

## Wärmeenergie und erwärmte Masse (Artikelnr.: P1428500)

### Curriculare Themenzuordnung



#### Schwierigkeitsgrad



Mittel

#### Vorbereitungszeit



20 Minuten

#### Durchführungszeit



20 Minuten

#### empfohlene Gruppengröße



3 Schüler/Studenten

#### Zusätzlich wird benötigt:

- Wasser
- Topflappen
- Stoppuhr

#### Versuchsvarianten:

#### Schlagwörter:

Wärmeenergie, Temperaturerhöhung, Heizleistung, erwärmte Masse, Wärmekapazität von Wasser

## Einführung

### Einleitung

Wird Wasser in einem Gefäß erwärmt, dann hängt die Temperaturerhöhung von der Heizdauer und der Masse des erwärmten Wassers ab. Bei konstanter Heizleistung des Brenners werden im folgenden Versuch verschiedene Wassermengen erhitzt und die Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit gemessen.

### Lernziel

Mit diesem Versuch soll die Proportionalität zwischen der Temperaturerhöhung  $\Delta\vartheta$  und der Heizzeit  $t$ , sowie die daraus folgende Proportionalität zur zugeführten Wärmeenergie  $Q$  gezeigt werden:  
$$\Delta\vartheta \sim t \text{ und } \Delta\vartheta \sim Q.$$

## Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Hafttafel mit Gestell, Demo Physik	02150-00	1
2	Klemmhalter, d = 0..13 mm, auf Haftmagnet	02151-07	1
3	Halter für Cobra4, magn.	02161-10	1
4	Halter für Brenner, auf Haftmagneten	02162-00	1
5	Halter für Drahtnetz, auf Haftmagneten	02163-00	1
6	Drahtnetz mit Keramik, 160 x 160 mm	33287-01	1
7	Becherglas, BORO 3.3, niedrige Form, 600 ml	46056-00	1
8	Messzylinder 250 ml, PP transparent	36630-01	1
9	Glasrührstab, Boro 3.3, l = 200 mm, d = 6 mm	40485-04	1
10	Cobra4 Mobile-Link 2 inkl. Zubehör	12620-10	1
11	Cobra4 Sensor-Unit 2 x Temperatur, NiCr-Ni	12641-00	1
12	Tauchfühler, NiCr-Ni, Edelstahl, -50...400°C	13615-03	1
13	Digitale Großanzeige	07157-93	1
14	Butanbrenner mit Kartusche, 220 g	32180-00	1
15	Cobra4 Display-Connect TX, Sender für die Benutzung des Cobra4 Mobile-Link mit Großanzeigen	12623-00	1
16	Cobra4 Display-Connect RX, Empfänger für die Benutzung des Cobra4 Mobile-Link mit Großanzeigen	12623-01	1



Abb. 1a: Material zur Messung



Abb. 1b: Material des weiteren Aufbaus

## Aufbau & Durchführung

### Aufbau

Der Aufbau erfolgt nach Abb. 2:



Abb. 2: Versuchsaufbau

Aufbau der Messgeräte:

1. Auf das Cobra4 Mobile-Link 2 werden das Cobra4 Display-Connect zur Großdisplayanbindung und das Cobra4 Sensor-Unit 2x Temperatur gesteckt. An die Temperatureinheit wird ein Temperatur-Tauchfühler (NiCr-Ni) angeschlossen.
2. Mit Hilfe der Magnethalterung wird das Cobra4 Mobile-Link 2 auf der Hafttafel befestigt und mit dem grünen On-Knopf angeschaltet.
3. Zur Befestigung des Tauchfühlers wird ein Klemmhalter mit  $d=0..13\text{mm}$  auf der Hafttafel platziert und der Tauchfühler hineingeschoben.
4. Das Empfangsgerät des Cobra4 Display-Connect wird an die digitale Großanzeige angeschlossen.
5. Der Netzstecker der Anzeige wird in den passenden Anschluss gesteckt und an das Stromnetz angeschlossen.
6. Die Großanzeige wird mit einer Muffe an einer Stativstange befestigt und anschließend auf eine am oberen Rand der Demo-Tafel mit einer weiteren Muffe auf Träger demonstrativ befestigt.



Abb. 2b: Aufbau der digitalen Großanzeige

Aufbau des Versuchsobjektes:

1. Unten auf der Tafel wird ein Halter für den Brenner gesetzt.
2. Der Halter für das Drahtnetz wird bei der markierten Höhe 240 (diese Höhe gilt für die Butankartusche) auf die Tafel

aufgesetzt und das Drahtnetz aufgelegt.

3. Nun wird der Klemmhalter mit Temperaturfühler oberhalb des Brennerhalters positioniert.

## Durchführung

1. Mit Hilfe des Messzyinders 500 ml kaltes Wasser abmessen und in das 600 ml Becherglas füllen.
2. Temperaturfühler kurzfristig aus dem Halter nehmen und die Anfangstemperatur  $T_0$  messen und notieren.
3. Den Butanbrenner nun anzünden und auf den Halter stellen.
4. Das 600 ml Becherglas mit Inhalt auf das Drahtnetzsetzen und die Stoppuhr starten.
5. Den Klemmhalter anschließend so verschieben, bis der Temperaturfühler zur Hälfte in das Wasser eintaucht.
6. Die Temperatur  $T$  wird in Abständen von 1 Minute gemessen, dabei regelmäßig umrühren ohne den Tauchfühler zu berühren.
7. Die Messung nach 10 min beenden, aber den Brenner nicht aussstellen, dennoch wird der Brenner entfernt.
8. Das Becherglas leeren und kalt ausspülen. Anschließend 250 ml kaltes Wasser mit dem Messzyylinder abmessen und in das Becherglas füllen.
9. Die Messung mit den 250 ml wiederholen, dabei das Becherglas und den Brenner möglichst an der gleichen Stelle halten.
10. Die Messung nach 5 min beenden.

Die Anfangstemperaturen  $T_0$  bei beiden Messungen sollten etwa gleich groß sein.

Wichtig: Der Brenner muss in der zweiten Messung die gleiche Heizleistung haben, weshalb er nicht ausgeschaltet werden sollte.

## Beobachtung & Auswertung

### Messergebnis

Die Messwerte für beide Messreihen sind in Tabelle 1 und 2 zusammen gefasst. Die Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta$  ergibt sich dabei aus der aktuellen Temperatur und der Temperatur zum Zeitpunkt  $t = 0$ :  

$$\Delta\vartheta = T - T_0.$$

Tabelle 1: Messwerte für das Becherglas mit 500 ml Wasser			Tabelle 2: Becherglas mit 250 ml Wasser		
Zeit $t$ [min]	Temperatur $T$ [ $^{\circ}$ C]	$\Delta\vartheta$ [ $^{\circ}$ C]	Zeit $t$ [min]	Temperatur $T$ [ $^{\circ}$ C]	$\Delta\vartheta$ [ $^{\circ}$ C]
0	19,4	0,0	0	19,3	0,0
1	23,5	4,1	1	25,7	6,4
2	27,1	7,7	2	32,8	13,5
3	30,0	10,6	3	39,6	20,3
4	34,8	19,4	4	46,7	27,4
5	38,8	15,4	5	53,3	34,0
6	42,6	23,2			
7	46,4	27,0			
8	49,9	30,4			
9	53,2	33,8			
10	56,2	36,8			

### Auswertung

Dem Wasser wird mit Hilfe des Brenners Wärmeenergie zugeführt. Je länger das Wasser erwärmt wird, desto mehr Wärmeenergie wird ihm zugeführt und desto größer ist die Temperaturerhöhung des Wassers.  
Bei gleicher Heizleistung des Brenners muss eine größere Menge Wasser länger erhitzt werden als eine kleine, wenn sie die gleiche Temperatur erreichen soll. Die doppelte Wassermasse benötigt für die gleiche Temperaturerhöhung ungefähr die doppelte Zeit. Das bedeutet: Es wird die doppelte Wärmeenergie benötigt.

Die Messergebnisse sind in Abb. 3 grafisch dargestellt. Dabei ist für beide Wassermengen die Temperaturerhöhung über der Heizzeit aufgetragen.

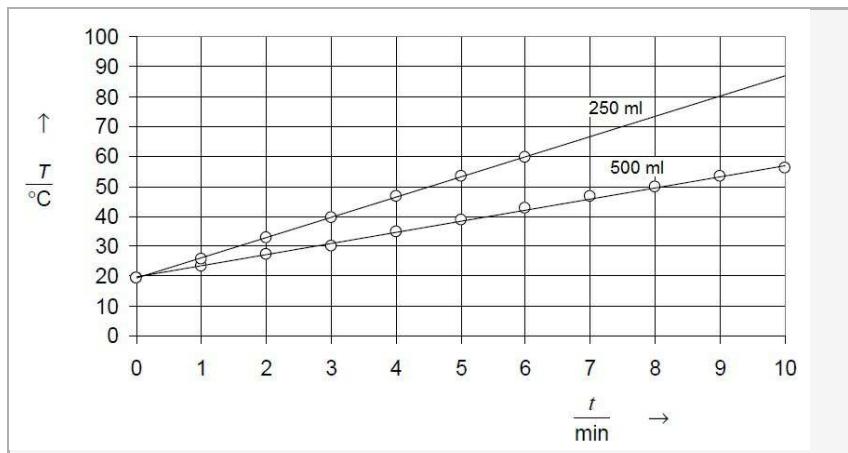


Abb. 3: graphische Auftragung der Temperaturen für die zwei Messreihen gegen die Zeit

Offensichtlich ergibt die Messung zwei Geraden. Somit ist die Temperaturerhöhung  $\Delta\vartheta = T - T_0$  proportional zur Heizzeit  $t$  und damit (bei konstanter Heizleistung) proportional zur zugeführten Wärmeenergie  $Q$ :  

$$\Delta\vartheta \sim t \text{ und } \Delta\vartheta \sim Q$$

Der Vergleich der beiden Geraden untereinander zeigt, dass bei konstanter Temperaturerhöhung  $\Delta\vartheta$  zum Erwärmen der doppelten Wassermasse auch etwa die doppelte Zeit benötigt wird: Die zu erwärmende Masse ist proportional zur benötigten Heizzeit bzw. zur benötigten Wärmeenergie.

$$m \sim t \text{ und } m \sim Q.$$

## Anmerkung

1. Die für eine bestimmte Temperaturerhöhung erforderliche Wärmeenergie ist nicht nur von der zu erwärmenden Masse sondern auch vom Material abhängig. Es gilt

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta,$$

dabei ist  $c$  eine Stoffkonstante, die spezifische Wärmekapazität. Wenn diese gemessen werden soll, muss zum Heizen anstatt eines Brenners eine elektrische Heizung verwendet werden, deren zugeführte elektrische Energie berechnet werden kann:

$$Q_{el} = \frac{U}{t},$$

wobei  $U$  der elektrischen Spannung entspricht.

2. Die Messungen mit 250 g und 500 g Wasser ergeben keine idealen Werte. Wird 250 g Wasser 5 min lang erwärmt, dann ist die Temperatur stehts kleiner, als wenn 500 g Wasser 10 min lang erwärmt werden. Die Ursache ist - neben Wärmeverlusten - vor allem, dass die Wärmekapazität des Becherglases nicht berücksichtigt wird. Beides hat bei der kleineren Wassermenge einen größeren Einfluss als bei der großen.
3. In der Versuchsdurchführung wird empfohlen, zuerst den Brenner unter das Drahtnetz zu stellen und dann erst das Becherglas auf das schon warme Drahtnetz. Bei der umgekehrten Reihenfolge müsste nämlich während der ersten Minute zuerst auch Drahtnetz und Halter mit erwärmt werden, wodurch der erste Messer deutlich (mindestens 1 °C) zu niedrig wäre.
4. Der Temperaturfühler (Thermoelement) reagiert sehr schnell auf Temperaturschwankungen während es Umrühren.