

# 3 Verbrennung und Sauerstoff

## 3.18 Zusammenfassung und Übung (S. 105/106)

### Zu den Aufgaben

**A1** Für das Entstehen eines Feuers müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

- Erstens muss ein brennbarer Stoff vorhanden sein.
- Zweitens muss der brennbare Stoff entzündet werden. Dies geschieht, wenn seine Zündtemperatur erreicht wird.
- Drittens muss genügend Luft vorhanden sein, damit der brennbare Stoff brennen kann.

**A2 Hinweis:** Das Streichholz befindet sich in einem Reagenzglas und dieses wird von außen mit einer Brennerflamme erwärmt.

Dadurch wird das Reagenzglas immer heißer. Irgendwann ist es so heiß, dass die Zündtemperatur des Streichholzes erreicht ist und das Streichholz sich entzündet. Der Versuch zeigt, dass zum Entzünden eines brennbaren Stoffes dessen Zündtemperatur entscheidend ist und nicht etwa der Kontakt mit einer offenen Flamme.

**A3** Die Verbrennung von Benzin ist eine Stoffumwandlung. Benzin und Sauerstoff sind die Ausgangsstoffe der Stoffumwandlung. Benzin ist flüssig und hat einen intensiven, charakteristischen Geruch. Die Produkte der Stoffumwandlung sind Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid ist gasförmig und geruchlos. Auch Wasser ist geruchlos. Das Wasser kann flüssig oder als Wasserdampf in der Luft verteilt vorliegen.

**A4** Am Anfang liegt das Wachs der Kerze (Brennstoff) im festen Aggregatzustand vor. Wird die Kerze entzündet, geht das feste Wachs zunächst in den flüssigen und dann am Dochtende in den gasförmigen Aggregatzustand über. Dort verbrennt dann das gasförmige Wachs. Es findet eine Stoffumwandlung statt. Aus dem Edukt Kerzenwachs entstehen die beiden Produkte Kohlenstoffdioxid und Wasser. Bei diesem Vorgang wird Energie in Form von Licht und Wärme frei.

**A5** Flammen sind brennende Gase oder Dämpfe. In einer Kerzenflamme verbrennt Wachsdampf, also gasförmiges Wachs. Es wird aus dem festen bzw. geschmolzenen Wachs immer wieder neu gebildet. Dafür sorgt die hohe Temperatur in der Flamme. Kupfer ist ein sehr guter Wärmeleiter. Stülpt man eine Kupferwendel, die etwa den Durchmesser der Kerzenflamme hat, über die Flamme, so wird sehr viel Wärme über das Kupfer abgeleitet. Dadurch wird die Temperatur des gasförmigen Wachses unter seine Zündtemperatur abgesenkt. Die Flamme erlischt. Nach kurzer Zeit wird auch das Wachs fest.

**A6**

- a) Kohlenstoffdioxid hat eine größere Dichte als Luft und sammelte sich deshalb unter Verdrängung der Luft am Boden der Grotte. Da Hunde und andere kleine Tiere nun dieses Gas einatmen, ersticken sie. Eine erwachsene Person „wädet“ im Kohlenstoffdioxid, während ihr Kopf in die sauerstoffhaltige Luft ragt.
- b) Der Kellermeister benutzt die brennende Kerze als „Warnsignal“ vor Erstickungsgefahr, da eine Kerzenflamme im Kohlenstoffdioxid erlischt. Wenn er die Treppe zum Gärkeller hinabsteigt, erlischt die in der Hand gehaltene Kerze, bevor er mit dem Kopf in das Kohlenstoffdioxid eintaucht.

**A7** Bei einer chemischen Reaktion entstehen neue Stoffe (oder ein neuer Stoff) mit anderen Eigenschaftskombinationen, als sie die Ausgangsstoffe aufweisen. Liegen die Ausgangsstoffe als Gemisch vor, so lassen sich die verschiedenen Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaften trennen. Mischen und trennen: Eisen- und Schwefelpulver können gemischt und wieder getrennt werden, ebenso Wasser und Farbstoff. Metalle und Sauerstoff reagieren zu Oxiden.

**A8** Unedle Metalle reagieren leicht mit Sauerstoff und bilden Metalloxide.

**A9** Durch die Bewegung der brennenden Eisenwolle werden Reaktionsprodukte schneller abgeführt und Frischluft schneller zugeführt. Diese fördert die schnellere und damit heftigere Verbrennung der Eisenwolle.

**A10**

Bestandteil der Luft	Verwendungszweck
Sauerstoff	für Atemgeräte, zum Schweißen
Stickstoff	Haltbarmachen von Lebensmitteln, Aufbewahren von Zellkulturen
Kohlenstoffdioxid	in Feuerlöschern, als Trockeneis
Edelgase	Füllgas für Ballons (Helium), Füllung von Leuchtstoffröhren (Neon, Argon)

**A11** Kupfer + Sauerstoff → Kupferoxid

Bei dieser Reaktion reagiert ein Metall mit Sauerstoff, es liegt eine Oxidation vor.

**A12** Fünf Stickstoffoxide (Stickoxide) sind von Bedeutung:

- farbloses Stickstoffmonoxid (NO); giftiges, braunrotes Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), das bei Zimmertemperatur überwiegend dimer, d.h. als
- Distickstofftetraoxid (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) vorliegt;
- Distickstoffoxid (alte Benennung: Stickoxydul, Lachgas, N<sub>2</sub>O) als farbloses, leicht süßlich riechendes Gas und
- Distickstoffpentaoxid (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aus farblosen, harten Kristallen, die an der Luft zerfließen und in unberechenbarer Weise explodieren können.

Am ehesten dürfte den Schülerinnen und Schülern Lachgas bekannt sein. Es ist das am Häufigsten verwendete, gasförmige, nicht brennbare, nicht explosive, nahezu nicht toxische Inhalationsnarkotikum. Es wird schon seit 1799 verwendet. Zur Verwendung ist eine Beimischung von mindestens 25% Sauerstoff notwendig, die Narkosetiefe und -dauer ist gut steuerbar, weil die Wirkung schnell eintritt, aber auch rasch beendet wird, da Lachgas den Organismus in unveränderter Form wieder verlässt. Es zeigt auch bei länger andauerndem Einsatz für umfangreichere Operationen kaum Nebenwirkungen. Beim Menschen können Stickstoffoxide Lungen reizend wirken, auch allergische Reaktionen scheinen möglich.

Stickstoffdioxid ist (neben anderen Stickstoffoxiden, insbesondere Stickstoffmonoxid) der Hauptbestandteil der stark giftigen, gelben bis braunroten nitrosen Gase, die nach dem Einatmen die Hämoglobinbildung beeinflussen, Gefäßdilatation mit Absenkung des Blutdruckes und bei längerem Einatmen den Tod bewirken können.

In den oberen Schichten der Erdatmosphäre werden unter der Einwirkung von Wärme, Elektrizität (Gewitter) ständig Stickstoffoxide gebildet. Manche Pflanzen (z. B. Birke, Lärche, Weißtanne, Linde) ertragen maximal 6000 mg/m<sup>3</sup> während 30 min. Da dieser Wert kaum irgendwo erreicht wird, ist eine Direktschädigung von Pflanzen auch kaum je gegeben, doch in Kombination mit anderen Schadstoffen kann es zu Schäden kommen. Die Wirkung von Stickstoffoxiden auf das Pflanzenwachstum kann leicht in einem Experiment mit Kresse gezeigt werden.

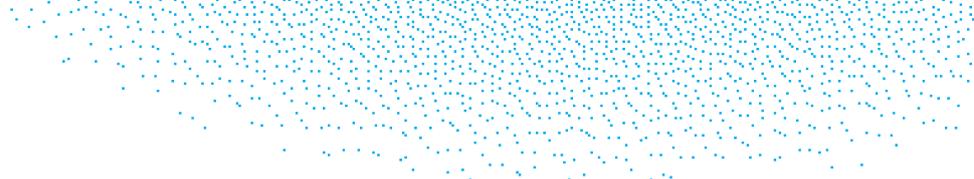
Bemerkenswert ist, dass sich Stickstoffmonoxid im menschlichen Organismus in jüngster Zeit als vielseitiger zellulärer Botenstoff (Hormon) erwiesen hat. Im Vorfeld wurde ein blutdrucksenkendes Hormon charakterisiert, welches im Nachhinein als Stickstoffmonoxid identifiziert wurde.

Stickstoffmonoxid-Moleküle werden besonders in den Neuronen des Kleinhirns, der Neurohypophyse, und in den Augen (Netzhaut) mithilfe eines bestimmten Katalysators (Enzym Stickstoffoxid-Synthase) produziert. Stickstoffmonoxid-Moleküle können leicht Zellwände passieren, um dort wichtige Funktionen auszuüben. Beispielsweise bilden die Makrophagen des Immunsystems ebenfalls Stickstoffmonoxid-Moleküle, welche Tumorzellen angreifen und ferner Endoparasiten durch Eingriff in deren Stoffwechsel (Hemmung von Oxidoreduktasen) bekämpfen.

Eine überhöhte Produktion von Stickstoffmonoxid, wie sie z. B. nach schweren Verletzungen oder epileptischen Anfällen zu beobachten ist, wirkt sich pathologisch in Form einer Schädigung körpereigener Zellen, speziell im Gehirn, aus.

Als Luftschadstoff besitzt das reine Gas keinerlei Reizwirkung auf menschliche Atmungsorgane, bildet aber im Körper Methämoglobin, verändert also den roten Blutfarbstoff Hämoglobin (die  $\beta$ -Kette des Globins im Bereich des Häm), sodass Cyanose, Übelkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, Tachykardie, Atemstörungen, Unruhe bis hin zu Hämolyse, Kollaps und Tod die Folge sein können. Insbesondere Kleinkinder und Säuglinge sind gefährdet.

**A13** Feuchtes Heu beginnt zu gären. Dabei entstehen brennbare Gase und Wärme. Wird die Zündtemperatur erreicht, kommt es zur Selbstentzündung.



**A14** Zur Brandklasse B gehören flüssige oder flüssig werdende Stoffe wie Alkohol und Benzin. Brennendes Benzin würde aber auf dem Löschwasser schwimmen. Dadurch könnte sich der Brand sogar noch weiter ausbreiten.

**A15** Die beste Methode zum Löschen eines Fettbrandes ist das Unterbrechen der Luftzufuhr. In der Küche wird man sich dafür einen entsprechend großen Topfdeckel nehmen und zügig auf die Pfanne mit dem brennenden Fett legen. Dadurch wird der Fettbrand erstickt. Hat man einen solchen Deckel nicht zur Hand, könnte man den Brand auch mit Sand oder Kochsalz zum Erstickten bringen.

**A16** Durch das Zerstäuben und Vermischen mit Luft wird der Zerteilungsgrad des Kraftstoffes erhöht und zudem eine für eine effektive Verbrennung notwendiger Sauerstoffanteil zur Verfügung gestellt.

**A17**

- a) Oxidiert werden die in der Nahrung enthaltenen Nährstoffe, wie z. B. Fette, Kohlenhydrate und Eiweiße.
- b) Es handelt sich um eine stille Verbrennung, die recht langsam und ohne Leuchterscheinung (z. B. Glut oder Flamme) abläuft.
- c) Bei den Reaktionen von b) handelt es sich trotzdem um exotherme Reaktionen. Die abgegebene thermische Energie (Wärme) dient zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur des Lebewesens.