



SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

*Was geschieht beim Feuerwerk? Ein Lernzirkel /
Stationenlernen*

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



Was geschieht beim Feuerwerk? – Ein Lernzirkel

Ein Beitrag von Rolf Goldstein, Gießen
Mit Illustrationen von Katja Rau, Berglen

Vom Feuerwerk geht bei Schülern eine unglaubliche Faszination aus. Wenn es knallt, pfeift und der nächtliche Himmel in unterschiedlichste Farben getaucht ist, werden die Augen groß und das Phänomen steht ganz klar im Vordergrund. Doch welche naturwissenschaftlichen Prinzipien sorgen dafür, dass Blitze, Goldregen und Knalleffekte entstehen? Woher weiß man, was sicheres Feuerwerk ist? Und was ist bei der Handhabung von Feuerwerkskörpern zu beachten?

Mit dieser Unterrichtseinheit erforschen Ihre Schüler die chemischen und physikalischen Hintergründe und wenden am Ende der Einheit in einem Test ihr fachbezogenes Wissen an. Dabei werden auch wichtige Regeln im Umgang mit Feuerwerkskörpern thematisiert.



Foto: Thinkstock/iStock

Mindestens einmal im Jahr verzaubern Raketen den Himmel mit ihren Glitzer- und Farbeffekten.

Mit einem Quiz als
Lernerfolgskontrolle

Das Wichtigste auf einen Blick

Klasse: 8/9

Dauer: 8 Stunden (Minimalplan: 6)

Kompetenzen: Die Schüler ...

- führen Experimente zur Flammenfärbung durch.
- bewerten den sicheren Umgang mit Feuerwerk anhand festgelegter Kriterien.
- skizzieren den Aufbau ausgewählter Feuerwerkskörper.
- untersuchen Chemikalien, die als Effekte im Feuerwerk eingesetzt werden.

Versuche:

- Wie kommen die Glitzer- und Farbeffekte im Feuerwerk zustande? (SV)
- Wie wird Feuerwerk hergestellt? (SV)
- Warum ist die Verdämmung von Feuerwerkskörpern so gefährlich? (SV)

Übungsmaterial:

- Der Feuerwerk-Check
- Was ist der Unterschied zwischen Kugelbomben und Silvesterraketen?
- Kennst du dich mit Feuerwerk aus?

Was Sie zum Thema wissen müssen

Arten von Feuerwerkskörpern

Der grundsätzliche Aufbau eines Feuerwerkskörpers besteht aus einer Treibladung, die dafür sorgt, dass das Ganze in den Himmel befördert wird, und der eigentlichen Effektladung, die im Anschluss gezündet wird. **Treibladungen** bestehen hauptsächlich aus Schwarzpulver, welches z. B. durch eine Anzündlitze gezündet wird. Die bei der Reaktion entstehenden Gase werden so abgeleitet, dass der Feuerwerkskörper nach dem Rückstoßprinzip gen Himmel befördert wird. Die **Effektladung** enthält die sogenannten **Leuchtkugeln**. Hierbei handelt es sich, je nach Herstellung, um Reis-, Raps- oder gar Maiskörner, an denen Schwarzpulver und andere Chemikalien haften, die für die Flammenfärbung oder spezielle Effekte zuständig sind. Beim Höhenfeuerwerk unterscheidet man Raketen und Kugelbomben.

In einer herkömmlichen **Silvesterrakete** werden die einzelnen Leuchtkugeln ungeordnet in den Raketenkopf gefüllt. Brennt die darunter befindliche Treibladung ab, entzündet sie irgendwann die Leuchtkugeln, die daraufhin ungleichmäßig abgesprengt werden und verbrennen.

Kugelbomben bestehen aus zwei Halbschalen, in denen die Leuchtkugeln in einer Schicht an der Innenwand angeordnet sind. Der restliche Innenraum wird mit Schwarzpulver gefüllt, bevor alles zu einer Kugel zusammengeklebt wird. Um die Kugelbombe in den Himmel zu schießen, wird an einer Seite eine Treibladung, auch Ausstoßladung genannt, an ihr befestigt. Zum Abschuss wird ein spezielles Abschussrohr verwendet. Die Verbrennung der Ausstoßladung erzeugt einen Gasdruck, welcher die Kugelbombe aus dem Mörser hinaustreibt. Zeitgleich brennt eine Zündschnur langsam in das Zentrum der Kugelbombe. Am höchsten Punkt des Fluges der Kugelbombe entzündet sich das Schwarzpulver im Kugelinneren vom Mittelpunkt aus. Hierdurch zünden die Leuchtkugeln und werden ebenso zeitgleich wie gleichmäßig in alle Richtungen nach außen getrieben.

Schwarzpulver und andere Explosivstoffe

Der wohl wichtigste Bestandteil eines jeden Feuerwerks ist das **Schwarzpulver**. Hierbei handelt es sich um ein heterogenes Stoffgemisch aus Holzkohle, Schwefel und Kaliumnitrat (Kalisalpeter), einem Kaliumsalz. Bei der ablaufenden Redoxreaktion gibt der Kalisalpeter den Sauerstoff an die leicht brennbaren Stoffe Schwefel und Holzkohle ab. Als Reaktionsprodukte entstehen z. B. Kohlenstoffmonoxid, Kaliumoxid, Schwefeldioxid und Stickstoff. Die vereinfachte Reaktion zur Verbrennung von Schwarzpulver lautet: $C + 2 S + 2 KNO_3 \longrightarrow K_2O + CO + 2 SO_2 + N_2$

Da bei der Verbrennung eine Temperatur von ungefähr 2000 °C entsteht, handelt es sich um eine stark exotherme Reaktion. Schwarzpulver hat im Vergleich zu modernen Explosivstoffen eine **geringe Detonationsgeschwindigkeit** und das bei der Verbrennung entstehende Gasvolumen ist relativ gering. Diese beiden Faktoren führen dazu, dass bei einer Verbrennung von weniger als einem Kilogramm Schwarzpulver keine Explosion zustande kommt, sondern nur ein einfaches Abbrennen. Daher werden bestimmte Feuerwerkskörper mit Karton verdammt. Dies ermöglicht einen Druckaufbau, wodurch es schließlich zu einer Explosion und dem gewünschten Knalleffekt kommt. **Schießbaumwolle (Cellulosenitrat)** ist nitririerte Cellulose. Beim Verbrennen entstehen im Gegensatz zum Schwarzpulver ausschließlich gasförmige Reaktionsprodukte, wie z. B. Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und Wasserdampf. Da Schießbaumwolle nahezu rückstandsfrei verbrennt, wird sie häufig für Indoor-Feuerwerk eingesetzt. Illegale Böller enthalten häufig **Blitzknallsatz**. Es handelt sich dabei um ein Stoffgemisch aus Aluminiumpulver und Kaliumperchlorat, welches als äußerst starkes Oxidationsmittel fungiert. Die Reaktionsgleichung lautet: $3 KClO_4 + 8 Al \longrightarrow 3 KCl + 4 Al_2O_3$, und die Reaktion ist sehr stark exotherm.

Flammenfärbung

In Feuerwerk werden zur Färbung verschiedene **Salze** eingesetzt. Salze sind Verbindungen aus positiv geladenen Metallteilchen und negativ geladenen Nichtmetallteilchen, wie z. B. Chloride oder Nitrate. Wird ein Salz großer Hitze ausgesetzt, werden die Salzteilchen angeregt und geben Energie in Form von Licht ab. Je nachdem, um welches Salz es sich handelt, wird Licht in einer bestimmten Wellenlänge abgegeben. Entscheidend dabei ist fast ausschließlich das am Salz

beteiligte **Metallteilchen**. Kupfersalze emittieren blaues, Natriumsalze gelbes, Strontiumsalze rotes und Bariumsalze grünes Licht.

Spezialeffekte und weitere Zusätze

Vielfach werden dem Feuerwerk auch diverse **Metallpulver** hinzugesetzt. Magnesiumpulver sorgt beim Verbrennen für einen Blitzeffekt, während Eisen- oder Holzkohlepulver beim Verbrennen bronzene Funken verursacht. Titanpulver sorgt in der Treibladung einer Rakete für einen blausilbernen Schweif und die Legierung Ferroaluminium erzeugt den besonders beliebten Effekt des Goldregens. Bei all den genannten Effekten laufen lediglich Oxidationsreaktionen ab, d. h., der betreffende Stoff reagiert mit dem Sauerstoff der Luft zu einem Oxid. Um die Feuerwerksfarben zu intensivieren, bedient man sich des Kunststoffes Polyvinylchlorid (PVC). Durch diesen laufen chemische Reaktionen ab, bei denen Metallchloride entstehen, die bei Hitze besonders intensiv leuchten. Zur Steuerung der Brenndauer bestimmter Effekte werden weitere Stoffe als Katalysatoren (= Reaktionsbeschleuniger) und Inhibitoren (= Reaktionshemmer) eingesetzt.

Klassifizierung

Feuerwerkskörper werden in verschiedene Kategorien unterteilt. Man unterscheidet nach § 6 der 1. Verordnung zum Sprengstoffgesetz vier Kategorien. Die Einteilung in die einzelnen Kategorien erfolgt dabei anhand der Gefährlichkeit der pyrotechnischen Gegenstände. In der Registriernummer, welche die Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) vergibt und mit der sie geprüfetes Feuerwerk kennzeichnet, ist immer auch angegeben, in welche Kategorie der Feuerwerkskörper fällt. Die folgende Tabelle fasst die Restriktionen der einzelnen Kategorien zusammen:

Kategorie	Mindestsicherheitsabstand	max. Schallpegel	Nettoexplosivstoffmasse	Personenkreis
F1	1 m	120 db in 1 m	max. 20 g	ab 12 Jahre
F2	8 m	120 db in 8 m	max. 500 g	ab 18 Jahre
F3	15 m	120 db in 15 m	max. 1000 g	ab 18 Jahre, mit Befähigungsschein, Verwendung muss der zuständigen Behörde schriftlich angezeigt werden
F4	k. A.	darf die menschliche Gesundheit nicht gefährden	keine Beschränkung	ab 21 Jahre, mit Befähigungsschein, Genehmigung durch Ordnungsamt notwendig

Die Feuerwerkskörper der Kategorie F1 dürfen ohne zeitliche Begrenzung von Personen über 12 Jahren gekauft und verwendet werden, für Artikel der Kategorie F2 besteht in der Zeit vom 02.01. bis 30.12. ein Verwendungsverbot.

Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

Voraussetzungen der Lerngruppe

Für die Arbeit mit dieser Unterrichtsreihe sollten Ihre Schülerinnen und Schüler* mit dem **Reaktionstyp der Redoxreaktion** als Sauerstoffübertragungsreaktion bereits vertraut sein. Wenn Sie näher auf das Phänomen der Flammenfärbung eingehen wollen, sollte das **Atommodell nach Bohr** bereits bekannt sein. In methodischer Hinsicht ist es hilfreich, wenn Ihre Schüler bereits **eigenständig experimentieren** und protokollieren können und mit der Arbeit in einem **Lernzirkel** vertraut sind. Auch in der Handhabung des **Gasbrenners** und dem fachgerechten Aufbau von Stativmaterial ist eine ausreichende Erfahrung bei Ihren Schülern notwendig.

* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet.

Aufbau der Unterrichtseinheit

Der Einstieg in die Reihe erfolgt mit einer Placemat-Methode, bei der sich Ihre Schüler in kleinen Gruppen Gedanken zum Thema machen.

Im Anschluss daran führen Sie den **Lehrerversuch** zur Zündung eines Blitzlichtgemisches durch, um Ihre Schüler für das Gefährdungspotenzial pyrotechnischer Gegenstände zu sensibilisieren. Mittels eines **Feuerwerk-Checks M 2** erhalten Ihre Schüler zudem ein Werkzeug, um eine schnelle Einordnung in ein mögliches Gefahrenpotenzial vorzunehmen. An dieser Stelle können Sie mithilfe des unteren Teils von **Farbfolie M 1** auf die Kennzeichnung von legalem Feuerwerk eingehen.


Nach Behandlung der Sicherheitsaspekte befassen sich die Lernenden in den folgenden Stunden in einem Lernzirkel aus **fünf Stationen (M 3–M 7)** mit der Herstellung, dem Aufbau und der Funktion von Feuerwerk an ausgewählten Beispielen und sammeln ihre Ergebnisse.

Im Lernzirkel skizzieren Ihre Schüler den schematischen Aufbau verschiedener Feuerwerkskörper, untersuchen in Experimenten die für die Effekte und Farben verantwortlichen Chemikalien und führen Modellexperimente zur Verdämmungswirkung und zur Feuerwerksherstellung durch. Nach jeder Station überprüfen die Jugendlichen selbstständig anhand von **Lösungskarten** den eigenen Lernerfolg.

Mithilfe der **Lernerfolgskontrolle M 8** überprüfen Ihre Schüler anhand kompetenzorientierter Aufgaben ihren Lernerfolg.

Üben

Angebote zur Differenzierung

Als **Zusatzmaterial auf CD** () stehen Ihnen drei **Zusatzstationen** zur Verfügung, welche von schnelleren Schülergruppen zusätzlich bearbeitet werden können.

Ideen zum fächerübergreifenden Unterricht

Dieses Projekt bildet eine gute Brücke zwischen **Chemie-** und **Physikunterricht**. Es bietet sich auch an, **biologische Aspekte** wie z. B. Verletzungen und Erste Hilfe sowie Aspekte des Naturschutzes zu thematisieren.

Hinweise zur Sicherheit

Wichtig für Sie als Lehrkraft gerade bei diesem sensiblen Thema sind die **Richtlinien zur Sicherheit im Chemieunterricht**. Die Herstellung explosionsgefährlicher Stoffe ist generell verboten, jedoch ist es Ihnen als Fachlehrkraft erlaubt, unter bestimmten Bedingungen Gemische oxidierender Stoffe (Kalisalpeter) mit brennbaren Stoffen (Schwefel, Holzkohle) im Unterricht als Lehrerdemonstrationsexperiment zur Reaktion zu bringen (siehe dazu auch RiSU, Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 26.02.2016, S. 40). Außerdem dürfen Ihre Schüler unter Aufsicht mit kleinen Mengen sogenannter Kollodiumwolle (auch technische Nitrocellulose genannt) experimentieren. Der auch als Schießbaumwolle oder Pyrowatte bezeichnete Stoff hat einen Stickstoffgehalt unter 12,6 % und darf unverdämmt verbrannt werden.

Diese Kompetenzen trainieren Ihre Schüler

Die Schüler ...

- bewerten den sicheren Umgang mit Feuerwerk anhand festgelegter Kriterien.
- skizzieren den Aufbau ausgewählter Feuerwerkskörper.
- untersuchen Chemikalien, die als Effekte im Feuerwerk eingesetzt werden.
- beschreiben anhand eines Modellexperiments die Auswirkungen der Verdämmung.
- führen selbstständig Versuche durch und protokollieren ihre Beobachtungen und Ergebnisse.
- stärken ihre Kommunikationskompetenz durch Gruppenarbeit.

Medientipps

Literatur für Lehrer

Russell, Michael S.: Chemistry of Fireworks. Royal Society of Chemistry. London 2009.

Dieses Buch ist für die Chemiekolleginnen und -kollegen unter Ihnen geeignet. Schwerpunkt bilden die genauen chemischen und physikalischen Hintergründe der verschiedenen pyrotechnischen Effekte.

Zeitschriften

Kometz, Andreas; Urbanger, Michael; Fraterman, Thorsten: Feuerwerk im Chemieunterricht. CHEMKON 2012 (19), S. 73–77.

Der Fachbeitrag bietet einen detaillierten Einblick in historische Entwicklungen sowie weitere Gestaltungsideen für Ihren Unterricht.

Filme

Terra X – Der zündende Funke (Folge 137). Online-Stream in der ZDF-Mediathek, ca. 45 min, 2014.

Der Film erzählt die Geschichte des Feuerwerks unter Zuhilfenahme von Zeichentrickaufnahmen und Nachstellungen mit Schauspielern.

Bibliothek der Sachgeschichten – Feuerwerk (F6). DVD, ca. 30 min, 2016.

In vier kurzen Filmen erklärt Armin Maiwald sehr anschaulich und kindgerecht Wunderkerze, Feuerwerksrakete, Feuerwerkssonne und eine Figuren-Kugelbombe.

Internetadressen

www.feuerwerk.net/wiki/Hauptseite

Das Feuerwerk-Wiki ist eine umfassende Enzyklopädie zum Thema Feuerwerk und Pyrotechnik, an der jeder mitarbeiten kann. Hier findet man viele Informationen rund um das Thema.

www.planet-schule.de/wissenspool/meilensteine-der-naturwissenschaft-und-technik/inhalt/hintergrund/chemie/alfred-nobel-und-das-dynamit.html

In diesem Internetangebot von SWR und WDR finden Sie kompakt Informationen zur Geschichte, zu den chemischen Hintergründen und zu Sicherheitsaspekten in Bezug auf Feuerwerkskörper.

www.planet-schule.de/wissenspool/meilensteine-der-naturwissenschaft-und-technik/inhalt/multimedia/chemie/feuerwerk-labor.html

In einer interaktiven Flash-Animation erkunden Ihre Schüler Wissenswertes rund ums Feuerwerk und angrenzende Themen.

www.zdf.de/terra-x/die-geschichte-des-feuerwerks-33949386.html

Begleitend zur Dokumentation „Der zündende Funke“ von Terra X finden Sie hier alle notwendigen Hintergrundinformationen in kompakter Form.



SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

*Was geschieht beim Feuerwerk? Ein Lernzirkel /
Stationenlernen*

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

