

Säure-Base-Titration

Christina Scharl, WS 12/13

Gliederung

- 1 Prinzip1
- 2 Bestimmung einer Säure durch Halb-Titration.....2
- 3 Titration einer starken Säure mit einer starken Base3

Einstieg: Wegen dem vielen Essen an den Weihnachtsfeiertagen kann es zu Sodbrennen kommen, dieses resultiert daraus, dass Magen-Säure in die Speise-Röhre gelangen konnte.



Abb. 1: Weihnachtsgans [8]



Abb. 2: Weihnachtsplätzchen [9]

1 Prinzip

Bei **Säure-Base-Titrationen** wird eine unbekannte Stoff-Menge Säure (Base) durch Zugabe von einer Base (Säure) bekannter Konzentration bestimmt.

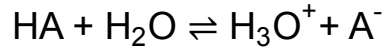
Der **Endpunkt** einer Titration ist der Äquivalenz-Punkt, an diesem Punkt wurde zur vorgelegten Säure (Base) eine stöchiometrisch äquivalente Menge Base (Säure) hinzugegeben.

Am **Neutral-Punkt** ist die Menge von OH^- -Ionen gleich der Menge der H^+ -Ionen und der $\text{pH} = 7$.

2 Bestimmung einer Säure durch Halb-Titration

Bei schwachen Säuren kann der pK_s -Wert durch Halb-Titration bestimmt werden. Am Halbäquivalenz-Punkt ist $pH = pK_s$, hier ist die vorgelegte Säure (Base) zur Hälfte neutralisiert.

Protolyse-Reaktion:



Massenwirkungsgesetz:

$$K = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[HA] \cdot [H_2O]}$$

$$K_s = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[HA]}$$

$$[H_3O^+] = \frac{K_s \cdot [HA]}{[A^-]}$$

Henderson-Hasselbalch-Gleichung:

$$pH = pK_s - \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

Der Halbäquivalenz-Punkt liegt im Puffer-Bereich der Säure und der korrespondierenden Base, weshalb die Henderson-Hasselbalch-Gleichung auch Puffer-Gleichung genannt wird. Da $[HA] = [A^-]$: $pH = pK_s$.

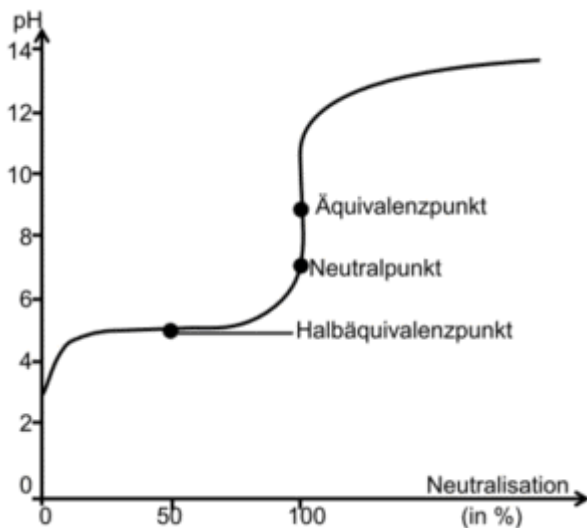


Abb. 3: Titrationskurve der Titration einer schwachen Säure (Essigsäure, $c = 0,1 \text{ mol/l}$) mit einer starken Base (Natronlauge, $c = 0,1 \text{ mol/l}$)

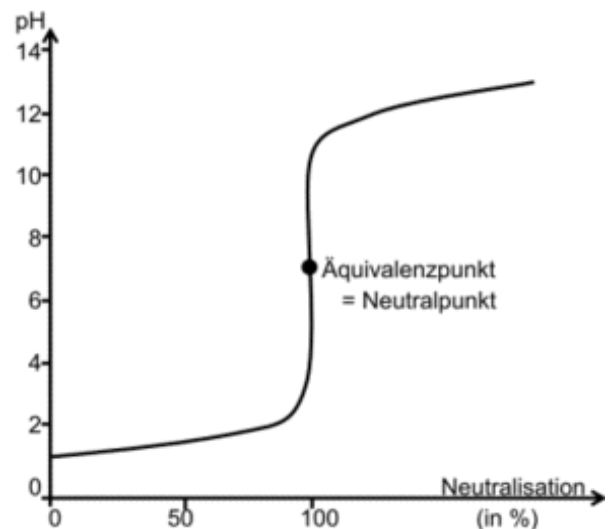


Abb. 4: Titrationskurve der Titration einer starken Säure (Salzsäure, $c = 0,1 \text{ mol/l}$) mit einer starken Base (Natronlauge, $c = 0,1 \text{ mol/l}$)

3 Titration einer starken Säure mit einer starken Base

Zeitbedarf: 30 Minuten, Lehrende, 1

Kompetenz/Ziel:

E: Aufnahme und Deutung einer Titrationskurve.

Handhabung einer Anordnung zur computergestützten Messwert-Erfassung.

Material:

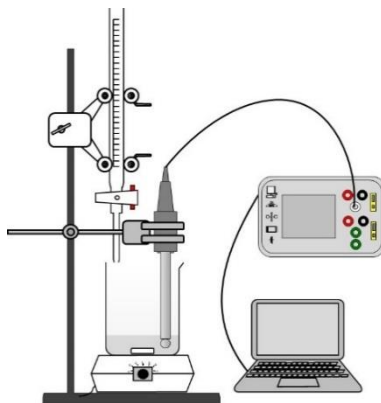
- Becherglas, 150 mL, hoch
- Becherglas, 400 mL, weit
- Magnetrührer, regelbar
- Magnetrührstäbchen, -Entferner
- Stativ
- Büretten-Klemme
- Trichter, d= 60 mm
- Bürette, 50 mL
- 2 Muffen, 2 Klammern
- Messpipette, 25 mL
- All-Chem-Misst II
- pH-Messkette (BCN-Anschluss)
- Computer
- Software AK Analytik

Chemikalien:

- **VE-Wasser**
- **Puffer** pH 4 und pH 9
- **Salzsäure**
c= 0,1 mol/L
CAS-Nr.: 7647-01-0
- Maßlösung
Natronlauge
c= 0,1 mol/L
CAS-Nr.: 1310-73-2

Vorbereitung:

- Computer starten
- Versuch gemäß nebenstehender Skizze aufbauen. Hinweis: ggf. Halter für Messketten-Aufbewahrungsgefäß anbauen.
- Sicherstellen, dass der ACM II mit dem Computer verbunden ist.
- pH-Messkette an den pH-Eingang, dann ACM II an das Netzteil anschließen.
- Programm AK Analytik starten. Messgerät AK-MessII-1-Kanal auswählen. Schnell-Starter laden.
- Anschlüsse bestätigen, weiter.
- Messbereich automatisch festlegen lassen.
- Nach Wunsch die pH-Messkette nach der im Programm angegebenen Anleitung kalibrieren. Hierfür Puffer-Lösungen pH 4 und pH 9 verwenden: die pH-Elektrode eintauchen und den Puffer-pH eingeben. Nach jedem Wert die Elektrode mit wenig VE-Wasser spülen.
- Zur Messung „Titration über Volumen auf Tastendruck“ wählen. Volumenintervalle auf 1 mL und Gesamtvolumen auf 40 mL einstellen. „Direkt zur Messung gehen“.



Durchführung: Aufnahme der Titrationskurve:

- In dem 150 mL Becherglas ein Rührstäbchen und 25 mL Salzsäure vorlegen; pH-Messkette eintauchen und in einer Klammer spannen. Ggf. mit Wasser so auffüllen, dass die Messkette über das Diaphragma eintaucht. ACHTUNG: KEINE Blasen in Messkette!
- Messung durch Tasten-Druck starten.
- Aus der Bürette 1 mL Maß-Lösung auslaufen lassen, dann Leertaste drücken. Wiederholen bei 19 mL Zugabe.
- Natronlauge tropfenweise zugeben und den pH-Änderung dabei beobachten. Nach 20 mL Zugabe Tastendruck, weitere mL-Weise Zugabe/Tastendruck wie zuerst.
- Nach insgesamt 40 mL Natronlauge-Zugabe Messung stoppen (Software!).
- Kurve unter einem Namen im gewünschten Arbeitsbereich abspeichern.
- X-Achse (Volumen) sinnvoll anpassen. Wieder abspeichern.

Beobachtung: Es entsteht eine Titrationskurve, welche typisch ist für die Titration einer starken Säure mit einer starken Base.

Berechnung:

$c(\text{HCl})$: Konzentration der Salzsäure

$c(\text{NaOH})$: Konzentration der Natronlauge

$V_{\text{Äq}}(\text{NaOH})$: Verbrauch der Natronlauge bis zum Äquivalenzpunkt

V_{Ges} : Gesamtvolumen der vorgelegten Säure und zugegebenen Base zum jeweiligen Zeitpunkt

$V_{\text{Zu NaOH}}$: Volumen der zugegebenen Natronlauge zum jeweiligen Zeitpunkt

$V(\text{HCl})$: Volumen der vorgelegten Salzsäure

$n(\text{H}_3\text{O}^+)$: Stoffmenge der Oxoniumionen zum jeweiligen Zeitpunkt

$n(\text{OH}^-)$: Stoffmenge der Hydroxidionen zum jeweiligen Zeitpunkt

Stoffmenge der zugegebenen Natronlauge: $n_{\text{Zu}}(\text{NaOH}) = V_{\text{Zu}}(\text{NaOH}) \cdot c(\text{NaOH})$

Stoffmenge der vorgelegten Säure: $n(\text{HCl}) = V(\text{HCl}) \cdot c(\text{HCl})$

Konzentration der vorgelegten Säure:

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

pH bei Beginn der Titration:

$$\text{pH} = -\log(c(\text{HCl}))$$

pH < 7:

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{V_{\text{ges}}} = \frac{n(\text{HCl}) - n_{\text{ZU}}(\text{NaOH})}{V_{\text{ges}}}$$
$$\text{pH} = -\log\left(\frac{n(\text{HCl}) - n_{\text{ZU}}(\text{NaOH})}{V_{\text{ges}}}\right)$$

pH am Äquivalenz-Punkt: $c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{OH}^-)$

$$\text{pH} = \text{pOH} = \frac{\text{pK}_w}{2} = 7$$

pH > 7:

$$c(\text{OH}^-) = \frac{n(\text{OH}^-)}{V_{\text{ges}}} = \frac{n_{\text{ZU}}(\text{NaOH}) - n(\text{HCl})}{V_{\text{ges}}}$$
$$\text{pH} = \text{pK}_w \left(-\log\left(\frac{n_{\text{ZU}}(\text{NaOH}) - n(\text{HCl})}{V_{\text{ges}}}\right) \right)$$

Zusammenfassung:

- Die Säure-Base-Titration ist ein wichtiges qualitatives Analyse-Verfahren.
- Mit den Messwerten der Titration und Rechnungen lassen sich Titrationskurven erstellen.
- Die Bestimmung von Eigenschaften, wie etwa der pKs-Wert ist damit möglich.
- Die Anwendung erfolgt in vielen Bereichen, wie z. B. in der Pharmazie: Medikamente wie Maaloxan sollen die Magen-Säure neutralisieren und Sodbrennen lindern. In Maaloxan ist die starke Base Magnesiumhydroxid enthalten.



Abb. 5: Maaloxan [10].

Quellen:

1. Riedel, Janiak: Anorganische Chemie, 7. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin, 2007
2. Mortimer, Müller: Chemie, 9. Auflage, Thieme, Stuttgart, 2007
3. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/standard/0712b_hcl_titration_halbautomatisch.htm, 01.10.13 (Quelle verschollen, 14.07.2020)
4. Atkins, Physikalische Chemie, 1. Auflage, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1987
5. http://www.lecker.de/media/redaktionell/leckerde/rezeptsammlungen/weihnachten_1/weihnachtsgans/hbv_781/weihnachtsgans-majoran-aepf.jpg, 21.12.12 (Quelle verschollen, 14.07.2020)
6. <http://images-photo-s.de/bilder/fotos/images/photos/2011/10/weihnachten-schokolade.jpg>, 21.12.12 (Quelle verschollen, 14.07.2020)
7. http://www.volksversand.de/netto/product_info.php?products_id=2011112, 21.12.12 (Quelle verschollen, 14.07.2020)
8. Weihnachtsgans: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Christmas-goose-\(Weihnachtsgans\)_1.jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Christmas-goose-(Weihnachtsgans)_1.jpg?uselang=de); Urheber: Jürgen Howaldt; Lizenz: „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 2.0 Deutschland“; 14.07.2020
9. Plätzchen: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Weihnachtskeks\(RobertK\).jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Weihnachtskeks(RobertK).jpg?uselang=de); Urheber: RobertK; Lizenz: „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 2.0 Deutschland“; 14.07.2020
10. Maloxan: <https://www.maaloxan.de/wirkstoffe.html>; 14.07.2020