

# Säure-Base-Reaktionen und Puffer

QR Code

In dieser Übung werden Sie anhand von vier Simulationen mehr über Säuren- und Basen-Gleichgewichte und über die Funktion von Pufferlösungen lernen.

Link zu den Simulationen für diese Aktivität: <https://tcel-hu-berlin.github.io/silc/saeure+basen/>

💡 = Hinweis auf der Website verfügbar

💬 = Diskussionspunkt

---

## Vorbereitungsaufgaben

(vor der Übung zu bearbeiten)

1. Beantworten Sie die folgenden Fragen zum allgemeinen Säure- und Basenverhalten:
    - a) Schreiben Sie die Gleichung für die Dissoziation einer schwachen monoprotischen Säure HA in Wasser auf.
    - b) Schreiben Sie die Gleichung für die Dissoziation einer schwachen monoprotischen Base B in Wasser auf.
    - c) Schreiben Sie die Ausdrücke für die Gleichgewichtskonstanten der beiden vorherigen Dissoziationen auf.
  2. Öffnen Sie die Simulation A und lesen Sie den Überblick durch.
    - a) Bitte geben Sie den ungefähren Zeitpunkt an, zu dem das System das Gleichgewicht erreicht. Begründen Sie Ihre Antwort.
    - b) Wenn Sie sich die Animation in Simulation A ansehen, werden Sie feststellen, dass einige Säuremoleküle (HA) dissoziieren, nachdem das System das Gleichgewicht erreicht hat. Erläutern Sie, warum das System als im Gleichgewicht befindlich angesehen wird, obwohl die Dissoziation von HA weitergeht.
    - c) Notieren Sie die Anfangs- und Gleichgewichtskonzentrationen von HA, A<sup>-</sup> und H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> in der Simulation. Verwenden Sie diese Konzentrationen, um die Säuredissoziationskonstante von HA zu berechnen.
  3. Öffnen Sie die Simulation D und lesen Sie den Überblick durch. Verwenden Sie bei Bedarf die Grafik des Titrationsaufbaus im Hilfemenü, um sich mit den Komponenten vertraut zu machen.
    - a) Sagen Sie das Volumen und den pH-Wert am Äquivalenzpunkt voraus, wenn 20 mL von 0,8 mol L<sup>-1</sup> Salzsäure mit 1,0 mol L<sup>-1</sup> Natriumhydroxid titriert werden. Zeigen Sie alle Berechnungen hinter Ihrer Vorhersage.
    - b) Führen Sie eine Titration unter den vorgenannten Bedingungen durch und überprüfen Ihre Vorhersage.
    - c) Führen Sie eine Titration mit 1,0 mol L<sup>-1</sup> Essigsäure (pK<sub>s</sub> 4,76) als Probelösung und 1,0 mol L<sup>-1</sup> Natriumhydroxid als Maßlösung durch.
      - (i) Welche Bedeutung hat das „flache“ Bereich vor dem Äquivalenzpunkt in dieser Titration?
      - (ii) Wie kann der pH-Wert im Zentrum dieses Bereichs ohne Berechnungen bestimmt werden?
      - (iii) Führen Sie eine ähnliche Titration mit nur 0,5 mol L<sup>-1</sup> Essigsäure in der Probelösung. Welche Komponenten der Titrationskurven bleiben gleich und welche verändern sich?
-

## Hauptaufgaben

(während der Übung zu bearbeiten)

In Simulation B können Sie die Anfangskonzentrationen von Säure (HA) und Konjugierter Base ( $A^-$ ) wählen, die der Lösung hinzugefügt werden, und die Entwicklung der Reaktion im Laufe der Zeit beobachten. Das submikroskopische Bild wurde der Einfachheit halber weggelassen.

1. Führen Sie drei kurze virtuelle Experimente durch, bei denen Sie die Anfangskonzentrationen von  $[HA]_i$  und  $[A^-]_i$  variieren und das System ein Gleichgewicht erreichen lassen.
  - Im **ersten** Versuch beginnen Sie mit einer beliebigen Konzentration für  $[HA]_i$ , während  $[A^-]_i$  auf 0 gesetzt wird.
  - Im **zweiten** Versuch beginnen Sie mit einer beliebigen Konzentration von  $[A^-]_i$ , während  $[HA]_i$  auf 0 gesetzt wird.
  - Im **dritten** Versuch wählen Sie eine beliebige Kombination aus Konzentrationen für  $[HA]_i$  und  $[A^-]_i$ .
  - a) Achten Sie auf die Konzentrationswerte aller Arten in der Lösung, nachdem das System das Gleichgewicht erreicht hat. Kommentieren Sie die Ähnlichkeiten und Unterschiede in den Gleichgewichtskonzentrationen der drei Experimente.
  - b) Kommentieren Sie die Ähnlichkeiten und Unterschiede zum endgültigen pH-Wert der Lösungen, die aus den drei Experimenten resultieren.
  - c) Verwenden Sie die Informationen aus den von Ihnen erstellten Konzentrations-Zeit-Diagrammen, um den numerischen Wert (in  $\text{mol L}^{-1}$ ) der Säure-Dissoziationskonstante  $K_s$  von HA zu bestimmen.
2. Wenn Ihnen der Wert von  $K_s$  im Voraus zur Verfügung gestellt würde, bestimmen Sie eine Gleichung, mit der Sie den pH-Wert einer wässrigen HA-Lösung mit Anfangskonzentration  $[HA]_i$  vorhersagen können. Auch wenn Sie sich bereits an eine Gleichung aus der Vorlesung oder aus früheren Chemiestunden erinnern, versuchen Sie, die Ursprünge dieser Gleichung herzuleiten (d. h. warum die Gleichung gilt).



- Führen Sie ein weiteres virtuelles Experiment durch. Setzen Sie dafür die Anfangskonzentrationen in Simulation B auf 0,050 mM für  $[HA]_i$  und 0 mM für  $[A^-]_i$ . Bevor Sie die Reaktion starten, verwenden Sie die Gleichung aus Frage 2, um die Konzentrationen von HA,  $A^-$ ,  $H_3O^+$  und  $OH^-$  im Gleichgewicht sowie den endgültigen pH-Wert der Lösung vorherzusagen.
- Testen Sie Ihre Vorhersage, indem Sie die Simulation B durchführen. Stimmen die Ergebnisse überein? Wenn nicht, gehen Sie zurück zu Schritt 2, um Ihre Gleichung zu überarbeiten, und bestätigen Sie Ihre neue Gleichung mit Schritt 7.

In Simulation C wird untersucht, was passiert, wenn eine kleine Menge einer starken Base zu einem System hinzugefügt wird, in dem sich bereits ein Gleichgewicht zwischen der sauren Form HA und der konjugierten Base  $A^-$  eingestellt hat. Öffnen Sie die Simulation C und lesen Sie den Überblick durch.

- Führen Sie Experimente durch, indem Sie 5 mL 5 M NaOH zu 100-mL-Lösungen hinzufügen, die sich aus den folgenden Kombinationen aus Konzentrationen von  $[HA]_i$  und  $[A^-]_i$  ergeben. Notieren Sie den pH-Wert der Lösung, nachdem sie zum ersten Mal das Gleichgewicht erreicht hat (vor der Zugabe von NaOH). Notieren Sie auch die Änderung des pH-Werts ( $\Delta pH$ ), die Sie beobachten, nachdem das System zum zweiten Mal das Gleichgewicht erreicht hat (nach der Zugabe der starken Base).

$[HA]_i$	$[A^-]_i$	pH-Wert vor Basenzugabe	$\Delta pH$ nach Basenzugabe
0.500	0.000		
0.500	0.005		
0.500	0.075		
0.500	0.100		
0.500	0.750		

Welche der oben genannten Lösungen würden Sie als "Pufferlösung" bezeichnen? Diskutieren Sie mit Ihren Kommilitonen, warum Sie die spezifischen Lösungen gewählt haben.





6. Die Henderson–Hasselbach-Gleichung lautet:


$$pH = pK_a + \log \left( \frac{[A^-]}{[HA]} \right)$$

Leiten Sie diese Gleichung aus dem Ausdruck für eine Säuredissoziationskonstante ab.

7. Nachdem Sie nun ein wenig mehr darüber wissen, wie sich die Konzentrationen von Säuren und Basen in einer Lösung verändern, überlegen Sie sich, wie ein Puffer im Labor hergestellt werden könnte. Beschreiben Sie Ihre Strategie für die Herstellung einer 100-ml-Pufferlösung mit einem pH-Wert von 4,90, indem Sie entweder:
- eine Stammlösung von Essigsäure mit der Konzentration  $c_{Ac}$  und festes Natriumacetat (FW 80,03 g mol<sup>-1</sup>) benutzen.
  - eine Stammlösung von Essigsäure mit der Konzentration  $c_{Ac}$  und eine Stammlösung von 0,100 M Salzsäure benutzen.

Bei Bedarf kann auch Wasser hinzugefügt werden. Der  $pK_s$  von Essigsäure beträgt 4,76. Überprüfen Sie Ihre Antworten mit Ihren Kommilitonen.

8. Öffnen Sie die Simulation D und betrachten Sie eine Titration von 20 mL von 0.5 mol L<sup>-1</sup> Essigsäure mit 1.0 mol L<sup>-1</sup> Natronlauge. Bitte führen Sie jedoch die Titration erst nach Abschluss der Schritte a-c durch.
- Berechnen Sie den pH-Wert der Essigsäurelösung vor der Zugabe von NaOH. 
  - Berechnen Sie den Volumen von NaOH und den pH-Wert am Äquivalenzpunkt. 
  - Berechnen Sie den Volumen von NaOH und den pH-Wert am Halbäquivalenzpunkt.
  - Führen Sie die Titration in der Simulation D, indem Sie Phenolphthalein als Indikator benutzen, und überprüfen Sie Ihre Antworten bei (a)-(c).
  - Versuchen Sie die Titration mit Methylorange als Indikator durchzuführen. Warum ist das keine gute Idee?

9. Führen Sie eine Titration der unbekannten Base „Mystery-Base“ mit einer Maßlösung von  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  Salzsäure durch. Sie können Methylorange als Indikator verwenden. 
- a) Berechnen Sie Die Konzentration der Myster-Base in  $\text{mol L}^{-1}$ .
- b) Sie haben einen Hinweis erhalten, dass es sich bei der Mystery-Base entweder um Cyanid, Methylamin oder Anilin handelt. Verwenden Sie die in der Simulation und im Hilfemenü verfügbaren Informationen, um die Identität der Base zu bestimmen. 