

Abbrandverhalten von Kerzen mit verschiedenen Dochtmaterialien



Wettbewerb "Jugend Forscht" 2003

Daniel Markx (13 Jahre)

Julian Kohrs (14 Jahre)

Sebastian Hellberg (14 Jahre)

**Arbeitsgemeinschaft "Jugend Forscht"
des Christian-Gymnasiums Hermannsburg
Leitung: StD Thomas Biedermann**

Inhaltsverzeichnis

1.	Die Idee zum Thema	3
1.1	Zielsetzung	3
2.	Verbrennungsvorgänge bei einer Kerze	3
3.	Vorgehensweise	3
3.1	Verwendete Dochtmaterialien	3
3.2	Die Herstellung unserer Versuchskerzen	4
3.3	Versuchsaufbau	4
3.4	Durchführung	4
3.5	Probleme und ihre Behebung	4
4.	Auswertung	5
4.1	Verbrennungsdiagramme	5
4.2.1	Dochtmaterial: Küchenrolle	5
4.2.2	Dochtmaterial: Streichholz	6
4.2.3	Kienspan	6
4.2.4	Weizenstroh	7
4.2.5	Kupferdraht	7
4.2.6	Baumwolldocht	7
5.	Gesamtauswertung	8
6.	Literatur	8
7.	Internet-Adressen	8
8.	Danksagung	8

1. Die Idee zum Thema

Die eigentliche Idee war das Untersuchen von Flammen. Dazu mussten wir natürlich dieselben auch erzeugen. Zu diesem Zweck kamen uns Kerzen gerade recht. Bei der Herstellung der Versuchskerzen sind wir darauf gekommen, dass man zum Beispiel auch andere Materialien für den Docht verwenden könnte. Aus diesem Grund haben wir uns in dieses Thema vertieft.

1.1 Zielsetzung

Zum Ziel setzten wir uns die Untersuchung des Abbrennverhaltens verschiedenartiger Kerzen. Dabei wollten wir herausfinden, welchen Einfluss das Dochtmaterial auf die Brenndauer, Rußentwicklung und Flammengröße hat.

Außer der Brenndauer wäre es auch sinnvoll, Rußbildung, Größe der Flamme und den Temperaturverlauf innerhalb der Flamme zu untersuchen, wozu wir aber aus Zeitgründen nicht mehr gekommen sind.

2. Verbrennungsvorgänge bei einer Kerze

Wenn die Kerze entzündet wird, schmilzt durch die Hitze des Zündkopfs etwas Wachs der Kerze und dieser steigt dann durch Kapillarkräfte am Docht empor und verdampft. Der Docht ist also nur eine Leitung. Wachs kann nur an der Oberfläche des Dochtes gasförmig werden. Je mehr Fasern der Docht hat, desto größer ist die Gesamtoberfläche. Auf der Abbildung 1 ist links ein Docht aus einer einzelnen Baumwollfaser, auf der anderen Seite ist ein aus mehreren Fasern geflochtener Docht zu sehen. Es ist unschwer zu erkennen, dass die Oberfläche beim rechten Bild erheblich größer ist. Der an dieser Oberfläche entstehende Wachsdampf reagiert bei hoher Temperatur mit dem Sauerstoff aus der Luft zu Wasser und Kohlenstoffdioxid, dabei wird Energie in Form von Wärme frei. Bei unvollständiger Verbrennung entstehen außerdem das giftige Kohlenmonoxid und Ruß. Kohlenmonoxid entsteht in erster Linie bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe, so z.B. bei Heizungsanlagen und Verbrennungsmotoren. Mit einem Streichholz kann nur der Wachsdampf entzündet werden. Um flüssiges Wachs anzuzünden reicht die Temperatur eines Streichholzes nicht aus. Man bräuchte einen Bunsenbrenner.

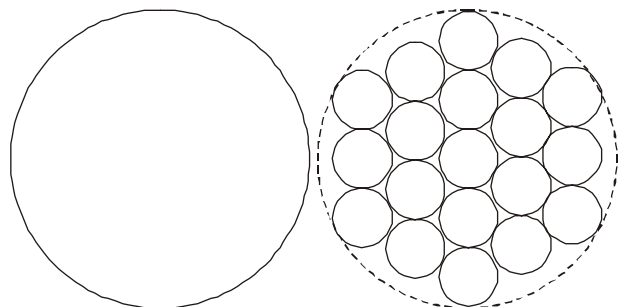


Abb. 1: Oberfläche eines Massiver und eines aus Einzelfasern bestehender Docht

3. Vorgehensweise

3.1 Verwendete Dochtmaterialien

Wir haben viele verschiedene Dochtmaterialien verwendet. Manche aus freier Natur, manche aus dem einfachen Haushalt. Als Wachsmaterial diente immer das Wachs von Teelichtern, das hauptsächlich aus

Paraffin besteht. Wir benutzten einfache Materialien wie Küchenrolle, Streichhölzer ohne Zündkopf, Kienspan und Weizenstroh. Außerdem benutzten wir einfache, zweifach-gedrehte und dreifach-geflochtene Baumwolldochte aus dem Fachgeschäft, aber auch Kupferlitze. Damit hatten wir eine umfangreiche Auswahl an Dochtmaterialien.

3.2 Die Herstellung unserer Versuchskerzen

Für die Herstellung unserer Kerzen haben wir zuerst Wachs eingeschmolzen und in eine aus einem Wasserleitungsrohr angefertigte Gießform aus Kupfer gegossen. Die Dochte haben wir in die Unterlegscheiben der normalen Baumwolldochte von Teelichtern gesteckt. Im Gefrierfach des Kühlschranks haben wir anschließend die Kerzen erkalten lassen. Dabei wurde besonders darauf geachtet, dass die ganze Gießform ausgefüllt wurde, da sich das Wachs durch die Kälte zusammen zog und somit im inneren der Kerze Hohlräume entstehen konnten. Um dies zu verhindern wurde in den ersten paar Minuten noch etwas heißes Wachs nachgefüllt.

3.3 Versuchsaufbau

Wir stellten die Kerze in eine dünnwandige Metallschale. Zwischen Metallschale und Waagentisch der Präzisionswaage war eine 0,5cm dicke Keramikplatte zur Wärmedämmung. Die eigentlichen Versuche werden auf den nächsten Seiten genauer dargestellt und erläutert.

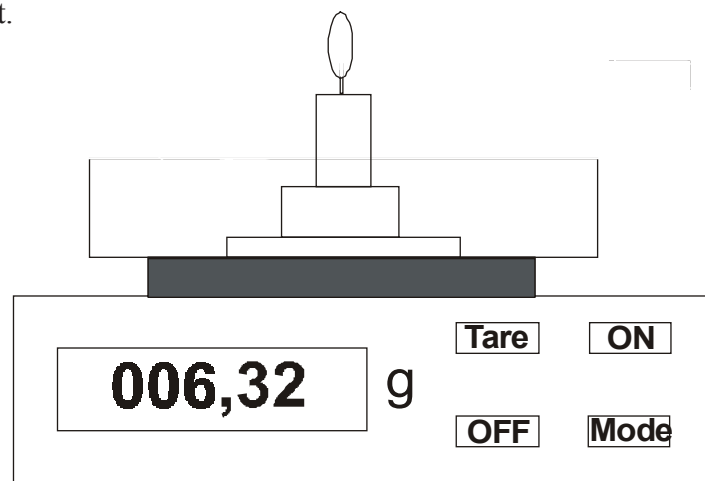


Abb. 2: Versuchsaufbau

3.4 Durchführung

Wir haben die Waage tariert und dann unsere Versuchskerze hinaufgestellt. Den angezeigten Wert haben wir uns notiert und daraufhin die Kerze angezündet. Nebenbei ließen wir die Stoppuhr laufen und haben dann zu jeder vollen Minute das Gewicht auf dem Display abgelesen und notiert. Dies taten wir, bis die Kerze vollständig abgebrannt war. Anschließend haben wir die Werte in Excel eingegeben und jeweils einen Graphen für jedes Dochtmaterial angefertigt.

3.5 Probleme und ihre Behebung

An Problemen mangelte es uns nicht. Manche Kerzen gingen mitten in den Brennversuchen aus, andere fingen gar nicht erst an zu brennen. In diesen Fällen mussten wir improvisieren. Leider haben wir erst nach dem letzten Brennversuch eine passende Methode gefunden, wie jede Kerze leicht zu entzünden ist, indem wir statt Streichhölzern einen speziellen Miniatur-Gasbrenner verwendet haben, dessen Flamme erheblich heißer ist als die eines Streichholzes. Manchmal hatten wir auch das Problem, dass die Kerzen scheinbar an Gewicht zunahmen, dann haben wir den letzten Messwert verwendet und sicherheitshalber den Versuch mit einer zweiten Kerze gleicher Art wiederholt.

4. Auswertung

4.1 Verbrennungsdiagramme

Zur leichteren Vergleichbarkeit haben wir uns entschlossen, unsere Versuche graphisch statt tabellarisch darzustellen. In den Diagrammen ist das Gewicht in Abhängigkeit von der Zeit veranschaulicht. Was uns dabei aufgefallen ist: Die Kerzen verbrennen zwar vollständig, jedoch bleibt immer ein Restgewicht von ca. 3,00g übrig. Sowohl das Dochtmaterial als auch die Unterlegscheibe kommen zusammen nicht auf das Gewicht von 3,00g. Allerdings konnten wir beobachten, dass sich ein minimaler, kaum sichtbarer Wachsfilm auf dem Boden abgelegt hat, der dafür verantwortlich sein könnte.

4.2.1 Dochtmaterial: Küchenrolle

Wie schon in der Überschrift erwähnt, handelt es sich beim Dochtmaterial um das Papier einer einfachen Küchenrolle. Folgendes wurde bei den Versuchen festgestellt: Es gab keine Probleme beim Entzünden der Kerze. Die Brenndauer schwankte bei mehreren Versuchen zwischen 25 und 28 Minuten. Es hat sehr stark gerußt. Die Flamme hatte eine durchschnittliche Größe von 4,75cm. Als Dochtmaterial ist es gut geeignet. Beim ersten Versuch (oberer Graph) ist fast das gesamte Wachs verbrannt. Bei den ist gemeinsam, dass sie eine kurze Zeit zum „Einbrennen“ benötigen. Beim oberen Graphen kann man außerdem erkennen, dass am Ende der Brennzeit die Verbrennung wieder etwas langsamer wird.

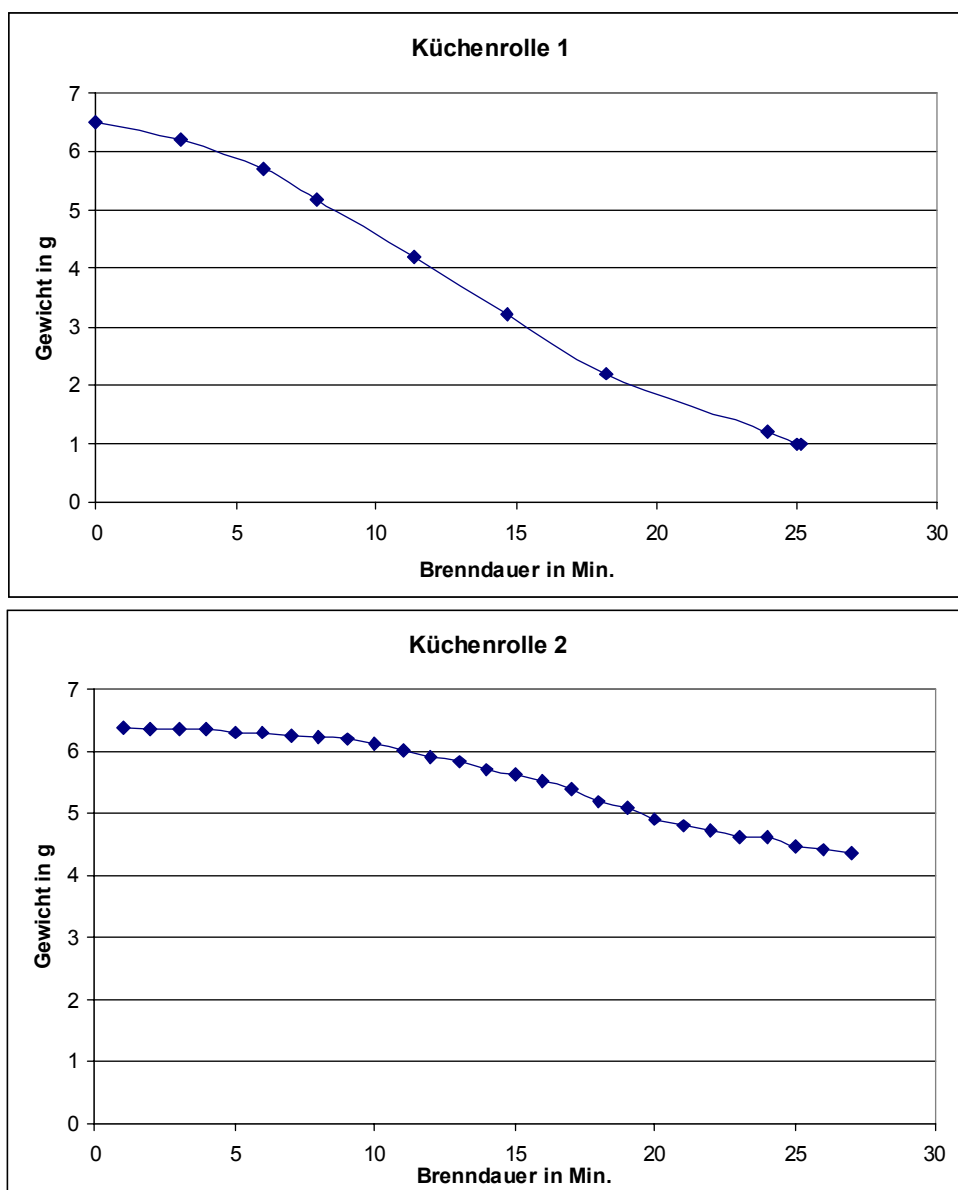


Abb. 3: Brennversuche mit Küchenpapier als Docht

4.2.2 Dochtmaterial: Streichholz

Hier wurden Streichhölzer ohne Zündkopf verwendet. Es gab große Schwierigkeiten beim Entzünden des Dochts. Teilweise erloschen die Flammen schon nach einigen Minuten, ansonsten lag die Brenndauer bei ungefähr 30 Minuten. Die Flamme war nicht besonders groß und drohte bei jedem Luftzug auszugehen. Dafür war die Rußung so schwach, dass sie später nicht nachgewiesen werden konnte. Als Dochtmaterial ist es nicht gut geeignet. Als die Flamme ausging, war kaum etwas von dem Wachs verbrannt, damit unterscheidet sich diese Messung stark von der mit dem Küchenpapier. Das kann daran liegen, dass das Wachs nicht tief genug in das Holz eindringen konnte.

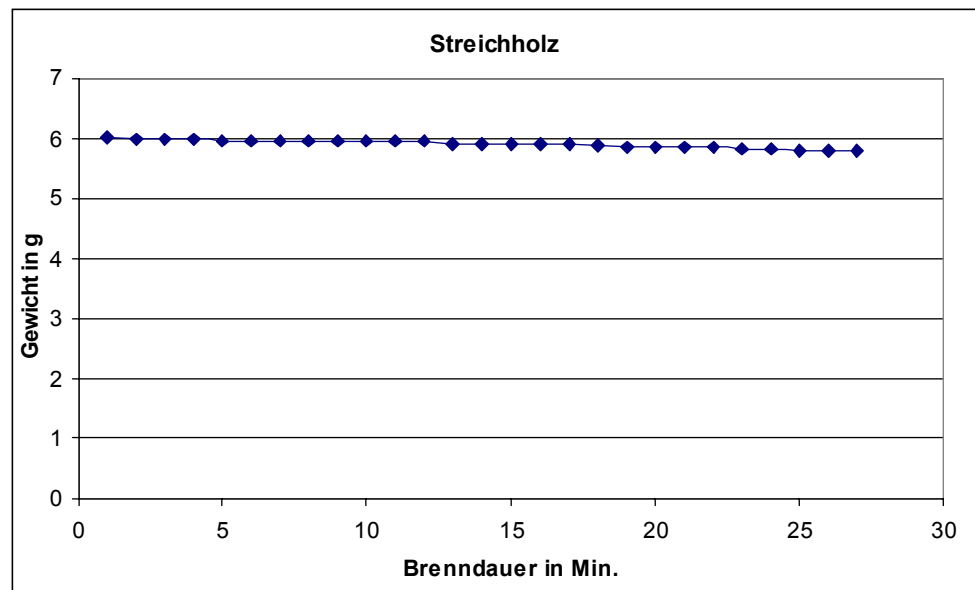


Abb. 4: Brennvorsuche mit Streichholz als Docht

auszugehen. Dafür war die Rußung so schwach, dass sie später nicht nachgewiesen werden konnte. Als Dochtmaterial ist es nicht gut geeignet. Als die Flamme ausging, war kaum etwas von dem Wachs verbrannt, damit unterscheidet sich diese Messung stark von der mit dem Küchenpapier. Das kann daran liegen, dass das Wachs nicht tief genug in das Holz eindringen konnte.

4.2.3 Kienspan

Beim Entzünden des Kienspans sind keine Probleme aufgetreten. Jedoch hat uns die Gewichtszunahme von 0,03 Gramm in der 26. Brennminute ziemlich verwundert. Dieser geringe Fehler könnte durch Staubablagerungen, Luftzüge oder leichter Erschütterung zustande kommen. Die Brenndauer

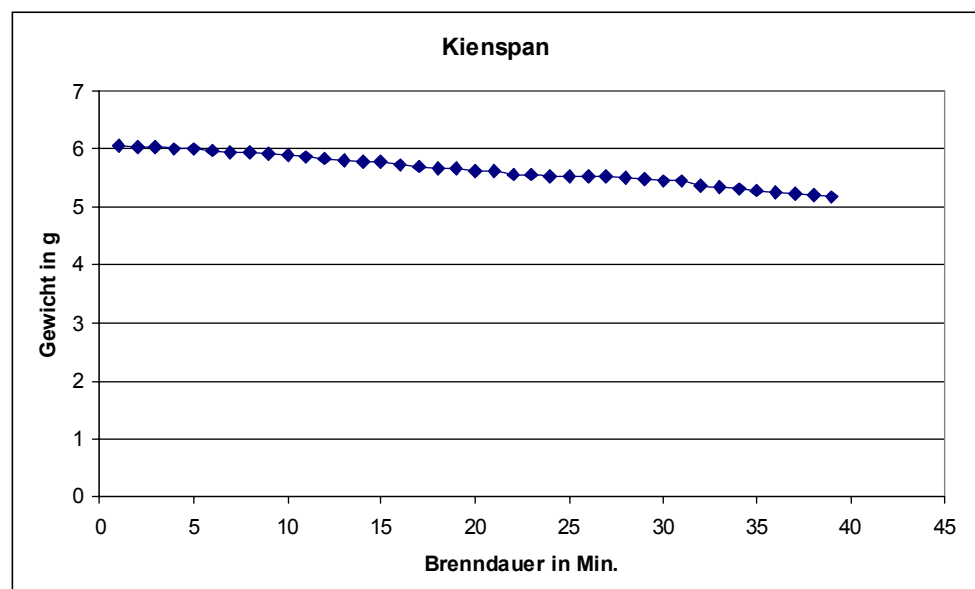


Abb. 5: Brennvorsuche mit Kienspan als Docht

betrug ca. 40 min. Die Flamme war sehr klein, dafür gab es eine sehr starke Rußentwicklung. Als Dochtmaterial ist es nicht gut geeignet. Im Vergleich zum Streichholz eignet es sich ein wenig besser, was daran liegen kann, dass das von uns verwendete Material dünner war.

4.2.4 Weizenstroh

Für diesen Docht haben wir Weizenstrohalme vom Feld verwendet. Diese wurden mechanisch nicht weiter bearbeitet. Beim Weizenstroh gab es die meisten Probleme. Von drei Kerzen ließ sich überhaupt nur eine entzünden. Zum anderen hatten wir Probleme mit der Bestimmung des Gewichtes, weil

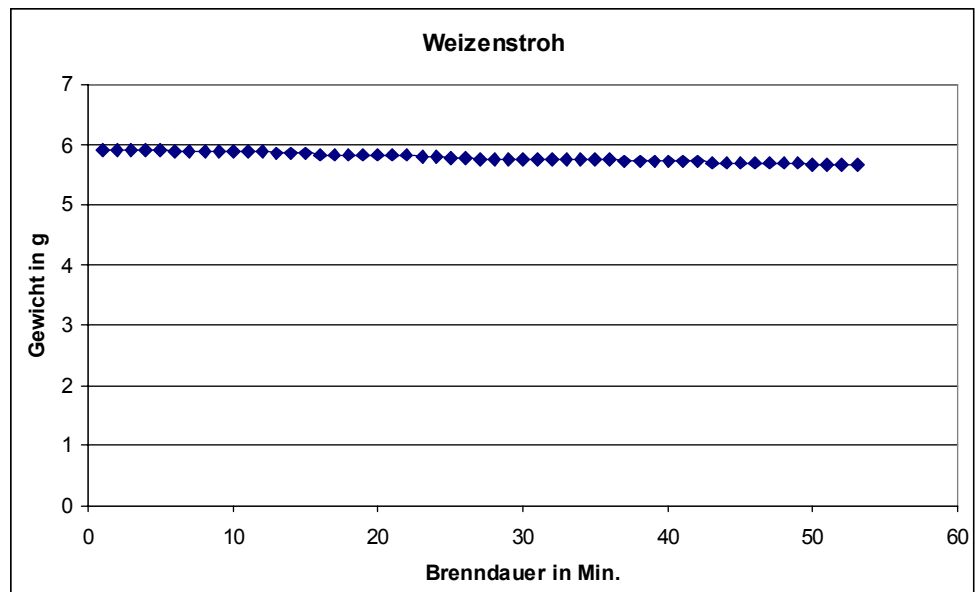


Abb. 6: Brennvorsuche mit Weizenstroh als Docht

dieses nach oben und unten schwankte, dann haben wir den kleineren Wert verwendet. Die Brenndauer von 53 min und die geringe Rußentwicklung glichen dies jedoch aus. Als Dochtmaterial ist Weizenstroh gar nicht gut geeignet, nur ein geringer Teil des Waxes wurde verbrannt.

4.2.5 Kupferdraht

Die Kerze brannte mit einer Rekordzeit von 7 Sekunden am kürzesten von allen, eine Messung war nicht möglich. In einem Vorversuch hatte sich Kupferdraht dagegen hervorragend als Docht geeignet mit kaum sichtbarer Rußentwicklung und sehr großer Flamme. Der Draht als Docht verbrannte alles zur Verfügung stehende Wachs.

4.2.6 Baumwolldocht

Der Baumwolldocht machte keine Probleme beim Anzünden. Wir haben drei verschiedene Versuche durchgeführt: einfacher Baumwolldocht, ungefähr von der Größe eines ganz normalen Teelichtdochtes, aus zwei Baumwolldochten gedrehter Docht und aus drei Baumwolldochten geflochtener Docht. Es

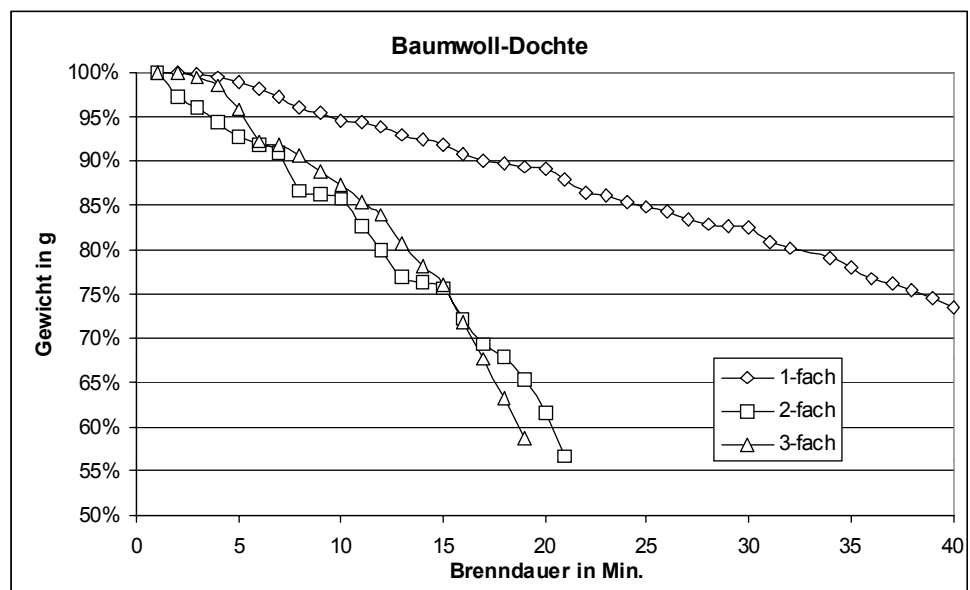


Abb. 7: Brennvorsuche mit Baumwoll-Dochten verschiedener Durchmessers

gab große Unterschiede bei der Brenndauer der verschiedenen Versuche: einfacher Baumwolldocht

konnte über ca. 40 min. brennen, gedrehter Baumwolldocht nur 22 min. und der geflochtene Baumwolldocht hingegen 19 min. Die Flamme hatte überall die gleiche Größe von ungefähr 3,5 cm. Beim einfachen Baumwolldocht war kaum eine Rußung festzustellen, beim gedrehten Docht eine mittlere Rußung und beim geflochtenen Docht eine sehr starke Rußentwicklung.

Vom einfachen zum doppelten Docht nimmt die Brenndauer auf die Hälfte ab, doch zwischen dem doppelten und dem dreifachen Docht ist kaum ein Unterschied festzustellen. Dafür gibt es folgende Erklärung: Das flüssige Wachs steigt durch die Hitze im Docht hoch, wird gasförmig und verbrennt. In der Mitte des Dochtes ist es jedoch kühler als außen am Docht, so kühl, dass das Wachs in der Mitte nicht mehr verdampft. Auch erhält das Wachs im inneren Teil des Dochtes weniger Sauerstoff, weil dieser schon in den äußeren Bereichen mit dem Wachsdampf reagiert hat. Daraus ergibt sich die unvollständige Verbrennung, die zu einer stärkeren Rußentwicklung führt.

5. Gesamtauswertung

Von allen Dochtmaterialien hat sich doch der normale Baumwolldocht am besten bewährt. Ohne viele Probleme war die Kerze anzündbar, außerdem war die Rußentwicklung so gering, dass sie mit bloßem Auge nicht zu erkennen ist. Auch die Brenndauer und die Größe der Flamme sind akzeptabel. Ebenfalls haben wir herausgefunden, dass nicht alle organischen und anorganischen Materialien gleich gut oder überhaupt brennen. Ein wichtiger Faktor bei der Rußentwicklung und der Brenndauer ist die Dicke des Dochtes. Bei der Baumwolle haben wir drei verschieden dicke Dochte benutzt und herausgefunden: je dicker der Docht ist, desto größer ist die Rußung und desto kürzer ist die Brenndauer.

6. Literatur

[1] „Die Naturgeschichte einer Kerze“, Michael Faraday, div Verlag Franzbecker, Hildesheim 1980

[2] „Internetlexikon“, (CD), Bertelsmann 2002

[3] „Microsoft Encarta Enzyklopädie 2003“, (CD), Microsoft 2003

7. Internet-Adressen

www.educETH.ch/chemie/diverses/kerze (Flamme und Ruß)

www.seilnacht.tuttlingen.com/versuche/kerze.html (Versuche mit Kerzen)

www.summermatter.org/33-c-unter.htm (Verbrennungsvorgänge in der Kerze)

8. Danksagung

Wir bedanken uns bei Herrn STD Biedermann und seiner Familie für den Platz zum Arbeiten an unserem Projekt, für Kekse und Essen sowie bei Frau Cornelia Kohrs für ihre Hilfe beim Kerzen gießen.