

Entsprechend den „Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht“ (RiSU) vom 26.02.2016 ist für jedes im Unterricht durchgeführte Experiment eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen.

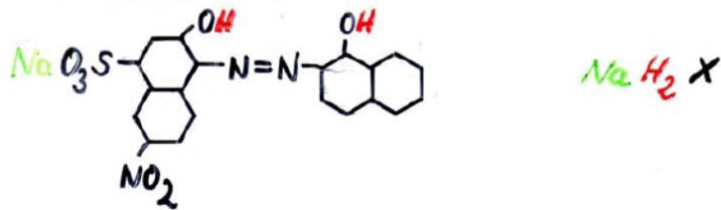
Experiment	Wasserhärtebestimmung mittels Komplexometrischer Titration										
Vorüberlegung	<p>Einteilung des Wassers nach Härtebereichen:</p> <table border="1"> <tr> <td>Wasserhärte in °d</td> <td>0-7</td> <td>7-14</td> <td>14-21</td> <td>> 21</td> </tr> <tr> <td>Härtebereich</td> <td>1 (weich)</td> <td>2 (mittel)</td> <td>3 (hart)</td> <td>4 (sehr hart)</td> </tr> </table> <p>Es gilt: $1^\circ\text{d} = c(\text{Ca}^{2+}) = 0,1783 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$</p> <p>Herstellung der $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$-Pufferlösung:</p> <p>22 g Ammoniumchlorid werden in 500 ml Wasser gelöst und mit 140 ml Ammoniaklösung (25%) versetzt. Die hergestellte Lösung wird mit destilliertem Wasser auf 1 Liter aufgefüllt.</p> <p>Vorbereiten des Indikators:</p> <p>50 mg Eriochromschwarz-T werden mit 5 g Natriumchlorid gut vermischt.</p>	Wasserhärte in °d	0-7	7-14	14-21	> 21	Härtebereich	1 (weich)	2 (mittel)	3 (hart)	4 (sehr hart)
Wasserhärte in °d	0-7	7-14	14-21	> 21							
Härtebereich	1 (weich)	2 (mittel)	3 (hart)	4 (sehr hart)							
Chemikalien	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserprobe • EDTA-Lösung ($c = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) • $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$-Pufferlösung ($\text{pH} = 10$) • Eriochromschwarz T (Eriochromschwarz-Kochsalz-Gemisch) 										
Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • Vollpipette mit Pipettierhilfe (100 ml) • Messzylinder (5 ml) • Bürette mit Trichter am Stativ • Becherglas (100 ml) • Magnetrührer mit Rührfisch • Weithals-Erlenmeyerkolben (300 ml) • Spatel 										
Durchführung	<p>100 ml der Wasserprobe werden im Weithals-Erlenmeyerkolben mit einer Spatelspitze des Indikators Eriochromschwarz T und 5 ml Pufferlösung versetzt. Anschließend titriert man mit einer EDTA-Lösung, bis die weinrote in eine blaue Farbe umschlägt.</p>										
Auswertung	<p>Berechnen der Gesamthärte des Wassers in Grad deutscher Härte. Die EDTA-Lösung reagiert mit den Metall-Ionen im Stoffmengenverhältnis 1:1.</p>										



Auswertung

Indikator:

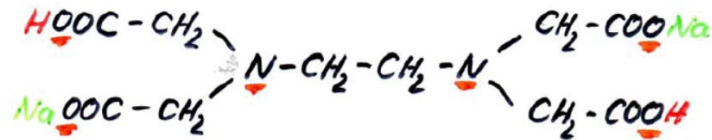
Indikator: Eriochrom-Schwarz T



pH-Abhängigkeit des Indikators:

NaH ₂ X	Na ⁺ + H ₂ X ⁻	GELB	pH < 7
H ₂ X ⁻	H ⁺ + HX ²⁻	BLAUGRÜN	7 < pH < 11
HX ²⁻	H ⁺ + X ³⁻	VIOLETT	pH > 11

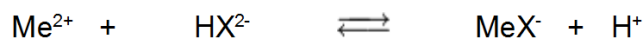
Struktur des EDTA:



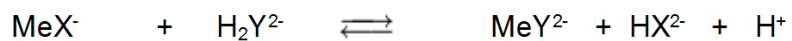
= sechszähliger Ligand



Reaktionen:



farblos **BLAU** **WEINROT**



WEINROT farblos **BLAUGRÜN**

Berechnung der Wasserhärte: (Vereinfacht wird nur von Ca²⁺ ausgegangen.)

$$n(Ca^{2+}) = n(EDTA)$$

$$c(Ca^{2+}) = c(EDTA) \cdot V(EDTA) : V(\text{Wasserprobe})$$

$$\text{Wasserhärte (in } ^\circ d) = c(Ca^{2+}) : 0,1783 \text{ mmol/L}$$