
V4 Reinigen mit Zitronensäure



Fach	Klasse	Überthema	Feinthema	Zeit
Chemie	Q1	Alkansäuren und ihre Derivate	Zitronensäure	30 Minuten

Zusammenfassung:

Beim dem Versuch werden zitronenhaltige Lösungen zum Reinigen von Kalkablagerungen, z.B. in einem Wasserkocher, verwendet.

Einordnung in den Unterricht¹

Der Versuch ist nach dem hessischen Lehrplan G8 der Qualifikationsphase **Q1** zuzuordnen. Dort lässt er sich zum verbindlichen Unterrichtsinhalt 4. **Alkansäuren und ihre Derivate** durchführen. Auch dieser Versuch eignet sich als Einstiegsversuch und auch hier wäre es sinnvoll, wenn die SuS mit den Säure-Base-Konzepten umgehen könnten, damit sie die Reaktionsgleichung aufstellen können. Gerade der Alltagsbezug als Kalkreiniger schafft einen Zusammenhang zur Lebenswelt der SuS. Lerninhalte werden so in logische Zusammenhänge gestellt und durch das bessere Verständnis wird Motivation geschaffen. Natürlich wäre der Versuch auch an anderer Stelle zum Thema Alkansäuren durchführbar.

¹ Vgl. Hirt, A.: Lehrplan Chemie (2010).

Der Versuch

Die Durchführung



Abbildung 1: Darstellung der Geräte und der Materialien für den Versuch.

Zu Beginn werden drei zitronensäurehaltige Reagenzien hergestellt. Dazu wird für das erste Reagenz der Saft einer Zitrone in einem Glas ausgepresst. In das zweite Glas wird etwas gekaufter Zitronensaft gegeben und in Glas drei ein Teelöffel reine Zitronensäure in etwas Wasser gelöst. Nun werden diese drei Lösungen zum Reinigen von verkalkten Gegenständen verwendet und es wird darauf geachtet, welches Reagenz die höchste Reinigungskraft aufweist. Im nächsten Schritt wird ein Wasserkocher von Kalkrückständen befreit, indem dieser mit zitronensäurehaltiger Lösung befüllt und eingeweicht wird. Nach einer viertel Stunde wird zusätzlich noch durch mechanische Arbeit gereinigt und anschließend mit Wasser nachgespült.

Die Beobachtung

Zu Beginn sind sowohl der Wasserkocher als auch das Glas stark mit Kalkablagerungen verschmutzt.



Abbildung 2: Links: Mit Kalkablagerungen verschmutztes Glas, vor dem Reinigen. Rechts: Mit Kalk verschmutzter Wasserkocher, vor dem Reinigen.

Beim Reinigen fällt auf, dass alle Lösungen mit Zitronensäure Kalkflecken gut entfernen. Allerdings ist die Lösung von reiner Citronensäure am besten dafür geeignet, da sich der Schmutz mithilfe dieser am leichtesten ablösen lässt. Nachdem der Wasserkocher mit der zitronensäurehaltigen Lösung eingeweicht wurde, kann beobachtet werden, dass sich Kalk bereits gelöst hat. Allerdings ist noch zusätzliches Schrubben nötig, um den Wasserkocher vollständig von Kalk zu befreien.



Abbildung 3: Links: Mit Zitronensäure gereinigtes Glas. Rechts: Mit Zitronensäure gereinigter Wasserkocher

Entsorgung

Die Lösungen von Zitronensäure können in den Abfluss gespült werden. Sonstige Reste können in den Hausmüll entsorgt werden.

Fachlicher Hintergrund

Bestimmt hast du schon selbst einmal festgestellt, dass Zitronen sauer schmecken. In ihnen ist Zitronensäure enthalten. Informiere dich über die Zitronensäure: Wo kommt sie vor? Wofür wird sie verwendet und wie wird sie hergestellt?

Als Bestandteil der Zitrone ist die Zitronensäure schon seit 1822 bekannt, als sie zum ersten Mal aus dieser von Scheele isoliert und ihre Struktur aufgeklärt wurde. Nicht nur die Zitrone, sondern auch andere Früchte enthalten Zitronensäure, jedoch weist die Zitrone mit einem Anteil von 3,5-7 %² die größte Menge davon auf. Dass die Zitronensäure als Metabolit bei Stoffwechselprozessen, wie z.B. im Citrat-Zyklus, eine wichtige Rolle spielt, fand 1943 Hans Krebs heraus. So wird im menschlichen Körper täglich eine Menge von bis zu 1,5 kg Zitronensäure als Intermediärprodukt gebildet. In der Lebensmittelindustrie wird die Zitronensäure, ähnlich wie auch die Essigsäure, als Säuerungs- und Konservierungsmittel verwendet.³

Sie ist in Lebensmitteln als Zusatzstoff E330 enthalten. Lebensmittel, die einen hohen Anteil an Zitronensäure aufweisen, – und dazu zählen vor allem Süßigkeiten wie Lutscher, Bonbons aber auch Getränke wie Eistee – greifen den Zahnschmelz an, da durch sie der pH-Wert des Speichels absinkt und so chemische Mineralstoffe aus dem Zahnschmelz herausgelöst werden. Der Zahnschmelz besteht aus Hydroxy-Apatit, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, der durch Säureeinwirkung in seine Ionen aufgelöst wird. Dieser Vorgang, der auch als Zahnschmelzerosion bezeichnet wird, hat zur Folge, dass der Zahn für Karies anfälliger wird. Auch andere natürlich vorkommende Fruchtsäuren besitzen diese Wirkung.⁴ Die Zitronensäure wird auch in der Metallverarbeitung als Komplexbildner eingesetzt. Überdies wird sie Waschmitteln zum Herabsetzen der Wasserhärte zugegeben und auch in der Medizin bei Schwermetallvergiftungen eingesetzt.⁵

Industriell wird die Zitronensäure mithilfe des Schimmelpilzes *Aspergillus niger* durch Feststoff-Fermentation gewonnen. Dazu werden Blechwannen, die säurebeständig sind, mit Zuckerlösung beschichtet, anschließend mit *Aspergillus niger*-Sporen beimpft und

² Vgl. Gasper, H. et al.: Chemie in Lebensmitteln. Köln 1982. S. 116.

³ Vgl. Schmid, R.: Taschenbuch der Biotechnologie und Gentechnik. S. 20f.

⁴ Vgl. Bundesinstitut für Risikobewertung: Hohe Gehalte an Zitronensäure in Süßwaren und Getränken erhöhen das Risiko für Zahnschäden. URL:

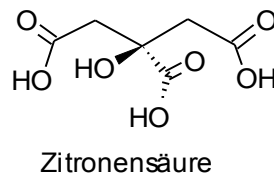
http://www.bfr.bund.de/cm/208/hohe_gerhalte_an_zitronensaure_erhoehen_das_risiko_fuer_zahnschaeden.pdf. Letzter Zugriff am: 24.05.2011.

⁵ Vgl. Schmid, R.: Taschenbuch der Biotechnologie und Gentechnik. S. 20f.

belüftet. Innerhalb von 5 Tagen entsteht so ein Pilzmycel, welches die Zitronensäure enthält. Aus diesem Mycel wird durch Auswaschen mit heißem Wasser die Zitronensäure gewonnen. Dabei können 50 g Zitronensäure aus einem Kilogramm Zucker hergestellt werden. In modernen Anlagen wird die Zitronensäure in sogenannten Rühr- oder Turmfermentern aus Edelstahl produziert. Die Ausbeuten liegen bei ca. 80 % Zitronensäure im Bezug auf die eingesetzte Glucose.⁶

Was ist Zitronensäure chemisch gesehen? Wie ist sie aufgebaut?

Die Zitronensäure ist ein farbloser, geruchloser, kristalliner Feststoff.⁷ Sie zählt als Fruchtsäure zu den Carbonsäuren. Ihr IUPAC-Name lautet 2-Hydroxypropan-1,2,3-tricarbonsäure, woraus sich folgende Struktur ergibt:



Mit drei Carboxy-Gruppen und einer Hydroxy-Gruppe ist Zitronensäure gut in Wasser löslich. Ihre sauren Eigenschaften sind auf die Carboxy-Gruppen zurückzuführen, sodass eine 1 %ige wässrige Lösung von Zitronensäure einen pH-Wert von ca. 2,2 besitzt. Überdies kann sie dadurch gut ein- oder zweiwertige Kationen komplexieren, was sich im Versuch zu Nutze gemacht wird.⁸

Was geschieht beim Reinigen mit Zitronensäure? Worin besteht ihre Reinigungskraft?

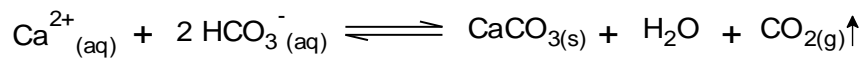
Bei der Durchführung des Versuchs konnte festgestellt werden, dass Lösungen, die Zitronensäure enthalten, Kalkablagerungen lösen können. Solche Kalkablagerungen

⁶ Vgl. Schmid, R.: Taschenbuch der Biotechnologie und Gentechnik. S. 20f.

⁷ Vgl. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung: Zitronensäure - IDENTIFIKATION. In: Gestis Stoffdatenbank. URL: <http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-hit-h.htm&2.0>. Letzter Zugriff am: 06.08.2011

⁸ Vgl. Schmid, R.: Taschenbuch der Biotechnologie und Gentechnik. S. 20-21.

bestehen aus Calciumcarbonat welches beim Verdunsten von calciumhydrogencarbonathaltigem Wasser gebildet wird:



Gerade bei Oberflächen, die mit Wasser in ständigem Kontakt stehen, wie dies im Bad oder in der Küche der Fall ist, entstehen solche Ablagerungen mit der Zeit. Beim Reinigungsvorgang reagiert die Zitronensäure mit dem Calciumcarbonat, nach der Regel, dass die stärkere Säure die schwächere aus ihren Salzen vertreibt. Dabei bildet sich der in Wasser lösliche Calcium-Dicitrato-Komplex, was dazu führt, dass sich die Kalkablagerungen lösen:

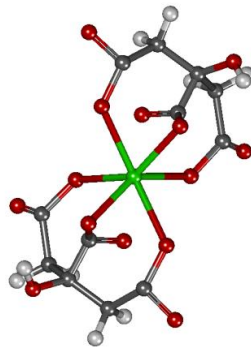
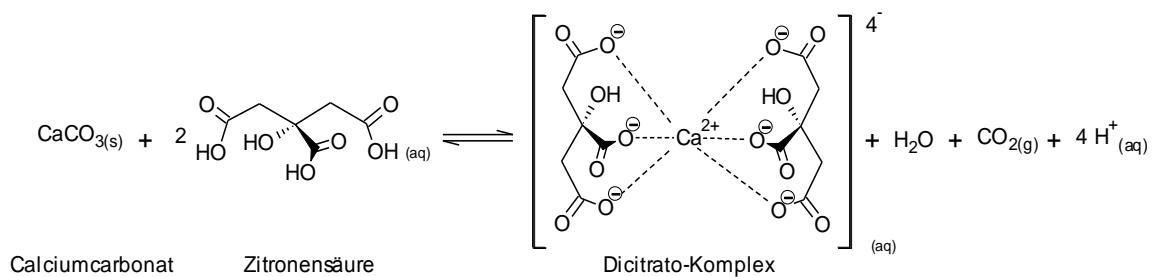
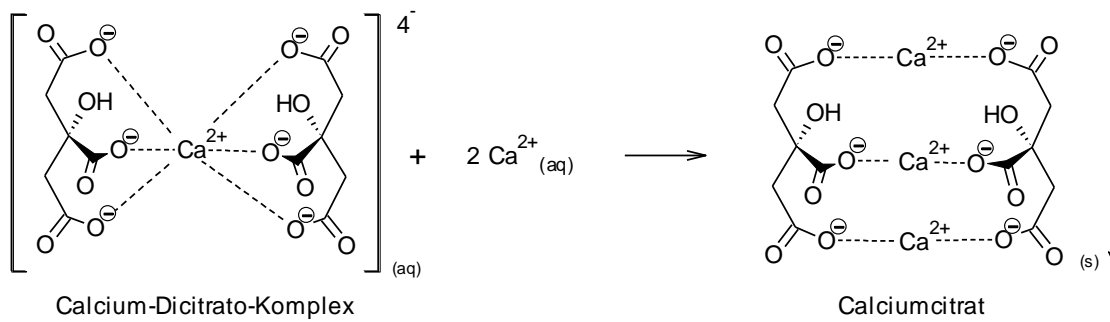


Abbildung 4: Dreidimensionale Darstellung des Calcium-Dicitrato-Komplexes. Grün: Ca²⁺-Ion, Rot: Sauerstoffatom, grau: Kohlenwasserstoffgerüst.

Allerdings darf diese Lösung nicht erhitzt werden, denn dann fällt schwerlösliches Calciumcitrat aus:



Daher sollte Zitronensäure nicht zum Heißentkalken verwendet werden. Zum Kaltentkalken eignet sich Zitronensäure jedoch gut und eventuell auch besser als Essigsäure, da sie verchromte oder verkupferte Oberflächen nicht angreift.^{9,10}

⁹ Vgl. Wiechoczek, D.: Warum Kaffeemaschinen nicht mit Citronensäure entkalkt werden sollten. In: Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. URL: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/grundscho/versuche/gs-v-138.htm>. Letzter Zugriff am: 19.10.2011.

¹⁰ Vgl. Wiechoczek, D.: Eigenschaften der Citronensäure. In: Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. URL: http://www.chemieunterricht.de/dc2/citronene/c_t6.htm. Letzter Zugriff am: 19.10.2011.