

## Versuch E4. Puffersysteme (V. 3.5)

### I Ziel des Versuchs

Die Wirksamkeit eines Essigsäure-Acetat-Puffers wird bei Säurezugabe überprüft.

### II Theoretischer Hintergrund

In reinem Wasser sind die  $\text{H}_3\text{O}^+$ - und  $\text{OH}^-$ -Konzentrationen äußerst gering. Sie werden durch die 'Autoprotolyse' des Wassers hervorgerufen. Schon geringe Mengen einer Säure oder Base ändern den pH-Wert daher sehr stark. Puffersysteme sind dagegen Lösungen, die ihren pH-Wert auch bei Zugabe erheblicher Mengen Säure oder Base nur geringfügig ändern. Dies wird erreicht, indem die Lösungen bereits Basen und Säuren enthalten, die die Wirkungen zugegebener Säuren bzw. Basen kompensieren können. Zweckmäßig sind z.B. Lösungen schwacher Säuren mit ihren konjugierten Basen, die meistens als Alkalisalze zugegeben werden. Für eine derartige Lösung gilt dann das Gleichgewicht:



Der pH-Wert einer derartigen Pufferlösung lässt sich mit Hilfe der Henderson-Hasselbalch-Gleichung berechnen:

$$\text{pH} = \text{pK}_s + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (1)$$

Bei gleichen Konzentrationen an Salz und Säure ist das Verhältnis  $\varphi = [\text{A}^-]/[\text{HA}] = 1$ . Der pH-Wert dieser Lösung entspricht dann dem  $\text{pK}_s$ -Wert des verwendeten Säure-Base-Systems.

Die Änderung des pH-Wertes einer Pufferlösung bei der Zugabe einer Säure der Konzentration  $c_s$  errechnet sich nach:

$$\text{pH} = \text{pK}_s + \log \frac{[\text{A}^-] - c_s}{[\text{HA}] + c_s} \quad (2)$$

Die Änderung bei der Zugabe einer Base lässt sich analog berechnen.

Der Kehrwert des Quotienten aus der Änderung des pH-Wertes  $dpH$  bei der Zugabe einer bestimmten Menge Säure oder Base  $dc_s$  entspricht der sogenannten Pufferkapazität:

$$\beta = \frac{dc_s}{dpH} \quad (3)$$

### III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Starke und schwache Elektrolyte.
- Hydrolyse und Dissoziation des Wassers.
- Puffersysteme, Pufferwirkung, Henderson-Hasselbalch-Gleichung mit Herleitung.
- pH-Wert, Glaselektroden, Funktionsweise eines pH-Meters.

### IV Aufgaben, die zum Versuchstag vorbereitet werden sollen

Leiten Sie die Gleichungen (1) und (2) her.

Erläutern Sie, warum Wasser, welches längere Zeit an der Luft gestanden hat, einen pH-Wert kleiner 7 hat.

### V Versuchsbeschreibung und -durchführung

Zum Ansetzen der Lösungen und zur Zugabe der Säuren stehen Büretten zur Verfügung. Der pH-Wert wird mit einem Standard-pH-Meter gemessen.

Ein pH-Meter zeigt den Zusammenhang zwischen dem Potential der pH-Elektrode und dem pH-Wert als lineare Funktion an. Zu Beginn des Versuchs wird die Kalibrierung des pH-Meters überprüft. Das pH-Meter muss für beide Puffernormale ( $pH = 4$  und  $pH = 7$ ) den korrekten Wert anzeigen.

Der pH-Wert der folgenden Essigsäure-Natriumacetat-Lösungen ist zu bestimmen:

0,1 N HAc in ml:	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0,1 N NaAc in ml:	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

Die Lösungen sind in numerierten Bechergläsern anzusetzen. Als 12. Probe wird destilliertes Wasser (50 ml) benutzt. Die pH-Werte der Proben werden gemessen. Anschließend ist in jede Probe 0,5 ml einer 0,1 N HCl-Lösung aus der Bürette

zuzugeben und der pH-Wert erneut zu bestimmen. Nach Zugabe von 0,5 ml einer 1 N HCl-Lösung wird die Bestimmung des pH-Werts wiederholt.

Es ist darauf zu achten, dass sich die Messelektrode mit der Lösung im Gleichgewicht befindet.

## VI a) Auswertung während des Versuchstages

1. Aus einer Auftragung des pH-Wertes gegen  $\log \varphi$  für die Lösungen ohne HCl-Zusatz ist der  $K_s$ -Wert der Essigsäure zu bestimmen.
2. Die pH-Werte für die mit HCl versetzten Pufferlösungen sind ebenfalls in das Diagramm einzuzeichnen.

## VI b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Der pH-Wert der HCl-Lösungen ist zu berechnen (Gleichung 2) und mit den gemessenen Werten zu vergleichen.
2. Die Pufferkapazität  $\beta$  für die Zugabe von 1 N HCl ist für die verschiedenen Pufferlösungen zu berechnen. Diskutieren Sie die Wirksamkeit der verschiedenen angesetzten Puffer.
3. Diskutieren Sie den gemessenen pH-Wert von destilliertem Wasser.

## VII Materialien

1. Verwendete Chemikalien

Salzsäure   Signalwort: Gefahr

### Gefahrenbezeichnung(en)

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H335: Kann die Atemwege reizen.

### Vorsichtsmaßnahmen

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P304 + P340 + P310: BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen. Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

**Essigsäure**



Signalwort: Gefahr

### **Gefahrenbezeichnung(en)**

H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

### **Vorsichtsmaßnahmen**

P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

# Versuch E4

## Messprotokoll

### *„Puffersysteme“*

Gruppe	Umgebungstemp.[°C]	Datum/ Stempel
Name		

0,1 N HAc in ml:	0	5	10	15	20	25
0,1 N NaAc in ml:	50	45	40	35	30	25
pH-Wert						
pH-Wert mit 0,1 N HCl						
pH-Wert mit 1 N HCl						

0,1 N HAc in ml:	30	35	40	45	50	0
0,1 N NaAc in ml:	20	15	10	5	0	0
pH-Wert						
pH-Wert mit 0,1 N HCl						
pH-Wert mit 1 N HCl						