

**Übungsaufgaben zum
Chemischen Praktikum für Studenten der Medizin, Zahnmedizin und
Ernährungswissenschaften**

2005

1. Komplex: Säuren/Basen; Puffersysteme; Maßanalyse

1. Frage

Welche der angegebenen Verbindungen und Ionen kann gegenüber Wasser als Säure im Sinne von Brönsted reagieren?

- | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|
| a) HPO_4^{2-} | b) $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-$ | c) H_2S |
| d) CH_3-COOH | e) NH_4^+ | f) OH^- |

2. Frage

Welche der angegebenen Verbindungen und Ionen kann gegenüber Wasser als Base im Sinne von Brönsted reagieren?

- | | | |
|-------------------|---------------------------------|--|
| a) HNO_3 | b) H_2PO_4^- | c) HCO_3^- |
| d) Cl^- | e) $^- \text{OOC}-\text{COO}^-$ | f) $\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_3$ |

3. Frage

Welche der angegebenen Verbindungen und Ionen verhalten sich in wässriger Lösung als Ampholyte?

- | | | |
|----------------------------|---|------------------------------|
| a) H_2SO_4 | b) $^+\text{NH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}^-$ | c) NH_3 |
| d) OH^- | e) H_2PO_4^- | f) NH_2-CH_3 |

4. Frage

Welches der folgenden Systeme stellt ein Puffersystem da?

- | | | |
|--------------------------------|---|---|
| a) $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ | b) $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HSO}_4^-$ | c) $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}^- / \text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ |
| d) Na/Na^+ | e) $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{PO}_4^{3-}$ | f) $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{CO}_2$ |

5. Frage

Der pH-Wert ist wie folgt definiert: $\text{pH} = -\lg a(\text{H}_3\text{O}^+)$.

Dabei ist $a(\text{H}_3\text{O}^+)$ die der Hydroniumionen, welche die wirksame Konzentration der H_3O^+ -Ionen darstellt. Die tatsächliche Konzentration $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ und die wirksame Konzentration sind miteinander über einen Proportionalitätsfaktor, den sogenannten- verknüpft, d.h.

$$a(\text{H}_3\text{O}^+) = f \times c(\text{H}_3\text{O}^+),$$

wobei f Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann. Mit steigender Verdünnung strebt f dem Wert 1 entgegen. Da im Allgemeinen f nicht bekannt ist, berechnet man den pH-Wert in guter Näherung mit $f = 1$, d.h.,

$$\text{pH} \approx -\lg c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

Ergänzen Sie die beiden Lücken im Text!

Berechnen Sie den pH-Wert einer 0,02 molaren Natronlauge unter der Annahme $f = 1$!

6. Frage

Eine Schwefelsäure enthält 14,70 g pro Liter. Welche Molarität bzw. welche Normalität besitzt sie?

relative Atomgewichte: $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{O}) = 16$, $A_r(\text{S}) = 32$

7. Frage

Sie sollen aus einer 2,0 N Salpetersäure und Wasser durch Mischung beider Komponenten 250 ml einer 1%igen Salpetersäure herstellen. Geben Sie an, wie viel ml 2,0 N Salpetersäure und wie viel ml Wasser sie benötigen (Annahme: Dichte beider Salpetersäuren = 1 g/ml)!

8. Frage

a) Berechnen Sie den pH-Wert einer 0,05 M Essigsäure (pK_A der Essigsäure = 4,76)!

b) Geben Sie den Dissoziationsgrad α der Essigsäure in % an!

9. Frage

a) Bei der Titration von 10 ml Magensaft wurden 23,4 ml 0,1 N Natronlauge verbraucht. Wie groß ist die Normalität der Salzsäure des Magensekrets?

b) Wie hoch ist die Konzentration der Salzsäure in Prozent?

relative Atomgewichte: $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{Cl}) = 35,5$

Annahme: Dichte des Magensaftes 1,00 g/ml

10. Frage

- a) Geben Sie an (jeweils Formel und Name), welches die Puffersäure und welches die Pufferbase beim bedeutsamsten Puffersystem im menschlichen Blut ist.
- b) In welche Verbindung geht die Puffersäure bei Dehydratisierung über?
- c) Das zu benennende Puffersystem hat die höchste Pufferkapazität aller Blutpuffersysteme, wobei die Toleranz bei dem physiologischen pH-Wert von 7,40 gegenüber Säuren wesentlich höher als gegenüber Basen ist.
Welche Besonderheit besitzt dieser Puffer im Gegensatz zu den anderen Blutpuffersystemen darüber hinaus noch?
- d) Wie reagiert der Organismus im Falle des Säureüberschusses, wie bei Basenüberschuss?

Informieren Sie sich über weitere Blutpuffersysteme sowie deren Anteil an der Gesamtpufferkapazität des Blutes!

11. Frage

Sie sollen 100 ml einer 0,5 M Pufferlösung der höchstmöglichen Pufferkapazität mit einem pH-Wert von 6,0 aus jeweils 0,5 M Lösungen aus Puffersäure und Pufferbase herstellen.

- a) Welches der drei angegebenen Puffersysteme würden Sie wählen?

1.	$\text{CH}_3\text{-COOH/CH}_3\text{COO}^-$	pK_A^* der Säure	= 4,72
2.	$\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$		= 6,47
3.	$\text{NH}_4\text{Cl/NH}_3\text{-Lösung}$		= 9,28

$$\text{pK}_A^* = \text{pK}_A \text{ bei } 0,5 \text{ M}$$

- b) Welches ist die Puffersäure, welches die Pufferbase bei dem von Ihnen ausgewählten Puffersystem (jeweils Formel und Name)?
- c) Wie viel ml Puffersäure müssen Sie mit wie viel ml Pufferbase mischen, um zu den gewünschten 100 ml Pufferlösung zu kommen?
- d) Wie ändert sich der pH-Wert und wie die Pufferkapazität, wenn anstelle der 0,5 M Lösungen 0,1 M Lösungen an Puffersäure bzw. -base verwendet worden wären?

pH-Wert:	Auswahl	1. pH sinkt 2. pH ändert sich nicht 3. pH steigt
----------	---------	--

Pufferkapazität:	Auswahl	1. Pufferkapazität sinkt 2. Pufferkapazität ändert sich nicht 3. Pufferkapazität steigt
------------------	---------	---

12. Frage

Der osmotische Druck von Blut beträgt 7,62 atm; seine scheinbare Molalität 0,30.

Wie groß müsste die Molalität einer blutisotonen Lösung der folgenden Stoffe sein?

- a) NaCl
- b) Na_2SO_4
- c) CaCl_2
- d) Glucose
- e) Saccharose

Antworten zum 1. Komplex

Frage 1

a, c, d und e richtig, weil

$$\begin{aligned}\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{PO}_4^{3-} \\ \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HS}^- \\ \text{CH}_3\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{-COO}^- \\ \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NH}_3\end{aligned}$$

Frage 2

b, c, e und f richtig, weil

$$\begin{aligned}\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{H}_3\text{PO}_4 \\ \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{H}_2\text{CO}_3 \\ ^-\text{OOC-COO}^- + 2 \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons 2 \text{OH}^- + \text{HOOC-COOH} \\ \text{CH}_3\text{-NH-CH}_3 + \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{CH}_3\text{-N}^+\text{H}_2\text{-CH}_3\end{aligned}$$

Frage 3

b und e richtig, weil

$$\begin{aligned}^+\text{NH}_3\text{-CH}_2\text{-COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ &\rightleftharpoons ^+\text{NH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O} \\ ^+\text{NH}_3\text{-CH}_2\text{-COO}^- + \text{OH}^- &\rightleftharpoons \text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COO}^- + \text{H}_2\text{O} \\ \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+ &\rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \\ \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- &\rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}\end{aligned}$$

Frage 4

a und c richtig, weil nur in diesen Systemen eine **schwache** Säure (Base) neben ihrer **korrespondierenden** Base (Säure) vorliegt

Frage 5

a(H₃O⁺) steht für die **Aktivität** der Hydroniumionen, **f** für den sogenannten **Aktivitätskoeffizienten**.

pH = 12,30

Berechnung: $\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-) = -\lg 0,02 = 1,70$

$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12,30$

Frage 6

Schwefelsäure ist eine zweiwertige Säure, da $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$

M = 0,15 da $14,70 \text{ g/l} : 98 \text{ g/mol (Molekulargewicht)} = 0,15 \text{ mol/l}$

N = 0,30 da $14,70 \text{ g/l} : 49 \text{ g/val (Äquivalentgewicht)} = 0,30 \text{ val/l}$

oder: $N = z \times M = 2 \times 0,15$ (z = Wertigkeit)

Frage 7

HNO₃: 20,00 ml H₂O: 230,00 ml

Berechnung: $M_r(\text{HNO}_3) = 63$ $2,0 \text{ N} = 2,0 \text{ M HNO}_3$, da $z = 1$

$1 \text{ \%ig} = 1 \text{ g/100 ml} = 10 \text{ g/l} : 63 \text{ g/mol} = 0,16 \text{ mol/l}$

$[2,0 \text{ mol/l} \times 63 \text{ g/mol} = 126 \text{ g/l} = 12,6 \text{ g/100 ml} = 12,6 \text{ \%ig}]$

$$\begin{array}{rcl} n_1 & = & n_2 \\ v_1 \times c_1 & = & v_2 \times c_2 \\ 250 \text{ ml} \times 0,16 & = & Y \times 2,0 \\ Y & = & 20,0 \text{ ml } 2,0 \text{ N Salpetersäure} \\ \text{H}_2\text{O} & = & 250 - 20 = 230 \text{ ml} \end{array}$$

Frage 8

a) **pH = 3,03**

Berechnung: $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_A - \lg c_0) = \frac{1}{2} (4,76 + 1,30) = 3,03$

b) **1,87 %**

Berechnung: $\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

$\alpha = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) : [c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{CH}_3\text{COO}^-)] = c(\text{H}_3\text{O}^+) : c_0$

$\alpha = 10^{-3,03} : 0,05 = 9,33 \times 10^{-4} : 0,05 = 0,0187 \times 100 = 1,87\%$

Frage 9

a) **0,234 N**

Berechnung:

$$\begin{array}{rclcl} v_1 \times c_1 & = & v_2 \times c_2 & & \\ 10 \times Y & = & 23,4 \times 0,1 & & Y = 0,234 \end{array}$$

b) **0,854 %**

Berechnung:

$$0,234 \text{ mol/l} \times 36,5 \text{ g/mol} = 8,541 \text{ g/l} = 0,854 \text{ g/100 ml} = 0,854\%$$

Frage 10

a) **Puffersäure:** H_2CO_3 - **Kohlensäure**
Pufferbase: HCO_3^- - **Hydrogencarbonat oder Bicarbonat**

b) Dehydratisierung = Wasserabspaltung: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

c) Der Kohlensäure/Hydrogencarbonat-Puffer ist das einzigste nicht geschlossene, d.h. **offene** Puffersystem.

d) Im Falle des Säureüberschusses wird CO_2 über die Lunge abgeatmet, bei Basenüberschuss HCO_3^- über die Nieren eliminiert.

Frage 11

a) Puffersystem **2** ($\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$),
da Puffer nur im Bereich von $\text{pH} = (\text{pK}_A^* - 1) \dots\dots (\text{pK}_A^* + 1)$ wirksam sind.

b) **Puffersäure:** NaH_2PO_4 - **Dihydrogenphosphat** Y ml
Pufferbase: Na_2HPO_4 - **Monohydrogenphosphat** Z ml

c) **74,7 ml Puffersäure + 25,3 ml Pufferbase**

Berechnung:

$$\text{pH} = \text{pK}_A^* - \lg(c_S/c_B)$$

$$6,0 = 6,47 - \lg(c_S/c_B)$$

$$\lg(c_S/c_B) = 0,47 \quad c_S/c_B = 2,95 : 1$$

$$3,95 : 100 = 2,95 : Y$$

$$Y = 74,7$$

$$Z = 100 - 74,7 = 25,3$$

d) Der **pH-Wert ändert sich nicht**, da sich das Verhältnis von Puffersäure und –base nicht ändert (Henderson-Hasselbalch berücksichtigt nur das Verhältnis c_S/c_B).

Die **Pufferkapazität sinkt**, da geringere Mengen an Puffersäure bzw. –base für die Abpufferung hinzukommender Base oder Säure zur Verfügung stehen.

Frage 12

Molalität m : mol / kg Lösungsmittel

Der osmotische Druck hängt als kolligative Eigenschaft nur von der Teilchenzahl, nicht aber von der Teilchenart ab. Das heißt, für die Größe des osmotischen Drucks ist die *Gesamtheit aller gelösten Moleküle und Ionen* entscheidend. Man summiert daher die Konzentrationen aller Teilchen zur so genannten scheinbaren Molalität (integrale Teilchenmenge in mol / kg Lösungsmittel).

Berechnung:

a)	NaCl	→	$\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	2 Teilchen	$0,30 : 2 = \mathbf{0,15\ m}$
b)	Na_2SO_4	→	$2\ \text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	3 Teilchen	$0,30 : 3 = \mathbf{0,10\ m}$
c)	CaCl_2	→	$\text{Ca}^{2+} + 2\ \text{Cl}^-$	3 Teilchen	$0,30 : 3 = \mathbf{0,10\ m}$
d)	Glucose	→	keine Dissoziation	1 Teilchen	$0,30 : 1 = \mathbf{0,30\ m}$
e)	Saccharose	→	keine Dissoziation	1 Teilchen	$0,30 : 1 = \mathbf{0,30\ m}$