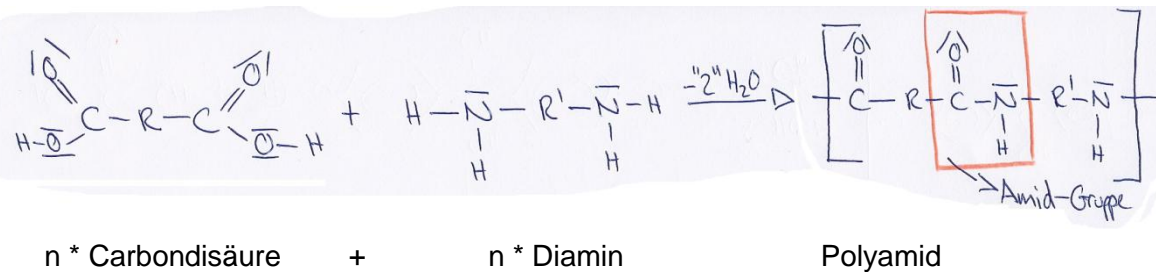
HCO_3^- Hydrogencarbonation

CO_3^{2-} Carbonation



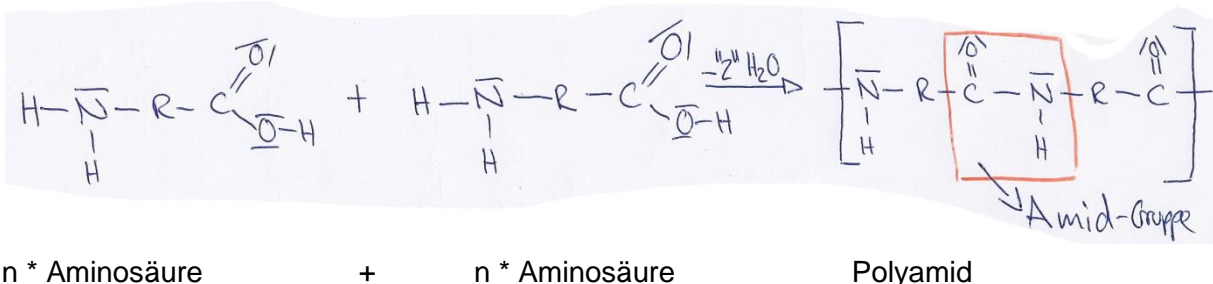
3.2. Schema der Polyamidbildung

Fall A: (Ausschnitt)



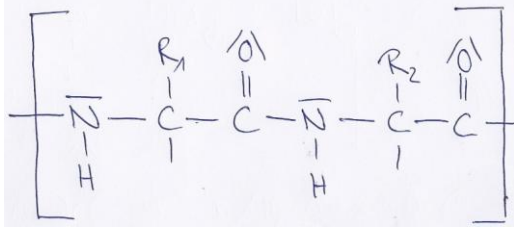
- Zwei Monomersorten notwendig
- Großer Ausschnitt charakterisiert das Polykondensat
- Gedrehte Anordnung der Estergruppe

Fall B: (Ausschnitt)



- Nur eine Monomersorten notwendig
- Kleiner Ausschnitt charakterisiert das Polykondensat
- Immer gleiche Anordnung der Estergruppe

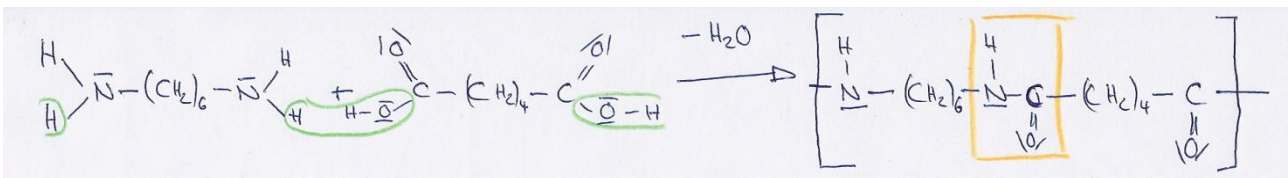
→ Zum Vergleich: Ausschnitt aus einem Polypeptid (→ ein spezielles Polyamid)



Unterschied:

- Monomere sind Aminosäuren (→ Fall B)
- ABER: Reste nicht in der Kette, sondern ragen nach außen
- Reste unterschiedlich
- Reste enthalten verschiedenartige weitere Gruppen (z.B. - SH)

Nylon

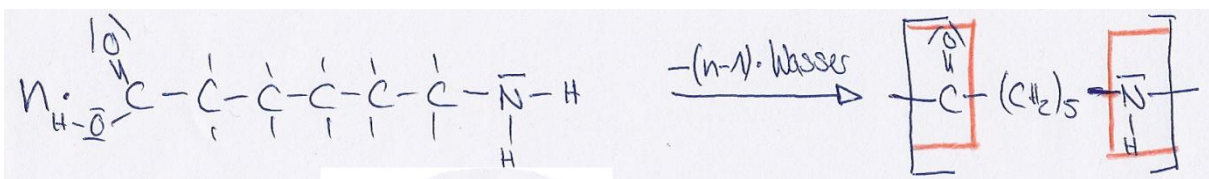


Hexanmethyldiamin + Adipinsäure Polyamid - 6,6 (Nylon)
 (1,6-Diaminohexan) + (Hexandisäure)

Sonderfall: Perlon

Perlon kann durch Polymerisation oder durch Polykondensation gebildet werden.

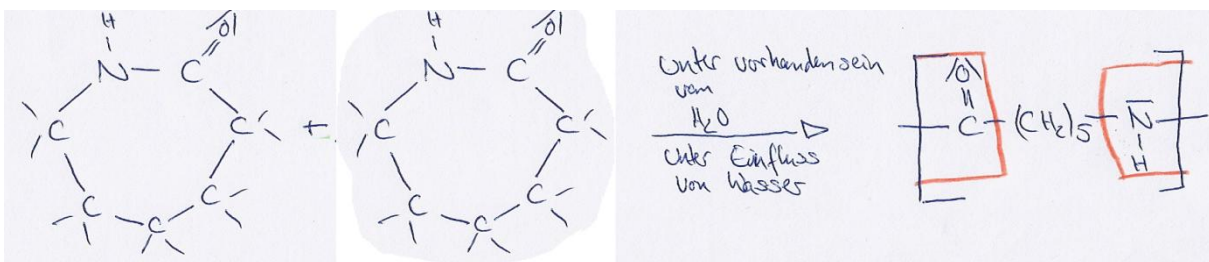
Polykondensation:



n * 6-Aminohexansäure

Polyamid - 6 (Perlon)

Polymerisation: (→ Ringaufspaltung)



ε-Caprolactam + ε-Caprolactam

Polyamid - 6 (Perlon)

WH. Polykondensation:

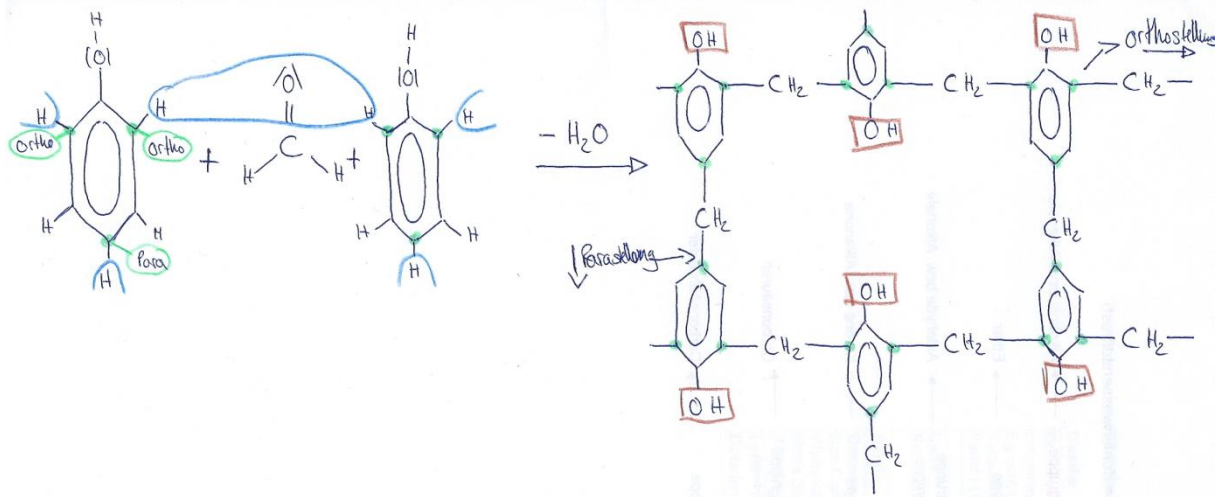
A) Dicarbonsäure und Diol	- Wasser	Polyester
B) Hydroxycarbonsäure	- Wasser	Polyester
C) Phosgen und Diol	- Chlorwasserstoff	Polycarbonat
D) Dicarbonsäure und Diamin	- Wasser	Polyamid
E) Aminosäure	- Wasser	Polyamid
F) Phenol und Fomaldehyd	- Wasser	Phenoplaste
G) Harnstoff und Formaldehyd	- Wasser	Aminoplaste

3.3. Vernetzte Polycondensate

Monomere mit mehreren (mehr als 2) Funktionellengruppen

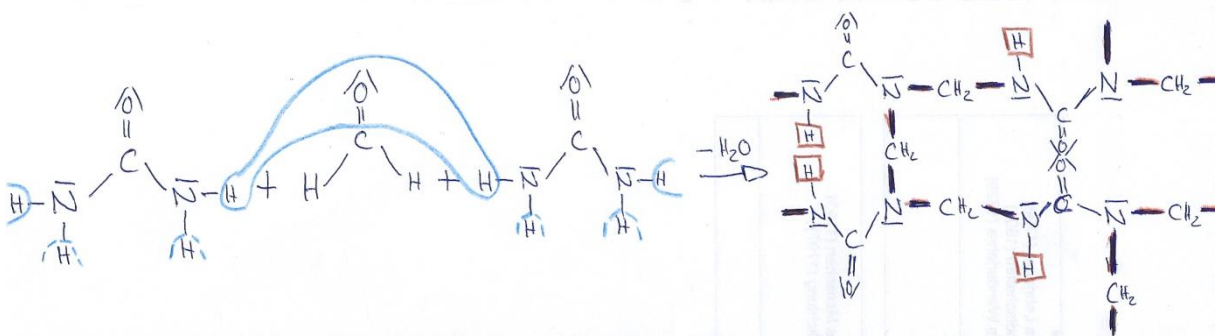
I) Phenol + Formaldehyd
(Hydroxybenzol) + (Methanal)

Phenoplaste



II) Harnstoff + Formaldehyd (Methanal)

Aminoplaste



Zuerst bilden sich die Ketten aus, erst im zweiten Schritt die Vernetzung

→ weiteres Potenzial bei I und II (braun)

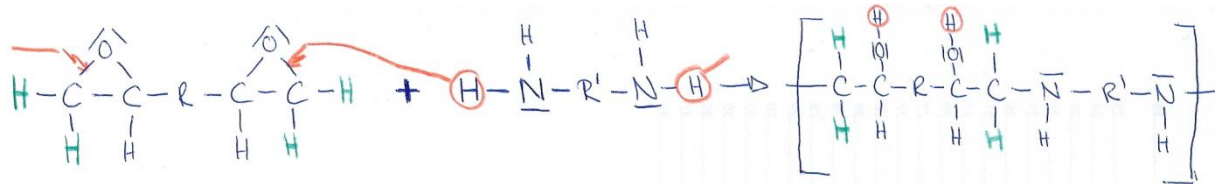
4. Polyaddition

Voraussetzung: 2 Monomere mit zwei funktionellen Gruppen, wobei die eine Monomersorte eine Doppelbindung oder einen Cyclus enthalten muss, die andere Monomersorte ein Wasserstoffatom, welches sich [verschieben] umlagern kann.

(→H an polarer Bindung; z.B. O,N,P,S)

Kennzeichen: Durch Umlagerung eines Wasserstoffatoms wird die Zusammenlegung zweier Monomere möglich.

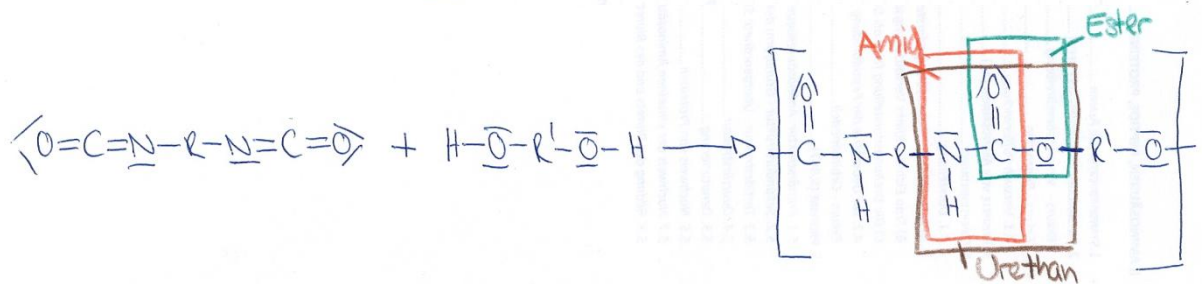
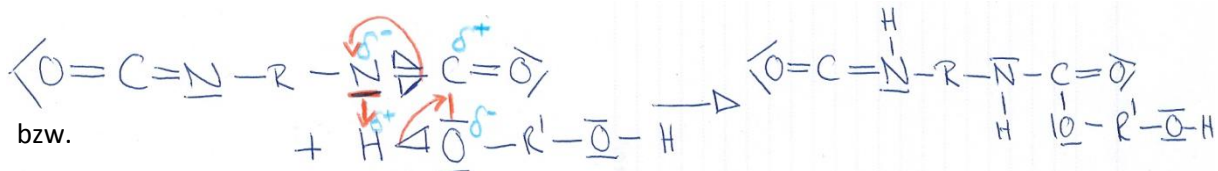
3.1. Epoxidharze



Epoxid mit 2 funktionellen Gruppen + Diamin

Epoxidharz

3.2. Polyurethan



Diisocyanat

+

Diol

Polyurethan

V. Geschwindigkeit chemischer Reaktionen

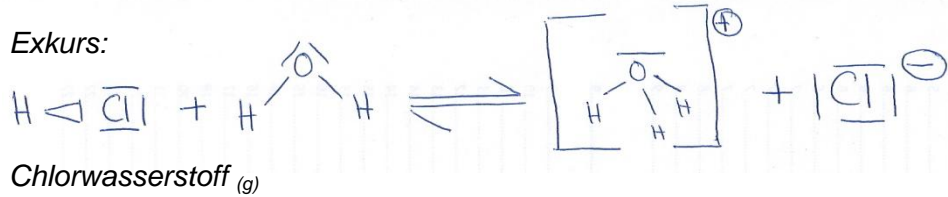
- Beispiele:
- A) Rosten eines Eisenzaunes (langsam)
 - B) Umsetzung von Marmor und Salzsäure (mittel)
 - C) Entzündung eines Streichholzes (schnell)

Zu B: Reaktionsgleichung einer beobachtbaren Reaktion (mittlere Geschwindigkeit):

Calciumcarbonat und Salzsäure reagieren zu Kohlenstoffdioxid Wasser Calciumdichlorid



Exkurs:



1. Formeln

1.1. Definition der Reaktionsgeschwindigkeit:

$$v = \frac{|\Delta c|}{\Delta t} = \frac{|c_1 - c_2|}{t_1 - t_2} \quad \left[\frac{\text{mol}}{\text{l} \cdot \text{s}} \right]$$

1.2. Konzentrationsangabe:

Stoffmengenkonzentration = $\frac{\text{Stoffmenge (der in der Lösung gelösten Stoffes)}}{\text{Volumen der Lösung}}$

$$c = \frac{n}{V_{\text{Lösung}}} \quad \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right]$$

1.3. Stoffmengenangabe:

Stoffmenge = $\frac{\text{Masse (der Stoffportion)}}{\text{molare Masse (des Stoffes)}}$ Stoffmenge_{RG mit Gas} = $\frac{\text{Volumen}}{\text{molares Volumen}}$

$$n = \frac{m}{M} \quad \left[\frac{\frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \right] = [\text{mol}]$$

$$n = \frac{V}{V_m} \quad [\text{mol}]$$

Es gilt für die obere Reaktionsgleichungen:

Sinkt die Konzentration der Salzsäure um $2 \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right]$ (Annahme), erhöht sich die Konzentration an Calciumchlorid um $1 \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right]$.

Gesucht: allgemeines Verhältnis der Konzentrationen:

$$\frac{|\Delta c(\text{HCl})|}{|\Delta c(\text{CaCl}_2)|} = \frac{2}{1} = \frac{v(\text{HCl})}{v(\text{CaCl}_2)} = \frac{|\Delta n(\text{HCl})|}{|\Delta n(\text{CaCl}_2)|}$$

2. Aufgabentypen

A

Berechne die Stoffmenge und die Masse an Jodwasserstoff (HI), die man für die Reaktion mit einem Gramm Marmor bzw. Calciumcarbonat benötigt. *Rechnung s. Heft*

B

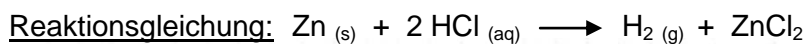
Bei der Reaktion von Calciumcarbonat mit Salzsäure werden in 100 ml Lösung 30 mg Calciumdichlorid innerhalb von 10 s gebildet. Wie groß ist die Reaktionsgeschwindigkeit in dem gegebenen Zeitraum. *Rechnung s. Heft*

C

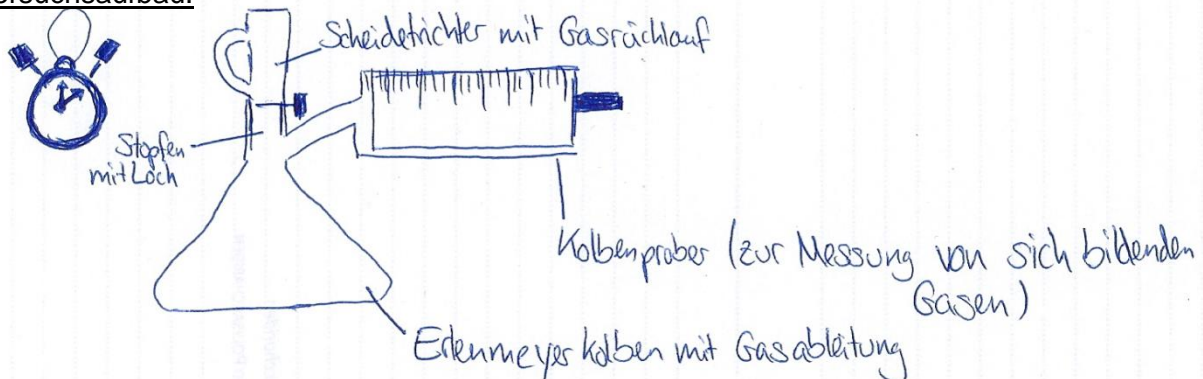
Stickstoff reagiert mit Wasserstoff zu Ammoniak. In welchem Verhältnis stehen die Reaktionsgeschwindigkeiten zu einander, wenn man sie auf Stickstoff, H₂ bzw. auf Ammoniak bezieht? *Rechnung s. Heft*

3. Messung der Reaktionsgeschwindigkeit

Arbeitsauftrag: Erstelle einen Versuchsaufbau, bei dem man die Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktion von Zink mit verdünnter Salzsäure messen kann. Hinweis: das entstehende Wasserstoffgas muss messbar aufgefangen werden und Zink soll große Oberfläche besitzen (→ Pulver) [Zeit ist in sinnvollen Abständen zu messen und mit dem dazugehörigen Volumen zu notieren.]



Versuchsaufbau:



15 ml einer 0,1 molaren Salzsäure werden mit 2g Zink in eine geschlossene Apparatur mit beweglichem Stempel umgesetzt.

- Aufgaben:
1. Berechne die Konzentration an H₃O⁺ und an Zn²⁺ nach 10,20,50,120,240 Sekunden mit Hilfe der erstellten Wertetabelle.
 2. Zeichnen ein Volumen-Konzentration/Zeit-Diagramm
 3. Bestimme die Reaktionsgeschwindigkeit graphisch.
 - A) Anfangsgeschwindigkeit,
 - B) Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen 20 und 40 Sekunden
 - C) Momentangeschwindigkeit bei der 20 Sekunde
 4. Berechne die Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen der 20 - 40 Sekunde

4. Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit

4.1. Stoffabhängigkeit

Halbwertszeit gibt an wie schnell die Hälfte der Edukte/des Eduktes reagiert haben/hat. Es dient als Maß und ist Abhängig von Temperatur und Druck.

A	2 I reagiert zu I ₂	(bei 23°C): HZ: 1,4 * 10 ⁻⁹ s
B	Cyclopropan reagiert zu Propan	(bei 500°C): HZ: 16,6 min
C	H ₂ + I ₂ reagiert zu 2 HI	(bei 227°C): HZ: 269 d (bei 327°C): HZ: 6,3 h (bei 427°C): HZ: 2,6 min (bei 527°C): HZ: 3,8 s

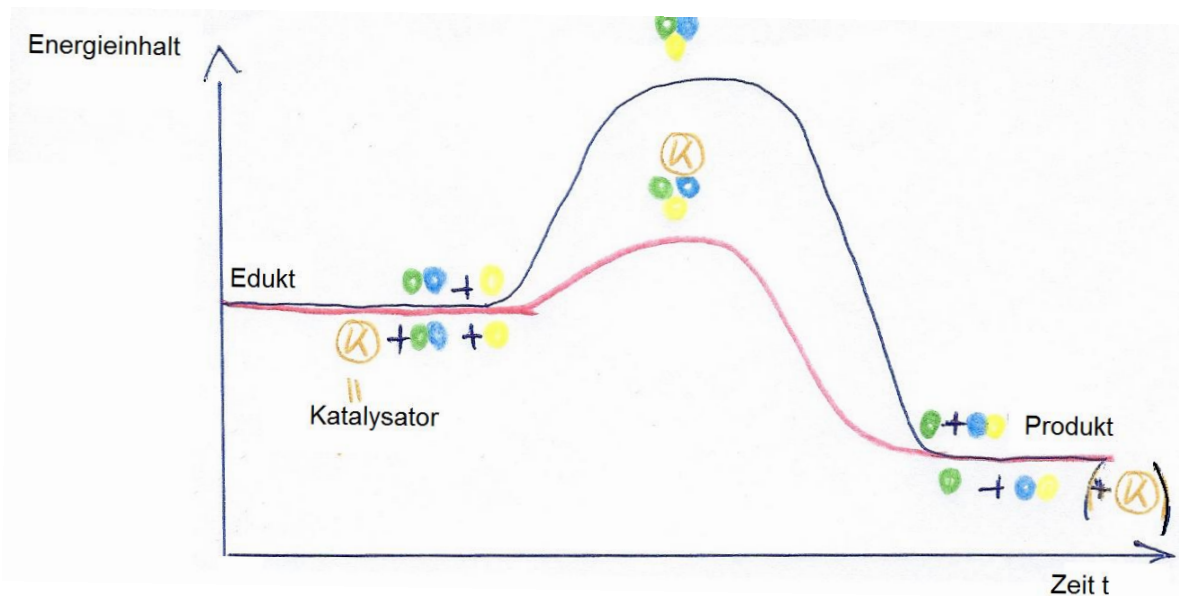
4.2. Abhängigkeit von physikalischen Größen

- Temperatur (RGT: Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel: Erhöhung der Temperatur um 10°C → Verdoppelung der Reaktionsgeschwindigkeit)
- Druck
- Zerteilungsgrad → Klumpen reagieren langsamer als Staub.

4.3. Abhängigkeit von Katalysatoren

Allgemein: Ein Katalysator oder Biokatalysator (Enzym) beschleunigt, verlangsamt oder bringt eine Reaktion überhaupt erst in Gang.

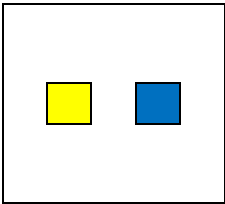
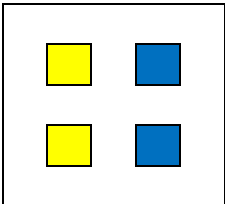
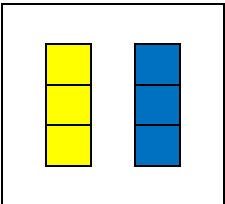
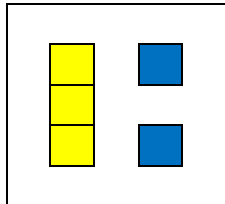
→ nach Aktivierung z.B. vollständig ablaufende Reaktion:



4.4. Konzentrationsabhängigkeit bzw. Proportionalitäts Abhängigkeit

„Kollisionsmodell“

Stoff A und B sollen reagieren:

a)		b)		c)		d)	
	→ Zusammenstoß $1 * 1 = 1$		→ Zusammenstoß $2 * 2 = 4$		→ Zusammenstoß $3 * 3 = 9$		→ Zusammenstoß $3 * 2 = 6$

→ Konzentrationen wirken sich multiplikativ aus.

→ $V \sim C$ $V = k * C$

z.B. :

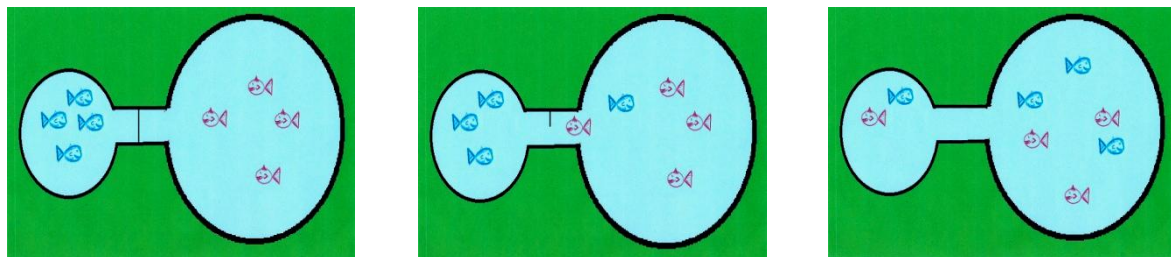
$v_1 \sim C(A)$ $v_1 = k_1 * C(A)$ für $v_1 = v_2$ gilt k_1

$v_1 \sim C(A)$ $v_1 = k_1 * C(A)$

5. Chemische Reaktion und Gleichgewichtseinstellung

Viele Reaktionen verlaufen nicht vollständig, sondern am Ende der messbaren Reaktion sind sowohl Edukte wie auch Produkt in einem bestimmten Verhältnis vorhanden.

Vorstellung:



$t_1 = \text{Startpunkt}$

$t_1 = \text{Zwischenpunkt}$
(während Rewaktion)

$t_3 = \text{„Endpunkt“}$

→ Gleichgewicht erreicht:
25% zu 75%

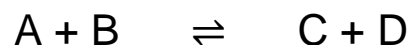
Chemisch:

A und B reagieren zu C und D

Aber auch: C und D reagieren zu A und B

d.h.

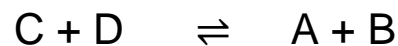
Start mit A und B bewirkt:



im Zustand des chemischen Gleichgewichts:

$$x\% \qquad \qquad \qquad y\%$$

d.h. Start mit C und D bewirkt:



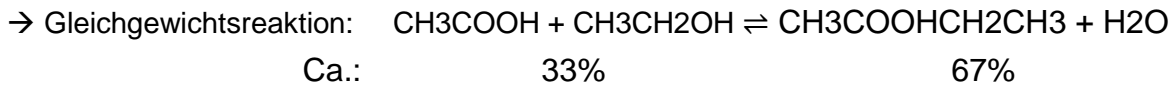
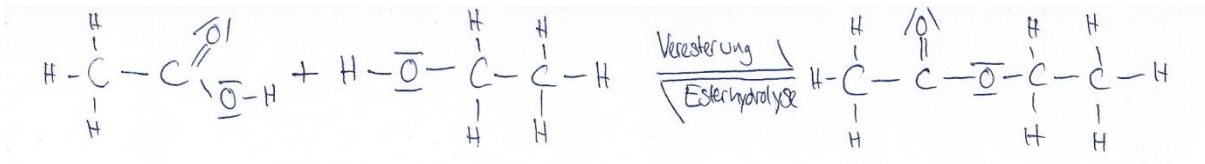
im Zustand des chemischen Gleichgewichts:

$$y\% \qquad \qquad \qquad x\%$$

5.1. Beispiele einer umkehrbaren Reaktion → chemisches Gleichgewicht:

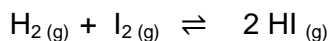
A. Estergleichgewicht

Essigsäure und Ethanol reagieren zu Essigsäureethylester und Wasser



Das chemische Gleichgewicht ist ein dynamisches Gleichgewicht (in sich kommt es nicht zu Ruhe). Im chemischen Gleichgewicht werden pro Zeiteinheit genauso viele Estermoleküle und Wassermoleküle gebildet wie gespalten. Daher ist keine Änderung der Stoffmengen der Beteiligten Stoffe zu beobachten.

B. Iodwasserstoffgleichgewicht



$$v_{\text{hin}} = k_{\text{hin}} * c(\text{H}_2) * c(\text{I}_2)$$

$$v_{\text{rück}} = k_{\text{rück}} * c(\text{HI}) * c(\text{HI}) = k_{\text{rück}} * c^2(\text{HI})$$

$$v_{\text{rück}} = k_{\text{rück}} * c^2(\text{HI})$$

Im chemischen Gleichgewicht gilt: $v_{\text{hin}} = v_{\text{rück}}$

$$k_{\text{hin}} * c(\text{H}_2) * c(\text{I}_2) = k_{\text{rück}} * c^2(\text{HI})$$

$$\text{Gleichgewichtskonstante: } K_c = \left[\frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}} \right] = \frac{c^2(\text{HI})}{c(\text{H}_2) * c(\text{I}_2)}$$

Allgemein gilt: $a * A + b * B \rightleftharpoons d * D + e * E$ Einfachere Stoffe stehen links bzw. → exotherme Reaktion

$$K_c = \frac{c^d(\text{D}) * c^e(\text{E})}{c^a(\text{A}) * c^b(\text{B})}$$

Massenwirkungsgesetz (MWG)

Im chemischen Gleichgewicht ist das Produkt aus den Konzentrationen der rechte in der Reaktionsgleichung stehenden Teilchen dividiert durch das Produkt aus den Konzentrationen der linksstehenden Teilchen bei konstanter Temperatur. Die Koeffizienten der Reaktionsgleichung treten als Exponenten der Konzentrationen auf.

Anwendungsaufgabe I:

Essigsäure und Ethanol werden in Aceton gelöst. Vor der Reaktion:

$$c_o(\text{HAC [Abkürzung: Essigsäure]}) = 0,9 \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right]$$

Bei der Reaktion:

$$c(\text{HAC}) = 0,3 \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right] \quad c(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 0,3 \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right]$$

a) Ermitteln Sie die Gleichgewichtskonstante

b) Berechnen Sie die Esterausbeute *Rechnung s. Heft*

5.2. Schema für Lösungsweg von Berechnungen mit MWG

1. Aufstellen der Reaktionsgleichung
2. MWG für die entsprechende Reaktionsgleichung aufstellen
3. Ermitteln der gegebenen und gesuchten Größen
→ Anfangskonzentration c_0 , n_0 bzw. c , n beachten! → Evtl. Umformungsgleichung
4. Rechnung Einsetzen aller gegebener Größen in das MWG und nach gesuchten Größen auflösen.

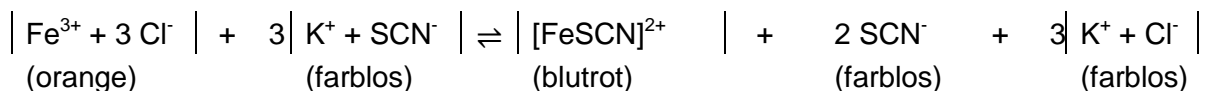
Anwendungsaufgabe II:

Für die Bildung von Iodwasserstoff aus Iod und Wasserstoff hat bei 393°C die Gleichgewichtskonstante K_c einen Wert von 60. In einem Gefäß mit 100 cm³ Volumen werden bei der genannten Temperatur 1 mol Iod und 2 Mol H₂ zur Reaktion gebracht. Die Gleichgewichtskonzentration aller Reaktionspartner soll berechnet werden. *Rechnung s. Heft*

6. Einfluss der Konzentration auf ein chemisches Gleichgewicht

$$\text{MWG: } K_c = \frac{c^d(D) \cdot c^e(E)}{c^a(A) \cdot c^b(B)}$$

Versuch: Eisen(III)-chlorid und Kaliumthiocyanat werden jeweils gelöst und zusammengegeben.



$$K_c = \frac{c([\text{FeSCN}]^{2+})}{c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{SCN}^-)}$$

Veränderung der Konzentration

A) Zugabe von Ionen der Edukten Seite (Zugabe von Fe³⁺/SCN⁻)

$$K_c = \frac{c([\text{FeSCN}]^{2+})}{c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{SCN}^-)}$$

→ K_c muss konstant bleiben

→ System wirkt der Erhöhung von Edukt (Fe³⁺/SCN⁻) entgegen

→ Bildung des Produktes [FeSCN]²⁺

Regel:

Vermehr man einen sich im chemischen Gleichgewicht befindenden System die Konzentration eines Eduktes so wird, dass System diesem äußeren Zwang derart entgegen, dass es vermehrt Produkte bildet, damit K_c konstant bleibt.

C) Wegnahme von Ionen der Edukten Seite (Wegnahme von Fe³⁺/SCN⁻)
durch Zugabe von OH⁻ → schwer lösliches Fe(OH)₃ wird gebildet.

$$K_c = \frac{c([\text{FeSCN}]^{2+})}{c(\text{Fe}^{3+}) \cdot c(\text{SCN}^-)}$$

→ K_c muss konstant bleiben

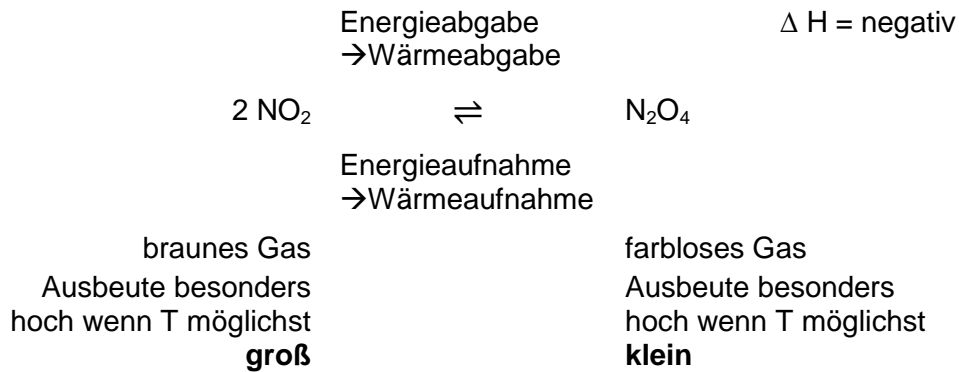
→ System wirkt der Wegnahme von Edukt (Fe³⁺/SCN⁻) entgegen

→ Zurückbildung des Produktes [FeSCN]²⁺ in die Edukte (Fe³⁺/SCN⁻)

7. Einfluss der Temperatur auf ein chemisches Gleichgewicht

Theoretischer Versuch:

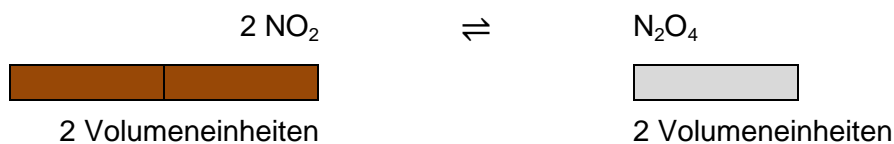
Stickstoffdioxid steht im Gleichgewicht mit Distickstofftetroxid



Regel:

Temperaturerniedrigung begünstigt die exotherme Reaktion, Temperaturerhöhung begünstigt die endotherme Reaktion, da dadurch dem äußeren Zwang der Temperaturänderung entgegengewirkt werden kann.

8. Einfluss des Drucks auf ein chemisches Gleichgewicht



Regel: Gleiche Stoffmengen idealer Gase nehmen bei konstantem Druck und konstanter Temperatur das gleiche Volumen ein.

Regel:

Bei Druckerhöhung wird dem äußeren Zwang derart entgegen gewirkt, dass der Stoff gebildet wird, der weniger Volumen benötigt (und umgekehrt).

Anwendungsaufgabe:

Welche Bedingungen optimieren die Bildung von N₂O₄?

Hoher Druck, niedrige Temperatur

→ **Prinzip von Le Chatelier**

9. Prinzip von Le Chatelier

Wird auf ein sich im chemischen Gleichgewichtsbefindendes System ein äußerer Zwang durch Veränderung der Temperatur, des Drucks oder der Konzentration ausgeübt, so versucht das System diesem äußeren Zwang entgegen zu wirken.

→ Bei Erhöhung der **Temperatur** wird vermehrt die endotherme Reaktion eingegangen.

→(und umgekehrt)

→ Bei Erhöhung des **Druckes** wird bei Reaktion bei denen Gase beteiligt sind die Reaktion vermehrt eingegangen, welche ein geringeres Volumen der Stoffe bilden

→(und umgekehrt)

→ **K_c verändert** sich entsprechend (Abhängig von Temperatur und Druck)

→ Bei Erhöhung der Konzentration eines beteiligten Partners verändert sich die Zusammensetzung

→(und umgekehrt)

→ **K_c** wird möglichst **konstant** gehalten

10. Haber-Bosch-Verfahren: Ammoniaksynthese



3 Mol Wasserstoff und 1 Mol Stickstoff stehen im chemischen Gleichgewicht mit 2 Mol Ammoniak (exotherm)

Günstige Bedingungen nach dem Prinzip von Le Chatelier s.o. .

Hohe Ausbeute an Ammoniak:

1. Möglichst niedere Temperatur günstig, **aber** Aktivierungsenergie bzw. vernünftige Reaktionsgeschwindigkeit muss erhalten bleiben → Mindesttemperatur notwendig (400°C) → Zusätzliche Katalysatoren
2. Möglichst hoher Druck, da die Reaktion zu Ammoniak unter Volumenverminderung stattfindet und dies durch Druckerhöhung gefördert wird, **aber** nur 30 MPa, da hoher Druck von der Apparatur nicht ausgehalten wird (Wirtschaftlichkeit?)
3. Konzentration von Ammoniak durch Abzug möglichst niedrig halten.

Voraussetzung:

