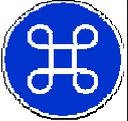


## Bestimmung des Heizwertes von Kerzenwachs (Dosenkalorimeter)

DGUV SR 2003							Weitere Maßnahmen: Text:
<b>x</b>	<b>x</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

### Geräte:

Waage, Messzylinder, leere Getränkedose, Multimessgerät mit Temperaturfühler oder Thermometer, Teelicht, Stativ und Stativklammer, Wasser

### Versuchsdurchführung

- Wiege das Teelicht.
- Gib in die Dose 150 ml Wasser.
- Befestige die Dose mit einer Stativklammer, so dass der Abstand zur Kerzenflamme so klein ist, dass die Flamme noch nicht erlischt.
- Tauche den Temperaturfühler/das Thermometer in die Dose und rühre vorsichtig. Notiere diese Temperatur als Starttemperatur und miss nun 3 Minuten lang alle 30 Sekunden.
- Entzünde die Kerze nach 2 Minuten 55 Sekunden und stelle sie unter die Dose, nachdem die Temperatur nach 3 Minuten abgelesen wurde.
- Lösche die Flamme, wenn die Temperatur um ca. 6° C gestiegen ist. Lass die Kerze auskühlen und wiege sie erneut.
- Miss die Temperatur noch 4 Minuten über den Zeitpunkt des Löschens der Kerze hinaus alle 30 Sekunden.

**Entsorgung:** Ausguss

### Aufgaben: (für Schüler)

- Notiere alle Messwerte in einer Tabelle (Zwei Spalten: Zeit in Sekunden oder Minuten, Temperatur in °C).
- Erstelle aus den Messdaten ein x-y-Diagramm (mindestens eine halbe DIN-A4-Seite groß; X-Achse Zeit in Einheit Sekunden, Y-Achse Temperatur in Einheit °C, Temperaturbereich von 20 – 30 °C).
- Bestimme aus dem Diagramm die Temperaturdifferenz zwischen Anfangs- und maximaler Temperatur des Wassers.
- Stelle die Energieumwandlung in einem Schema dar. Wo „steckt“ die bei der Verbrennung frei werdende Wärme?

Hinweis: es gibt eine Umwandlung der Energie von einer Form in die andere und außerdem eine Übertragung der Energie von einem Medium auf ein anderes.

### Varianten des Versuchs:

Die Versuchsanleitung ist hier geschlossen dargestellt und leitet die Schülerinnen und Schüler sehr eng.

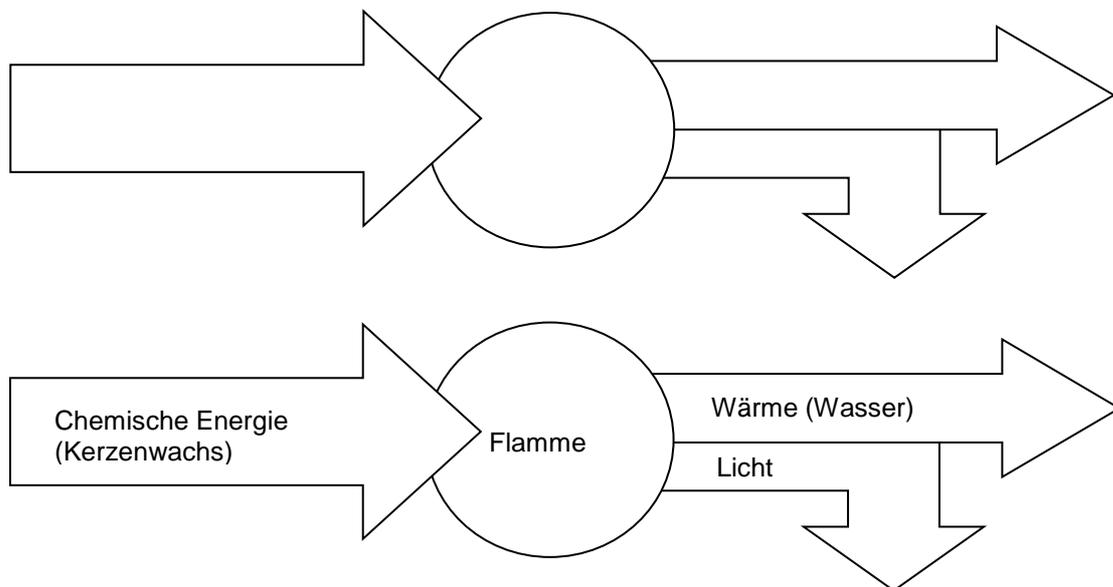
Der Versuch kann im Vorfeld auch mit der Klasse im Unterrichtsgespräch erarbeitet werden. Dabei muss den Schülerinnen und Schülern klar werden, dass die Wärme, die bei der Reaktion entsteht, im Wasser der Dose gespeichert wird. Eine Versuchsanleitung wird auf der Grundlage des Unterrichtsgesprächs dann gemeinsam entwickelt.

Mit den Schülerinnen und Schülern wird die Fragestellung des Versuches besprochen und dann eine Kiste mit den zur Verfügung gestellten Materialien ausgeteilt. Auf dieser Grundlage ist ein eigener Versuchsaufbau zu erstellen.

Anstelle der Aufnahme einer Temperaturkurve wird nur die Temperaturdifferenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur ermittelt.

Die Temperaturkurve wird mit einem Messwerterfassungssystem aufgenommen und daraus die Temperaturdifferenz bestimmt.

### Darstellung der Energiewandlung mit Hilfe folgenden Schemas:



### Mögliche vertiefende Arbeitsaufträge: (für Schüler)

- Überlege gemeinsam mit deinen Mitschülern, welchen Einfluss die Veränderung der Wassermenge in der Dose auf das Versuchsergebnis hat.
- Die bei der Reaktion frei werdende Wärmemenge soll berechnet werden. Überlege, zu welchen Größen sie proportional ist.
- Die mit diesem Versuchsaufbau ermittelten Werte für die bei der Verbrennung frei werdende Menge sind meistens kleiner als der theoretische Wert. Entwickle Verbesserungsmöglichkeiten im Versuchsaufbau, die eine genauere Bestimmung ermöglichen.
- Erkläre, welchen Einfluss das Rußen auf die ermittelten Werte hat.

## Lehrerinformationen

### Didaktische Hinweise:

Der Versuch ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, die bei einer Verbrennung frei werdende Menge nicht nur qualitativ, sondern in bestimmten Grenzen auch quantitativ zu erfahren. Dabei wird der Fachbegriff „Brennwert“ aufgegriffen und die Kompetenz „Die Schülerinnen und Schülern werten Brennwerttabellen aus und schließen auf die Eignung der betrachteten Stoffe als Brennstoff.“ entwickelt.

Bei der Besprechung des Versuches ist herauszuarbeiten:

- Das Kerzenwachs verbrennt. Dabei handelt es sich um eine chemische Reaktion, bei der Wärme frei wird, weil chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird.
- Die frei werdende Wärme wird von der Dose und dem darin enthaltenen Wasser aufgenommen, wodurch sich dieses erwärmt.
- Die Wärmemenge ist proportional zum Temperaturanstieg.
- Um die Bedeutung der Wassermenge zu diskutieren, können verschiedene Gruppen mit unterschiedlichen Wassermengen arbeiten. Dabei ist festzustellen, dass die Zeit bis zum Erreichen eines bestimmten Temperaturanstiegs unterschiedlich ist. Im Unterricht muss dann geklärt werden, dass die Zeit hier aber die falsche Größe ist und es eigentlich um die Wärmemenge geht, die bei der Verbrennung frei wird. Diese ist bei länger brennender Kerze natürlich größer und bei konstanter Flamme proportional zur Brenndauer.
- Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Wärmemenge, die in dem Wasser gespeichert ist, auch von der Wassermenge abhängt. Dies kann durch Bezug auf einen Wasserkocher verdeutlicht werden: wenn dieser vollständig gefüllt ist, dauert das Erhitzen länger als bei nur geringer Füllung. Die Energiemenge, die vom Wasser aufgenommen wird, ist also abhängig von der Menge des Wassers.
- Der letzte Faktor, der die Wärmemenge bestimmt, ist die spezifische Wärmekapazität des Wassers: dies ist eine stoffspezifische Größe und sollte den Schülerinnen und Schülern als Stoffeigenschaft erläutert werden. Sie ist ein Maß dafür, wie gut der Stoff Wärme speichern kann“. Für diese Stoffeigenschaft gibt es Tabellenwerte, wobei ein höherer Wert bedeutet, dass der Stoff bei gleicher Masse mehr Wärme speichern kann.
- Zur quantitativen Auswertung verwendet man folgende Formel:

$$Q = c_p \cdot m(\text{Wasser}) \cdot \Delta T$$

Q = Wärmemenge in J

m (Wasser) = Wassermasse in der Dose

$\Delta T = T_2 - T_1$  = Temperaturanstieg

- Möchte man den Einsatz der Formel vermeiden, so kann man auch über eine Dreisatzrechnung und die Definition des Joule eine Berechnung vornehmen:  
4,2 Joule sind die Wärmemenge, die benötigt wird, um 1 g Wasser um 1°C zu erwärmen.
- Mögliche Definition Heizwert:  
Der Heizwert ist die maximal nutzbare Wärmeenergiemenge, die bei der Verbrennung eines Stoffes frei wird. Sie wird in der Einheit MJ/kg angegeben.

### Fachliche Bemerkung:

In diesem Versuch wird der **Heizwert** bestimmt. Dies entspricht der frei werdenden Wärmemenge, wenn das bei der Verbrennung entstehende Wasser gasförmig ist. Der **Brennwert** entspricht der Wärmemenge bei Entstehung flüssigen Wassers und wird z. B. auf Lebensmitteln bei den Nährwertangaben verwendet, die unter physiologischen Bedingungen erfolgen. Der Heizwert hingegen ist eine Größe, der eher beim Vergleich von Brennstoffen z. B. zum Heizen von Gebäuden verwendet wird.

Siehe dazu auch: <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert> (24.09.2014)

Der Heizwert für Kerzenwachs beträgt je nach Art des Materials ca. 36-40 kJ, die im Versuch ermittelten Werte hingegen sind z. T. deutlich zu niedrig sind. In der sich anschließenden Diskussion kann erarbeitet werden, welche Fehler dafür ursächlich sind:

- Die Kerze ist zu weit von der Dose entfernt und nur ein Teil der Verbrennungswärme wird von der Dose aufgenommen.
- Die Dose verliert Wärme an die Umgebung.
- Das Metall der Dose bleibt unberücksichtigt (Dieser Fehler wird entsprechend größer, wenn anstelle der Metaldose ein Becherglas verwendet wird, welches deutlich schwerer ist.)
- Ablesefehler, Wägefehler

Schülerinnen und Schülern erfahren an dieser Stelle, dass eine Fehlerbetrachtung zur Durchführung eines chemischen Experiments gehört. Verbesserungen können diskutiert (geringerer Abstand, Windschutz, ...) und ein „richtiges“ Verbrennungskalorimeter anschließend demonstriert werden.