# Aufgabe 1

* 1. • H O O-H

+III

 -III

 H-C-H C

-II

±0 ±0

 Katalysator

 2 + 3 O=O 2 + 2 O

 H H

* Der Kohlenstoff der Methylgruppe des Toluols wird von –III nach +III oxidiert, der Sauerstoff des O2 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

* 1. • C6H5COOH + H2O C6H5COO- + H3O+
* M(C6H5COOH) = ( 7 **.** 12 + 6 **.** 1 + 2 **.** 16 ) g = (94 + 6 + 32) g = 122 g

 122 g Benzoesäure ≙ 1 Mol Benzoesäure

 1 g Benzoesäure ≙ (1/122) Mol Benzoesäure

12,2 g Benzoesäure ≙ (12,2/122) Mol Benzoesäure

 = 0,1 Mol Benzoesäure

pH = 2,61

→ c(C6H5COO-) = c(H3O+) = 10-2,61 mol **.** *L*-1

Da nur 1/102,61 der Benzoesäure dissoziiert (also weniger als 1/102 = 1/100) und mehr als 1/103 = 1/1000), das Gleichgewicht also sehr stark links auf der Seite der undissoziierten Benzoesäure liegt, kann vereinfachend die Gleichgewichtskonzentration der Benzoe-säure mit der Ausgangskonzentration c0 = 10-1 mol **.** *L*-1 gleichgesetzt werden.

 c(C6H5COO-) **.** c(H3O+) **.** mol **.** mol **.** *L*

KS =

 c(C6H5COOH) **.** *L* **.** *L* **.** mol

 (10-2,61)2 mol

 = = 10-5,22 **.** 10-1 mol **.** *L*-1 = 10-4,22 mol **.** *L*-1

0,1 *L*

 = 6,18 **.** 10-5 mol **.** *L*-1 5 VP

1.3 • Puffersystem: C6H5COOH / C6H5COO-Na+ (optimal: äquimolar)

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

C6H5COO- + H3O+ → C6H5COOH + H2O

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

C6H5COOH + OH- → C6H5COO- + H2O

Zugabe von H3O+ verschiebt das Gleichgewicht also nach links, Zugabe von OH- nach rechts.

 • Ca(OH)2 + CO2 → CaCO3 + H2O

 Calciumcarbonat + Wasser

 bzw. bei CO2-Überschuss:

 Ca(OH)2 + 2 CO2 → Ca(HCO3)2

##  Calciumhydrogencarbonat

 Die Konzentration von Ca(OH)2 ist relativ groß (1,7 g **.** *L*-1, pH 12,7)

 die Konzentration von CO2 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 = *cW* **.** *m* **.** *Δϑ* + CKal **.** *Δϑ*

= 4,18 J **.** g-1 **.** K-1 **.** 500 g **.** 2,3 K + 120 J **.** K-1 **.** 2,3 K

 = 4807 J + 276 J

 = 5083 J

 M(C6H5COOH) = 122 g

 122 g C6H5COOH ≙ 1 Mol C6H5COOH

 1 g C6H5COOH ≙ (1/122) Mol C6H5COOH

 0,2 g C6H5COOH ≙ (1/122**.**5) Mol C6H5COOH = 0,00164 Mol C6H5COOH

 Die Verbrennung von 0,00164 Mol C6H5COOH setzt 5,083 kJ frei.

 Die Verbrennung von 1,64 Mol C6H5COOH setzt 5083 kJ frei.

 Die Verbrennung von 1 Mol C6H5COOH setzt (5083/1,64) kJ = 3099,3 kJ frei.

 ΔcH0(C6H5COOH) = - 3099,3 kJ **.** mol-1­

 (molare Standardverbrennungs-Enthalpie, c = combustion)

 C6H5COOH + 15/2 O2 → 7 CO2 + 3 H2O; ΔcH0 = - 3099,3 kJ **.** mol-1­

 ΔfH0(CO2) = - 394 kJ **.** mol-1

 ΔfH0(H2O,g) = - 242 kJ **.** mol-1

 ΔfH0(O2) = ± 0 kJ **.** mol-1

 ΔfH0(C6H5COOH) = 7 **.** ΔfH0(CO2) + 3 **.** ΔfH0(H2O,g) - ΔcH0(C6H5COOH)

 = ( 7 **.** -394 + 3 **.** -242 – -3099,3 ) kJ **.** mol-1

= ( -2758 – 726 + 3099,3 ) kJ **.** mol-1

 = ( 3099,3 – 3484 ) kJ **.** mol-1

= -384,9 kJ **.** mol-1 5 VP

δ- δ+

1. • H O

 O O-H + H–N–C–C

 C H H O–H

 Glycin

 Benzoesäure

 δ-

 O H O

δ-

δ+

 → C–N–C–C + O

 H H O–H H H

 δ+

 Wasser

 Amid-Gruppe

 (Peptidbindung)

 Hippursäure

* Die Hippursäure besitzt mehr polare Gruppen als die Benzoesäure. Deshalb kann sie mit Wassermolekülen mehr Wasserstoffbrücken ausbilden als diese. 3 VP

 20 VP

# Aufgabe 2

 O O–H

 C1

 N–C2–H

 H–C3–H

 H–C4–H

 C5

 O O–H

L-Glutaminsäure

= L-2-Aminopentandisäure

= L-α-Aminopentandisäure

In Fischer-Projektion

H

H

*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.

1 •

* 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

* 1. Glutathion = Glutaminsäure Cystein Glycin

 H2O H2O

 O O–H

 C

 N–C–H

 H–C–H

 S

 H

Cystein

In Fischer-Projektion

H

H

Zwei sich mit dem S-H-Gruppen gegenüber stehende Cystein-Moleküle können Disulfid-brücken 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 wer-den unterschiedlich stark vom Trägermaterial (stationäre Phase) ad-sorbiert. Die unterschiedlichen Lösungs- und Adsorptionseigenschaf-ten sind Folge der unterschiedlichen Reste der Aminosäuren. Jede Aminosäure hat bei den vorgegebenen Bedingungen ihre charakteris-tische Wanderungsgeschwindigkeit. So kann man das Aminosäure-Gemisch, ggf. sogar zweidimensional, trennen. Die Identifizierung erfolgt über parallel mitgelaufene Vergleichssubstanzen oder über die Rf-Werte, die definiert sind als Quotient Abstand der Substanz zum Start / Abstand der Laufmittelfront zum Start. Die Rf-Werte sind stoff-charakteristisch.

 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 Esterbin-dung miteinander verknüpft.

Bei der Ribose im IMP handelt es sich um einen D-Zucker, weil die OH-Gruppe am un-tersten asymmetrischen C-Atom (C5) nach rechts zeigt.

 H O

 C1

\*

 H C2 OH

\*

 H C3 OH

\*

 H C4 OH

 H2C5OH

 D-Ribose

 in Fischer-Projektion

* *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 Cu2+ 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 Cu2+ bzw. Ag+ reduzieren.

 *Reaktionsgleichung für den Nachweis:*

 R-CHO + 2 Cu2+ + 2 OH- → R-COOH + 2 Cu+ + H2O bzw.

 R-CHO + 2 Ag+ + 2 OH- → R-COOH + 2 Ag + H2O 6 VP

3.2 Nukleotid IMP DNA-Nukleotid

 Ribose Zucker Desoxyribose

 Hypoxanthin Base Adenin, Thymin, Guanin

 oder Cytosin 2 VP

 20 VP

**Aufgabe 3**

* 1. • H O

 H-O-C-C

 H O-H

 Glykolsäure = 2-Hydroxyethansäure

 • Glykolsäuremonomere reagieren miteinander unter Abspaltung von Wasser zu einem Polyester. Die Esterbindungen können bei An-wesenheit von Wasser durch Hydrolyse gespalten werden, was die Abbaubarkeit von Marlin® begründet. 4 VP

1.2 • *Charakteristischer Strukturformelausschnitt von* Dafilon®*:*

 H H H H H H O H H H H O

 **......**-N-C-C-C-C-C-C-N-C-C-C-C-C-C-**......**

 H H H H H H H H H H H H

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:*

NH3 + H2O ⇌ NH4+ + OH- 4 VP 4 VP

* 1. Polypropen (PP) entsteht durch Radikalische Polymerisation.

 *Kettenstart:*

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

 UV

Wärme

 -C-O-O-C- 2 --C-O **·** = 2 R **·**

 O O O

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

 H H H H H H

 R**· +** C=C-C-H → R-C-C-C **·**

 H H H H H

 *Kettenwachstum:*

 Das Alkylradikal verlängert mit weiteren Monomeren die Kette.

 H H H H H H H H H H H H

 R-C-C-C**·** +C=C-C-H → R-C-C-C-C-C-C **·**

 H H H H H H H H H H H

 *Kettenabbruch:*

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

 H H H H H H H H H H H H

 R--C-C-C--C-C-C **·** + **·** R → R--C-C-C C-C-C-R

 H H H nH H H H H H nH H H

 H H H H H H H H H H H H

 2 R--C-C-C--C-C-C **·**  → R--C-C-C- C-C-C-R

 H H H nH H H H H H2n+1H H H

 R **·** + **·** R → R-R

 H H H H H H H H H H H H

 2 R--C-C-C--C-C-C **·** → R--C-C-C C-C-C-R

 H H H nH H H H H H nH H H (Dispropor-

 H H H H H H tionierung)

 + R C-C-C C-C=C

 H H H nH H H 3 VP

* 1. 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-**.....** ):

 δ+δ- δ-

 → permanente Dipol-Kräfte,

 → wesentlich stärkere intermolekulare Kräfte,

 → wesentlich höhere Energiezufuhr für den Schmelzvorgang erfor-

 derlich (223°C).

 Dafilon®:

 Peptidbindungen mit polaren Gruppen und längere Kohlenstoff- ketten (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

1. •

 • H O *Nachweismethode für dieses Monomer:*

 C GOD-Test mit Glucose-Teststreifen

 H C OH (GOD = Glucoseoxidase)

 HO C H

 H C OH

 H C OH

 H2COH

 D-Glucose

 in Fischer-Projektion

 • Cellulose besitzt pro Glucose-Monomeres drei polare Hydroxyl-gruppen, 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:*

 e-

 e- V e-

 Anode Kathode

 aus Zn aus Ag

 U-Rohr

 ZnSO4- AgNO3-

 Lösung, Lösung,

 1 m 1 m

 Diaphragma

 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 Dia-phragma verhindert. Die Ionenwanderung schließt den Stromkreis.

 An der Anode geht Zn als Zn2+ in Lösung. Die Elektronen des Zn fließen über den Leitungsdraht zur Kathode. Ag+-Ionen in der Silber-halbzelle nehmen diese Elektronen auf und scheiden sich an der Kathode als Ab ab. Zn2+-Ionen wandern von der Zinkhalbzelle durch das Diaphragma in die Silberhalbzelle, NO3--Ionen fließen in ent-gegengesetzter Richtung in die Zinkhalbzelle. Dadurch bleiben beide Lösungen elektrisch neutral.

 Wenn Zn2+-Ionen aus der Zn-Anode in Lösung gehen und an der Elektrodenoberfläche Elektronen zurückbleiben, entsteht eine elektro-chemische Doppelschicht: Die Elektronen behindern zunehmend die weitere Abscheidung von Zn2+, und Zn2+-Ionen werden zunehmend von der Elektronenschicht angezogen und wieder entladen – es bildet sich ein dynamisches Gleichgewicht aus. Ein entsprechendes Gleich-gewicht 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 Zn2+-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 Potenzial-differenz.

 • E0(Ag/Ag+) = +0,80 V

 E0(Zn/Zn2+) = –0,76 V

 U = E0(Pluspol) – E0(Minuspol)

 = 0,80 V – (–0,76 V)

 = 1,56 V 5 VP

1.2 • E [mV]

 –820 –•

 –800 – •

 •

 –780 – •

 –760 – •

•

 •

 –740 –

 0,1 0,5 1,0 1,5 2,0 c(Zn2+)

 [mol **.** *L-1*]

 0,05

 0,01

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

Zn ⇌ Zn2+ + 2 e-­ .

 Nach Le Chatelier verschiebt eine Erhöhung der c(Zn2+) das Gleich-gewicht 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 Potenzials der Zn-Halbzelle:*

Mithilfe des Diagramms aus 1.2 kann das Potenzial der Zn-Halbzelle bei c(Zn2+) = 0,7 V grafisch bestimmt werden.

 E(Zn/Zn2+) bei c(Zn2+) = 0,7 mol**·***L-1* beträgt –766 mV

 *Berechnung der Spannung der Zink-Silber-Zelle:*

E0(Ag/Ag+) = + 0,80 V

 E0(Zn/Zn2+) = – 0,76 V

 E(Zn/Zn2+) = – 0,766 V

 U = E0(Ag/Ag+) – E(ZnZn2+)

 = 0,80 V – (–0,766 V)

 = 1,57 V

 • Mit steigender / sinkender Ag+-Konzentration wird in der Doppelschicht das Gleichgewicht Ag+ + e- ⇌ Ag nach rechts / links verschoben, die Konzentration der Elektronen an der Kathodenoberfläche nimmt des-halb ab / zu, der Elektronendruck sinkt / steigt, und die Potenzial-differenz wird größer / kleiner. Der Effekt der Stoffmengenänderung ist also gegenläufig zum Effekt der Stoffmengenänderung in der Zn-Halb-zelle. 8 VP

2 • Reaktion am Minuspol: Zn → Zn2+ + 2 e-

 Reaktion am Pluspol: 2 Ag+ + 2 e- → 2 Ag

 • Als Pluspol fungiert der Stahldeckel,

 als Minuspol der Stahlbecher. 3 VP

1. Zink-Silber(I)-oxid-Batterie Galvanische Zink-Silber-Zelle

 aus Teilaufgabe 2 aus Teilaufgabe 1

Minuspol ist die Zinkelektrode.

Die Teilreaktionen sind räumlich getrennt

 durch ein Diaphragma. durch den Separator.

 Es gibt keine Silberelektrode, Pluspol ist die Silberelektrode.

 Pluspol ist Graphit

 Im Silberoxid-Graphit-Gemisch.

 Elektrolyt ist Elektrolyte sind

 Eine Kaliumhydroxid-Paste. eine Zinksalzlösung

 und eine Silbersalzlösung. 4 VP

 20 VP