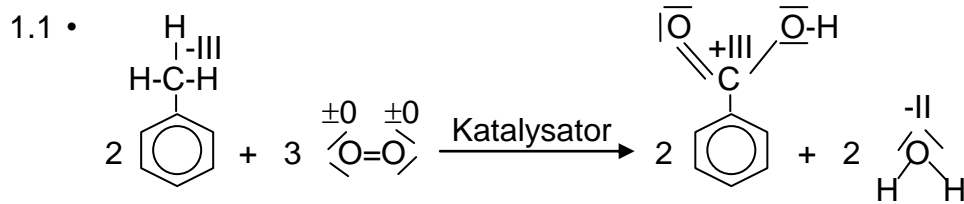
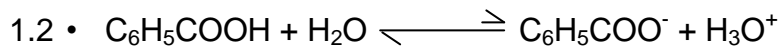


Aufgabe 1


- Der Kohlenstoff der Methylgruppe des Toluols wird von $-III$ nach $+III$ oxidiert, der Sauerstoff des O_2 wird von ± 0 nach $-II$ reduziert.
- Bei dem gemeinsamen Strukturelement handelt es sich um den Benzolring. Dieser ist als Aromat gekennzeichnet
 - durch seine planare Struktur
 - und ein im Ring delokalisiertes π -Elektronensystem.
 - Außerdem erfüllt er die HÜCKEL-Regel (Zahl der π -Elektronen = $4n + 2$, wobei n für die Zahl der Ringe steht, hier: $n = 1$).

5 VP



- $M(C_6H_5COOH) = (7 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 2 \cdot 16) \text{ g} = (94 + 6 + 32) \text{ g} = 122 \text{ g}$
 122 g Benzoesäure \triangleq 1 Mol Benzoesäure
 1 g Benzoesäure \triangleq (1/122) Mol Benzoesäure
 12,2 g Benzoesäure \triangleq (12,2/122) Mol Benzoesäure
 = 0,1 Mol Benzoesäure

$$\text{pH} = 2,61$$

$$\rightarrow c(C_6H_5COO^-) = c(H_3O^+) = 10^{-2,61} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

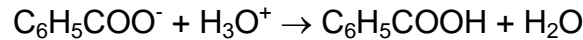
Da nur $1/10^{2,61}$ der Benzoesäure dissoziiert (also weniger als $1/10^2 = 1/100$) und mehr als $1/10^3 = 1/1000$), das Gleichgewicht also sehr stark links auf der Seite der undissoziierten Benzoesäure liegt, kann vereinfachend die Gleichgewichtskonzentration der Benzoesäure mit der Ausgangskonzentration $c_0 = 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ gleichgesetzt werden.

$$\begin{aligned} K_S &= \frac{c(C_6H_5COO^-) \cdot c(H_3O^+) \cdot \text{mol} \cdot \text{mol} \cdot L}{c(C_6H_5COOH) \cdot L \cdot L \cdot \text{mol}} \\ &= \frac{(10^{-2,61})^2 \text{ mol}}{0,1 \quad L} = 10^{-5,22} \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot L^{-1} = 10^{-4,22} \text{ mol} \cdot L^{-1} \\ &= \underline{\underline{6,18 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}}} \end{aligned}$$

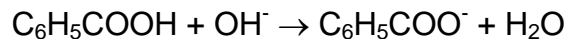
5 VP

1.3 • Puffersystem: $C_6H_5COOH / C_6H_5COO^-Na^+$ (optimal: äquimolar)

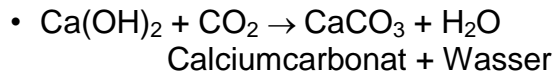
Da das Gleichgewicht Benzoessäure \rightleftharpoons Benzoat sehr stark auf der Seite der undissoziierten Benzoessäure liegt, fangen Benzoat-Anionen Oxonium-Ionen ab und reagieren zu Benzoessäure.



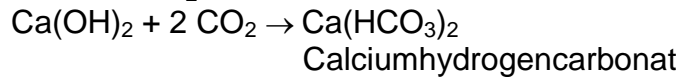
Da eine starke Base wie z.B. NaOH die Benzoessäure zwingt, ein Proton abzugeben, können auch OH^- -Ionen abgepuffert werden.



Zugabe von H_3O^+ verschiebt das Gleichgewicht also nach links, Zugabe von OH^- nach rechts.



bzw. bei CO_2 -Überschuss:



Die Konzentration von $Ca(OH)_2$ ist relativ groß ($1,7 \text{ g} \cdot L^{-1}$, pH 12,7) die Konzentration von CO_2 in Luft ist relativ gering (0,03 Vol-%).

Damit ist mit einer relativ langen Dauer für die Umsetzung des $Ca(OH)_2$ zu rechnen.

2 VP

1.4 $Q = c_W \cdot m \cdot \Delta\theta + C_{Kal} \cdot \Delta\theta$
 $= 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 500 \text{ g} \cdot 2,3 \text{ K} + 120 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 2,3 \text{ K}$
 $= 4807 \text{ J} + 276 \text{ J}$
 $= \underline{5083 \text{ J}}$

$$M(C_6H_5COOH) = 122 \text{ g}$$

$$122 \text{ g } C_6H_5COOH \triangleq 1 \text{ Mol } C_6H_5COOH$$

$$1 \text{ g } C_6H_5COOH \triangleq (1/122) \text{ Mol } C_6H_5COOH$$

$$0,2 \text{ g } C_6H_5COOH \triangleq (1/122 \cdot 5) \text{ Mol } C_6H_5COOH = 0,00164 \text{ Mol } C_6H_5COOH$$

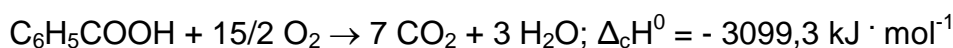
Die Verbrennung von 0,00164 Mol C_6H_5COOH setzt 5,083 kJ frei.

Die Verbrennung von 1,64 Mol C_6H_5COOH setzt 5083 kJ frei.

Die Verbrennung von 1 Mol C_6H_5COOH setzt $(5083/1,64) \text{ kJ} = 3099,3 \text{ kJ}$ frei.

$$\Delta_c H^0(C_6H_5COOH) = \underline{-3099,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

(molare Standardverbrennungs-Enthalpie, c = combustion)



$$\Delta_f H^0(CO_2) = -394 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

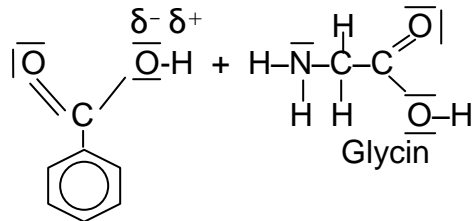
$$\Delta_f H^0(H_2O, g) = -242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^0(O_2) = \pm 0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

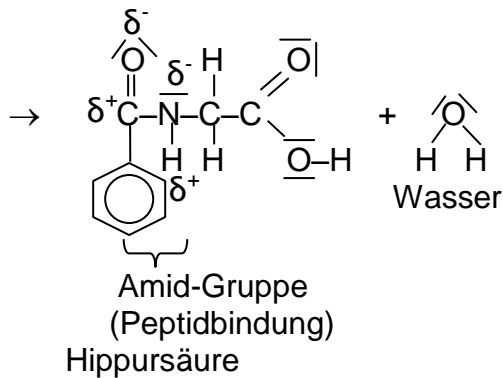
$$\begin{aligned}
 \Delta_f H^0(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) &= 7 \cdot \Delta_f H^0(\text{CO}_2) + 3 \cdot \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) - \Delta_c H^0(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) \\
 &= (7 \cdot -394 + 3 \cdot -242 - -3099,3) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\
 &= (-2758 - 726 + 3099,3) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\
 &= (3099,3 - 3484) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \\
 &= \underline{-384,9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}
 \end{aligned}$$

5 VP

2 •



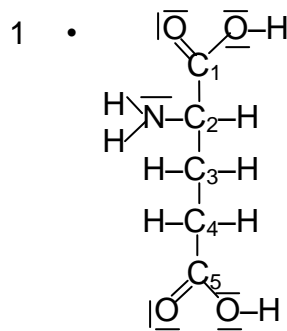
Benzooesäure



- Die Hippursäure besitzt mehr polare Gruppen als die Benzooesäure. Deshalb kann sie mit Wassermolekülen mehr Wasserstoffbrücken ausbilden als diese.

3 VP

 20 VP

Aufgabe 2


Erklärung des Namens:

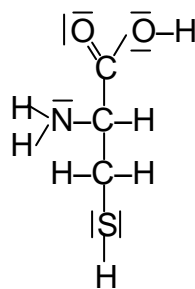
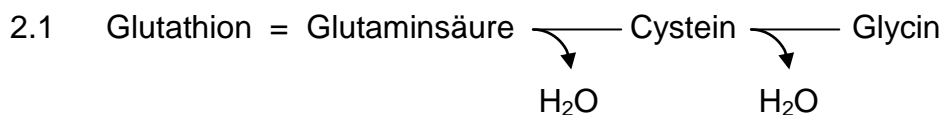
- L: Aminogruppe zeigt in der FISCHER-Projektion nach links.
- 2: Die Aminogruppe ist mit Dem C-Atom Nr.2 (= α -C-Atom) verbunden.

L-Glutaminsäure
 = L-2-Aminopentandisäure
 = L- α -Aminopentandisäure
 In FISCHER-Projektion

- C₁: 3 Substituenten, keine 4 → nicht asymmetrisch
- C₂: 4 verschiedene Substituenten → asymmetrisch
- C₃: 4 Substituenten, aber nur 3 verschiedene → nicht asymmetrisch
- C₄: wie C₃
- C₅: wie C₁

Wegen des asymmetrischen α -C-Atoms zeigt Glutaminsäure optische Aktivität.

3 VP



Cystein
 In FISCHER-Projektion

Zwei sich mit dem S-H-Gruppen gegenüber stehende Cystein-Moleküle können Disulfidbrücken ausbilden. Bei diesen handelt es sich um echte kovalente Bindungen, diese bilden die stärksten Kräfte für den Erhalt der Tertiärstruktur eines Proteins.

4 VP

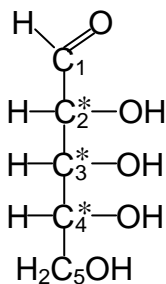
- 2.2 Besonders geeignet zur Trennung des Aminosäure-Gemischs ist die Dünnschichtchromatografie. Die verschiedenen Aminosäuren lösen sich unterschiedlich gut im Laufmittelgemisch (mobile Phase) und werden unterschiedlich stark vom Trägermaterial (stationäre Phase) adsorbiert. Die unterschiedlichen Lösungs- und Adsorptionseigenschaften sind Folge der unterschiedlichen Reste der Aminosäuren. Jede Aminosäure hat bei den vorgegebenen Bedingungen ihre charakteristische Wanderungsgeschwindigkeit. So kann man das Aminosäure-Gemisch, ggf. sogar zweidimensional, trennen. Die Identifizierung

erfolgt über parallel mitgelaufene Vergleichssubstanzen oder über die R_f -Werte, die definiert sind als Quotient Abstand der Substanz zum Start / Abstand der Laufmittelfront zum Start. Die R_f -Werte sind stoffcharakteristisch.

Eine weitere Trennmethode ist die Gelelektrophorese. Das Aminosäure-Gemisch wird in der Mitte des Gels aufgetragen, an beiden Enden des Gels wird eine Gleichspannung angelegt. Bei definiertem pH wandern kationisch vorliegende Aminosäuren zum Minuspol, anionisch vorliegende Aminosäuren zum Pluspol, zwitterionisch vorliegende Aminosäuren wandern überhaupt nicht. Dies ist am isoelektrischen Punkt (IEP) der Fall. Der IEP ist für jede Aminosäure charakteristisch und dient der Identifizierung. Die Aminosäuren werden sichtbar gemacht durch ein Sprühreagenz (meist Ninhydrin).

5 VP

- 3.1 • Der Phosphorsäurerest und der Riboserest sind über eine Esterbindung miteinander verknüpft.



D-Ribose
in FISCHER-Projektion

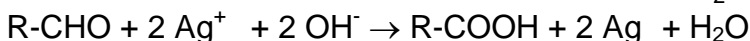
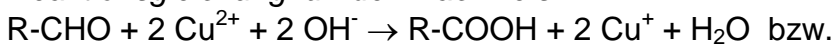
Bei der Ribose im IMP handelt es sich um einen D-Zucker, weil die OH-Gruppe am untersten asymmetrischen C-Atom (C_5) nach rechts zeigt.

- Versuchsbeschreibung:*
 Zum Nachweis der reduzierenden Wirkung bedient man sich des FEHLING-Nachweises oder der TOLLENS-Probe (Silberspiegelprobe). Man gibt zu dem zu untersuchenden Stoff (hier: D-Ribose) FEHLING'sche Lösung 1 (Kupfer(II)-sulfat) und FEHLING'sche Lösung 2 (NaOH + Na-K-Tartrat) bzw. Silbernitratlösung und Ammoniaklösung. Dann erwärmt man vorsichtig. Fällt die Probe positiv aus, so wird blaues Cu^{2+} zu ziegelroten Cu^+ bzw. farbloses Ag^+ zu schwarzem Ab oder einem Silberspiegel reduziert. Bei D-Ribose ist dies der Fall. D-Ribose wirkt reduzierend.

Begründung des Ergebnisses:

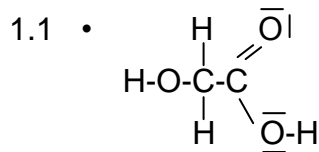
In der offenkettigen Form der D-Ribose liegt die Aldehydgruppe frei vor und kann deshalb Cu^{2+} bzw. Ag^+ reduzieren.

Reaktionsgleichung für den Nachweis:



6 VP

3.2	Nukleotid IMP		DNA-Nukleotid	
	Ribose Hypoxanthin	Zucker Base	Desoxyribose Adenin, Thymin, Guanin oder Cytosin	2 VP
				<hr/> 20 VP

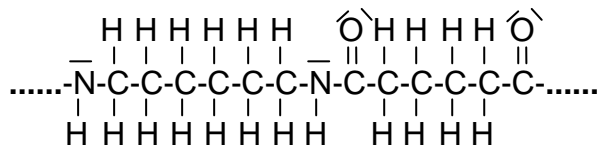
Aufgabe 3


Glykolsäure = 2-Hydroxyethansäure

- Glykolsäuremonomere reagieren miteinander unter Abspaltung von Wasser zu einem Polyester. Die Esterbindungen können bei Anwesenheit von Wasser durch Hydrolyse gespalten werden, was die Abbaubarkeit von MARLIN[®] begründet.

4 VP

- 1.2 •
- Charakteristischer Strukturformelausschnitt von DAFILON[®]:*

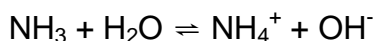


Hexan-1,6-disäure und 1,6-Diaminohexan reagieren miteinander unter Abspaltung von Wasser zu einem Polypeptid. Bei dem Reaktionstyp handelt es sich also um eine Polykondensation.

- *Zu erwartende Beobachtung:*
Das Universalindikatorpapier färbt sich blau.

Erklärung:

 Bei der thermischen Zersetzung von DAFILON[®] entsteht Ammoniak, das Wasser unter Bildung von Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen deprotoniert.

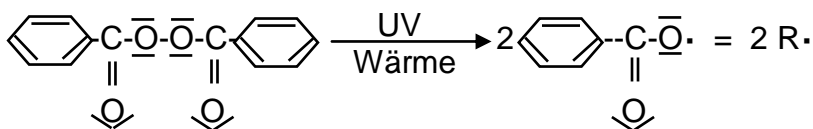
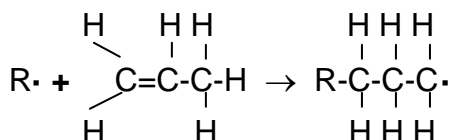
Reaktionsgleichung:


4 VP

- 1.3 Polypropen (PP) entsteht durch Radikalische Polymerisation.

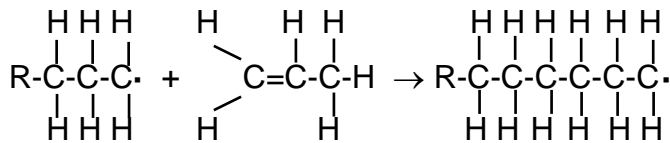
Kettenstart:

Energiezufuhr setzt aus einem Radikalbildner (z.B. Dibenzoyl-peroxid) Starterradikale frei.


 Starterradikal spaltet π -Bindung der Doppelbindung des Monomeren homolytisch, es entsteht ein Alkylradikal.


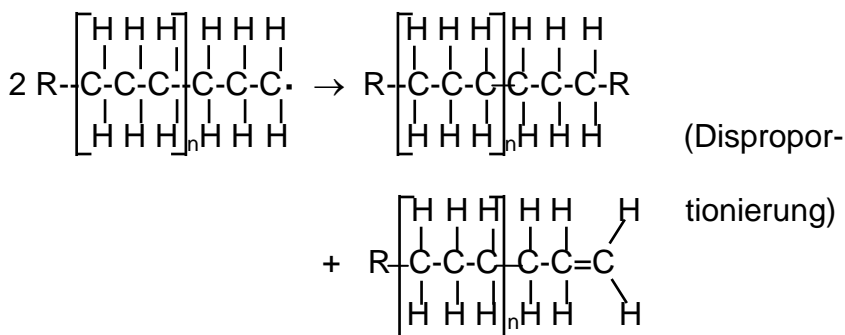
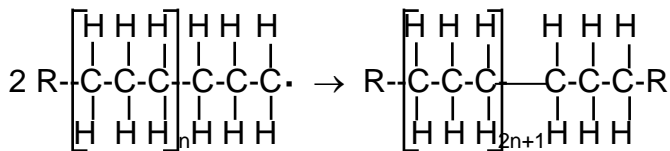
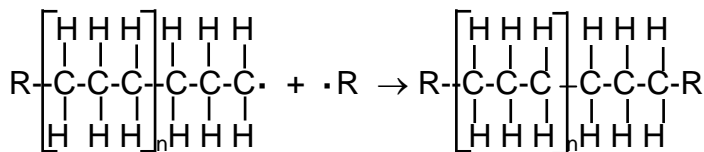
Kettenwachstum:

Das Alkylradikal verlängert mit weiteren Monomeren die Kette.



Kettenabbruch:

Alle Reaktionen, bei denen dem Reaktionsgemisch Radikale entzogen werden, beschleunigen den Kettenabbruch.



3 VP

- 1.4 Zwischen den Polymerketten bilden sich intermolekulare Kräfte aus. Diese beeinflussen die Schmelztemperatur des Polymers: Je mehr intermolekulare Kräfte ausgebildet werden können und je stärker diese sind, desto höher ist die Schmelztemperatur.

SECUREX[®]:

Reiner Kohlenwasserstoff ohne polare Gruppen:

- nur VAN-DER-WAALS-Kräfte möglich,
- nur schwache intermolekulare Kräfte,
- nur geringe Energiezufuhr für den Schmelzvorgang erforderlich (160°C).

MARLIN[®]:

Durch die Esterbindungen und die kurzen Kohlenstoffketten (nur 2) sehr viele polare Gruppen (.....CO-O-.....):

- permanente Dipol-Kräfte, $\delta^+ \delta^- \delta^-$
- wesentlich stärkere intermolekulare Kräfte,
- wesentlich höhere Energiezufuhr für den Schmelzvorgang erforderlich (223°C).

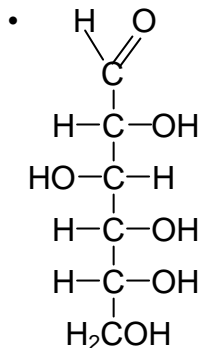
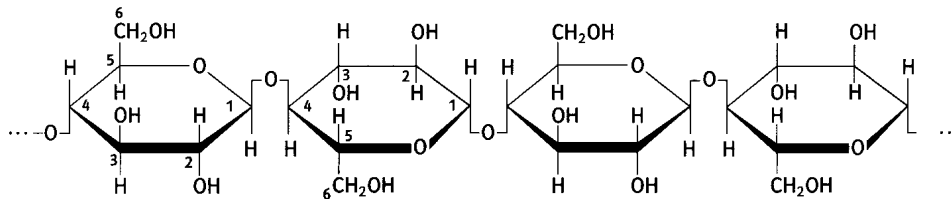
DAFILON[®]:

Peptidbindungen mit polaren Gruppen und längere Kohlenstoffketten (6 C):

- sowohl Wasserstoffbrücken als auch VAN-DER-WAALS-Kräfte möglich,
- noch stärkere intermolekulare Kräfte,
- noch höhere Energiezufuhr für den Schmelzvorgang erforderlich (251°C).

4 VP

2 •



Nachweismethode für dieses Monomer:

GOD-Test mit Glucose-Teststreifen

(GOD = Glucoseoxidase)

D-Glucose
in FISCHER-Projektion

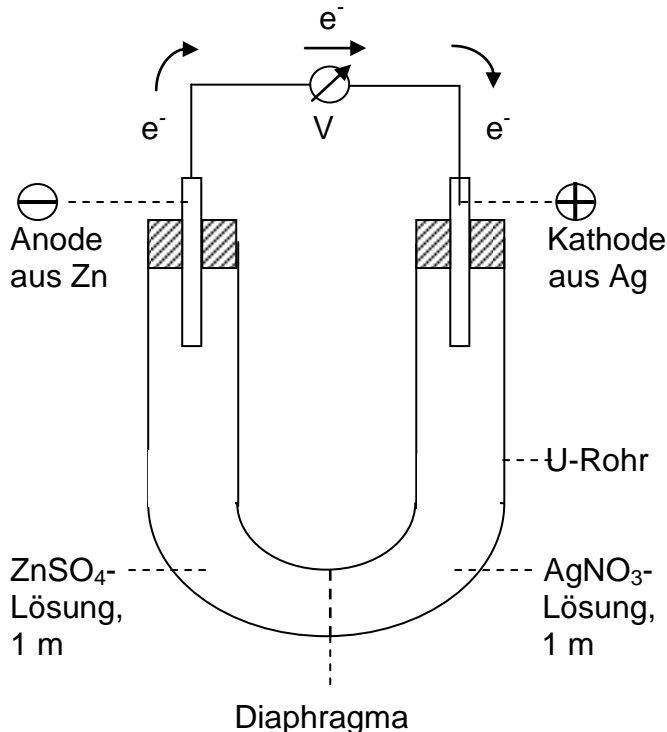
- Cellulose besitzt pro Glucose-Monomeres drei polare Hydroxylgruppen, welche mit Wasser Wasserstoffbrücken ausbilden können. Bei der Bildung von Celluloseacetat werden die Hydroxylgruppen mit Essigsäure verestert, so dass keine starken Dipole mehr vorliegen, welche Wasser anziehen. Dadurch nimmt die Saugfähigkeit deutlich ab.

5 VP

20 VP

Aufgabe 4

1.1 • Versuchsskizze:



GALVANI'sche Zelle, nachgebaut mit laborüblichen Geräten;
Alternative: zwei über einen Stromschlüssel miteinander verbundene Bechergläser

- Das Diaphragma ermöglicht die Wanderung von Ionen zwischen beiden Halbzellen, eine schnelle Diffusion wird jedoch durch das Diaphragma verhindert. Die Ionenwanderung schließt den Stromkreis.

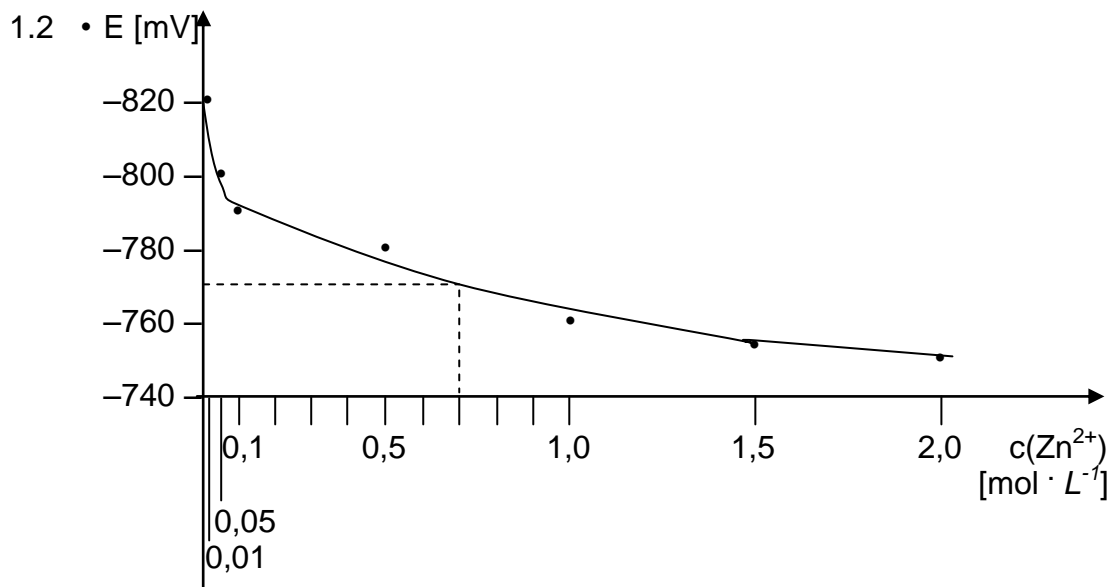
An der Anode geht Zn als Zn^{2+} in Lösung. Die Elektronen des Zn fließen über den Leitungsdraht zur Kathode. Ag^+ -Ionen in der Silberhalbzelle nehmen diese Elektronen auf und scheiden sich an der Kathode ab. Zn^{2+} -Ionen wandern von der Zinkhalbzelle durch das Diaphragma in die Silberhalbzelle, NO_3^- -Ionen fließen in entgegengesetzter Richtung in die Zinkhalbzelle. Dadurch bleiben beide Lösungen elektrisch neutral.

Wenn Zn^{2+} -Ionen aus der Zn-Anode in Lösung gehen und an der Elektrodenoberfläche Elektronen zurückbleiben, entsteht eine elektrochemische Doppelschicht: Die Elektronen behindern zunehmend die weitere Abscheidung von Zn^{2+} , und Zn^{2+} -Ionen werden zunehmend von der Elektronenschicht angezogen und wieder entladen – es bildet sich ein dynamisches Gleichgewicht aus. Ein entsprechendes Gleichgewicht stellt sich auch an der Ag-Kathode ein. Die Konzentration der Ag^+ -Ionen in der kathodischen Doppelschicht ist jedoch erheblich geringer als die Konzentration der Zn^{2+} -Ionen in der anodischen Doppelschicht, der Elektronendruck an der Ag-Kathode ist also geringer als der Elektronendruck an der Zn-Anode. Dies erklärt das Zustandekommen der Spannung zwischen beiden Halbzellen, die

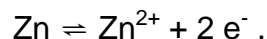
Elektroden fließen von der Anode (höherer Elektronendruck) zur Kathode (niedrigerer Elektronendruck). Die Ausbildung der Doppelschichten ist also ursächlich für die Entstehung der Potenzialdifferenz.

- $E^0(\text{Ag}/\text{Ag}^+) = +0,80 \text{ V}$
- $E^0(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V}$
- $U = E^0(\text{Pluspol}) - E^0(\text{Minuspol})$
- $= 0,80 \text{ V} - (-0,76 \text{ V})$
- $= \underline{1,56 \text{ V}}$

5 VP



- An der Oberfläche der Zn-Elektrode herrscht in der elektrochemischen Doppelschicht das Gleichgewicht



Nach LE CHATELIER verschiebt eine Erhöhung der $c(\text{Zn}^{2+})$ das Gleichgewicht auf die linke Seite. Die Gleichgewichtskonzentration der Elektronen in der Doppelschicht nimmt deshalb ab, wegen des geringeren Elektronendrucks nimmt die Potenzialdifferenz ab.

- *Grafische Ermittlung des Potentials der Zn-Halbzelle:*
Mithilfe des Diagramms aus 1.2 kann das Potential der Zn-Halbzelle bei $c(\text{Zn}^{2+}) = 0,7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ grafisch bestimmt werden.
 $E(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+})$ bei $c(\text{Zn}^{2+}) = 0,7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ beträgt -766 mV

Berechnung der Spannung der Zink-Silber-Zelle:

$$\begin{aligned}
 E^0(\text{Ag}/\text{Ag}^+) &= +0,80 \text{ V} \\
 E^0(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) &= -0,76 \text{ V} \\
 E(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) &= -0,766 \text{ V} \\
 U &= E^0(\text{Ag}/\text{Ag}^+) - E(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) \\
 &= 0,80 \text{ V} - (-0,766 \text{ V}) \\
 &= \underline{1,57 \text{ V}}
 \end{aligned}$$

- Mit steigender / sinkender Ag^+ -Konzentration wird in der Doppelschicht das Gleichgewicht $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$ nach rechts / links verschoben, die

Konzentration der Elektronen an der Kathodenoberfläche nimmt deshalb ab / zu, der Elektronendruck sinkt / steigt, und die Potentialdifferenz wird größer / kleiner. Der Effekt der Stoffmengenänderung ist also gegenläufig zum Effekt der Stoffmengenänderung in der Zn-Halbzelle.

8 VP

- 2
- Reaktion am Minuspol: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$
 - Reaktion am Pluspol: $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag}$
 - Als Pluspol fungiert der Stahldeckel, als Minuspol der Stahlbecher.

3 VP

3 Zink-Silber(I)-oxid-Batterie aus Teilaufgabe 2	Galvanische Zink-Silber-Zelle aus Teilaufgabe 1
Minuspol ist die Zinkelektrode. Die Teilreaktionen sind räumlich getrennt durch ein Diaphragma.	
Es gibt keine Silberelektrode, Pluspol ist Graphit Im Silberoxid-Graphit-Gemisch.	Pluspol ist die Silberelektrode.
Elektrolyt ist Eine Kaliumhydroxid-Paste.	Elektrolyte sind eine Zinksalzlösung und eine Silbersalzlösung.

4 VP

 20 VP