

**Herstellung von Pufferlösungen am Beispiel von Phosphat-Puffern**

**Aufgabe:** Es sollen 1000 mL einer Phosphat-Pufferlösung hergestellt werden, die bei pH  $\approx$  7,0 abpuffert. Die Gesamtkonzentration aller  $H_xPO_4$ -Einheiten soll  $c_{\text{gesamt}} = 250 \text{ mmol/L}$  betragen. Zur Verfügung stehen:  $NaOH (aq)$ ,  $HCl (aq)$ ,  $H_3PO_4 (c = 2 \text{ mol/L})$  und alle Natriumsalze der Phosphorsäure (Summenformeln: .....), pH-Meter.

Auswahl eines geeigneten Puffersystem

Reaktionsgleichungen: .....

Begründung der Wahl: .....

Möglichkeiten der praktischen Herstellung

Obwohl mit der Puffergleichung eine Formel zur Verfügung steht, mit der man das einzusetzende Mischungsverhältnis an basischer und saurer Komponente berechnen kann, wird dies in der Praxis nicht genutzt. Der Grund ist, dass der pH-Wert so hergestellter Puffer vom gewünschten pH-Wert abweichen kann. Dies hängt hauptsächlich damit zusammen, dass die Puffergleichung in der von uns benutzten Form nur für verdünnte Lösungen gilt (z.B. 100 mmol/L). Für höhere Konzentrationen (z.B. 1 mol/L) müsste statt mit Stoffmengenkonzentrationen mit so genannten Aktivitäten gerechnet werden, was sich aber als schwierig erweist. Auch für zu niedrige Konzentrationen (z.B. 0,01 mmol/L) gilt die Puffergleichung nicht: Der pH-Wert solcher dünner wässriger Lösungen ist  $pH \approx 7$  (pH des Wassers). Für die praktische Herstellung eines Puffers gibt es mehrere Möglichkeiten, ohne dass die Puffergleichung benutzt werden muss:

**A Direktes Mischen von 0,25-molaren Lösungen der beiden puffernden Komponenten (HA) und ( $A^-$ )**

.....

.....

.....

.....

.....

**B Kontrollierte Zugabe von Base zur sauren Komponente bzw. umgekehrt**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

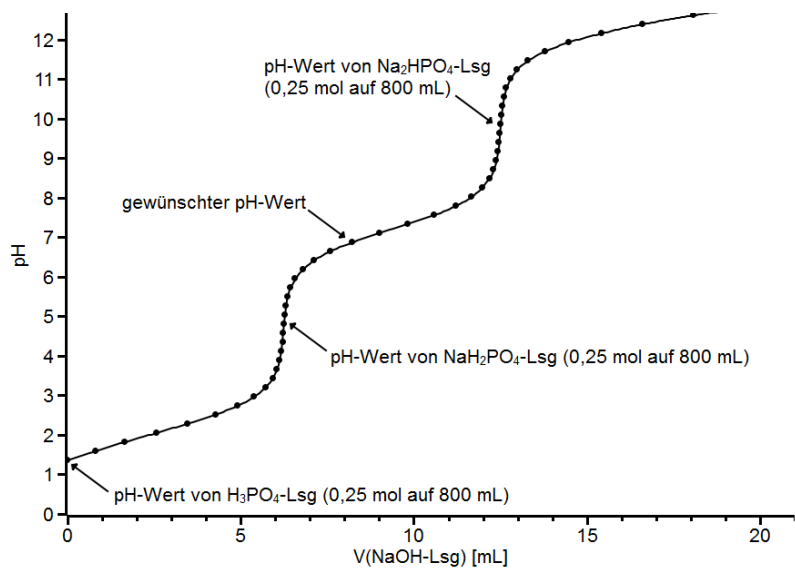


Abb. 1: pH des Gemisches in Abhängigkeit der NaOH-Zugabe (1 M)

.....

.....

.....

.....

## Viele verschiedene Wege führen zur Pufferlösung: Beispiel Phosphat-Puffer

**Aufgabe:** Es sollen 1000 mL einer Phosphat-Pufferlösung hergestellt werden, die bei  $\text{pH} \approx 7,0$  abpuffert. Die Gesamtkonzentration aller zugegebenen  $\text{H}_x\text{PO}_4$ -Einheiten soll  $c_{\text{gesamt}} = 250 \text{ mmol/L}$  betragen. Zur Verfügung stehen:  $\text{NaOH} (\text{aq})$ ,  $\text{HCl} (\text{aq})$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ( $c = 2 \text{ mol/L}$ ) und alle Natriumsalze der Phosphorsäure (Summenformeln: .....),  $\text{pH-Meter}$ .

Auswahl eines geeigneten Puffersystems

Reaktionsgleichungen: Basenzugabe:  $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}$  Säurezugabe:  $\text{HPO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

Begründung der Wahl: Der  $\text{pK}_s$ -Wert der sauren Pufferkomponente muss näherungsweise dem gewünschten  $\text{pH}$ -Wert entsprechen.

Möglichkeiten der praktischen Herstellung

Obwohl mit der Puffergleichung eine Formel zur Verfügung steht, mit der man das einzusetzende Mischungsverhältnis an basischer und saurer Komponente berechnen kann, wird dies in der Praxis nicht genutzt. Der Grund ist, dass der  $\text{pH}$ -Wert so hergestellter Puffer vom gewünschten  $\text{pH}$ -Wert stark abweichen kann. Dies hängt hauptsächlich damit zusammen, dass die Puffergleichung in der von uns benutzten Form nur für stark verdünnte Lösungen gilt (z.B.  $1 \text{ mmol/L}$ ). Für höhere Konzentrationen müsste statt mit Stoffmengenkonzentrationen mit so genannten *Aktivitäten* gerechnet werden, was sich aber als schwierig erweist. Für die Herstellung des Puffers gibt es mehrere Möglichkeiten:

### A Direktes Mischen von 0,25-molaren Lösungen der beiden Komponenten

Eine 0,25-molare  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ -Lösung (saure Komponente) wird mit einer 0,25-molaren  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -Lösung (basische Komponente) gemischt, bis der gewünschte  $\text{pH}$ -Wert eingestellt und das benötigte Volumen erhalten wurde. Ist der  $\text{pH}$ -Wert zu sauer, wird mehr basische Komponente zugegeben, bzw. umgekehrt. Durch den Einsatz von 0,25-molaren Lösungen ist gewährleistet, dass auch die Mischlösung stets 0,25-molar ist.

### B Kontrollierte Zugabe von Base zur sauren Komponente bzw. umgekehrt

Die gesamte Puffersubstanz wird in Form der sauren Komponente vorgelegt: 0,25 mol (!)  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  werden vorgelegt und mit  $\text{H}_2\text{O}$  auf ca. 800 mL gelöst (nahe des Endvolumens von 1000 mL). Nun wird  $\text{NaOH}$  oder  $\text{NaOH-Lsg.}$  dazugegeben bis der gewünschte  $\text{pH}$  erreicht ist und auf das Zielvolumen aufgefüllt.

Statt  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  kann auch 0,25 mol  $\text{H}_3\text{PO}_4$  vorgelegt werden.

Es kann auch die basische Komponente

vorgelegt werden und  $\text{HCl}$  zugegeben werden, bis der gewünschte  $\text{pH}$ -Wert erreicht ist. Der Puffer enthält dann aber eine andere Ionenzusammensetzung (z.B.  $\text{Cl}^-$ -Ionen).

