

„Wie bringt man eine Kerze zum Fliegen?“

Experimentalvortrag im Rahmen der Kinderuniversität
am 19. Dezember 2007

Bevor wir diese Frage beantworten können, müssen wir zunächst einmal etwas über Kerzen an sich und die Vorgänge lernen, die sich beim Abbrennen von Kerzen abspielen. Im Folgenden sind daher Informationen rund um die Kerze zusammengestellt und Experimente beschrieben, die mit relativ einfachen Mitteln durchgeführt werden können und Auskunft geben über wichtige physikalische und chemische Vorgänge in der Kerzenflamme.

Was ist eine Kerze?

Eine Kerze ist eine Licht- und Wärmequelle, die aus einem Docht und einer festen Brennmasse um den Docht herum besteht.

Zur Geschichte der Kerzen

- Es gibt sie seit ungefähr 2000 Jahren. Die Römer nutzen als erste Bienenwachskerzen.
- Die Kerzen im Mittelalter wurden aus Hammeltalg oder Rindernierenfett hergestellt.
- Seit ungefähr 170 Jahren werden Kerzen aus Paraffin oder Stearin gefertigt.

Vorsicht im Umgang mit Kerzen!

Die von einer Kerzenflamme ausgehende Gefahr wird von den meisten Leuten nicht richtig erkannt. Kerzen darf man niemals ohne Aufsicht lassen! Gedankenlosigkeit und Unwissenheit führen zu solch schlimmen Unglücksfällen, wie die Ostseezeitung im Oktober 2005 meldete:

Die Unabhängige für Mecklenburg-Vorpommern

OSTSEE ZEITUNG

Rostocker Zeitung

Freitag, 14. Oktober 2005
Nr. 240 / 53. Jahrgang · 0,70 € / C 4899 A

Leserservice: ☎ 01 802 / 381 365
Anzeigenannahme: ☎ 01 802 / 381 366

www.ostsee-zeitung.de

Teelicht wurde drei Kindern zum tödlichen Verhängnis

Rostock (OZ/AP) Bei einem tragischen Brandunglück sind in Rostock drei kleine Mädchen gestorben. Ihre Mutter hatte am späten Mittwochabend ein brennendes Teelicht in ihrem Zimmer zurückgelassen und für drei Stunden die Wohnung verlassen. Gegen die 31-Jährige wurden Ermittlungen wegen fahrlässiger Brandstiftung eingeleitet, wie Oberstaatsanwalt Peter Lückemann mitteilte.

Die Mutter hatte laut Polizei gegen 22.15 Uhr die Kinder allein in der Wohnung im vierten Stock eines Mehrfamilienhauses gelassen, um eine Gaststätte aufzusuchen. Damit die dreijährigen Zwillinge Nina und Maja und die eineinhalb Jahre alte Nelly sich nicht ängstigen, stellte sie ein brennendes Teelicht in ein Regal. Aus noch ungeklärter Ursache kam es dann zu dem tödlichen Schmelzbrand. Die Nachbarn bekamen von dem Feuer nichts mit. Als die allein erziehende 31-Jährige gegen 01.30 Uhr in die Wohnung zurückkehrte, war eines der Zwillingkinder bereits tot. Die Zwillingsschwester starb im Rettungswagen, und das jüngste Mädchen erlag im Krankenhaus seinen Verletzungen. Die Kinder seien an Rauchgasvergiftungen gestorben, sagte ein Polizeisprecher.

Das Feuer hatte Regalschrank und Wickelkommode in Brand gesetzt. Die Wohnung war von starkem Qualm durchzogen. Der Brand konnte schnell gelöscht werden. Die Mutter stand gestern noch unter Schock. Sie sei zunächst nur bedingt vernehmungsfähig, hieß es.

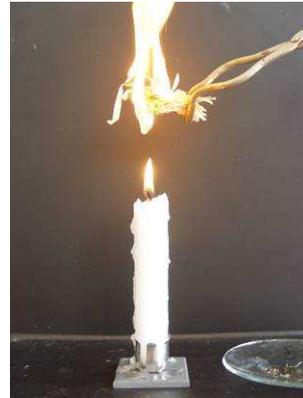
Die Temperatur einer Kerzenflamme wird häufig unterschätzt. Mit einem Temperaturfühler und einem Digitalmessgerät können wir ziemlich genau messen, wie heiß eine Kerzenflamme ist:

Versuch: Bestimmung der Temperatur einer Kerzenflamme



Eine Kerzenflamme kann über 800 °C heiß werden. Durch die Hitze können brennbare Gegenstände auch dann entzündet werden, wenn sie nicht direkt in die Flamme gehalten werden. Das zeigt der folgende Versuch.

Versuch: Entzünden von Holzwolle über der Kerze



Auf diese Weise ist es auch zu dem Brand gekommen, von dem die Ostseezeitung berichtete.

Vorsicht im Umgang mit brennenden Kerzen! Diese niemals unbeaufsichtigt lassen, Löschmittel bereit halten und Kerzen niemals ohne Aufsicht durch Erwachsene anzünden und brennen lassen!

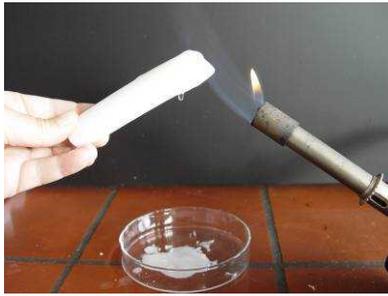
Nun sollen die Vorgänge in der Kerzenflamme genauer untersucht werden. Eingangs wurde erläutert, dass eine Kerze aus einer festen Brennmasse, dem „Wachs“, und einem Docht besteht. Was brennt eigentlich in der Kerzenflamme? Der Docht oder das Wachs?

Versuch: Entzünden eines Dochtes



Der Docht verbrennt relativ schnell mit kleiner Flamme. Die Flamme des Dochtes ist mit der Kerzenflamme nicht vergleichbar. Nun soll die Brennbarkeit von Kerzenwachs untersucht werden.

Versuch: Entzünden von Kerzenwachs (ohne Docht)



Kerzenwachs kann in diesem Versuch mit einem Brenner nicht entzündet werden. Es schmilzt lediglich.
Nun wird eine kleinere Portion Kerzenwachs in einem Reagenzglas kräftiger erhitzt.

Versuch: Wachs im Reagenzglas erhitzen und entstehende Dämpfe entzünden



Offensichtlich muss Wachs so stark erhitzt werden, bis sich Wachsdampf bildet, der sich an der Reagenzglasöffnung entzünden lässt. Die Flamme besteht also aus brennenden Dämpfen!

Dass tatsächlich auch in der Kerzenflamme Wachsdämpfe brennen, kann mit den folgenden Experimenten veranschaulicht werden.

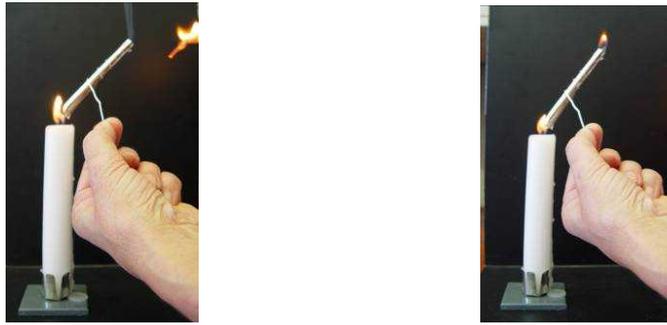
Versuch: „Springende Flamme“



Eine Kerze wird ausgepustet. In den aufsteigenden Dampf wird ein brennender Span gehalten. Die heißen Dämpfe entzünden sich wieder, die Flamme „springt“ zum Docht herunter und entzündet diesen.

Auch der nächste Versuch beweist die Existenz brennbarer Dämpfe in der Kerzenflamme:

Versuch: „Tochterflamme“



Mit dem Röhrchen aus Alu-Folie wird Wachsdampf aus der Zone um den Docht herum abgeleitet. Der Dampf kann außerhalb der Flamme am Ende des Röhrchens als kleinere „Tochterflamme“ entzündet werden.

Das Alu-Röhrchen kann durch ein gewinkeltes Glasrohr ersetzt werden, so das größere Mengen Wachsdampf aus einer Flamme abgeleitet, in einem Glas aufgefangen und anschließend entzündet werden können.

Versuch: Wachsdämpfe in ein Becherglas ableiten und entzünden



Weißer Wachsdampf „fallen“ regelrecht in das Becherglas und lassen sich anschließend entzünden. Der berühmte Naturwissenschaftler Faraday bezeichnete die Kerze anschaulich als eine „Gasfabrik“.

Wir haben bewiesen, dass in der Kerze Wachsdämpfe brennen. Nun stellt sich die Frage, welche Aufgabe der Docht eigentlich hat.

Er besteht aus feinen geflochtenen Baumwollfäden und hat daher eine besondere Eigenschaft: Man sagt, aufgrund seiner Kapillarität (Haarröhrchenwirkung) kann flüssiges Wachs in ihm aufsteigen. Das funktioniert ähnlich, wie bei Löschpapier.

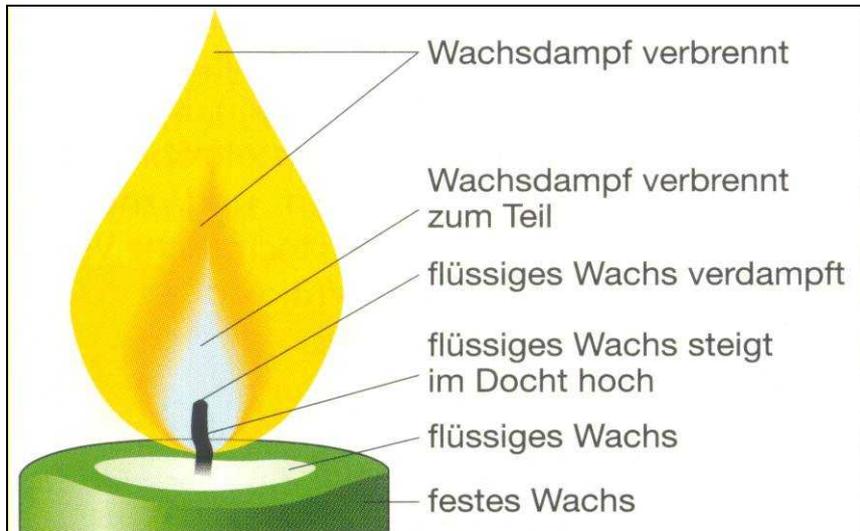
Versuch: Löschpapier in Wasser



So ähnlich funktioniert auch der Docht einer Kerze. Flüssiges Wachs steigt auf und verdampft am Dochtende. Die Wachsdämpfe können entzündet werden. Durch den Docht erzielt man eine *kontrollierte* Verbrennung der Wachsdämpfe (Größe und Ausbreitung der Flamme).

Was passiert also, wenn man eine Kerze entzündet:

- Man hält eine Flamme an den Docht,
- das im Docht enthaltene Wachs schmilzt und verdampft,
- der Wachsdampf entzündet sich,
- durch die Hitze schmilzt mehr Kerzenwachs, steigt durch den Docht nach oben, verdampft und verbrennt in der Flamme.



Was passiert, wenn eine Kerze brennt, haben wir untersucht. Nun wollen wir noch einmal die Bedingungen betrachten, die erfüllt sein müssen, damit einer Kerze überhaupt brennt.

Die erste Bedingung ist bereits klar: Man benötigt einen brennbaren Stoff, d.h. in unserem Fall das Kerzenwachs.

Die zweite Bedingung ist das Vorhandensein einer Zündquelle (Streichholz oder Feuerzeug), um die Entzündungstemperatur der Wachsdämpfe zu erreichen.



Zündquelle kann auch ein sehr heißer Gegenstand sein. In einem Experiment zeigen wir, dass Kerzenwachs sich auch in einer heißen Eisenschale entzünden kann und mit großer Flammenausbreitung verbrennt.

Eine dritte Bedingung wollen wir mit dem folgenden Experiment untersuchen.

Versuch: Unterschiedlich große Bechergläser über 3 Kerzen stülpen



Für die Verbrennung ist Luft bzw. Sauerstoff erforderlich. In Abhängigkeit von der Größe der Bechergläser verlöschen die Kerzen nacheinander. Je mehr Sauerstoff vorhanden ist, desto länger brennt die Kerze.



Schaut man sich die Bechergläser nun einmal etwas genauer an, fällt etwas Interessantes auf: Sie sind innen beschlagen! Bei diesem Beschlag handelt es sich um Wasser. So erstaunlich das klingt, beim Verbrennen von Wachsdämpfen entsteht tatsächlich Wasser in Form von Wasserdampf, der an der kalten Glaswandung kondensiert.

Es entstehen aber noch weitere Verbrennungsprodukte, das soll mit den folgenden Experimenten gezeigt werden.

Versuch: Berußen einer weißen Porzellanschale



Im Innern der Flamme, wo nicht genug Sauerstoff hinkommt, bildet sich Ruß, das ist fein verteilte Kohle. Der fein verteilte Kohlenstoff verglüht in der Flamme und verursacht das charakteristische gelbe Leuchten der Flamme.

Es entsteht aber noch ein weiterer Stoff, der als farbloses Gas zunächst nicht sichtbar ist und daher nachgewiesen werden muss, wie der Chemiker sagt.

Versuch: Auffangen eines gasförmigen Verbrennungsproduktes und nachweisen mit Kalk- bzw. Zementwasser



In dem verschlossenen Glas fangen wir ein weiteres farbloses gasförmiges Verbrennungsprodukt auf. Nachdem die Kerze entfernt worden ist, schüttelt man das Glas, so dass sich das Kalkwasser mit dem Verbrennungsprodukt verbindet. Die zu beobachtende milchig-weiße Trübung des Kalkwassers ist ein chemischer Nachweis für das Gas Kohlenstoffdioxid, das ebenfalls bei der Verbrennung von Kerzenwachs entsteht.

Zusammenfassend können wir also die Stoffe benennen, die bei der Verbrennung einer Kerze entstehen: Wasser(dampf), Kohlenstoffdioxid und Ruß.

Ergänzend kann noch einmal eine besondere Eigenschaft von Kohlenstoffdioxid demonstriert werden.

Versuch: „Abgase“ einer Kerze auf eine andere brennende Kerze leiten



Kohlenstoffdioxid erstickt die Teelichtflamme. Aufgrund dieser Eigenschaft wird Kohlenstoffdioxid auch in einigen Feuerlöschern verwendet.

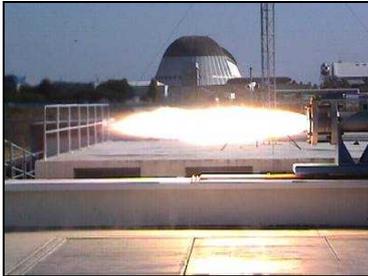
Abschließend wollen wir noch ein paar ganz besondere Effekte zeigen, die man mit Kerzen hervorrufen kann.

Zunächst wollen wir demonstrieren, was passiert, wenn man versucht zu heißes Wachs mit Wasser zu löschen.



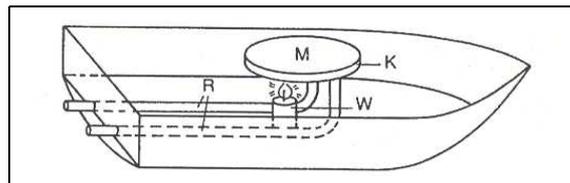
Durch das plötzliche Abkühlen mit Wasser zerspringt das Glas, Wasser kommt in Kontakt mit dem sehr heißen Wachs, verdampft sehr schnell und schleudert das Wachs heraus. Die vielen kleinen Wachströpfchen entzünden sich an der Luft, die Verbrennung gleicht einem Flammenwerfer.

Forscher der NASA testen zurzeit, Wachs als „umweltfreundlichen“ Raketentreibstoff einzusetzen. Dazu wird Wachsdampf erzeugt, der dann mit reinem Sauerstoff verbrannt wird. Die explosionsartige Verbrennung wird in der folgenden Apparatur nachgestellt.



Nicht ganz so gefährlich ist es, wenn eine Kerze als „Bootsantrieb“ verwendet wird.

Versuch: „Knatterboot“



Das Knatter-, Kerzen- oder Putt-Putt-Boot ist ein Spielzeugboot, das durch die Wärme einer Kerzenflamme angetrieben wird. Die Kerzenflamme erhitzt Wasser in einem kleinen Kessel, von dem 2 kleine Metallrohre am Heck des Bootes ins Wasser führen. Der entstehende Wasserdampf wird ausgestoßen, durch diesen Rückstoß erfährt das Boot eine Vorwärtsbewegung. Das charakteristische Knattergeräusch wird durch eine spezielle Konstruktion des Kessels erzeugt: Die Oberseite besteht aus Federstahlblech, das durch den schnellen Druckwechsel hin- und herspringt und dabei das typische knackende Geräusch erzeugt. Solche „Knatterboote“ kann man im Spielwarenhandel kaufen.

Mit einer brennenden Kerze können aber auch noch andere Dinge in Bewegung gesetzt werden:

Versuch: Antrieb einer Papierspirale



Die Kerzenflamme erwärmt Luft, diese steigt nach oben, streift dabei die Papierspirale und versetzt sie dadurch in Bewegung. Die aufsteigende Warmluft ist also in der Lage Arbeit zu verrichten. Ähnlich wie diese Papierspirale funktioniert übrigens auch eine Weihnachtspyramide!

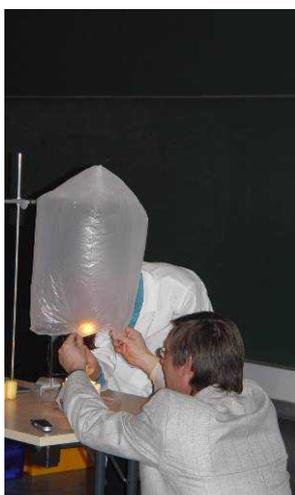
Wenn man die warme Luft nun nicht einfach an der Papierschlange oder der Pyramide vorbei streichen lässt, sondern sie z. B. in einem dünnen Müllbeutel auffängt, erhält dieser einen Auftrieb und schwebt fast bis an die Decke.

Versuch: Fliegender Müllbeutel



Leider ist der Flug nur ein kurzes Vergnügen, denn infolge der Abkühlung der Luft, landet der Müllbeutel bald wieder unten. Ein echter Heißluftballon müsste also länger schweben. Das kann dadurch erreicht werden, indem die Luft in dem Müllbeutel kontinuierlich weiter erwärmt wird - wie bei einem richtigen Heißluftballon.

Versuch: Heißluftballon mit Kerzen



Unser Ziel war ja zu zeigen, wie man eine Kerze zum Fliegen bringt:

Die Kerzen sorgen also für viel heiße Luft. Wenn genügend heiße Luft in den Ballon kommt, dann steigt dieser **mit den Kerzen** nach oben!

