

Mit der Kerze in den Weinkeller

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 Schüler 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

Die Aufgabe thematisiert die Bildung von Kohlenstoffdioxid (CO_2) als Produkt der alkoholischen Gärung. Unter physiologischen Gesichtspunkten geht es darum, dass CO_2 ein Atemgift ist, das zum Tode führen kann. Der dritte Aspekt ist die erstickende Wirkung von CO_2 auf offene Flammen.

2 Lernvoraussetzungen und Schwierigkeitsgrad

Um diese Aufgabe lösen zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler über Vorwissen aus verschiedenen Bereichen der Naturwissenschaften verfügen.

Zum einen müssen sie die alkoholische Gärung insoweit kennen, als dass dabei aus Zucker Ethanol und Kohlenstoffdioxid entstehen. Wenn im Unterricht Gärversuche durchgeführt worden sind, dann erinnern sich die Schülerinnen und Schüler sicher an das blubbernde Gärrohrchen und den begleitend durchgeführten CO_2 -Nachweis mit „Kalkwasser“ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung).

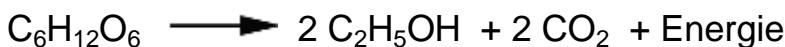
Bekannt sein muss auch, dass Kohlenstoffdioxid (zusammen mit Wasserdampf) zwar ein Stoffwechselprodukt der Atmung ist, in höherer Konzentration aber ein Atemgift darstellt, weil es die Bindung von Sauerstoff aus der Luft an das Hämoglobin verhindert. Auch, dass es die Verbrennung hindert, sollte geläufig sein.

Zu beachten ist, dass Schülerinnen und Schüler, die ggf. bereits im Rahmen einer Exkursion oder eines Urlaubs in einer Weingegend einen Weinkeller besucht haben oder mit entsprechenden Erfahrungsmöglichkeiten im häuslichen Umfeld, die Lösung bereits kennen. In diesem Fall ist besonders darauf zu achten, dass die Begründung der Antwort ausführlich schlussfolgernd gegeben wird.

Die Aufgabe wird schwieriger, wenn man ohne Kontextgeschichte arbeitet; dann muss zunächst der Bezug zur alkoholischen Gärung hergestellt werden.

3 Zum Hintergrund der Aufgabe

Das Begehen von Weinkellern mit einer offenen Flamme hat eine lange Tradition. Schon bevor die chemische Natur verschiedener Gase bekannt war, wurden brennende Kerzen zur eigenen Sicherheit vom Winzer mit in den Gärkeller getragen. Erlischt die Kerze, dann besteht Lebensgefahr: Der CO_2 -Gehalt in der Luft ist dann so hoch, dass ein Mensch beim weiteren Aufenthalt im Keller erstickt würde. Weil CO_2 geruchlos ist, kann es ohne Hilfsmittel nicht wahrgenommen werden. Das CO_2 entsteht beim Gärprozess nach folgender Reaktionsgleichung:



Erlischt die Kerze – ab einem CO_2 -Gehalt von >10 % – dann sollte man den Keller schnell wieder verlassen.

Weitere Informationen findet man z. B. bei einer Google-Suche im Internet unter dem Stichwort „Gärgasunfall“.

4 Die Aufgabe

In der einfachsten Form kann die Aufgabe wie folgt formuliert werden:

Erklärt, warum es sinnvoll ist, mit einer brennenden Kerze in einen Weinkeller hinunter zu steigen. Fasst eure Erklärung zu einem kurzen Text zusammen.

Wegen der lernfördernden Wirkung eines Kontexts, aus dem heraus die Aufgabe entwickelt wird, kann je nach Einschätzung der Lehrkraft eine Kontextszene entwickelt werden, z. B. wie folgt:

Zum Abschluss des Themas „Alkoholische Gärung“ darf die Klasse einen Winzer besuchen.

Es ist ziemlich eng im Keller mit den vielen Fässern und so kommt es, dass Nils nicht alles versteht, was hier unten erklärt wird. Darum fragt er Johanna auf der Rückfahrt im Bus; sie stand schließlich immer ganz vorne.

„Sag mal, was war das mit der brennenden Kerze? Warum ist der Winzer damit in den Keller gegangen, wo es doch elektrisches Licht da unten gibt?“

Johanna, die schon 10 Fragen beantwortet hat, hat keine Lust mehr und sagt:

„Das kannst du doch selbst herausfinden, wenn du ein bisschen überlegst. Er macht es jedenfalls zu seiner eigenen Sicherheit.“

Ziel der Bearbeitung ist es, eine entsprechende Begründung zu finden und dabei die Ursachen für das mögliche Auftreten von hohen CO₂-Konzentrationen, die damit verbundene Gefahr sowie die Indikator-Funktion der Kerze zu erklären.

5 Variationen

Die Aufgabe kann in eher physikalisch-chemische Richtung akzentuiert werden, wenn man den Umstand einbezieht, dass der Winzer die Kerze etwa in Kopfhöhe hält. Dies hat den Hintergrund, dass CO₂ spezifisch schwerer als Luft ist und daher in der Luft eines Gärkellers eher in Bodennähe zu finden ist. Wenn das CO₂ bereits in Kopfhöhe auf die Kerzenflamme wirkt, ist Umkehren dringend geboten.

Um die Aufgabe mit diesem Schwerpunkt lösen zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler Basiskenntnisse über den Atombau und die Eigenschaften von Gasen besitzen. Sie müssen auch wissen, dass die Molekülmassen (als Summe der Atommassen) je nach Zusammensetzung der Teilchen eines Gases verschieden sind. Ebenso notwendig ist die Kenntnis des Satzes von Avogadro, dass gleiche Volumina von Gasen bei sonst gleichen Bedingungen (Temperatur, Druck) im Idealfall die gleiche Anzahl von Teilchen enthalten. Davon ausgehend lässt sich verstehen, dass verschiedene Gase unterschiedliche Dichte besitzen. Die Dichten von Luft (N₂/O₂) und CO₂ verhalten sich wie die Molekülmassen:

Gas	Molekülmasse	Dichte unter Normalbedingungen
Stickstoff	N ₂	2 x 14 = 28
Sauerstoff	O ₂	2 x 16 = 32
Luft		1,3 g/l
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	12 + (2 x 16) = 44
		1,98 g/l

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 herausfinden, warum ein Winzer aus Sicherheitsgründen mit einer Kerze in den Weinkeller geht.
Hilfe 2 Überlegt, welche Gefahren dem Winzer in einem Weinkeller drohen können. Was passiert in einem Weinkeller?	Antwort 2 Im Weinkeller wird Wein gelagert. In den Fässern findet die alkoholische Gärung statt.
Hilfe 3 Erinnert euch, was ihr über die alkoholische Gärung gelernt habt.	Antwort 3 Bei der alkoholischen Gärung entsteht unter dem Einfluss von Hefepilzen aus Zucker Alkohol. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2 + \text{Energie}$ Aus der Reaktionsgleichung sehen wir, dass als Nebenprodukt CO_2 entsteht.
Hilfe 4 Was wisst ihr über Kohlenstoffdioxid?	Antwort 4 CO_2 wird bei vielen Verbrennungsprozessen und bei der Atmung gebildet. Es ist unsichtbar und geruchlos, in höheren Konzentrationen führt es zum Ersticken.
Hilfe 5 Jetzt kennt ihr die Gefahr, die im Weinkeller lauern könnte. Wie kann eine Kerze dabei helfen, diese Gefahr zu vermeiden?	Antwort 5 Eine Kerzenflamme geht aus, wenn nicht mehr genug Sauerstoff in der Luft ist und wenn die Konzentration von CO_2 deutlich angestiegen ist.
Hilfe 6 Jetzt habt ihr alles zusammen, um eine Antwort geben und begründen zu können.	Antwort 6 Der Winzer nimmt eine Kerze mit in den Weinkeller, damit er merkt, ob dort zu viel CO_2 in der Luft ist. CO_2 wird als Nebenprodukt bei der alkoholischen Gärung gebildet. Wenn die CO_2 -Konzentration im Keller hoch ist, könnte der Winzer ersticken. Mit der Kerze in der Hand wird er rechtzeitig gewarnt, weil die Flamme ausgeht.