



Cola – Starke Erfrischung mit schwachen Säuren

Station 3: Das Verfahren der Titration



Wie viel Zitronensäure enthält eine Zitrone?

Die Säure-Base-Titration ist ein maßanalytisches Verfahren zur Bestimmung der **Konzentration** von Säuren oder Basen in einer Lösung. Dabei erfolgt die Titration mit einer geeigneten Maßlösung. Für die Konzentrationsbestimmung einer Säure wird eine basische Maßlösung (oft 0,1 molare Natronlauge), für die Bestimmung der Konzentration einer Base eine saure Maßlösung (oft 0,1 molare Salzsäure) eingesetzt. Im Verlauf der Titration verschiebt sich der pH-Wert in der Probelösung durch Neutralisation in Richtung einer neutralen Lösung, da H_3O^+ bzw. OH^- zu H_2O umgesetzt werden. Der Endpunkt der Titration ist der Äquivalenzpunkt, an dem die Stoffmengen der reagierenden Stoffe zueinander im stöchiometrischen Verhältnis stehen. Er wird durch geeignete Indikatoren angezeigt, deren (Farb-)Umschlagpunkt in der Nähe des pH-Wertes des Äquivalenzpunktes liegt. Anhand des bis zum Äquivalenzpunkt verbrauchten Volumens der Maßlösung und mit Hilfe weiterer stöchiometrischer Berechnungen lässt sich die Konzentration der Probelösung ermitteln:



Beispiel

Bei der Titration von 100 mL Schwefelsäure mit 1 M NaOH gegen Phenolphthalein werden 15 mL Natronlauge bis zum Erreichen des Umschlagpunktes (farblos --> violett) verbraucht.

Analyse der Aufgabenstellung:

Gegeben: $V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \text{ mL}$
 $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/L}$
 $V(\text{NaOH}) = 15 \text{ mL}$

Gesucht: $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$

Lösung:

Reaktionsgleichung:



Stoffmengenverhältnis aus der Reaktionsgleichung ableiten:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2 \quad | \cdot n(\text{NaOH})$$

Stöchiometrisches Rechnen:

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

Es gelten folgende Beziehungen: $n = \frac{m}{M}$ bzw. $n = c \cdot V$ (stöchiometrische Grundgleichungen)

Daraus folgt: $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4)$ und $n(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \quad | : V(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

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

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1 \text{ mol/L} \cdot 15 \text{ mL}}{2 \cdot 100 \text{ mL}}$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,075 \text{ mol/L}$$

Antwort:

Die Konzentration der untersuchten Schwefelsäure beträgt 0,075 mol/L.



Cola – Starke Erfrischung mit schwachen Säuren

Station 3: Das Verfahren der Titration



Zitronensäure wurde früher ausschließlich aus natürlichem Zitronensaft gewonnen. Heute kann die Säure auch synthetisch hergestellt werden.

Zitronensäure (Zitronensäure, acidum citricum), eine im Pflanzenreiche sehr verbreitete organische Säure, welche bis jetzt jedoch nur aus dem Saft der Zitronen bereitet wird, da sie in diesem in besonders reichlicher Menge (s. Zitronensaft) enthalten ist und andere Säuren nicht beigemengt sind. Die Bereitung geschieht derart, daß man den Saft in mit Blei ausgekleideten Bottichen mittels Dampf zum Kochen erhitzt und dabei so lange geschlemmte Kreide und etwas Kalkhydrat einträgt, bis kein Aufbrausen mehr stattfindet. Es hat sich nun aus dem kohlensauren Kalk zitronensaure gebildet, der ebenfalls in Wasser unlöslich ist. Man trennt ihn von der Flüssigkeit, wäscht ihn mit kaltem Wasser gut aus und zersetzt ihn mit soviel verdünnter Schwefelsäure, als nötig ist, den zitronensauren Kalk in schwefelsauren zu verwandeln. Die nun wieder freigewordene Zitronensäure wird durch Eindampfen der Lösung kristallinisch erhalten. Die noch gelblichen Kristalle werden darauf wieder gelöst, die Lösung wird durch Tierkohle entfärbt und aufs Neue zur Kristallisation gebracht. Die Darstellung der Säure wird vorzugsweise in England betrieben und es werden von dort her die Marktpreise beherrscht. Auch in Deutschland (Köfla) ist seit einigen Jahren eine Zitronenfabrik in Betrieb, die ein, das englische an Güte übertreffendes Fabrikat liefert.

Aus Meyers Lexikon, 1878.

Verwendung der Zitronensäure

Zitronensäure wird als Wasserenthärter und alternativer Weichspüler eingesetzt.

Zitronensäure und ihre Salze werden zur Konservierung und als Säuerungsmittel von Lebensmitteln verwendet, beispielsweise in Getränken. Sie wird insbesondere in Limonaden und Eistee verwendet, kommt aber in Fruchtsäften auch natürlich vor. Die Zitronensäure ist in der EU als Lebensmittelzusatzstoff der Nummer E 330 zugelassen. Sie wirkt auch als Peptisator und wird daher zur Herstellung von stabilen Suspensionen eingesetzt (Gelees).

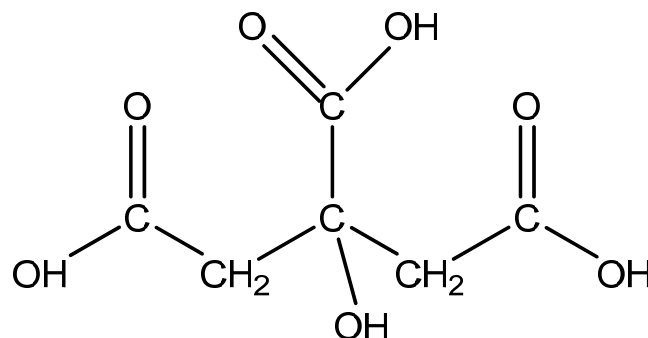
Magnesiumcitrat soll als Präparat oder als Nahrungsergänzung den Magnesiumspiegel im Körper erhöhen und so beispielsweise Wadenkrämpfen vorbeugen, sowie die allgemeine Leistungsfähigkeit steigern.

Viele basische Arzneimittelwirkstoffe werden in einer Citratform dargereicht (beispielsweise Sildenafil-Citrat in Viagra).



<http://de.wikipedia.org/wiki/Citronens%C3%A4ure>

Die Zitronensäure ist eine feste, dreiprotonige Säure mit der folgenden Strukturformel:



Sie enthält drei Carboxylgruppen im Molekül, die jeweils zu Carboxylat-Ionen deprotonieren.

Stoff-
Teilchen-
Konzept

Struktur-
Eigenschafts-
Konzept

Donator-
Akzeptor-
Konzept

Gleich-
gewichts-
Konzept

Energie-
Konzept



Cola – Starke Erfrischung mit schwachen Säuren

Station 3: Das Verfahren der Titration



Aufgabenstellung:

1. Bestimmen Sie die Masse der in einer Zitrone enthaltenen Zitronensäure!
2. Wandeln Sie den historischen Lexikontext in einen verständlichen, modernen Text um!
3. Recherchieren Sie in geeigneten Quellen das Verfahren der synthetischen Herstellung von Zitronensäure. Stellen Sie Ihre Ergebnisse in einem Flussdiagramm dar.

Experiment:

Zu 1. Bestimmen Sie experimentell die Masse der Zitronensäure in einer Zitrone!

Planen Sie Ihr experimentelles Vorgehen in allen Teilschritten. Dabei sollte der zentrale Versuch die Konzentrationsbestimmung des Zitronensaftes sein. (Hinweis: Wir nehmen vereinfachend an, dass der Zitronensaft als Säure nur die Zitronensäure enthält!).

Materialien:

Zitrone, Messer, Waage, Messzylinder, Bürette, Natronlauge ($c = 1 \text{ mol/L}$), Indikator, destilliertes Wasser, 250 mL-Erlenmeyerkolben, Trichter, Schutzbrille, Kittel

Versuchsdurchführung der Titration:

Von frisch gepresstem und filtriertem Zitronensaft werden 10 mL in einen 250-mL-Erlenmeyerkolben pipettiert und mit 10 mL destilliertem Wasser verdünnt. Die Lösung wird mit einigen Tropfen Bromthymolblau oder Phenolphthalein versetzt und mit Natronlauge der Konzentration $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/L}$ titriert.

Tipp:

1 mL NaOH ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) entspricht 6,404 mg Zitronensäure ohne Wasser oder 7,004 mg als Monohydrat.

Notieren Sie Ihre Beobachtungen und werten Sie diese aus.