

Konduktometrische Titration einer Salzsäurelösung

Versuchsziele

- Den Titrationsverlauf einer konduktometrischen Säure-Base-Titration kennenlernen.
- Das Zusammenspiel von Hydronium- und Hydroxidionen und deren Reaktion zu Wasser verstehen.
- Den Äquivalenzpunkt aus der Leitfähigkeitsmessung bestimmen lernen.
- Die hohe Leitfähigkeit der Hydronium- und Hydroxidionen mit Hilfe des Grotthuß-Mechanismus begreifen.

Grundlagen

Mit Hilfe der Leitfähigkeitsmessung können sowohl Säure-Base-Titrationsen als auch Fällungstitrationen verfolgt werden.

Die Verfolgung einer Säure-Base-Titration ist konduktometrisch möglich, da sowohl Hydronium- als auch Hydroxidionen eine sehr hohe Leitfähigkeit besitzen. Die hohe Leitfähigkeit von Hydronium- und Hydroxidionen gegenüber anderen Ionen wie Na^+ - und Cl^- -Ionen in wässrigen Lösungen kann über den Grotthuß-Mechanismus erklärt werden. Dieser beruht auf der Annahme, dass sich Hydronium- und Hydroxidionen nicht als Teilchen im elektrischen Feld durch wässrige Lösung bewegen. Die effektive Bewegung der Protonen erfolgt vielmehr durch die Reorientierung von Wasserstoffbrückenbindungen entlang von Wassermolekülketten (siehe Abb. 1). Die Übertragung dieser Ionen erfolgt daher schneller in wässrigen Lösungen als es bei anderen Ionen der Fall ist.

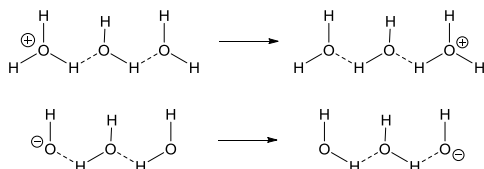


Abb. 1: Leitfähigkeitsmechanismus der Hydroniumionen (oben) und der Hydroxidionen (unten) in wässrigen Lösungen.

Zu Beginn des Versuchs liegen in der wässrigen Salzsäurelösung sehr viele Hydroniumionen vor und die Leitfähigkeit dieser Lösung ist daher besonders hoch. Werden nun Ionen mit entgegengesetzter Ladung wie Hydroxidionen einer Natronlauge hinzugegeben so entsteht Wasser, da die Hydroniumionen durch die Hydroxidionen neutralisiert werden.



Die Leitfähigkeit der Elektrolytlösung nimmt ab. Genau am Äquivalenzpunkt der Reaktion ist die Stoffmenge an Hydronium- und Hydroxidionen ausgeglichen und die Leitfähigkeit der Lösung durchläuft ein Minimum.

Es gilt: $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$

Bei der weiteren Zugabe der Natronlauge steigt die Leitfähigkeit der Lösung wieder, da nun ein Überschuss an Hydroxidionen vorliegt.

Der genaue Äquivalenzpunkt der Reaktion kann über zwei Regressionsgeraden ermittelt werden. Dabei schneidet die Regressionsgerade des fallenden Kurvenbereichs die Regressionsgerade im steigenden Kurvenbereich genau im Minimum des Grafen, dem Äquivalenzpunkt der Titration.



Abb. 2: Versuchsanordnung für eine konduktometrische Titration.

Gefährdungsbeurteilung

Natronlauge in der verwendeten Konzentration ist nicht als Gefahrstoff eingestuft. Salzsäure in der Konzentration ist ätzend. Beide Stoffe sollten nicht in Kontakt mit der Haut oder den Augen kommen. Während des Versuchs werden daher nur wässrige Lösungen der angegebenen Stoffe verwendet.

Salzsäure, 0,1 mol/l



Signalwort:
Achtung

Gefahrenhinweise

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

Sicherheitshinweise

P234 Nur im Originalbehälter aufbewahren.

P390 Verschüttete Mengen aufnehmen, um Materialschäden zu vermeiden.

Geräte und Chemikalien

1 Pocket-CASSY 2 Bluetooth.....	524 018
1 CASSY Lab 2.....	524 220
1 Leitfähigkeits-Adapter S.....	524 0671
1 Leitfähigkeits-Sensor.....	529 670
1 Magnetrührer Mini.....	607 105
1 Magnetrührstäbchen, 40 mm x 20 mm Ø.....	604 592
1 Becherglas DURAN, 250 ml, nF.....	664 103
1 Messzylinder 100 ml, Kunststofffuß.....	665 754
1 Vollpipette Boro 3.3, 10 ml.....	665 975
1 Pipettierball (Peleusball).....	666 003
1 Bürette Klarglas, 25 ml, seitlicher Hahn.....	665 845
1 Trichter PP, 25 mm Ø.....	665 816
1 Bürettenhalter für 1 Bürette, Rollenhalterung.....	666 559
1 Stativfuß V-förmig, klein.....	300 02
1 Stativstange 47 cm, 12 mm Ø.....	300 42
1 Kreuzmuffe, 0...16 mm.....	666 543
1 Universalklemme 0...80 mm.....	666 555
1 Salzsäure, 0,1 mol/l, 500 ml.....	674 6950
1 Natronlauge, 0,1 mol/l, 500 ml.....	673 8410

zusätzlich empfohlen:

Akku für Pocket-CASSY 2 Bluetooth*.....	524 019
Bluetooth-Dongle*.....	524 0031

Versuchsaufbau und -vorbereitung

Aufbau der Apparatur

Für die konduktometrische Messung wird aus Magnetrührer, Becherglas (250 ml), Bürette, Bürettenhalter und Stativ eine Apparatur zur Titration aufgebaut (siehe Abb.2). Dafür wird an der Stativstange mit Stativfuß der Bürettenhalter befestigt und die Bürette in die Halterung klemmt. Der Leitfähigkeitssensor wird zuletzt über eine Universalklemme und eine Kreuzmuffe an der Stativstange befestigt und mit dem Pocket-CASSY verbunden. Dafür die Leitfähigkeitselektrode über den Leitfähigkeits-Adapter S an das Pocket-CASSY 2 Bluetooth anschließen. Wenn das Pocket-CASSY 2 über Bluetooth betrieben werden soll, muss es über einen Bluetooth Dongle mit dem Computer verbunden werden.

Hinweis: Beim Aufbau sollte darauf geachtet werden, dass die Elektrode so in die Flüssigkeit getaucht wird, dass sie ausreichend bedeckt ist, jedoch nicht vom rotierenden Magnetrührstäbchen touchiert wird.

Vorbereitungen für die Titration

Ansetzen der Lösungen: In ein 250 ml Becherglas werden mit Hilfe des Messzylinders 100 ml Wasser gefüllt und mit einer Pipette 10 ml 0,1 M Salzsäure hinzugegeben. Zuletzt ein Magnetrührstäbchen in das Becherglas geben. Die Bürette wird mit Hilfe des Trichters mit 20 ml 0,1 M Natronlauge befüllt.

Versuchsdurchführung

1. [Einstellungen in CASSY Lab 2 laden.](#)
2. Zunächst den Magnetrührer einschalten und die Rotationsgeschwindigkeit des Magnetrührstäbchens einstellen. Anschließend einen Anfangswert mit „Uhr“ aufnehmen.
Hinweis: Der Magnetrührer sollte so schnell eingestellt werden, dass sich die Lösungen gut mischen und sich rasch ein konstanter Messwert einpendelt.
3. Nun in 0,5 ml Schritten Natronlauge hinzugeben und jeweils nach Einstellen eines konstanten Leitfähigkeitswerts den Messwert manuell mit „Uhr“ oder durch Drücken des Knopfes am Pocket CASSY aufnehmen.

Beobachtung

Während der Titration wird die Leitfähigkeit in Abhängigkeit vom hinzugegebenen Volumen der Natronlauge verfolgt (siehe Abb.3).

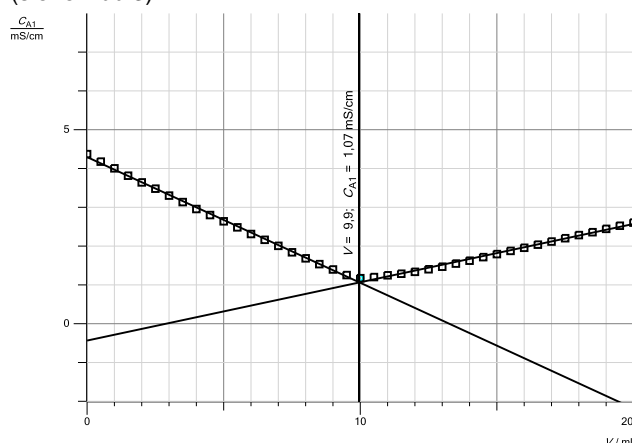


Abb. 3: Darstellung der Leitfähigkeit in Abhängigkeit des hinzugegebenen Volumens einer Natronlauge.

Während der konduktometrischen Titration nimmt die Leitfähigkeit der Lösung zunächst mit der Zugabe der Natronlauge konstant ab. Nach der Zugabe von ca. 10 ml NaOH-Lösung ist das Minimum der Leitfähigkeit erreicht und steigt anschließend bei weiterer Zugabe der NaOH-Lösung konstant an.

Auswertung

Zur Bestimmung des Äquivalenzpunktes aus der konduktometrischen Messung werden zunächst zwei Ausgleichsgerade durch die Messwerte gelegt. Dafür wird mit der rechten Maustaste auf das Diagramm geklickt und unter **Anpassung durchführen** → **Ausgleichsgerade** ausgewählt. Für die Erstellung der ersten Regressionsgerade wird der linke Ast der Leitfähigkeitskurve markiert. Die Anpassung für die zweite Regressionsgerade für den rechten Ast der Messung wiederholen. Am Schnittpunkt der beiden Geraden liegt der Äquivalenzpunkt der über **Markierung setzen** → **senkrechten Linie** gekennzeichnet werden kann. Der hier ermittelte Äquivalenzpunkt liegt bei einem Volumen von 9,9 ml NaOH-Lösung und einer Leitfähigkeit von 1,07 mS/cm.

Ergebnis

Es wurde gezeigt, dass eine Säure-Base-Titration konduktometrisch verfolgt werden kann. Zudem kann beobachtet werden, dass sowohl Hydroniumionen als auch Hydroxidionen eine hohe Leitfähigkeit besitzen. Aus diesem Grund ist der Äquivalenzpunkt als ein Minimum in der Leitfähigkeit gekennzeichnet. An diesem Punkt ist die Stoffmenge der Hydroniumionen und der Hydroxidionen gleich und die Ionen neutralisieren sich. Liegt hingegen ein Überschuss der Hydronium- oder Hydroxidionen vor, so ist die

Leitfähigkeit im Vergleich höher. Es konnte gezeigt werden, dass bei der Titration von starken Säuren und Basen in wässriger Lösung der Äquivalenzpunkt konduktometrisch bestimmt werden kann.

Reinigung und Entsorgung

Die Lösung kann mit viel Wasser im Abfluss entsorgt werden.