

UNTERRICHTSIDEEN

Richard Bolek

Feuer kann man nicht nur sehen

Kinder erforschen Verbrennungsprozesse

Das spielerische Aneignen von Kenntnissen ist beim Thema Feuer sehr schwer. Auf der einen Seite stehen diverse Verbote, auf der anderen Seite locken verschiedenste Sinneseindrücke. Die experimentelle Untersuchung von Feuer und begleitenden Phänomenen erhält daher sicher die volle Aufmerksamkeit der Kinder.

Abb. 1:
Mit etwas
Vorbereitung
können schon
Kleinkinder
löschen üben.

Die Zähmung des Feuers ist eine der wichtigsten Errungenschaften unserer Spezies. Verbrennungsvorgänge sind aus unserem Alltag nicht wegzudenken. Das Verbrennen von Kohle, Öl oder Gas liefert in vielen Häusern Wärme. Kohlekraftwerke liefern den Strom für unseren Haushalt. Die geregelte Verbrennung von Benzin

lässt unsere Autos fahren. In der Freizeit geben Kerzen ein romantisches Licht, und beim Grillen bereiten wir Nahrung zu. Immer gilt, dass Feuer alle unsere Sinne stimuliert. Wir spüren die Wärme, sehen das Spiel der Flammen, hören das Knistern des Brennmaterials und riechen den Rauch.

Auch in der Natur ist Feuer keine rein zerstörerische Kraft. Erfahrungen mit Waldbränden zeigen, dass regelmäßige Feuer zu einer Verjüngung des Waldes führen. Unter dem Begriff der Feuerökosysteme sind Tier- und Pflanzengemeinschaften zusammengefasst, für die regelmäßige Brände wichtig für die Existenz sind. Pyro-

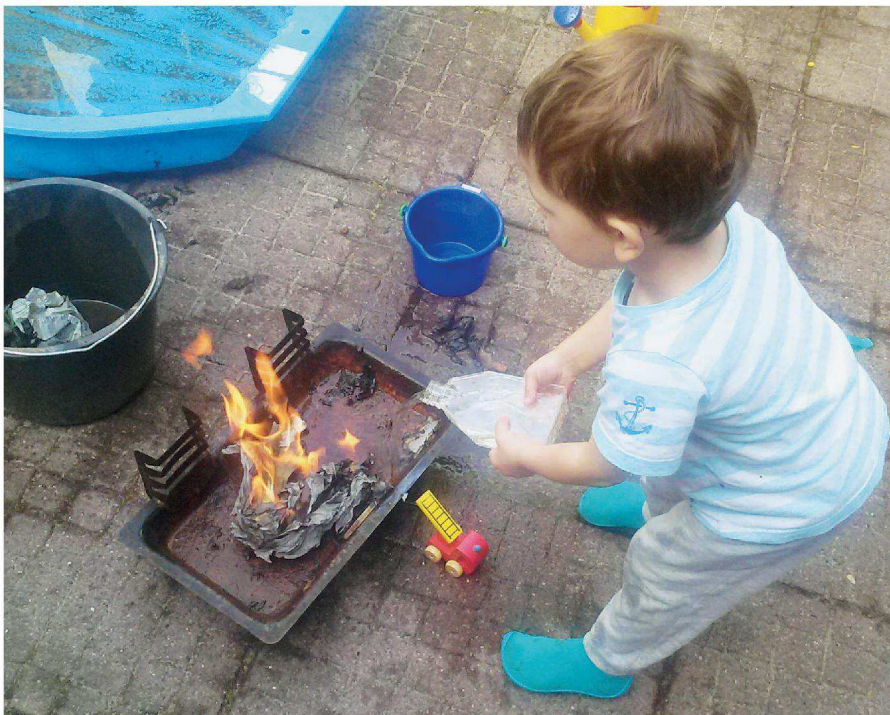


Foto: Richard Bolek

WISSEN KOMPAKT

Sicherheitshinweise und Material

Bei der Durchführung muss darauf geachtet werden, dass alle Experimente mit Feuer auf einer feuerfesten Unterlage durchgeführt werden sollten. Am besten unter freiem Himmel auf einem Steinboden. Ein dickes Holzbrett oder Gasbetonsteine als Unterlage helfen, Brandspuren auf dem Boden zu vermeiden. Bei Experimenten mit Kerzen in geschlossenen Räumen sind Backbleche geeignete Unterlagen. Eine Gießkanne oder ein Glas mit Wasser sollte bereitstehen, um ggf. sofort löschen zu können. Es gilt: Immer Ruhe bewahren.

Als Zündquelle hat sich ein kleiner Flambierbrenner bewährt, der ab ca. € 10,00 in Haushaltswarenabteilungen oder im Internet erhältlich ist. Als Brennstoff verwendet man am besten Spiritus. Es brennt gut, ist nicht übermäßig giftig und fügt der Umwelt, wenn es in den Boden sickern sollte, keinen Schaden zu.

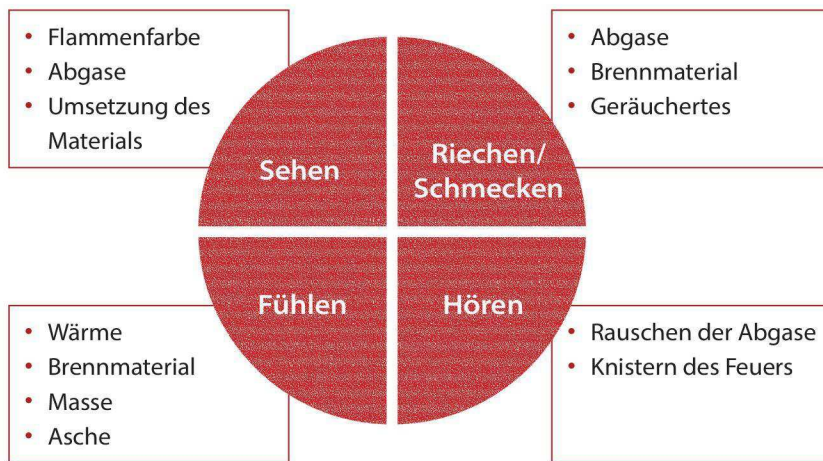


Abb. 2: Feuer spricht fast alle Sinne an

phyten wie die Korkeiche oder der Mammutbaum keimen nur, wenn die Samen einem (kurzen) Hitzeimpuls eines Feuers ausgesetzt wurden.

Es gibt verschiedene natürliche Zündquellen, z. B. den Blitz (s. den Beitrag von Lydia Murmann auf S. 6–9). Ein beeindruckendes Beispiel von Feuer in der Natur sind sogenannte Erdbrände, die an Stellen entstehen, an denen hochbrennbare Materie konzentriert liegt, z. B. Kohleflöze oder Austritt von Erdgas. Eine der bekanntesten Stellen ist Yanartas in der Türkei: Hier sind noch heute bis zu einem halben Meter hohe Flammen zu beobachten. In Deutschland kann man den brennenden Berg zwischen Saarbrücken und Sulzbach besichtigen, in welchem ein Kohleflöz seit 200 Jahren glimmt.

Feuer im Unterricht

Wenn es darum geht, Erfahrungen mit Feuer zu machen, sind normalerweise die Meinungen geteilt. Vor allem Kinder sind fasziniert vom Spiel der Flammen (Abb. 1). Eltern sehen das häufig komplett anders. Leider sind viele Eigenschaften des Feuers nur indirekt erfassbar. Trotzdem sprechen Verbrennungen alle Sinne an (Abb. 2). Im Unterricht kann ein sicherer Rahmen geschaffen werden, um Kindern Erfahrungen mit dem Phänomen Feuer zu ermöglichen.

Im Folgenden werden Kinderfragen aufgegriffen und für die Lehrkraft beantwortet. Mit Hilfe der

Karteikarten (M) werden die Kinder aufgefordert, Hypothesen zu bilden und sie experimentell zu überprüfen. Während ihres Forschungsprozesses unterstützt die Lehrkraft in moderierten Gruppengesprächen nach der sokratischen Methode die Kinder in ihrem Erkenntnisprozess. Da Feuer mit allen Sinnen erlebt werden kann, liegt es nahe, den Unterricht entsprechend der verschiedenen Wahrnehmungen zu gliedern.

Demonstrationsexperimente für die Lehrkraft finden Sie auf S. 14. Im Wissen kompakt auf S. 13 werden auf wissenschaftlicher Grundlage die fachlichen Hintergründe erklärt.

Sehen

Warum „leuchtet“ Feuer?

Die Flammenfärbung hängt von der Verbrennung ab. Eine vollständige Verbrennung leuchtet nur leicht mit bläulicher Flamme, z. B. im Gasherd oder Bunsenbrenner. Wenn aber durch eine unvollständige Verbrennung noch Rußteilchen in der Flamme vorhanden sind, glühen diese Teilchen gelb und geben die charakteristische Flammenfarbe. Zusätzlich können manche Metalle farbig verbrennen. Natrium leuchtet gelb, Calcium rot und Barium grün. Solche Zusätze werden verwendet, um im Feuerwerk entsprechende Farbeffekte zu erzielen.

Im Experiment können die Kinder den Ruß mithilfe eines Löffels sichtbar machen (M Karte 5).

Beeinflusst die Form des Brennmaterials die Verbrennung? (M)

Für eine Verbrennung benötigt man Sauerstoff – i. d. R. aus der Luft – und eine Mindesttemperatur. Bei fein verteiltem Brennstoff kann jedes Teilchen mit dem Luftsauerstoff reagieren. Zusätzlich konzentriert sich die freigesetzte Wärme auf die kleinen Teilchen und kann sich nicht auf ei-

AUF EINEN BLICK Verbrennungsprozesse

KLASSENSTUFE

Klasse 1–4

ZIELE DES UNTERRICHTS

Verstehen,

- warum Feuer leuchtet
- wie die Form eines Materials seine Brennbarkeit beeinflusst
- welche Funktion der Docht einer Kerze hat
- welche Eigenschaften Produkte von Verbrennungen (Rauch, Asche, ...) besitzen

ZUSÄTZLICHES MATERIAL

- feuerfeste Unterlage (Backblech o. Ä.)
- Wasser zum Löschen
- Kerze
- Teelöffel
- Ytong-Blöcke (Baumarkt)
- Gips
- Schraubendreher
- Feile und Schere
- Flambierbrenner und/oder Bunsenbrenner
- Spiritus, Petroleum
- Schulkreide
- Baumwollgarn
- Trichter und Gummischlauch
- Mehl
- Zeitung
- Holzklammern für die Experimente (Bauanleitung s. S. 39)
- Konservendose mit Luftlöchern

MATERIALPAKET

M Experimentierkarten

- 6 Experimentierkarten zu den Themen: Leuchten von Feuer, Form von Brennstoffen, Abgase, Verbrennen von Natur- und synthetischen Fasern, Asche, Knistern von Feuer



Abb. 3:
Öllampe
links mit und
rechts ohne
brennbaren
Docht

nen großen Körper verteilen. Aus diesem Grund kann man nur mit großem Aufwand ein Buch anzünden, allerdings kann man einfach einzelne Seiten verbrennen.

Mit Papier lässt sich das Experiment auch gut mit Kindern durchführen (M Karte 6). Eine Zeitungsseite wird halbiert, eine Hälfte zerknüllt und die andere wird mehrfach gefaltet. Nun versucht man, beides anzuzünden. Auf den gleichen Prinzipien beruht die gute Brennbarkeit von Zunder (M Karte 4).

Um zu demonstrieren, dass die Brandgefahr noch größer wird, je kleiner die Brennstoffteile sind, kann die Lehrkraft den Demonstrationsversuch zur Mehlstaubexplosion (s. Kasten S. 14) durchführen.

Was macht der Docht in der Kerze?

Wie wir schon weiter oben gelernt haben, ist die Oberfläche und damit die Verteilung des Brennstoffmaterials wichtig. Ein Docht wirkt durch Kapillarkräfte als Leitung, in dem der flüssige Brennstoff zur Flamme gezogen wird und dort verdampft. Dadurch wird ständig neuer Brennstoff zur Verbrennung geführt. Der Docht selbst muss dabei nicht brennen. Auch nichtbrennbare Döchte können verwendet werden, solange aufgrund des Kapillareffektes Brenn-

stoff zur Flamme transportiert wird. Früher nutzte man Glasfasern oder Asbest, wir können dazu Schulkreide verwenden (Abb. 3 rechts). Im Kasten auf S. 14 finden Sie einen Versuch, der als Demonstrationsexperiment, aber auch von Kindern durchgeführt werden kann.

Mit einer selbstgemachten Öllampe können Kinder verschiedene Dochtformen und Brennmaterialien ausprobieren (Kopiervorlagen 1 – 2).

Riechen und schmecken

Wie riechen Abgase und warum ist Rauch gefährlich?

Im Rauch sind Gase enthalten, die als Produkte bei der Verbrennung entstehen. Der enthaltenen Sauerstoff ist größtenteils verbraucht und zu Kohlenstoffdioxid umgesetzt. Dieser wirkt erstickend. Je nach Brennmaterial können noch zusätzlich giftige Gase wie Cyanwasserstoff entstehen. Besonders gefährlich sind Rauchgase, die bei unvollständigen Verbrennungen entstehen. Hier ist vor allem Kohlenmonoxid ein stark giftiger Bestandteil. Die enthaltenen Gase und auch Feststoffe können nicht nur akute, sondern auch chronische Wirkung – wie Herzschädigungen – haben.

Im Rauch befinden sich noch gesundheitsschädliche Kohlenwasserstoffe. Relevant ist dies beim Grillen. Während man mit einem Topf oder einer Pfanne auf der offenen Flamme kochen kann, sollte man beim Grillen daher immer warten, bis die Flammen abgebrannt sind und nur noch Glut vorhanden ist.

Die Schülerinnen und Schüler können vorsichtig anhand (M Karte 7 mit dem Verbrennen verschiedener Brennstoffe experimentieren und Unterschiede im Geruch feststellen. Dabei muss sichergestellt sein, dass keine gesundheitsschädlichen Stoffe entstehen.

Wie schmeckt Rauch?

Um den Geschmack zu verdeutlichen, kann man Nahrungsmittel probieren, die sowohl geräuchert als auch ungeräuchert im Handel sind. Vor allem bei Fleischwaren und Fischen war und ist das Räuchern ein wichtiger Bestandteil, um Lebensmittel haltbar zu machen. Aber auch Käse oder Tofu gibt es in einer geräucherten und einer ungeräucherten Version. Mit einem Tischräucherofen können sogar die Schülerinnen und Schüler selber verschiedene Lebensmittel räuchern und danach kosten.

Sehen und riechen

Verbrennen Naturfasern und synthetische Fasern anders?

Je nach Zusammensetzung des Materials sind Flamme, Rauch und Asche unterschiedlich. Manche Stoffe glimmen, andere brennen mit heller Flamme. Dies wird in der sogenannten Brennprobe für Faserstoffen

VERSUCHSANLEITUNGEN UND ERKLÄRUNGEN IM INTERNET

- Demonstrationsversuche zur Massenerhaltung und Verbrennungen: www.seilnacht.com/versuche/massener.html
- Experimente mit Kerzen: www.seilnacht.com/versuche/kerze.html
- Demonstrationsversuche zu Oxidationen: www.seilnacht.com/versuche/oxidreak.html
- Erklärung des Phänomens „Knistern von Feuer“: www.geo.de/geolino/natur-und-umwelt/7873-rtkl-warum-knistert-feuer

WISSEN KOMPAKT

Die Chemie des Feuers

ausgenutzt. Dabei werden einzelne Fäden oder kleine Materialteile angezündet (M Karte 8). Anhand des Brandverhaltens kann man auf den Stoff schließen. Baumwolle ergibt eine helle Flamme mit wenig weißlicher Asche. Wolle dagegen verbrennt mit einer gelblichen Flamme und einem typischen Geruch nach verbranntem Haar; zurück bleiben dunkle Klumpen. Viele Kunstfasern schmelzen erst und brennen dann; es bilden sich Ruß und Tropfen. Deswegen sollte man mit Kunstfaserkleidung nicht zu nah an offene Flammen kommen, da das Gewebe in die Haut einschmelzen kann.

Dieses Verhalten kann man auch ausnutzen, um Kunstpelz von echtem Pelz zu unterscheiden. Einige Haare werden herausgeschnitten und angezündet. Bei echtem Pelz riecht es typisch nach verbrannten Haaren, bei Kunstpelz fehlt dieser Geruch.

Sehen und fühlen

Wo bleibt die Masse des Materials und was ist Asche?

Bei einer Verbrennung handelt es sich um eine Stoffumwandlung. Dabei gehen keine Stoffe verloren. Allerdings sind viele Produkte flüchtig und werden nicht vollständig wahrgenommen. Ein typisches Verbrennungsprodukt ist Kohlenstoffdioxid, welches farb- und geruchslos ist. Andere Produkte sind aufgrund der Hitze der Flamme gasförmig, zum Beispiel Wasser. Diese Produkte kann man nur manchmal wahrnehmen. Zum Beispiel haben Autos an Wintertagen häufig eine weiße Abgasfahne. Diese weißen Nebel stammen vom Wasser, das beim Verbrennungsvorgang gebildet wird und in der kalten Winterluft kondensiert.

Nicht alle Bestandteile eines Brennstoffes sind brennbar. Holz enthält z. B. Metalle, die zu Metalloxiden umgesetzt werden. Unter bestimmten Verbrennungsbedingungen

Grundlage von Feuer ist eine Verbrennung. Als Verbrennung wird ein bestimmter Typus chemischer Reaktionen bezeichnet. Bei jeder chemischen Reaktion wird Energie umgesetzt, d. h. bestimmte Energieformen werden ineinander umgewandelt. Die Verbrennung ist eine chemische Reaktion, bei der die reagierenden Stoffe Wärme (Infrarotstrahlung) an die Umgebung abgeben. Diese Reaktion nennt man exotherm. Dabei wird auch eine sichtbare Strahlung freigesetzt – das kann man an der Kerzenflamme (Abb. 4) besonders gut erkennen.

Die Geschwindigkeit der Verbrennung liegt zwischen dem „Vergehen“, welches Wochen oder sogar Jahre dauern kann und dem Explodieren, welches innerhalb von Millisekunden stattfindet. Am Beispiel von Stahlwolle wird dies deutlich. Stahlwolle kann langsam rosten oder schnell verbrennen. In beiden Reaktionen reagieren dieselben Edukte, Eisen und Luft-sauerstoff, zu denselben Produkten, Eisenoxid. Es wird dieselbe Energiemenge freigesetzt. Allerdings ist die zeitliche Dimension, über die die Energie freigesetzt wird, unterschiedlich.

Eine Vielzahl von chemischen Reaktionen bei einer Verbrennung führt zu einer Vielzahl von Produkten. Bei einer idealen Verbrennung eines Kohlenwasserstoffes (z. B. Erdgas) werden als Produkte nur Kohlenstoffdioxid und Wasser gebildet. Allerdings hat man nur selten ideale Bedingungen. Falsche Menge an Sauerstoff, Luftstickstoff oder Verunreinigungen des Brennstoffes führen zu vielen ungewollten Nebenprodukten wie Stickoxiden oder Schwefeloxiden. Heutzutage werden Letztere vor allem in der Schifffahrt durch das Verbrennen von Schweröl freigesetzt. In der Vergangenheit war auch die Verbrennung von schwefelhaltiger Kohle in häuslichen Öfen eine Schwefeloxidquelle. Dies führte zum Londoner Smog und zu saurem Regen. In einem Temperaturbereich zwischen 200 °C und 600 °C können bei Anwesenheit von Chlor Dioxine entstehen.

Analoge Vorgänge sind bei der Entstehung von Asche beteiligt. Stoffe, die bei der Temperatur der Verbrennung nicht flüchtig sind, bleiben als Feststoff zurück. Dies sind vor allem Oxide von Magnesium, Eisen, Kalzium und Phosphor. Holzasche aus unbehandelten Hölzern kann als Mineraldünger verwendet werden oder kompostiert werden. Holzasche und Tangasche war früher eine Quelle für Pottasche bzw. Kaliumcarbonat.

Literatur

Jarosinski, J./Veyssiere, B. (2009): Combustion Phenomena: Selected Mechanisms of Flame Formation, Propagation and Extinction. CRC Press.

Schröder, S. (2009): Chemie im Kontext. Sekundarstufe I. Erwünschte Verbrennungen – unerwünschte Folgen? Berlin: Cornelsen.

gen bleibt sogar Kohle zurück. Die Asche von Holzfeuern ist reich an Mineralien und kann als Dünger verwendet werden. Ein Beispiel ist die sogenannte „Terra Preta“ (die schwarze Erde im Amazonasbecken), bei der Asche und Holzkohle in den Boden

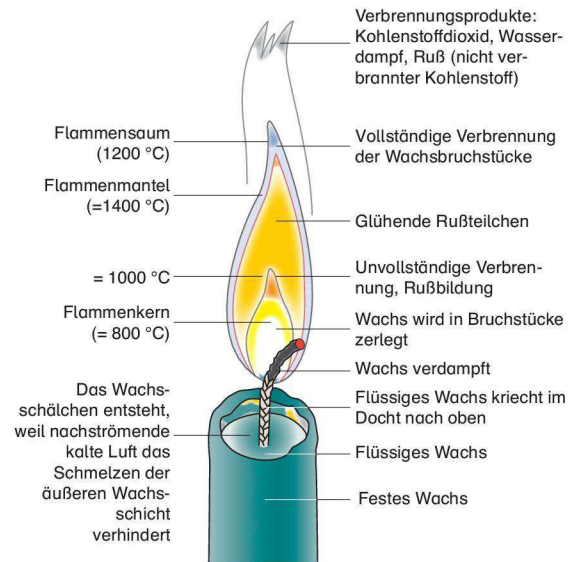


Abb. 4: Vorgänge in einer Kerzenflamme

eingearbeitet werden und dort Nährstoffe binden. Im technischen Bereich gibt es den Begriff des Ascheanteils. Dieser bezeichnet die nicht verbrennbaren Anteile des Brennstoffes.

Mit Hilfe von (M Karte 9) können die Kinder sehen und fühlen, dass

DEMONSTRATIONSVERSUCHE

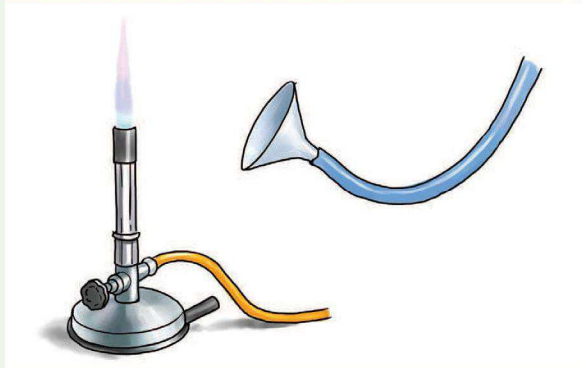


Abb. 5: Durchführung des Versuchs „Mehlstaubexplosion“

Die Mehlstaubexplosion

Bremen am 6. Februar 1979: Eine Mehlstaub-Explosion vernichtet die alte Rolandmühle. 14 Menschen sterben bei dieser Explosion. Wie kann es zu einem solchen Unglück mit einem so alltäglichen Gebrauchsgegenstand kommen?

Wie viele Stoffe, unterscheiden sich bei Mehl auch die Eigenschaften zwischen dem zusammengedrückten Mehl aus der Tüte und dem Staub. Sobald Mehl mit Luft gut durchmischt wird, kann es mit einer Stichflamme verbrannt werden. Dieses Verhalten kann leicht demonstriert werden.

Material:

Gummischlauch (armlang), Trichter, Weizenmehl (gut trocken und fein), Brenner

Durchführung:

Der Brenner wird angezündet. Auf den Gummischlauch setzt man einen Trichter und füllt diesen mit Mehl. Da es beim Versuch zu starker Hitzeentwicklung kommen kann, sollte man so großen Abstand wie möglich vom Brenner halten. Dann bläst man das Mehl durch den Gummischlauch über den Brenner. Im Idealfall entwickelt sich eine Stichflamme.

Dieser Versuch sollte vorher einige Male geübt werden, um ein Gefühl für den Abstand, die Luft- und Mehlmenge zu bekommen. Alternativ können statt Mehl auch Bärlappsporen (*Lycopodium*) verwendet werden, welche häufig beim Feuerspucken eingesetzt werden.

Ergänzend können Versuche zur Verbrennung einer gefalteten und einer geknüllten Zeitungsseite (M Karte 6) durchgeführt werden.

Kreide als Docht (unter Aufsicht eines Erwachsenen auch von Kindern durchführbar)

Dieser Versuch kann an die Untersuchung eines Teelichts durch die Schülerinnen und Schüler angeschlossen werden. Nachdem sie festgestellt haben, dass das Wachs ohne Docht nicht brennt, kann hier dessen Wirkungsweise gezeigt werden.

Kreide – z. B. Schulkreide – ist selbst nicht brennbar. Wird sie als Docht verwendet, steigt das Brennmittel (z. B. Petroleum) durch die Kapillaren und verbrennt dort. An einem Kreidedocht können die Schülerinnen und Schüler die Wirkungsweise eines Dochtes besonders gut beobachten und beschreiben.

Achtung: Auch das Petroleum in der Schale kann dabei Feuer fangen. Hier ist dann besondere Vorsicht geboten.

Material:

Porzellanschale, feuerfeste Unterlage, Kreide, Streichholz, Petroleum (ggf. gefärbt, um den Kapillareffekt deutlicher zu machen)

Durchführung:

Zunächst wird geprüft, ob sich ein Stück Kreide in der Schale mit einem Streichholz entzünden lässt. Dann wird die Schale ca. 1 cm hoch mit Petroleum gefüllt. Sobald das Petroleum nach oben gezogen ist – das dauert ein paar Sekunden – zündet man das obere Ende der Kreide an.

Beobachtung:

Die bloße Kreide lässt sich nicht entzünden. Das Petroleum brennt mit leuchtender Flamme, bis es verbraucht ist.



Abb. 6: Kreide fungiert als selbst nicht brennbarer Docht

eine Stoffumwandlung stattgefunden hat. Durch den Vergleich der Gewichte von Brennstoff und Asche kommen sie zu der Erkenntnis, dass ein Teil der entstandenen Stoffe für sie nicht sichtbar ist. Zudem können sie den Ascheanteil verschiedener Brennstoffe erfassen und vergleichen.

Hören

Warum knistert Feuer?

Das Knistern hängt vom Brennstoff ab. Feste Brennstoffe, z. B. Holz, aber auch Kohle, enthalten immer kleine Mengen Wasser. Wenn dieses Wasser schlagartig verdampft, hören wir

es als Knistern. Auch wenn wir grüne Zweige von Nadelbäumen ins Feuer legen, können wir es knistern hören. Hier liegt es meistens an den enthaltenen Ölen. Dies können die Kinder mit M Karte 10 experimentell erforschen.

Name: _____

Datum: _____

Eine Öllampe

Stelle eine Öllampe aus Ytong her.

Du brauchst:

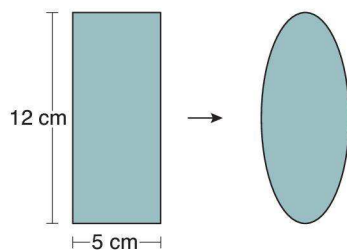
- einen Ytong-Block 4 cm x 5 cm x 12 cm
- Gips
- Schraubendreher
- Feile
- Schere



Und so wird's gemacht:

Bearbeite die Form mit der Feile, bis sie so aussieht:

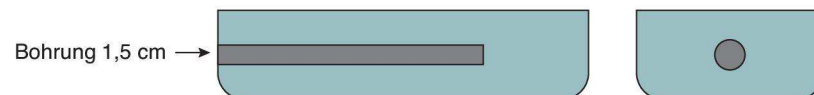
Von oben



Von der Seite

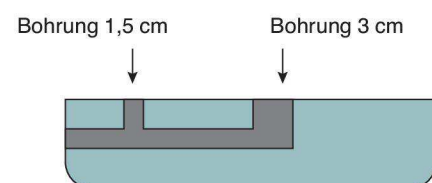


Bohre mit dem Schraubendreher ein Loch von vorne bis zum letzten Drittel:

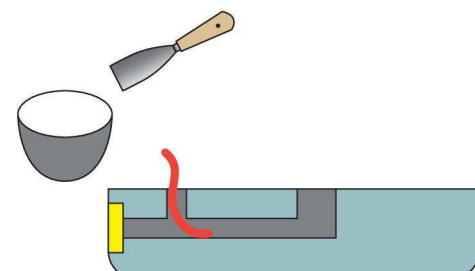


Bohre im vorderen und im hinteren Drittel Löcher von oben zu diesem Loch hin.

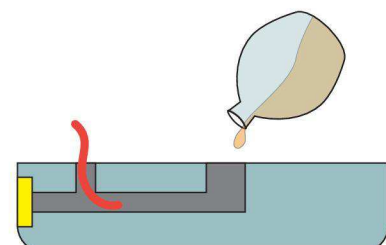
Vergrößere das Loch im hinteren Drittel vorsichtig mit der Schere, bis es ca. 3 cm breit ist.



Rühre etwas Gips mit Wasser an (etwa 1 Teil Wasser, 1 ½ Teile Gips).
Verschließe das vordere Loch mit der Masse.
Nun ist der Korpus deiner Lampe fertig.
In das vordere Loch wird der Docht gesteckt.



In das hintere Loch wird Salatöl als Brennstoff gegossen.



Name: _____

Datum: _____

Docht ist nicht gleich Docht

Als Docht für eine Öllampe eignen sich verschiedene Materialien – zum Beispiel ein Stück Tafelkreide oder ein Docht aus Baumwolle.

Vermute:

Wie verhält sich Baumwolle als Docht?

Wie verhält sich Kreide?

Einen Docht aus Baumwolle herstellen

Du brauchst:

- dünnes Baumwollgarn

Schneide einen Faden von 1 m Länge ab und verdrille ihn so lange mit sich selbst, bis dein Docht ca 5 mm dick und 4–5 cm lang ist.



Experimentiere mit beiden Materialien.
(Wenn du die Kreide als Docht verwendest, musst du den oberen Rand anspitzen.)

Was beobachtest du?

Kannst du die Beobachtungen erklären?
