

Schaumfeuerlöscher – selbst gebaut!

Hinweis: Diese Aufgabe ist so konzipiert, dass sie mit gestuften Hilfen gelöst werden kann.

Die Hilfen stehen im Medienportal zum Ausdruck auf Papier zur Verfügung oder können von den Schülerinnen und Schülern über den auf dem Arbeitsblatt enthaltenen QR-Code auf einem Tablet oder Smartphone online genutzt werden.

Das Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler sowie die Hilfen zum Druck sind in gesonderten Dateien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung verfügbar. Allgemeines zum Einsatz von Aufgaben mit gestuften Hilfen im Unterricht findet sich in Dokument „Aufgaben mit gestuften Hilfen – Einführung“, das auch auf dem Medienportal vorhanden ist.

1 Themenaspekte

Bei der Aufgabe geht es um die konstruktive Umsetzung des Wissens über die Reaktion von Natron (Natriumhydrogencarbonat) mit einer Säure. Es soll das Modell eines Schaumfeuerlöschers entwickelt werden, also ein Gefäß, in dem die chemische Reaktion stattfinden kann und aus dem gezielt Löschschaum versprüht werden kann.

2 Lernvoraussetzungen und Schwierigkeitsgrad

Um die Aufgabe bearbeiten zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler zuvor die Reaktion von Natron (Natriumhydrogencarbonat) mit Zitronensäure kennen (und interpretieren) gelernt haben. Informationen zu den in Frage kommenden Reaktionen sowie zu deren naturwissenschaftlichen Deutung gibt es z. B. auf dem Medienportal der Siemens Stiftung in der Handreichung „Experimente mit Kohlenstoffdioxid – Von der Explosion zum Feuerlöscher“ bzw. in der zugehörigen Experimentieranleitung für die Schülerinnen und Schüler.

Je nach Jahrgangsstufe, in der die Aufgabe eingesetzt werden soll, kann die Bearbeitung auf eher phänomenologischer Ebene erfolgen oder mit Bezug zum chemischen Vorwissen. In jedem Fall müssen die Schülerinnen und Schüler elementare Vorstellungen davon haben, dass Gase, die sich in einem geschlossenen Gefäß entwickeln, Druck erzeugen.

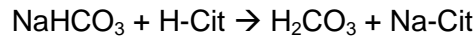
Der Schwierigkeitsgrad der Aufgabe ist mittel.

3 Zum Hintergrund der Aufgabe

Als Gas, das schwerer ist als Luft und die Verbrennung nicht unterhält, eignet sich Kohlenstoffdioxid zur Erstickung von Flammen bzw. zum Löschen von Bränden. Als Löschmittel hat es den Vorteil, dass damit keine Folgeschäden wie beim Löschen mit Wasser verbunden sind. Technische CO₂-Löscher bestehen aus Stahlflaschen, in denen sich verflüssigtes CO₂ unter hohem Druck befindet. Beim Öffnen strömt es aus und verdampft sofort; wegen der zur Verdampfung erforderlichen Energie (Verdampfungswärme) kühlt es sich in der Regel so stark ab, dass sich ein fester CO₂-„Schnee“ bildet. Dieser Schnee und das gasförmige Kohlenstoffdioxid verdrängen den Luftsauerstoff vom Brenngut. Außerdem kühlt das Löschmittel das Brenngut so stark ab, dass es sich nicht wieder entzünden kann. Früher waren aber auch Feuerlöscher in Gebrauch, in denen CO₂ durch chemische Reaktion eines Carbonats mit einer Säure gebildet wurde. Vor Gebrauch mussten die getrennt im Inneren des Löschers gelagerten Chemikalien zur Reaktion gebracht werden. Dazu wurde eine Trennwand durch einen von außen zu betätigenden Dorn zerstört. Der hier zu konstruierende Schaumfeuerlöscher folgt diesem Prinzip weitgehend. Zur Reaktion gebracht werden sollen:

- Natron (Natriumhydrogencarbonat – NaHCO₃) und
- Zitronensäure.

Als Feststoffe können sie gemischt werden, ohne dass eine Reaktion stattfindet. Erst bei Zugabe von Wasser zu der Mischung bilden sich Kohlensäure und Natriumcitrat. Die Kohlensäure zerfällt in Wasser (H₂O) und Kohlenstoffdioxid (CO₂), was als Gasbildung zu beobachten ist:



Natriumhydrogencarbonat + Zitronensäure → Kohlensäure + Natriumcitrat



Kohlensäure → Wasser + Kohlenstoffdioxid

Zwar ist CO₂ auch als Gas – sozusagen „alleine“ – in der Lage, Flammen zu ersticken, aus zwei Gründen wird hier aber einem Schaum-Feuerlöscher, den man durch Zugabe von Waschpulver herstellen kann, der Vorzug gegeben.

- Ein praktischer Grund besteht darin, dass durch die Thermik, die jede Flamme erzeugt, das CO₂-Gas schnell vom Brandherd entfernt wird und das Ersticken der Flamme nicht einfach gelingt. Löschaum, ob im Modellexperiment oder in der Realität, ist wegen seiner größeren Masse besser in der Lage, eine Flamme abzudecken und so zu ersticken.
- Der zweite Grund ist didaktischer Art: Als Gas kann man CO₂ nicht sehen, als Schaum, der hier durch Zusatz von Waschpulver bei der Reaktion erzeugt wird, lässt sich die Gasbildung besser beobachten und das Löschen leichter handhaben.

4 Die Aufgabe

Die hier gewählte Formulierung der Aufgabe bezieht sich darauf, dass die Schülerinnen und Schüler zuvor mit Natron und Zitronensäure experimentiert haben, z. B. um die Wirkung von Backpulver zu untersuchen.

Schaumfeuerlöscher – selbst gebaut

Ihr habt vor Kurzem mit Natron und Zitronensäure experimentiert und dabei erfahren, warum sich eine Mischung aus den beiden Stoffen zum Beispiel auch zum Backen eignet.

Jetzt sollt ihr euer neues Wissen dazu einsetzen, einen Feuerlöscher zu konstruieren. Dazu habt ihr folgende Stoffe zur Verfügung:

- Natron
- Zitronensäure
- Waschpulver
- Wasser

Denkt bei der Konstruktion an die Experimente, die ihr bereits durchgeführt habt. Schreibt auf, wie ihr vorgehen wollt, und begründet es. Überlegt dabei auch, welche Gefäße und weitere Materialien ihr für den Feuerlöscher verwenden könnt.

Zum Schluss sollt ihr

- eine Skizze/Zeichnung machen, damit auch andere erkennen können, wie euer Schaumfeuerlöscher aussieht.
- kurz beschreiben, wie der Schaumfeuerlöscher funktioniert.

Ziel der Bearbeitung ist es, dass die Lernenden das Prinzip des Schaumfeuerlöschers erarbeiten, also ein geschlossenes Gefäß, in dem sich die gemischten Feststoffe befinden. Das Gefäß muss außerdem eine Möglichkeit aufweisen, Wasser auf einfache Weise zuzufügen, sowie über eine Ableitung des gebildeten Schaums in Richtung einer zu löschenden Flamme verfügen.

Im Anschluss an die gemeinsame Diskussion der Entwürfe sollten erfolgversprechende Lösungen praktisch umgesetzt und ausprobiert werden. Dabei muss noch geklärt werden, dass das Gefäß nach der Zugabe von Wasser wieder verschlossen werden muss. Die Skizze in der Hilfe zeigt dies nicht.

Wichtig für die praktische Durchführung: **Sicherheitsvorkehrungen beachten!**

(Schutzbrille, feuerfeste Unterlage für die zu löschende Kerze, Wasser in der Nähe, um ggf. Spritzer des Löschschaums abwaschen zu können.)

Der Schaumfeuerlöscher lässt sich auf einfache Weise auch mit den Mitteln des Experimentiersets zu Experimento | 10+ realisieren:

Als Reaktionsgefäß eignet sich ein Becher (100 ml) mit Schraubdeckel, in den zwei Löcher gebohrt werden müssen. Für die gezielte Wasserzufuhr kann eine Spritze verwendet werden, zur Ableitung und zum gezielten Versprühen des Löschschaums eignet sich ein Strohhalm mit Knick oder ein Stück Silikonschlauch (7 mm).



Versuchsaufbau Schaumfeuerlöscher.

5 Variationen

Um die Aufgabe lösen zu können, muss der chemische Hintergrund der Reaktion von Natron und Zitronensäure nicht unbedingt verfügbar sein. Es reicht aus, dass die Schüler die entsprechende Reaktion der Gasbildung als Phänomen kennengelernt haben und in dem neuen Zusammenhang sinnvoll einsetzen können. Für höhere Klassenstufen sollten die Hilfen entsprechend fachlich vertiefend gestaltet werden.

Je nach Lerngruppe kann die Zahl der Hilfen vermindert oder vermehrt werden.

6 Die Hilfen in der Übersicht

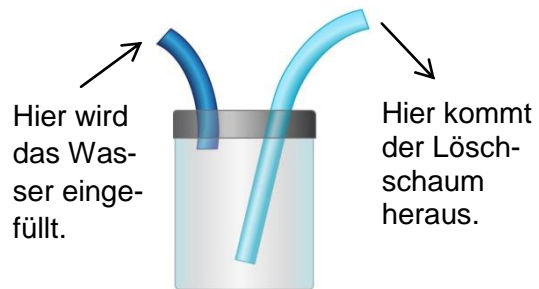
Hinweis: Die Hilfen sind in einer separaten Datei zum Ausdruck vorbereitet oder können über die QR-Codes im Arbeitsblatt online genutzt werden.

Hilfe 1 Erklärt euch gegenseitig die Aufgabe noch einmal in euren eigenen Worten. Klärt dabei, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.	Antwort 1 Wir sollen einen Schaumfeuerlöscher entwerfen, der mit Natron, Zitronensäure, Waschpulver und Wasser funktioniert. Am Ende sollen wir eine Skizze machen, wie der Feuerlöscher aussehen könnte, und erklären, wie er funktioniert.
Hilfe 2 Erinnert euch daran, was ihr über die Reaktion von Natron, Zitronensäure und Wasser schon gelernt habt.	Antwort 2 Wenn wir zu einem Gemisch von Natron und Zitronensäure etwas Wasser geben, fängt es an zu sprudeln. Es entsteht eine Menge Gas: Kohlenstoffdioxid.
Hilfe 3 Bei den Zutaten für den Feuerlöscher ist auch Waschpulver dabei. Was meint ihr, wozu das dienen soll?	Antwort 3 Wenn wir Waschpulver in Wasser auflösen und schütteln, gibt es Schaum. Wenn das Gemisch von Natron und Zitronensäure zusätzlich Waschpulver enthält, dann wird durch das entstehende Kohlenstoffdioxid auch ein Schaum gebildet. Der Schaum kann dann das Feuer abdecken und ersticken.
Hilfe 4 Jetzt braucht ihr noch ein geeignetes Gefäß, in dem ihr den Löschschaum erzeugen könnt. Denkt dabei daran, dass ihr das Feuer auch aus einiger Entfernung löschen könnt.	Antwort 4 Der Löschschaum soll von alleine heraus-spritzen. Darum muss das Gefäß geschlossen sein. Es muss eine Möglichkeit geben, das Wasser dazu zu geben, damit die Reaktion startet. Unser Schaumfeuerlöscher muss eine bewegliche Ableitung haben, damit wir den Schaum gezielt auf eine Flamme richten können.

Hilfe 5

Jetzt habt ihr alles zusammen. Macht eine Skizze für den Schaumfeuerlöscher und beschreibt, wie er funktioniert.

Antwort 5



Der Feuerlöscher besteht aus einem Gefäß mit Deckel.

Es gibt eine Öffnung, durch die Wasser zugegeben werden kann, und eine Düse, aus der der Schaum herauskommt.

Wenn Wasser zugegeben wird, startet die Reaktion und es bildet sich Kohlenstoffdioxid-Gas. Weil Waschpulver dabei ist, gibt es Schaum. Wenn wir die Öffnung für die Wasserzugabe verschließen, drückt der Druck innen den Löschschaum durch die "Düse" heraus. So können wir eine kleine Flamme löschen.