

Stimmt die angegebene Konzentration?

Endpunktst Titration mit einem Indikator

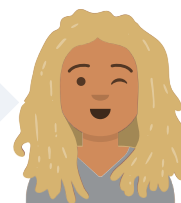


LNCU.de
ID 23351
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen



Wir haben eine Flasche Salzsäure mit **fraglicher Konzentration**. Wie können wir herausfinden, ob die auf dem Etikett angegebene Konzentration korrekt ist?

Laut Buch wäre es genauer, **Natronlauge bekannter Konzentration** hinzuzugeben.



Wir könnten doch einfach den **pH-Wert** messen, oder?

Logisch, bis die Lösung dann neutral ist. Dann wissen wir, wie viele Hydroxid-Ionen hinzugeben wurden und können daraus ableiten, wie viele **Säuremoleküle** vorhanden waren. Aber wie wollen wir das erkennen?



Aufgaben

- 1 Führen Sie den Versuch **V1** oder **V2** durch.
- 2 Erläutern Sie unter Verwendung von **M1** den Zustand der Lösung vor und bei Erreichen des **Umschlagpunktes** auf Teilchenebene. Stellen Sie zeichnerisch dar, was nach Erreichen des Umschlagpunktes bei Zugabe einer weiteren Portion Lauge passiert.
- 3 Berechnen Sie mit Hilfe von **M1** die Konzentration unserer Salzsäure.

V1 Titration mit Bürette

Materialien

- Schutzbrille
- Bürette
- Stativmaterial
Stativ, Stativklemme, Stativmuffe
- Magnetrührer mit Rührfisch
- Messzylinder
- Erlenmeyerkolben oder Becherglas 250 mL
- Ggf. Trichter zum Befüllen der Bürette

Chemikalien

- Salzsäure mit fraglicher Konzentration
- Natronlauge 0,5 mol/L
- Destilliertes Wasser
- Bromthymolblau

Durchführung

- Apparatur gemäß **Abb. 1** aufbauen.
- Bürette ggf. mit Trichter oder einer Spritze von oben mit Natronlauge befüllen. Das Befüllen darf nie über Augenhöhe geschehen, da bei einem Unfall ernsthafte Augenschäden zu befürchten wären. Die Bürette wird zunächst absichtlich mit etwas mehr Natronlauge befüllt. Überschüssiges Volumen wird dann unten abgelassen.
- 20 mL Salzsäure in den Erlenmeyerkolben geben und auf 100 mL mit dest. Wasser auffüllen.
- Wenige Tropfen Indikator dazugeben und Magnetrührer einschalten.
- In 1 mL Schritten portionsweise Natronlauge zur Salzsäure titrieren bis zum dauerhaften Farbumschlag. Notieren Sie das benötigte Volumen an Natronlauge.
- Die gesamte Natronlauge ablassen. Die vereinigte Lösung über den

Phenolphthalein-Lösung < 1% 



Abguss entsorgen.

Aufbau

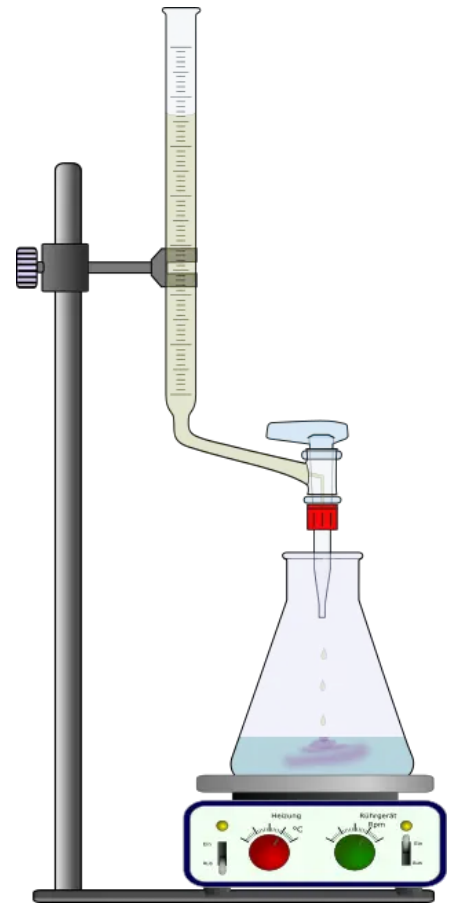


Abb. 1: Aufbau mit Bürette. 

V2 Titration mit Spritzen

Materialien



Schutzbrille



diverse Spritzen

z.B. aus einem Spritzenkoffer



Stativmaterial

Stativ, Stativklemme, Stativmuffe



Magnetrührer mit Rührfisch



Messzylinder



Erlenmeyerkolben oder Becherglas
250 mL



Ggf. Trichter zum Befüllen der Bürette

Chemikalien



Salzsäure mit fraglicher
Konzentration  



Natronlauge 0,5 mol/L



Destilliertes Wasser  



Bromthymolblau



Phenolphthalein-Lösung < 1% 



Durchführung

- Apparatur gemäß **Galerie 1 Variante B** aufbauen.
- Eine größere Spritze mit Natronlauge aufziehen.
- 20 mL Salzsäure in den Erlenmeyerkolben geben und auf 100 mL mit dest. Wasser auffüllen.
- Wenige Tropfen Indikator dazugeben und Magnetrührer einschalten.
- In 1 mL Schritten portionsweise Natronlauge zur Salzsäure titrieren bis zum dauerhaften Farbumschlag. Notieren Sie das benötigte Volumen an Natronlauge.
- Die gesamte Natronlauge ablassen. Die vereinigte Lösung über den Abguss entsorgen.

Aufbau

Galerie 1: Aufbau mit Spritzen (ChemZ).

Variante A: Spritze ohne Stempel als Kunststoffbürette verwenden. Variante B: Spritzen mit Natronlauge aufziehen. Variante C: Titration von Natronlauge aus kleiner Spritze in Salzsäure über einen Dreiwegehahn. 

M1 Teilchenmodell & Berechnung

Teilchenmodell

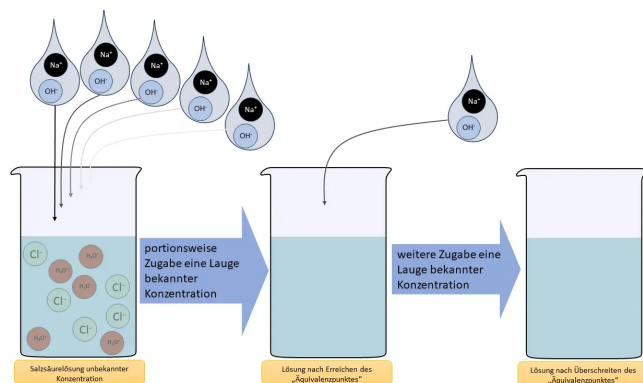
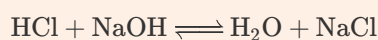


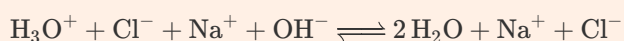
Abb. 2: Becherglasmodell. 1

Neutralisationsgleichung

1 Vorschlag 1



2 Vorschlag 2



Berechnung

Grundlage für die Bestimmung einer unbekannten Stoffmengenkonzentration in mol pro Liter ist die **Neutralisationsreaktion**.

3 Am Äquivalenzpunkt gilt:

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$$

4 Die Stoffmenge lässt sich berechnen, zum Beispiel:

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})$$

5 Eingesetzt in (1) ergibt sich jeweils

$$c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

6 Umformen...

$$c(\text{HCl}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})}$$



Weitergedacht

- 4 Entscheiden Sie begründet, welche der vorgeschlagenen **Neutralisationsgleichungen** in **M1** die Abläufe treffender darstellt.
- 5 Stellen Sie eine Formel zur Berechnung der Konzentration einer *zweiprotonigen Säure* (zum Beispiel Kohlensäure H_2CO_3) basierend auf der Titration mit Natronlauge auf.
- 6 Diskutieren Sie, ob eine Säure-Base-Titration mit Indikator auch mit einer schwachen und einer starken Base durchführbar wäre.

M2 Erweitertes Teilchenmodell

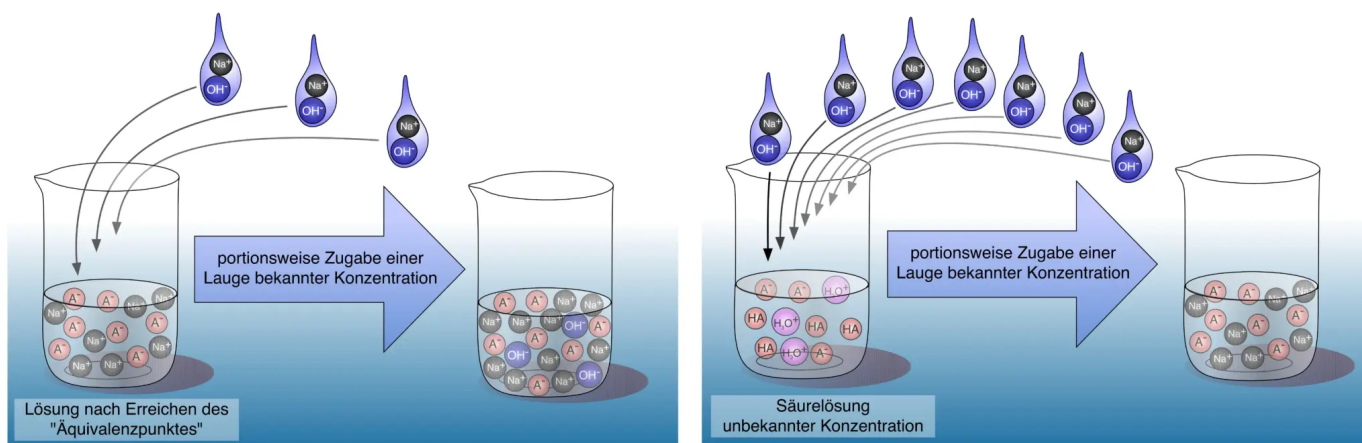


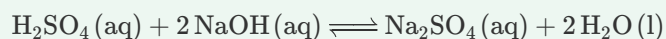
Abb. 3: Erweitertes Becherglasmodell zur Titration. 2

M3 Zusammenfassung & Übung

Die Titration ist eines der wichtigsten Verfahren der **quantitativen Analyse**. Bei der einfachsten Variante misst man zunächst das Volumen der zu untersuchenden Lösung, versetzt sie mit einem **Indikator** und lässt eine **Maßlösung** mit bekannter Stoffmengenkonzentration portionsweise zufließen. Eine Farbänderung des Indikators zeigt das Ende der Titration an. Mit Hilfe des Volumens der zugeflossenen Maßlösung und mit Hilfe der Reaktionsgleichung kann die Stoffmengenkonzentration der zu untersuchenden Lösung **berechnet** werden.

Die Reaktionsgleichung wird ohne Berücksichtigung der tatsächlich in der Lösung vorliegenden Teilchen notiert. Für die Neutralisation von beispielsweise Schwefelsäure mit Natronlauge als Maßlösung lautet sie:

7 Neutralisationsgleichung zur Berechnung



Aus der Reaktionsgleichung kann entnommen werden, dass zur Neutralisation eines einzelnen Schwefelsäure-Teilchens zwei Natronlauge-Teilchen notwendig sind. In Bezug auf die Stoffmengen lässt sich somit ein Verhältnis aufstellen:

8 Das Verhältnis der Stoffmenge von Natronlauge zur Stoffmenge an Schwefelsäure ist 2 zu 1:

$$\frac{n(\text{NaOH})}{n(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{2}{1} \iff n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot n(\text{NaOH})$$

Mit $n(\text{Stoff}) = c(\text{Stoff}) \cdot V(\text{Stoff})$ ergibt sich für die Konzentration der schwefelsauren Lösung:

9 Das Verhältnis der Stoffmenge von Natronlauge zur Stoffmenge an Schwefelsäure ist 2 zu 1:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$$

10 Umgeformt ergibt sich:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{2 \cdot c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

Nun müssen nur noch die bekannten Werte in die Gleichung eingesetzt werden. Die Berechnung wird mit einem **Antwortsatz** abgeschlossen.

Übung



Geben Sie jeweils die Neutralisationsgleichung an, kennzeichnen Sie korrespondierende Säure-Base-Paare und berechnen Sie die Konzentration der Analysesubstanz. Notieren Sie immer den vollständigen Rechenweg mit Antwortsatz.

	Analysesubstanz	Volumen der Analysesubstanz	Verwendete Maßlösung	Konzentration der Maßlösung	Verbrauch der Maßlösung
a.	$\text{HNO}_3(\text{aq})$ Salpetersäure	150 mL	$\text{NaOH}(\text{aq})$ Natronlauge	0,5 mol/L	75 mL
b.	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ Calciumlauge	200 mL	$\text{HCl}(\text{aq})$ Salzsäure	0,25 mol/L	120 mL
c.	$\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq})$ Phosphorsäure	80 mL	$\text{NaOH}(\text{aq})$ Natronlauge	1,5 mol/L	150 mL
d.	$\text{NH}_3(\text{aq})$ Ammoniak	50 mL	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ Schwefelsäure	1 mol/L	65 mL

Einzelnachweise

1 Gregor von Borstel, 2023

2 Andreas Böhm, 2018