



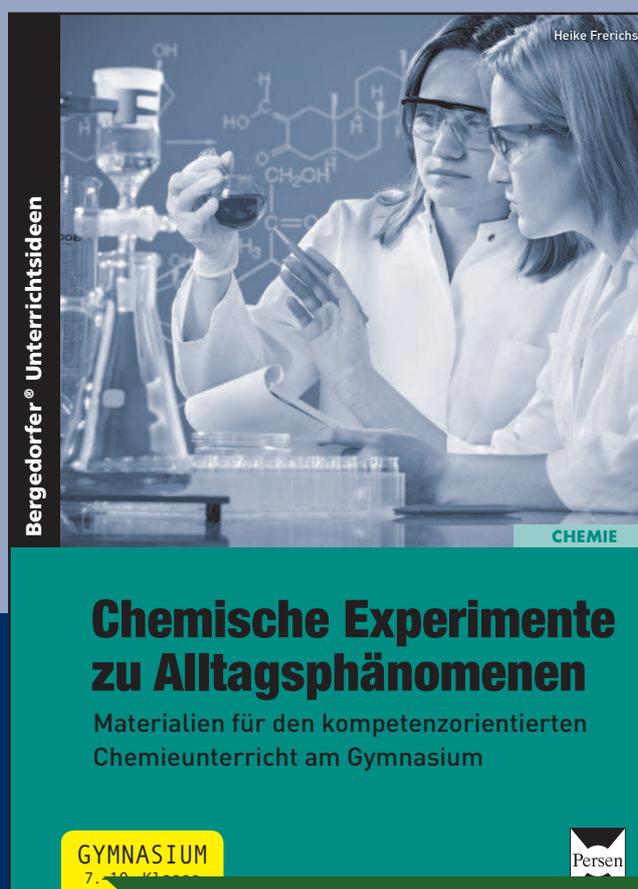
# DOWNLOAD

Heike Frerichs

## Experimente zum Thema Wasserwerk

Materialien für den kompetenzorientierten  
Chemieunterricht am Gymnasium

VORSCHAU



Downloadauszug  
aus dem Originaltitel:

Das Werk als Ganzes sowie in seinen Teilen unterliegt dem deutschen Urheberrecht. Der Erwerber des Werkes ist berechtigt, das Werk als Ganzes oder in seinen Teilen für den eigenen Gebrauch und den **Einsatz im eigenen Unterricht** zu nutzen. Die Nutzung ist nur für den genannten Zweck gestattet, **nicht jedoch für** einen schulweiten Einsatz und Gebrauch, für die Weiterleitung an Dritte (einschließlich aber nicht beschränkt auf Kollegen), für die Veröffentlichung im Internet oder in (Schul-)Intranets oder einen weiteren kommerziellen Gebrauch.

**Eine über den genannten Zweck hinausgehende Nutzung bedarf in jedem Fall der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlages.**

**Verstöße gegen diese Lizenzbedingungen werden strafrechtlich verfolgt.**

Download  
VORSCHAU  
zur Ansicht

### Versuch 1: Bestimmung der Gesamthärte des Leitungswassers

Die Wasserhärte ist ein Maß für den Gehalt an Magnesium- und Calciumionen (Barium- und Strontiumsalze sind wegen ihrer sehr geringen Konzentrationen vernachlässigbar). Die Gesamthärte des Wassers setzt sich aus der temporären (auch Carbonathärte, gebildet aus Carbonaten und Hydrogencarbonaten) und der permanenten Härte (gebildet aus allen anderen Salzen, z. B. Sulfaten) zusammen.

Seit 2007 gilt eine neue Einteilung der Wasserhärte (Anpassung an EU-Recht). Die Nummerierung der Härtebereiche wurde abgeschafft und die Anzahl von vier auf drei reduziert: Die früheren Härtebereiche „hart“ und „sehr hart“ wurden zu einem Härtebereich „hart“ zusammengefasst. Zudem wurde die obere Grenze für weiches Wasser auf 8,4 °dH angehoben und alternativ zur Angabe des deutschen Härtegrades (°dH) die Bezeichnung „mmol Calciumcarbonat je Liter“ eingeführt.

Aktuelle Einteilung der Härtebereiche:

**Härtebereich weich:** weniger als 1,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht 8,4 °dH), daraus folgt zur Berechnung des Härtegrades aus dem Calciumgehalt eines Wassers (Angabe in mmol) ein Umrechnungsfaktor von 5,6.

**Härtebereich mittel:** 1,5 bis 2,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht 8,4 bis 14 °dH)

**Härtebereich hart:** mehr als 2,5 Millimol Calciumcarbonat je Liter (entspricht mehr als 14 °dH)

Die Wasserversorgungsunternehmen sind verpflichtet, dem Verbraucher den Härtebereich mindestens einmal jährlich in Form von Aufklebern oder in einer ähnlich wirksamen Weise (z. B. Veröffentlichung in der Regionalpresse, Aufdruck auf Wasserrechnung, Einstellung der Informationen auf der Internetseite des Wasserversorgungsunternehmens, Flyer) mitzuteilen. Nach EG-Detergenzienverordnung sind die Waschmittelhersteller verpflichtet, ihre Dosierungsempfehlungen auf diese Härtebereiche zu beziehen.

Für den Versuch sollte man das Leitungswasser vor der Verwendung einige Minuten ablaufen lassen, da sich im stehenden Wasser – vor allem selten genutzter Wasserhähne – zweiwertige Ionen angereichert haben können. Die Konzentration von Titriplex® B ist so eingestellt, dass 1 ml Lösungsverbrauch 1 °dH entspricht, vorausgesetzt, man untersucht 100 ml Leitungswasser. Der Farbumschlag erfolgt nach blau-grün.

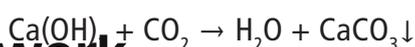
Es sollte möglichst hartes Leitungswasser verwendet werden (mehr als 10 °dH). Falls dieses nicht erhältlich ist, kann auch weiches Leitungswasser mit Calciumhydrogencarbonat aufgehärtet werden. Natriumhydrogencarbonat funktioniert wegen ungünstiger Gleichgewichtsbedingungen nicht. Falls kein Calciumhydrogencarbonat vorhanden ist, kann auch ein calciumreiches Mineralwasser zum Aufhärten verwendet werden.

### Versuch 2: Kalkkreislauf

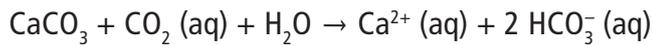
Herstellung des Kalkwassers:

In einem Becherglas werden 2 g Calciumhydroxid in ca. 250 ml destilliertem Wasser gelöst. Die leicht trübe Lösung wird filtriert. Falls das Filtrat noch nicht ganz klar ist, wird erneut filtriert. Anschließend füllt man das Kalkwasser in eine Vorratsflasche. Nach längerem Stehen kann Kalkwasser eintrüben: Reaktion mit dem Kohlendioxid der Luft. In diesem Fall die Lösung neu filtrieren.

Dazu sollte das nachzuweisende Gas möglichst durch das Kalkwasser perlen. Ein positiver Nachweis ist an der Trübung des Kalkwassers durch einen weißen Niederschlag aus fein verteiltem Calciumcarbonat zu erkennen:



Bei weiterer Einleitung von Kohlendioxid reagiert Calciumcarbonat weiter, die Lösung ist wieder klar.

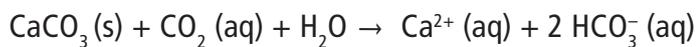


### Versuch 3: Wasserhärte nach Erhitzen

Bei diesem Versuch muss man vermeiden, dass das Wasser einkocht (damit stiege die Wasserhärte durch Reduktion des Volumens an)! Deshalb wird am Rückfluss gekocht.

Die Wasserhärte wird hier um ca. 50 % gesenkt. Besonders gut sichtbar wird die Absenkung der temporären Härte, wenn hartes Leitungswasser (bzw. künstlich aufgehärtetes, s. Erläuterungen zu Versuch 5) verwendet wird.

In diesem Versuch wird durch Erhitzen des Wassers das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht verschoben:



Bei Temperaturerhöhung entweicht Kohlendioxid (in kaltem Wasser besser löslich als in warmem), das Gleichgewicht verschiebt sich nach links, unlösliches Calciumcarbonat fällt aus.

Da Regenwasser durch Verdunstung entsteht, enthält es keine härtebildenden Erdalkalitionen und ist daher ein weiches Wasser.

### Versuch 4: Härtebildner

Natriumionen tragen nicht zur Wasserhärte bei, da Natriumhydrogencarbonat beim Erhitzen nicht ausfällt. Magnesium trägt stärker zur Wasserhärte bei, da Magnesiumcarbonat nahezu unlöslich ist.

Der Ionentauscher in der Geschirrspülmaschine ersetzt Calcium- sowie Magnesiumionen durch Natriumionen und verhindert damit Kalkflecken auf dem Geschirr. Wenn die an Kunstharzkugeln immobilisierten Natriumionen verbraucht sind, wird mit Natriumchlorid regeneriert. Regeneriersalz für die Geschirrspülmaschine besteht aus Natriumchlorid spezieller Körnung.

## Versuch 1: Bestimmung der Gesamthärte des Leitungswassers

### Geräte und Materialien

Magnetrührer, Rührfisch  
250 ml Erlenmeyerkolben  
100 ml Messzylinder  
Trichter  
Pipette mit Gummihütchen  
Bürette (mit Stativ und Stativmaterial)

### Chemikalien

Leitungswasser  
Titriplex® B-Lösung  
konz. Ammoniaklösung  
Indikatorpuffertabletten



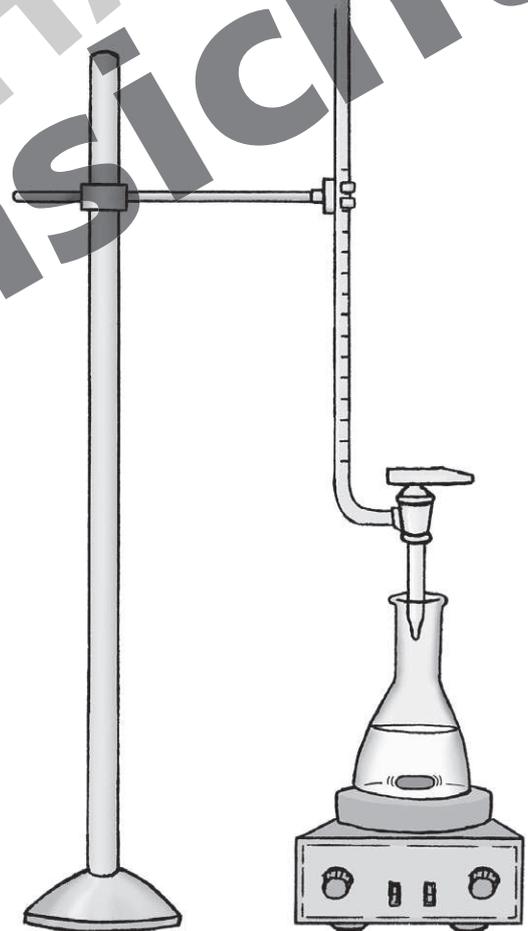
### Sicherheitshinweise

Schutzbrille  
Ammoniaklösung unter dem Abzug eintropfen

**Entsorgung:** Verdünnen und in den Abguss

### Versuchsanleitung

1. Gib ca. 100 ml Leitungswasser in den Kolben. Dazu das Wasser eine Zeit lang laufen lassen (nicht sprudelnd), dann erst einfüllen.
2. Löse darin unter Rühren mit dem Magnetrührer eine Indikatorpuffertablette auf.
3. Tropfe unter dem Abzug Ammoniaklösung hinzu (wenige Tropfen), bis sich die Lösung rot verfärbt.
4. Fülle mithilfe des Trichters Titriplex® B-Lösung in die Bürette und notiere den Füllstand.
5. Tropfe nun mit der Bürette langsam Titriplex® B-Lösung in den Erlenmeyerkolben, bis ein Farbwechsel stattfindet.
6. Notiere die verbrauchte Menge Titriplex® B-Lösung bis zum Farbumschlag.



### Aufgaben

1. Berechne die Härte des untersuchten Leitungswassers. Dabei entspricht 1 ml Verbrauch 1 °dH.
2. Seit 01.02.2007 wird die Gesamthärte von Leitungswasser in folgende Bereiche eingeteilt:

| Härtebereich: | °dH    | mmol CaCO <sub>3</sub> /l |
|---------------|--------|---------------------------|
| Weich:        | < 8,4  | max. 1,5                  |
| Mittel:       | 8,4–14 | 1,5–2,5                   |
| Hart:         | > 14   | mehr als 2,5              |

Welchen Härtebereich weist das von dir untersuchte Leitungswasser auf?

3. Recherchiere: Wie heißt der Wasserversorger deines Wohnorts? Woher kommt das von dir untersuchte Leitungswasser?
4. Die Wasserversorgungsunternehmen sind gesetzlich verpflichtet, dem Verbraucher den Härtebereich mindestens einmal jährlich mitzuteilen. Warum ist es für den Verbraucher wichtig zu wissen, wie hart sein Leitungswasser ist?
5. Berechne den Härtegrad eines beliebigen Mineralwassers. Berücksichtige bei den Herstellerangaben nur die Calcium- und die Magnesiumionen.

**Tip:** Zur Umrechnung vom Calcium- (und Magnesium-)Gehalt benötigst du einen Umrechnungsfaktor, den du dir aus der Angabe des Wasserhärtebereichs „weich“ herleiten kannst.

## Versuch 2: Kalkkreislauf

### Geräte und Materialien

2 Waschflaschen mit Schlauchmaterial

### Chemikalien

CO<sub>2</sub> aus der Flasche  
Kalkwasser (gesättigte Calciumhydroxidlösung)



**Sicherheitshinweis**  
Schutzbrille

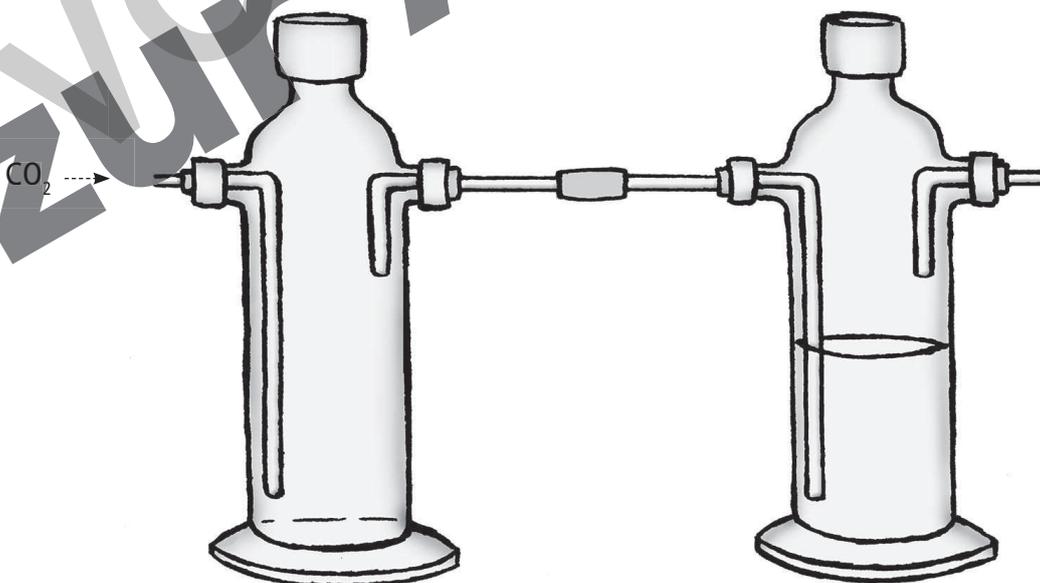
**Entsorgung:** Ausguss

### Versuchsanleitung

1. Befülle eine der beiden Waschflaschen mit Kalkwasser.
2. Baue dann die Versuchsanordnung wie in der Skizze gezeigt auf.
3. Leite nun einen lebhaften Kohlendioxidstrom durch das Kalkwasser. Es sollte blubbern.

### Aufgaben

1. Wie reagiert das Kohlenstoffdioxid zunächst mit dem Kalkwasser? Notiere deine Beobachtungen und formuliere eine Reaktionsgleichung!
2. ⚠ Was passiert, wenn weiter Kohlendioxid eingeleitet wird? Formuliere die Reaktionsgleichung.



## Versuch 3: Wasserhärte nach Erhitzen

### Geräte und Materialien

1 l Rundkolben  
Rückflusskühler  
Filter und Filterpapier  
250 ml Erlenmeyerkolben  
Trichter  
Pipette mit Gummihütchen  
Bürette (mit Stativ und Stativmaterial)

### Chemikalien

Leitungswasser  
Titriplex® B-Lösung  
konz. Ammoniaklösung



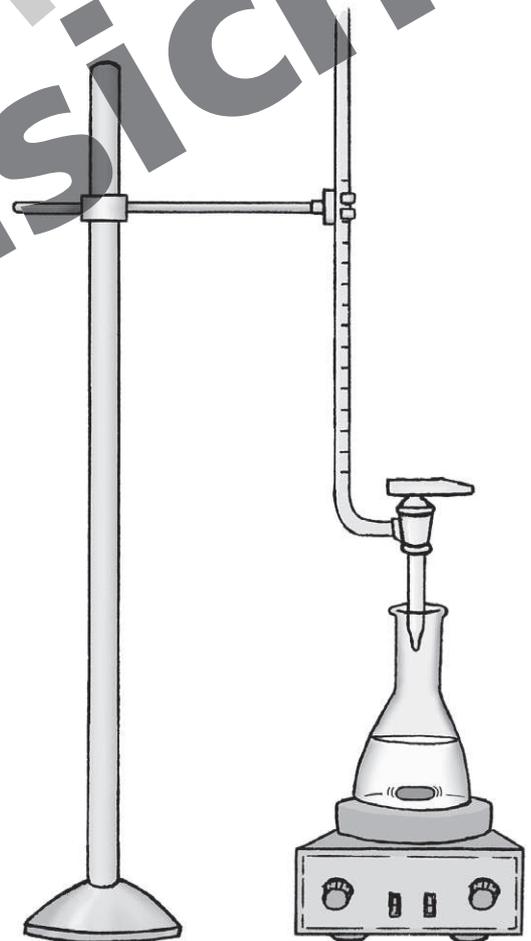
### Sicherheitshinweise

Schutzbrille  
Ammoniaklösung unter dem Abzug eintropfen

**Entsorgung:** Verdünnen und in den Ausguss

### Versuchsanleitung

1. Koche 100 ml Leitungswasser 15 min unter dem Rückflusskühler. Kühle auf Raumtemperatur ab.
2. Löse in dem abgekühlten Wasser unter Rühren mit dem Magnetrührer eine Indikatorpuffer-tablette auf.
3. Tropfe unter dem Abzug Ammoniaklösung hinzu (wenige Tropfen), bis sich die Lösung rot verfärbt.
4. Fülle mithilfe des Trichters Titriplex® B-Lösung in die Bürette und notiere den Füllstand.
5. Tropfe nun mit der Bürette langsam Titriplex® B-Lösung in den Erlenmeyerkolben, bis ein Farbwechsel (nach blau-grün) stattfindet.
6. Notiere die verbrauchte Menge Titriplex® B-Lösung bis zum Farbumschlag.



### Aufgaben

1. Berechne die Härte des untersuchten Leitungswassers. Dabei entspricht 1 ml Verbrauch 1 °dH.
2. Vergleiche den Wert mit der Wasserhärte des Originalleitungswassers aus Versuch 5. Der Grund für die Änderung ist das sogenannte Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Ermittle die Reaktionsgleichung und begründe die Änderung der Wasserhärte nach Erhitzen.
3. Der Deutsche Teeverband e.V., Hamburg ([www.teeverband.de](http://www.teeverband.de)) empfiehlt unter dem Stichpunkt „Teezubereitung“:

*Der richtige Aufguss:*

*Für einen optimalen Teegenuss sollte man möglichst „weiches“, kalkarmes Wasser verwenden. Leider ist das vielerorts bei unserem Leitungswasser nicht der Fall. Hier kann man einen Wasserfilter nehmen; er bindet den Kalk zum größten Teil. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von stillem Mineralwasser. Vor allem sollte immer frisches Wasser benutzt werden, egal ob aus dem Hahn, dem Wasserfilter oder aus der Flasche. Das Wasser sollte auch nicht endlos gekocht, sondern nach einem einmaligen Aufkochen bis zum Siedepunkt sofort für den Aufguss verbraucht werden.*

Begründe die einzelnen Vorschläge des Teeverbandes, möglichst weiches Wasser zu erhalten.

# Versuch 4: Härtebildner

### Geräte und Materialien

5 Reagenzgläser  
Reagenzglasständer  
Spatel

### Chemikalien

Leitungswasser  
destilliertes Wasser  
alkoholische Seifenlösung  
Natriumchlorid  
Magnesiumchlorid  
Calciumchlorid

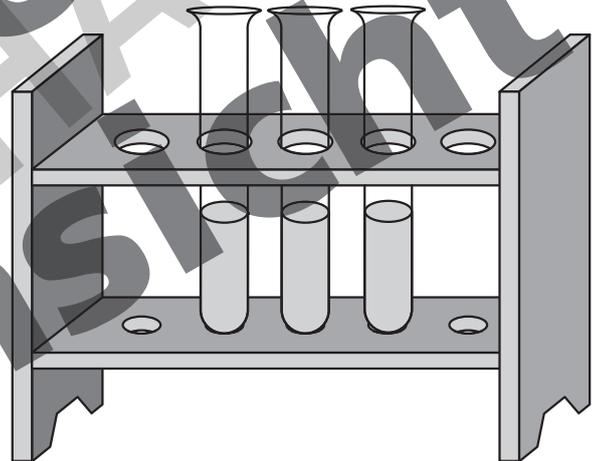


**Sicherheitshinweis**  
Schutzbrille

**Entsorgung:** Ausguss

### Versuchsanleitung

1. Befülle vier der Reagenzgläser ungefähr zur Hälfte mit destilliertem Wasser, das fünfte wird mit Leitungswasser befüllt.
2. Gib zu den Reagenzgläsern 1–3 jeweils eine Spatelspitze  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  und  $\text{CaCl}_2$ . Vergiss die Kennzeichnung der Gläser nicht!
3. Jetzt versetze alle Reagenzgläser mit ca. 1 ml der alkoholischen Seifenlösung.
4. Schüttle alle Reagenzgläser kräftig (mit dem Daumen verschließen).
5. Notiere deine Beobachtungen.



### Aufgaben

1. Je mehr Schaum die Seifenlösung erzeugt hat, desto weicher ist das Wasser und desto besser ist die Reinigungsleistung des Wassers. Vergleiche die Schaumbildung. Welches Salz trägt am meisten zur Wasserhärte bei?
2. Wie verhalten sich Leitungswasser und destilliertes Wasser?
3. In der Spülmaschine befindet sich ein Ionentauscher. Dabei wird das Wasser an Kunstharzkugeln vorbeigeleitet, die mit Natriumionen besetzt sind. Fließt an diesen Kunstharzkugeln hartes Wasser (z. B. mit Calciumsalzen) vorbei, werden „die Ionen getauscht“, d. h. an den Kunstharzkugeln befinden sich dann die Calciumionen und im Wasser die Natriumionen. Warum ist das günstig? Vergleiche mit deinem Versuchsergebnis. Wie kann der Ionentauscher regeneriert werden?

## Versuch 1: Bestimmung der Gesamthärte des Leitungswassers

### Aufgaben 1–3 variable Lösungen

- Waschmittelhersteller beziehen ihre Dosierungsempfehlungen auf die Härtebereiche. In der Spülmaschine hängt die Menge des benötigten Klarspülers von der Wasserhärte des Wassers ab.
- Rechenbeispiel für die Berechnung des Härtegrades von Mineralwasser

Kennzeichnung Mineralwasser (hier am Beispiel eines eher mineralarmen Wassers):

$\text{Ca}^{2+}$  119,0 mg/l

$\text{Mg}^{2+}$  9,8 mg/l

Molgewicht Calcium: 40,08 g/mol

Molgewicht Magnesium: 22,99 g/mol

Rechnung:

$$0,119 \text{ g}/40,08 \text{ g/mol} + 0,0098 \text{ g}/22,99 \text{ g/mol} = 0,00339 \text{ mol Ca}^{2+}$$

Der Umrechnungsfaktor der Calciumionenkonzentration in die Einheit „deutsche Härtegrade“ wird aus den Angaben des Härtebereichs I berechnet (1,5 mmol  $\text{CaCO}_3 = 8,4 \text{ °dH}$ ): 5,6 (vereinfacht werden Calcium- und Magnesiumionen zusammengefasst).

$$3,39 \text{ mmol} \cdot 5,6 = 18,98 \text{ °dH}$$

## Versuch 2: Kalkkreislauf

- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \downarrow$
- Bei weiterer Einleitung von Kohlendioxid reagiert Calciumcarbonat weiter, die Lösung ist wieder klar:  
 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^- (\text{aq})$

## Versuch 3: Wasserhärte nach Erhitzen

- Die Wasserhärte wird hier um ca. 50 % gesenkt.
- Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht:  
 $\text{CaCO}_3 (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^- (\text{aq})$

Durch Erhitzen wird dem Gleichgewicht Kohlendioxid entzogen, Calciumcarbonat fällt aus. Das Gleichgewicht verschiebt sich nach links, d. h. im Wasser befinden sich weniger gelöste Hydrogencarbonat- und Erdalkalitionen.

- a) Benutzung eines Wasserfilters: Calciumcarbonat (Kalk) wird dem Gleichgewicht entzogen, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht verschiebt sich nach links.  
b) Verwendung stillen Mineralwassers: Stilles Mineralwasser enthält kaum  $\text{CO}_2$ , d. h. es handelt sich um weiches Wasser.  
c) Wasser nicht endlos kochen: Die Verringerung des Volumens vermeiden, weil sich dadurch die Konzentration der Erdalkalitionen (und damit die Wasserhärte) im Wasser erhöht.  
d) Einmaliges Aufkochen: Austreiben des  $\text{CO}_2$  (möglichst ohne Volumenverringern), dadurch Verlagerung des Gleichgewichts nach links.

## Versuch 4: Härtebildner

- Nur Erdalkalisalze tragen zur Wasserhärte bei.
- Leitungswasser erzeugt je nach Wasserhärte unterschiedlich viel Schaum. Destilliertes Wasser enthält fast gar keine Erdalkalisalze und erzeugt daher viel Schaum.
- Natriumhydrogencarbonat fällt beim Erhitzen nicht aus und trägt daher nicht zur Wasserhärte bei (verhindert Kalkflecken auf dem Geschirr). Wenn die an Kunstharzkugeln immobilisierten Natriumionen verbraucht sind, wird mit Natriumchlorid regeneriert. Regeneriersalz für die Geschirrspülmaschine besteht aus Natriumchlorid spezieller Körnung.



**Bergedorfer® Unterrichtshilfen**

... und das Lehrerleben wird leichter!

Weitere Downloads, E-Books und Print-Titel des umfangreichen Persen-Verlagsprogramms finden Sie unter [www.persen.de](http://www.persen.de)

Hat Ihnen dieser Download gefallen? Dann geben Sie jetzt auf [www.persen.de](http://www.persen.de) direkt bei dem Produkt Ihre Bewertung ab und teilen Sie anderen Kunden Ihre Erfahrungen mit.



Download  
zur Ansicht

© 2014 Persen Verlag, Hamburg  
AAP Lehrerfachverlage GmbH  
Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk als Ganzes sowie in seinen Teilen unterliegt dem deutschen Urheberrecht. Der Erwerber des Werkes ist berechtigt, das Werk als Ganzes oder in seinen Teilen für den eigenen Gebrauch und den Einsatz im Unterricht zu nutzen. Die Nutzung ist nur für den genannten Zweck gestattet, nicht jedoch für einen weiteren kommerziellen Gebrauch, für die Weiterleitung an Dritte oder für die Veröffentlichung im Internet oder in Intranets. Eine über den genannten Zweck hinausgehende Nutzung bedarf in jedem Fall der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Verlages.

Sind Internetadressen in diesem Werk angegeben, wurden diese vom Verlag sorgfältig geprüft. Da wir auf die externen Seiten weder inhaltliche noch gestalterische Einflussmöglichkeiten haben, können wir nicht garantieren, dass die Inhalte zu einem späteren Zeitpunkt noch dieselben sind wie zum Zeitpunkt der Drucklegung. Der Persen Verlag übernimmt deshalb keine Gewähr für die Aktualität und den Inhalt dieser Internetseiten oder solcher, die mit ihnen verlinkt sind, und schließt jegliche Haftung aus.

Illustrationen: Roman Lechner und Manfred Koch (S. 8); Cover-Foto © Alexander Rath – Fotolia.com  
Satz: Satzpunkt Ursula Ewert GmbH, Bayreuth

Bestellnr.: 23340DA3

[www.persen.de](http://www.persen.de)