

# Titration von Aminosäuren, Lösung

---

## 1. Aufnahme der Titrationskurve

### Beobachtung:

Zu Beginn hat die Lösung einen pH-Wert von etwa 2.

Der pH-Wert steigt nur langsam. Nach Zugabe von etwa 9 ml Natronlauge steigt der pH-Wert sprunghaft an. Anschließend steigt der pH-Wert wiederum nur langsam an. Nach Zugabe von 25 ml NaOH hat die Lösung einen pH-Wert zwischen 12 und 13.

### Ergebnis:

#### Wertetabelle

V(NaOH) in ml	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pH-Wert	2,2	2,29	2,41	2,55	2,71	2,89	3,11	3,46	5,67	8,67	9,2	9,41	9,59

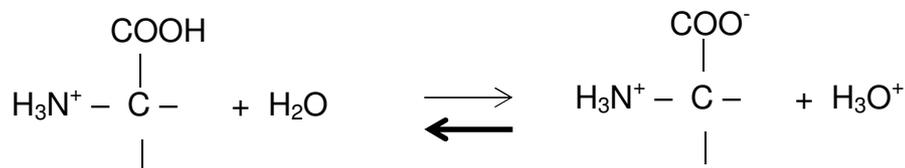
  

V(NaOH) in ml	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
pH-Wert	9,77	9,97	10,17	10,43	10,88	11,42	11,74	11,9	12,01	12,09	12,16	12,21

### Erstellung des Volumen-pH-Diagramms

## 2. Interpretation der Titrationskurve

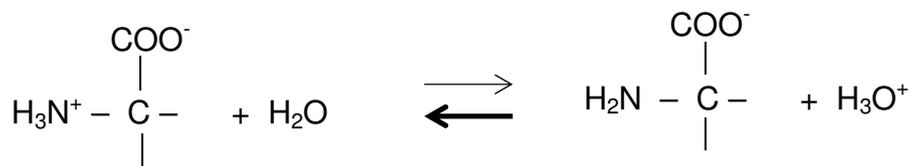
- 2.1 Geben Sie die Strukturformeln von Glycin bei pH = 1, pH = 6, pH = 13 an.  
*pH 1: Kation, pH 6: Zwitterion, pH 13: Anion  
evtl. zu der gezeichneten Kurve eintragen*
- 2.2 Formulieren Sie das Protolyse-Gleichgewicht zu Beginn der Titration, d. h. V(NaOH) = 0 ml.  
*GG liegt auf der linken Seite, es liegen hauptsächlich Kationen vor.*



## Titration von Aminosäuren, Lösung

---

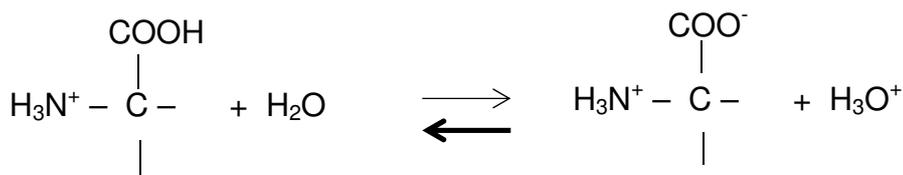
- 2.3 Erläutern Sie die Wirkung zugegebener  $\text{OH}^-$ -Ionen auf das bestehende Protolyse-Gleichgewicht anhand einer Reaktionsgleichung. Geben Sie die Strukturformeln von Glycin am Halbäquivalenzpunkt ( $= \text{pKs}_1$ ) an.  
*pH-Wert steigt kaum an.*  
*Störung des GG durch  $\text{OH}^-$ -Ionen:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$*   
 *$\text{H}_3\text{O}^+$  werden aus dem GG entfernt, GG-Verschiebung in Richtung Zwitterion.*  
*Am Halbäquivalenzpunkt liegt das GG in der Mitte, also  $c(\text{Kation}) = c(\text{Zwitterion})$  (eintragen in Kurve)*
- 2.4 Erläutern Sie die chemischen Vorgänge bei weiterer Zugabe von  $\text{OH}^-$ -Ionen. Machen Sie eine Aussage über das Protolyse-Gleichgewicht am IEP.  
*Permanente Störung des GG durch Reaktion zugegebener  $\text{OH}^-$ -Ionen mit den  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen. GG-Verschiebung nach rechts in Richtung Zwitterion. Am IEP ist das GG ganz nach rechts verschoben, es liegen nur noch Zwitterionen vor.*
- 2.5 Der IEP stellt den Äquivalenzpunkt oder den Wendepunkt der Titrationskurve dar. Am Äquivalenzpunkt gilt:  
Die Stoffmenge an zugegebener Maßlösung entspricht exakt der Stoffmenge an vorgelegter Säure. Welche Teilchen liegen nun in der Probe vor?  
*Zwitterionen und Wassermoleküle*
- 2.6 Machen Sie eine Aussage über die Wirkung weiter zugegebener  $\text{OH}^-$ -Ionen.  
 *$\text{OH}^-$ -Ionen erhöhen den pH-Wert, sie gehen keine Reaktion ein.*
- 2.7 Formulieren Sie das Protolyse-Gleichgewicht bei  $\text{pH} \approx 9$ .  
*Bei pH 9 verändern zugegebene  $\text{OH}^-$ -Ionen den pH-Wert kaum.*



- 2.8 Erläutern Sie die Wirkung zugegebener  $\text{OH}^-$ -Ionen auf dieses Protolyse-Gleichgewicht anhand einer Reaktionsgleichung. Geben Sie die Strukturformeln von Glycin am Halbäquivalenzpunkt ( $=\text{pKs}_2$ ) an.  
*pH-Wert steigt kaum an.*  
*Störung des GG durch  $\text{OH}^-$ -Ionen:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$*   
 *$\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen werden aus dem GG entfernt, GG-Verschiebung in Richtung Anion.*  
*Am Halbäquivalenzpunkt liegt das GG in der Mitte, also  $c(\text{Zwitterion}) = c(\text{Anion})$ , evtl. Eintrag in die Kurve*
- 2.9 Welche Teilchen liegen bei Zugabe von 25 ml NaOH vor?  
*Anionen, Wassermoleküle und  $\text{OH}^-$ -Ionen*
- 2.10 Welchen pH- Wert hat die Probelösung zu diesem Zeitpunkt?  
*pH-Wert der verwendeten Natronlauge*

### 3. Bestimmung des pH-Bereichs in dem Glycin gute Puffereigenschaften hat.

- 3.1 Aminosäuren haben Puffereigenschaften.  
Erläutern sie diese Eigenschaften in Worten. Definieren Sie, was man unter einer Pufferlösung versteht.  
*Aminosäuren besitzen die Fähigkeit, den pH-Wert nahezu konstant zu halten, trotz Zugabe geringer Mengen  $H_3O^+$ -Ionen bzw.  $OH^-$ -Ionen.*
- 3.2 Geben Sie die pH-Bereiche an, in denen Glycin gute Puffereigenschaften hat. Zeichnen Sie diesen Bereich in das Diagramm ein.
- 3.3 Wie liegt Glycin in diesen pH-Bereichen vor?  
*Optimal puffert Glycin in zwei pH-Bereichen:*  
1. wenn gilt:  $c(\text{Kation}) = c(\text{Zwitterion})$   
2. wenn gilt:  $c(\text{Zwitterion}) = c(\text{Anion})$
- 3.4 Aminosäuren puffern am besten bei ihren jeweiligen  $pK_s$ -Werten.
- Formulieren Sie das Protolyse-Gleichgewicht von Glycin, das durch  $pK_{s1}$  gekennzeichnet ist.



- Formulieren Sie das MWG für dieses Protolyse-Gleichgewicht.

$$K_s = \frac{c(\text{Zwitterion}) \times c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{Kation})}$$

- Umformulierung des mathematischen Ausdrucks:  
 $c(\text{H}_3\text{O}^+)$  soll als pH ausgedrückt werden.  
Es gilt:  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}_3\text{O}^+)$

$$\lg K_s = \lg \frac{c(\text{Zwitterion})}{c(\text{Kation})} + \lg c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$-\lg c(\text{H}_3\text{O}^+) = \lg \frac{c(\text{Zwitterion})}{c(\text{Kation})} - \lg K_s$$

$$\text{pH} = pK_s + \lg \frac{c(\text{Zwitterion})}{c(\text{Kation})} \quad \text{Puffergleichung}$$

- 3.5 Zeigen Sie, dass gilt:  
Glycin puffert am besten bei dem pH-Wert, der dem  $pK_{s1}$ -Wert entspricht.  
Wenn  $\text{pH} = pK_{s1}$ ,  
dann ist das Verhältnis  $c(\text{Zwitterion}) : c(\text{Kation}) = 1 : 1 = 1$   
dann gilt:  $\lg(c(\text{Zwitterion})/c(\text{Kation})) = \lg 1 = 0$ , also  $\text{pH} = pK_{s1}$

## Titration von Aminosäuren, Lösung

---

Glycin puffert gut in einem pH-Bereich der dem  $pK_s$ -Wert  $\pm 1$  entspricht.

Es gilt: Verhältnis  $c(\text{Zwitterion}) : c(\text{Kation}) = 10 : 1$  oder  $1 : 10$

Dann gilt:  $\lg(c(\text{Zwitterion})/c(\text{Kation})) = \lg 10 = 1$

bzw.  $\lg(c(\text{Zwitterion})/c(\text{Kation})) = \lg 0,1 = -1$

- 3.6 Geben Sie mit Hilfe der Hilfsmitteltabelle den pH-Bereich an, in dem Glycin gut puffert.

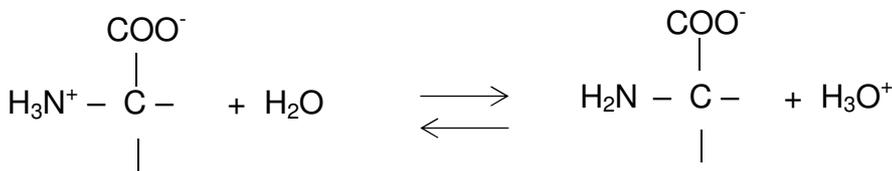
*pH-Bereich: 1,34 – 3,34*

Formulieren Sie die Pufferwirkung in diesem pH-Bereich bei zugegebenen  $\text{H}_3\text{O}^+$  - bzw. zugegebenen  $\text{OH}^-$ -Ionen.

*Kation + OH<sup>-</sup> → Zwitterion + H<sub>2</sub>O*

*Zwitterion + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> → Kation + H<sub>2</sub>O*

- 3.7 Leiten Sie mathematisch den zweiten Pufferbereich von Glycin her.



*Siehe dann 3.4 – 3.6: statt Zwitterion Anion einsetzen und statt Kation Zwitterion verwenden.*

## 4. Aufgaben zum Thema Eigenschaften der AS und der Pufferwirkung

4. Gegeben ist der Dihydrogenphosphat/Hydrogenphosphat-Puffer.

*H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>/HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*

*Säure/korrespondierende Base*

- 4.1 Zeigen Sie die Pufferwirkung dieses Puffers bei Zugabe geringer Mengen  $\text{H}_3\text{O}^+$ - bzw.  $\text{OH}^-$ -Ionen mit Hilfe von entsprechenden Reaktionsgleichungen.

*Zugabe von H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>: HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> → H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O*

*Zugabe von OH<sup>-</sup>: H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> + OH<sup>-</sup> → HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + H<sub>2</sub>O*

- 4.2 Bestimmen Sie mathematisch den pH-Wert, an dem dieser Puffer puffert.

*Dieser Puffer puffert optimal, wenn gilt: c(Base) : c(Säure) = 1 : 1*

*Dieser Puffer puffert gut, wenn gilt c(Base) : c(Säure) = 10 : 1 oder 1 : 10*

*Eingesetzt in die Puffergleichung: pH = pK<sub>s</sub> + lg c(Base) : c(Säure)*

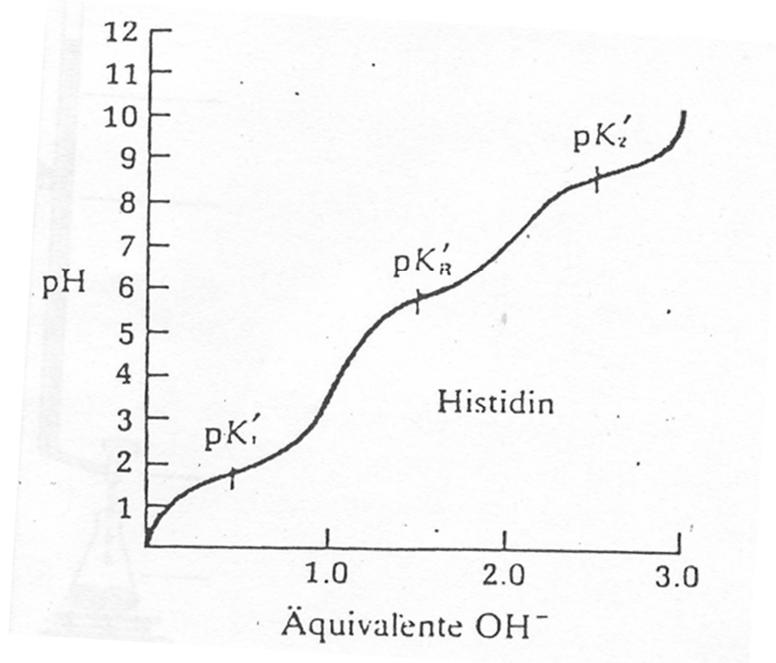
*pH = 7,2 + lg 10<sup>1</sup> bzw. pH = 7,2 + lg 10<sup>-1</sup>*

*pH = 7,2 ± 1*

- 4.3 Gegeben ist die Titrationskurve von Histidin.

Interpretieren Sie diese Titrationskurve.

## Titration von Aminosäuren, Lösung



*Histidin bei verschiedenen pH-Werten:*

- pH 1: hauptsächlich zweiwertiges Kation*
- pH 1,8:  $c(\text{zweiwertiges Kation}) = c(\text{einwertiges Kation})$*
- pH 4: hauptsächlich einwertiges Kation*
- pH 6:  $c(\text{einwertiges Kation}) = c(\text{Zwitterion})$*
- pH 7,6: hauptsächlich Zwitterion*
- pH 9,2:  $c(\text{Zwitterion}) = c(\text{Anion})$*
- pH 10: hauptsächlich Anion*

- 4.4 Warum kann ein Gemisch aus starker Säure und ihrer korrespondierenden Base nicht puffern?

*Starke Säure protolytisiert fast vollständig.  $C(\text{Base})$  ist sehr klein.  
 $C(\text{Base}) : c(\text{Säure})$  ist unendlich klein, also nicht 10 : 1 oder 1 : 10.*

- 4.5 Welche der folgenden Aussagen sind richtig, welche sind falsch? Berichtigen Sie die falschen Aussagen.

- a) In einer wässrigen AS-Lösung liegen hauptsächlich Zwitterionen vor.
- b) Der pH-Wert einer wässrigen AS-Lösung entspricht dem IEP.
- c) Am IEP =  $\text{pH}_I$  liegt die höchste Konzentration an Zwitterionen vor.
- d) Eine wässrige AS-Lösung hat am IEP die geringste Löslichkeit.

*Alle Antworten richtig.*