

Die Titration - Theoretischer Hintergrund

Die sogenannte Titration ist ein wichtiges Werkzeug in der Chemie, um die Konzentration von unbekanntem Säuren und Basen zu bestimmen. Bereits im 18. Jahrhundert wurde dieses Verfahren entwickelt und angewandt.

Die Grundlage einer Titration ist die gegenseitige Neutralisation von Säuren und Basen. Werden, wie in Abb. 1, die gleichen Mengen an Salzsäure und Natronlauge zusammengegeben, so entsteht Wasser und Kochsalz. Das Kochsalz liegt im Wasser jedoch gelöst vor und würde erst beim Verdampfen des Wassers als weißer Feststoff sichtbar werden. Außerdem entspricht der pH-Wert des Wassers nun 7.

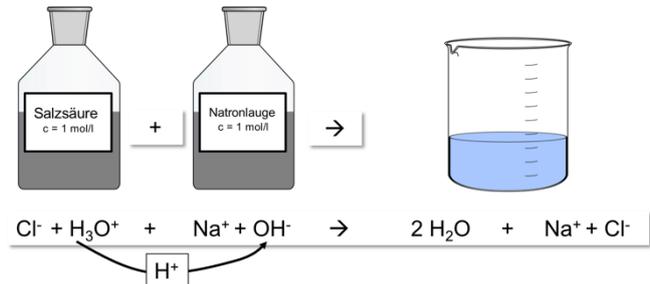


Abbildung 1: Darstellung der Neutralisationsreaktion.

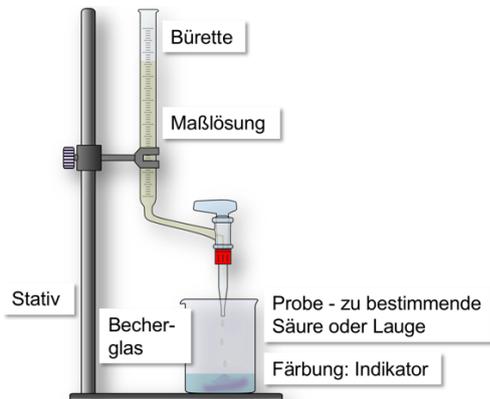


Abbildung 2: Versuchsausrüstung.

Wie läuft eine Säure/Base-Titration ab? Wir benötigen eine Versuchsausrüstung wie in Abb. 2 dargestellt und eine zu bestimmende Konzentration einer unbekanntem Lösung. In diesem Beispiel gehen wir davon aus, dass wir die Konzentration einer unbekanntem Salzsäure ermitteln möchten. Von der Salzsäure werden im nächsten Schritt z.B. 50 mL in das Becherglas gefüllt. Die Lösung die sich im Becherglas befindet, wird auch als Probe bezeichnet.

In die Bürette wird eine Natronlauge mit bekannter Konzentration gefüllt. Die in der Bürette vorhandene Lösung wird auch als Maßlösung bezeichnet. Zusätzlich wird ein Indikator in die Probe gegeben, der anzeigt, wenn die Lösung neutral ($\text{pH} = 7$) ist. An dieser Stelle stoppt die Titration und die verbrauchte Menge der Maßlösung wird notiert. Insgesamt verfügen wir nun über drei Werte (Volumen der Probe, verbrauchtes Volumen der Natronlauge und Konzentration der Natronlauge) mit denen wir rechnen können.

Beispielrechnung: Wie oben bereits erwähnt, wollen wir die Konzentration einer unbekanntem Salzsäure ermitteln. Während der Titration haben wir eine Natronlauge mit einer Konzentration von $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ als Maßlösung verwendet. Unsere Probe misst ein Volumen von 50 mL und wir haben 30 mL der Maßlösung verwendet. Aus der Neutralisationsreaktion in der Abb. 1 können wir ablesen, dass die eingesetzten Stoffmengen (n) der Natronlauge und der Salzsäure identisch im Verhältnis (1:1) sind. Es gilt also: $n_{(\text{HCl})} = n_{(\text{NaOH})}$.

Die Stoffmenge einer Lösung berechnet man, indem man die Konzentration mit dem Volumen multipliziert: $n = c \cdot V$

Somit gilt:

$$c_{(\text{HCl})} \cdot V_{(\text{HCl})} = c_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})}$$

Somit lässt sich die Konzentration der Salzsäure wie folgt berechnen:

$$c_{(\text{HCl})} = \frac{c_{(\text{NaOH})} \cdot V_{(\text{NaOH})}}{V_{(\text{HCl})}}$$

Nun können wir unsere bekannten Werte in die Gleichung einsetzen. Dabei ist zu beachten, dass wir das Volumen in Litern angeben.

$$c_{(\text{NaOH})} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \quad V_{(\text{NaOH})} = 0,030 \text{ l} \quad V_{(\text{HCl})} = 0,050 \text{ l}$$

$$\frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \cdot 0,03 \text{ l}}{0,05 \text{ l}} = 0,06 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

Somit ist die ermittelte Konzentration der unbekanntes Salzsäure: **0,06 mol/l**.

Arbeitsauftrag:

- 1) Berechne die Konzentration einer Salzsäure von 40 mL. Bei der Titration wurden 40 mL Maßlösung Natronlauge mit einer Konzentration von $0,2 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ verbraucht.

Im Anschluss an dieses Arbeitsblatt werden wir eine eigene Titration durchführen, jedoch werden wir zusätzlich noch ein Messwerterfassungssystem verwenden, um den Verlauf der Titration besser beobachten und im Anschluss beschreiben zu können.

Bevor wir nun eine Titration selber experimentell durchführen, müssen wir uns noch einen wichtigen Aspekt anschauen. Wie oben beschrieben, notieren wir uns den Wert der verbrauchten Maßlösung, wenn ein pH-Wert von 7 vorliegt. In diesem Moment sind die Stoffmengen der Maßlösung und der Probe identisch: $n_{(\text{Maßlösung})} = n_{(\text{Probe})}$. Dieser Punkt wird auch als Äquivalenzpunkt bezeichnet. Die Abbildung 3 zeigt eine Titrationskurve von der oben durchgeführten Titration. In diesem Beispiel ist der pH-Wert am Äquivalenzpunkt neutral. Aus diesem Grund kann man diesen Punkt noch zusätzlich als Neutralpunkt beschreiben. Wir werden jedoch auch noch weitere Titrationskurven kennenlernen, bei denen der Äquivalenzpunkt und der Neutralpunkt unterschiedlich sind.

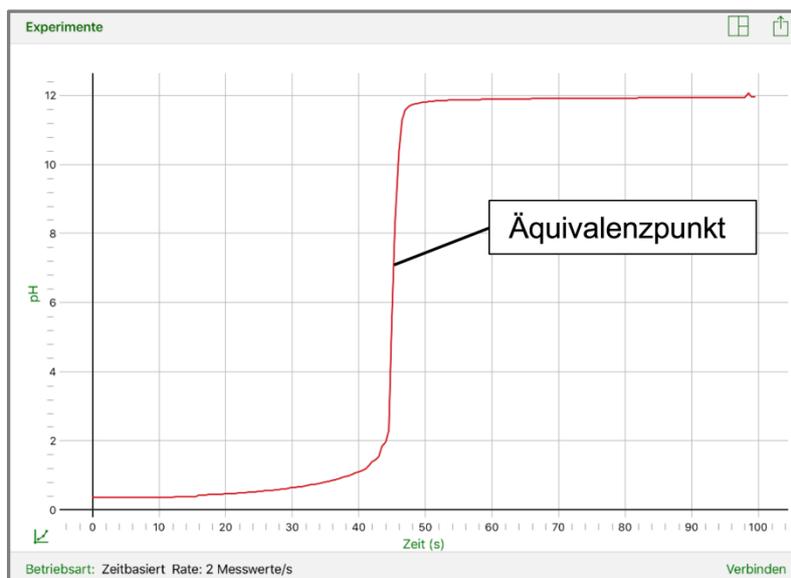


Abbildung 3: Darstellung einer Titrationskurve.

Hinweis: Beim Arbeiten mit den Bluetooth-Geräten ist zu beachten, dass die Messung eine pH-Angabe über die Zeit ist. Ihr müsst somit die verbrauchte Menge der Maßlösung an der Burette ablesen, sobald der Indikator umschlägt oder ihr den Äquivalenzpunkt in der Kurve erkennen könnt.

- 2) Führt nun eine Titration mit den Bluetooth-Messgeräten durch und berechnet die Konzentration der gegebenen Probelösung. Verwendet dazu das nächste Arbeitsblatt.