

1 Grundlagen

1.1 Definition

Die Härte ist ein Mass für die Konzentration der im Wasser gelösten Ionen der Erdalkalimetalle. Im natürlichen Wasser sind vorwiegend Magnesiumionen und Calciumionen vorhanden. Weitere Erdalkalimetalle sind beispielsweise Strontium und Barium, von welchen auch Spuren im Wasser vorhanden sind. Man unterscheidet zwischen drei Härtebegriffen:

Gesamthärte	$GH = KH + NKH$
Carbonathärte	$KH = \frac{1}{2} \cdot c(\text{HCO}_3^-)$ $= c(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) + c(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)$
Nichtcarbonathärte	$NKH = c(\text{CaSO}_4) + c(\text{MgSO}_4) + c(\text{CaCl}_2) + c(\text{MgCl}_2) + \dots$

Tabelle 1: Zusammenhänge der Verschiedenen Härtearten

Es ist in der Schweiz immernoch üblich, in französischen Härtegraden zu rechnen. Die Einteilung geschieht wie folgt.

Gesamthärte $\left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}}\right)$	Gesamthärte °fH	Bezeichnung Gesamthärte
0 bis 0.7	0 bis 7	sehr weich
>0.7 bis 1.5	>7 bis 15	weich
>1.5 bis 2.5	>15 bis 25	mittelhart
>2.5 bis 3.2	>25 bis 32	ziemlich hart
>3.2 bis 4.2	>31 bis 42	hart
>4.2	>42	sehr hart

Tabelle 2: Zusammenhänge zwischen Härtegraden und deren Bezeichnungen

1.2 Titration

Titration ist eine oft verwendete Methode, um die unbekannte Konzentration eines Stoffes in einer Lösung zu ermitteln. In diesem Vorgehen wird eine Masslösung (auch Titrator oder Titrant genannt) mit bekannter Konzentration in die Probelösung (Titrand) gegeben, bis die Äquivalenzstoffmenge erreicht ist. Dieser Punkt erkennt man je nach Art der Lösung unterschiedlich. Bei unserem Verfahren, der Säure-Base-Titration, erfolgt aufgrund der Versetzung mit einem Farbkomplex ein plötzlicher Farbumschlag.

Arten der Endpunktserkennung sind:

- Niederschläge
Beispiel: Fällungstitration, nutzt die Reaktion von Ag^+ -Ionen und Cl^- -Ionen aus, bei welcher sich zum Endpunkt milchiger Niederschlag bildet.
- Änderung des elektrischen Potentials
Beispiel: Potentiometrische Titration, erfolgt mit zwei Elektroden
- Änderung des pH-Werts
Beispiel: Säure-Base Titration
- Änderung des Stromflusses bei konstanter angelegter Spannung
Beispiel: Biamperometrie

- Änderung der Temperatur
Beispiel: Thermometrische Titration

1.3 Praxisbezug

Auch wenn Trinkwasser für die Versorgung des Körpers mit Magnesium und Calcium eine untergeordnete Rolle spielt, sind diese Elemente für den menschlichen Organismus essentiell.

Der Härtegrad des Wassers macht sich zum grössten Teil im Leitungswasser bemerkbar. Ein hoher Härtegrad führt zur Verkalkung der Leitungen und Haushaltsgeräten etc.

Weiches Wasser ist vor allem dort vorteilhafter, wo das Wasser erhitzt wird oder auch für die Pflanzenbewässerung verwendet wird.

2 Versuchsablauf

2.1 Der Versuch

In diesem Praktikum soll die Gesamt-, die Carbonat- und die Nichtcarbonathärte von

- Leitungswasser
- Leitungswasser nach Brita-Filter
- Leitungswasser nach Kalkex 5000

bestimmt werden.

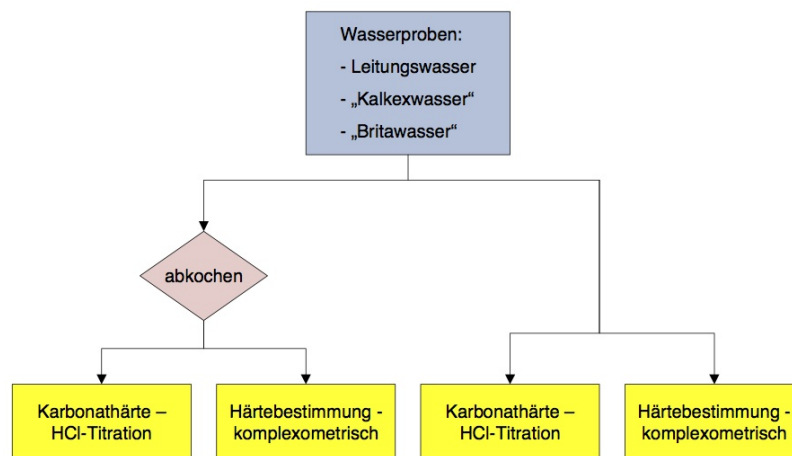


Abbildung 1: Übersicht für den Ablauf des Versuches

2.2 Wasser bereitstellen

1. Je Probestelle 20 - 30l in den Abguss fließen lassen
2. Je Probestelle 2l Wasser für den Versuch bereitstellen
3.
 - Je Probe 200ml Probewasser und 2 Siedesteinchen mittels Pinzette in einem 250ml-Erlenmeyerkolben mit Schliff geben und während einer Stunde am Rückflusskühler kochen.
 - Dies soll aus Zeitgründen so schnell wie möglich geschehen.
 - Darauf achten, dass jede Probe exakt gleich lang kocht
 - Temperatureinstellung: 310°C

2.3 Komplexometrische Härtebestimmung

1. Glas des Titrierautomaten mit deionisiertem Wasser sauber spülen
2. 50ml Probenwasser mit Vollpipette in das Glas geben
3. Probenwasser mit 10ml Pufferlösung und 1ml Eriochromschwarz-Lösung versetzen
4. Glas mit der Probe am Titrierautomaten befestigen und Messung starten
5. Verbrauch an $0.1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ Titriplex(EDTA)-Lösung ablesen und notieren(in ml).

Der Endpunkt des Titrierens äussert sich durch einen sprunghaften Farbumschlag, welcher dann stattfindet, wenn dem Indikatorfarbkomplex alle Metallionen entzogen wurden. Dies passiert weil die Metallionen mit dem EDTA eine stabilere Komplexverbindung eingehen als mit dem Eriochromschwarz-Farbkomplex. An jedes Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ion wird je ein Komplexanion gebunden, also entspricht die Gesamthärte genau der Konzentration an Komplexanionen beim Farbwechsel. Dieser Farbwechsel wird vom Titrierautomaten detektiert und die verbrauchte Menge an EDTA-Lösung angezeigt.

$$\begin{aligned}
 V_{Komp} &= \text{Verbrauchtes Volumen an Titriplex(EDTA)-Lösung} \\
 c_{Komp} &= 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = \text{Konzentration der Titriplex(EDTA)-Lösung} \\
 V_W &= 50\text{ml} = \text{Volumen des Probenwassers} \\
 n_{Komp} &= V_{Komp} \cdot c_{Komp} = \text{Molmenge der Verbrauchten Titriplex(EDTA)-Lösung} \\
 \text{GH} &= \frac{n_{Komp}}{V_{Komp} + V_W}
 \end{aligned}$$

2.4 Hydrogencarbonatbestimmung durch Neutralisation mit Salzsäure

1. 100ml Probewasser mit einer Vollpipette in einen 250ml Erlenmeyerkolben pipettieren
2. Rührmagneten dazugeben
3. 2 Tropfen Mischindikator dazugeben
4. Tropfenweise mit $0.1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ HCl-Lösung bis zum Farbumschlag von blaugrün nach hellrosa titrieren.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{HCl}} &= \text{Verbrauchtes Volumen an HCl-Lösung} \\
 c_{\text{HCl}} &= 0.1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} = \text{Konzentration der HCl-Lösung} \\
 V_W &= 100\text{ml} = \text{Volumen des Probenwassers} \\
 n_{\text{HCl}} &= V_{\text{HCl}} \cdot c_{\text{HCl}} = \text{Molmenge der Verbrauchten HCl-Lösung} \\
 \text{KH} &= \frac{1}{2} \cdot c(\text{HCl}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{HCl}} + V_W}
 \end{aligned}$$

2.5 Gesamthärtebestimmung mittels Schnelltest

Teststäbchen eintauchen, Wert ablesen, nach dem Trocknen ins Journal kleben.

2.6 Beurteilung der Wirkung des Kalkex 5000

Es soll aufgrund des weissen Niederschlags, der beim Abkochen an den Gefässwänden entstand, diskutiert werden, ob die Behandlung des Wassers durch den Kalkex 5000 eine Wirkung zeigte. Laut Herstellerangaben sollte sich die Kristallstruktur von Kalk und somit die Kalkausfällung qualitativ verändern.