

## Aufgabenbeispiel: Entkalkung

### Material 1:

Im Haushalt müssen Elektrogeräte, wie Kaffeemaschinen, Durchlauferhitzer und Waschmaschinen nach längerem Gebrauch in Abhängigkeit von der Wasserhärte entkalkt werden. Auf der Oberfläche des Heizrohres lagert sich Kalk ( $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$ ) ab und verringert die Heizleistung.

Beim Entkalken mit verdünnter Salzsäure ( $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ) ist ein deutliches Sprudeln und Zischen wahrnehmbar. In einem Haushaltstipp wird Essigsäure-Lösung ( $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ ) als umweltfreundliches Mittel zur Entfernung von Kalkflecken empfohlen. Sie reagiert aber schwächer als Salzsäure.

Verkalkung auf Heizschleifen



Quelle: [www.seilnacht.tuttlingen.de](http://www.seilnacht.tuttlingen.de)

**Material 2:**  
**In einer Gebrauchsanweisung für  
Wasserkocher heißt es:**

Bei kalkhaltigem Wasser sollte der Wasserkocher in regelmäßigen Zeitabständen entkalkt werden. Verwenden Sie zum Entkalken ein handelsübliches flüssiges Entkalkungsmittel (keine chemischen Entkalker verwenden) und beachten Sie dabei dessen Gebrauchsanweisung!

**Tipp:** Bei leichter Verkalkung können Sie den Wasserkocher, anstatt Entkalkungsmittel zu verwenden, auch mit einer Mischung von 5–6 Löffeln Essig auf 0,5 Liter Wasser entkalken.

Bitte beachten Sie beim Entkalken:

- kaltes Wasser in den Wasserkocher (bei stark schäumendem Entkalkungsmittel füllen Sie nur 0,5 Liter Wasser ein)
- die Entkalkermischung nicht aufkochen
- anschließend den Wasserkocher zweimal mit klarem Wasser spülen

**Quelle:** Bedienungsanleitung für den Wasserkocher Mona der Firma Cloer Elektrogeräte GmbH, Arnsberg

**Etikett eines Entkalkers**

**ÖKO-STECKBRIEF**

- HEITMANN Citronensäure ist naturidentisch und wird deshalb vollständig abgebaut.
- Minimale Verpackung

Inhaltsstoffe gem. EU-Empfehlung:  
Reine naturidentische Citronensäure in Lebensmittelqualität.  
Dennoch bitte Sicherheitshinweise beachten.

Reizt die Augen. Berührung mit den Augen vermeiden. Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren. Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.

Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen. Bei empfindlicher Haut wird empfohlen, Gummihandschuhe zu tragen.

Citronensäure nicht zusammen mit chlorhaltigen Reinigern anwenden.  
Für Österreich: Möglichst restlos verbrauchen, evtl. Reste mit Wasser verdünnt fortspülen.

**Achtung:** nicht geeignet für Emaille, Aluminium, Marmorflächen und säureempfindliche Fliesen. Bitte spezielle Pflegehinweise der Hersteller beachten. Innenbeutel nach Gebrauch verschließen. Trocken lagern.

**Xi**



**Reizend**

**Material 3:**

Das sich bei der Entkalkung entwickelnde Gas soll nachgewiesen werden.

Für den Versuch stehen folgende Reagenzien zur Verfügung: Bariumchlorid-Lösung (mindergiftig, X), Silbernitrat-Lösung (mindergiftig, X), Lackmus-Lösung, Bariumhydroxid-Lösung (ätzend, C), Calciumhydroxid-Lösung (ätzend, C).

**Aufgabenstellung:**

- 1.1 Beschreiben Sie mit eigenen Worten den Entkalkungsvorgang.
- 1.2 Erklären Sie die chemischen Grundlagen des Entkalkungsvorgangs durch Salzsäure. Unterstützen Sie Ihre Aussagen mithilfe einer Reaktionsgleichung.

- 1.3 Begründen Sie die Eignung von Speiseessig zur Entfernung von Kalk und stellen Sie die entsprechende Reaktionsgleichung auf.
- 1.4 Wählen Sie ein geeignetes Nachweismittel für das bei der Entkalkung entstehende Gas aus und erklären Sie den Reaktionsablauf dieses Nachweises.
- 1.5 Nennen Sie eine Ursache für die unterschiedliche Wirkung einer verdünnten Essigsäure (Speiseessig) und einer gleichkonzentrierten verdünnten Salzsäure beim Entkalken.
- 1.6 Diskutieren Sie den Begriff „chemischer Entkalker“ und nennen Sie Vor- und Nachteile verschiedener Entkalkungsmöglichkeiten. Nutzen Sie dafür auch den Öko-Steckbrief.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
1.1	<p><b>Vorgang beschreiben:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kalkbelag wird durch eine Säure aufgelöst</li> <li>- Zischen und Sprudeln sind Indizien für eine Gasentwicklung</li> <li>- Alternativ: Kalkbelag reagiert mit einer Säurelösung unter Bildung eines Gases</li> </ul>	I	1.1		2	
1.2	<p><b>Prinzip der Entkalkung als Stoffumwandlung deuten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zerstörung der unlöslichen Verbindung unter Gasentwicklung</li> <li>- Bildung einer wasserlöslichen Verbindung</li> <li>- Demonstration anhand einer erläuterten Reaktionsgleichung: Calciumcarbonat reagiert mit Salzsäure unter Kohlenstoffdioxidentwicklung, es entsteht ein wasserlösliches Produkt:  <math display="block">\text{CaCO}_{3(s)} + 2 \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}</math> </li> </ul>	II	3.1 3.2 3.3 3.4		2 4 5 8	
1.3	<p><b>Begründung der Eignung über die enthaltene Säure:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speiseessig enthält Essigsäure</li> <li>- Essigsäure-Lösung zeigt bezüglich der Carbonate analoges chemisches Verhalten wie Salzsäure</li> <li>- das entstehende Salz ist wie das Calciumchlorid auch wasserlöslich:  <math display="block">\text{CaCO}_{3(s)} + 2 \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}</math> </li> </ul>	III	3.1 3.2 3.3 3.4	6	2 4 5 8	

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
1.4	<b>Auswahl und Erklärung eines eindeutigen Nachweises auf der Basis von Vorkenntnissen, z.B.:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calciumhydroxid-Lösung bzw. Bariumhydroxid-Lösung</li> <li>- experimenteller Nachweis des Kohlenstoffdioxids</li> <li>- Trübung der Lösung als Bildung von Calciumcarbonat bzw. Bariumcarbonat (Fällungsreaktion):  <math display="block">\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})} + \text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CaCO}_{3(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}</math> </li> </ul>	II	1.1 3.1 3.2 3.3 3.4	2 3 4 5 6	4 5 6 8	
1.5	<b>Nennen von Ursachen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserstoff-Ionen aus Salzsäure und Essigsäure-Lösung wirken in gleicher Weise</li> <li>- Essigsäure-Lösung wirkt schwächer, sie stellt also weniger Wasserstoff-Ionen zur Verfügung</li> </ul>	II	2.2 3.3	6	2 8	
1.6	<b>Diskussion des Begriffs „chemisch“, Bezugnahme auf die enthaltenen Stoffe und deren Wirkung:</b> Mögliche Aspekte sind <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entkalker sind „chemische Substanzen“, es sind Säuren</li> <li>- handelsübliche Entkalkungsmittel sind stärker wirksam als Speiseessig</li> <li>- geringe Kalkablagerungen können durch Speiseessig aufgelöst werden, bei größeren Rückständen ist die Einwirkung einer größeren Menge Säure oder einer stärkeren Säure notwendig</li> </ul>	III	1.1 2.3	1 6	2 3 5 8	3