

## Kalorik

Wärme als Energieform

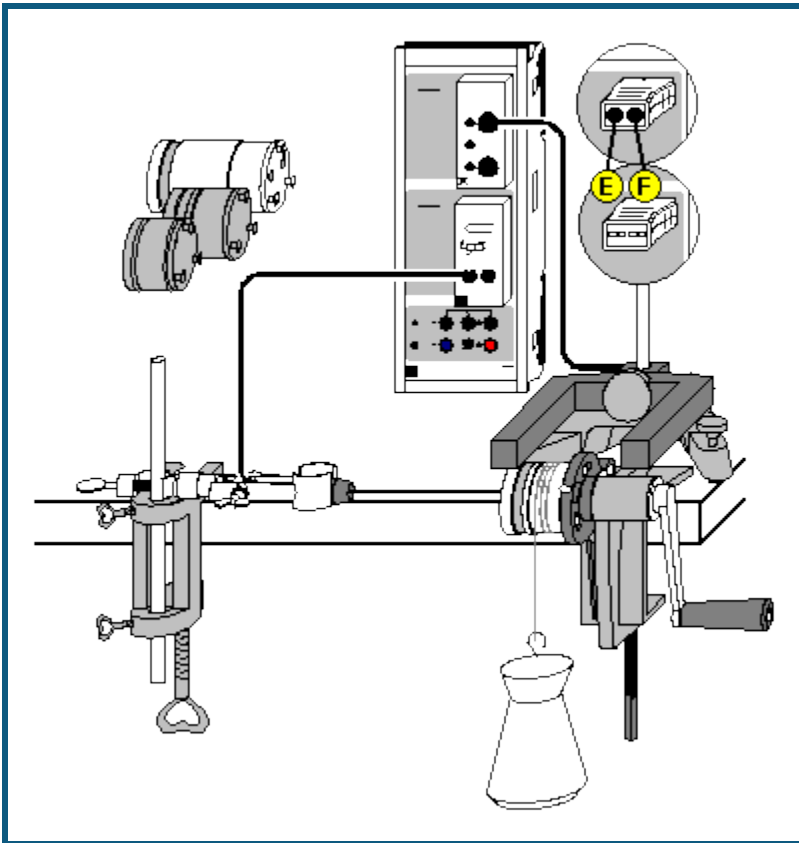
*Umwandlung von mechanischer Energie in Wärme*

Umwandlung von  
mechanischer Energie in  
Wärmeenergie -  
Aufzeichnung und  
Auswertung mit CASSY

### Beschreibung aus CASSY Lab 2

Zum Laden von Beispielen und  
Einstellungen bitte die CASSY Lab 2-Hilfe  
verwenden.

## Umwandlung von mechanischer Energie in thermische Energie



 auch für [Pocket-CASSY](#) geeignet

### Sicherheitshinweis

Standort des Experimentators so wählen, dass Verletzungen durch ein versehentliches Herabfallen des 5 kg-Wägestücks ausgeschlossen sind.

### Versuchsbeschreibung

Die Energie gehört zu den fundamentalen Größen der Physik. Energie tritt in unterschiedlichen Erscheinungsformen auf, die sich ineinander umwandeln lassen. Die gesamte Energie bleibt bei Umwandlungsprozessen in einem abgeschlossenen System erhalten.

In diesem Versuch wird die Äquivalenz von mechanischer Energie  $E_m$  und thermischer Energie  $E_{th}$  experimentell nachgewiesen. Dazu wird im Experiment durch Kurbeln gegen die Reibungskraft mechanische Arbeit  $E_m$  verrichtet. Dies führt zu einer Temperaturerhöhung des Kalorimeters und damit zu einer Erhöhung der thermischen Energie  $E_{th}$ . Durch die Messung der Temperatur  $\vartheta$  und der Anzahl der Umdrehungen können die beiden Energieformen mit den Einheiten Newtonmeter (Nm) und Joule (J) quantitativ erfasst werden, so dass ihre zahlenmäßige Äquivalenz experimentell nachweisbar wird:  $E_m = E_{th}$ .

### Benötigte Geräte



1	<a href="#">Sensor-CASSY</a>	524 010 oder 524 013
1	<a href="#">CASSY Lab 2</a>	524 220
1	<a href="#">Timer-Box</a> oder <a href="#">Timer S</a>	524 034 oder 524 074
1	<a href="#">Temperatur-Box</a>	524 045
1	Temperaturfühler NiCr-Ni oder	666 193
1	<a href="#">NiCr-Ni-Adapter S</a>	524 0673
1	Temperaturfühler NiCr-Ni, Type K	529 676
1	Gabellichtschranke, infrarot	337 46

1	Verbindungskabel, 6-polig, 1,5 m	501 16
1	Wärmeäquivalent-Grundgerät	388 00
1	Kalorimeter	
	z. B.	
	Wasserkalorimeter	388 01
	oder	
	Kupferkalorimeter mit Heizung	388 02
	oder	
	Aluminiumkalorimeter mit Heizung	388 03
	oder	
	Großes Aluminiumkalorimeter mit Heizung	388 04
1	Tischklemme, einfach	301 07
1	Kleiner Stativfuß, V-förmig	300 02
1	Stativstange, 10 cm	300 40
1	Stativstange, 25 cm	300 41
1	Muffe mit Klemme	301 11
1	Wägestück mit Haken, 5 kg	388 24
1	PC mit Windows XP/Vista/7/8	

### Versuchsaufbau (siehe Skizze)

- Wärmeäquivalent-Grundgerät an einer Tischecke befestigen.
- Tischklemme an der Tischkante im Abstand von ca. 40 cm zur Kunststoffhalterung des Grundgerätes befestigen. Muffe mit Klemme mit Hilfe des Stativstange 25 cm zur späteren Fixierung des Temperaturfühlers entsprechend Abbildung einspannen.
- Kalorimeter mit der Bohrung nach oben aufstellen und Wasser in die Öffnung einfüllen.
- Dichtung in Bohrung einsetzen und mit Verschlusschraube festhalten.
- Gefüllten Kalorimeterkörper ins Grundgerät einsetzen. Dazu Nietzapfen am Boden des Kalorimeters in die Schlitz der Kunststoffhalterung stecken und so drehen, dass sie einrasten und der Kalorimeterkörper fest sitzt.
- Temperaturfühler so weit wie möglich in die Kalorimeteröffnung einführen und Verschlusschraube des Kalorimeters anziehen. Temperaturfühler mit dem bereits vorbereiteten Stativmaterial entsprechend Abbildung fixieren.
- 5 kg-Wägestück unterhalb den Kalorimeterkörper stellen.
- Das Nylonband ca. 4 (maximal 6) Mal um das Kalorimeter wickeln und an dem auf dem Boden stehenden Wägestück 5 kg befestigen. Das Wägestück soll an der Kurbelseite nach vorne herunterhängen.
- Kurbel betätigen und überprüfen, ob das 5 kg-Wägestück um einige cm angehoben wird und bei weiterem Drehen auf einer konstanten Höhe gehalten wird. Falls es zu weit angehoben wird, Windungszahl des Nylonbandes verringern; hebt es nicht vom Boden ab, Anzahl der Windungen erhöhen.
- Gabellichtschranke zur Messung der Umdrehungen  $N_{A1}$  (=Anzahl der Verdunklungen) mit Hilfe des Stativfußes entsprechend Abbildung positionieren und über die Timer-Box an den Eingang A des Sensor-CASSYs anschließen.
- Temperaturfühler zur Messung der Temperatur  $\vartheta_{B11}$  über die Temperatur-Box (Buchse  $T_1$ ) am Eingang B des Sensor-CASSYs anschließen.

### Versuchsdurchführung

- Einstellungen laden
- Umdrehungen auf Null stellen, dazu in [Einstellungen NA1](#) → 0 ← betätigen.
- Messung mit  starten.
- Kurbel drehen und Temperaturzunahme in Abhängigkeit von den durchgeführten Umdrehungen messen.
- Messung bei gewünschter Endtemperatur  $\vartheta_{B11}$  wieder mit  stoppen.

### Auswertung

Bereits während der Messung wird die Temperatur  $\vartheta_{B11}$  als Funktion der Umdrehungen  $N_{A1}$  grafisch dargestellt. Im vorbereiteten Diagramm **Auswertung** wird die thermische Energie gegen die mechanische Energie aufgetragen, welche beim Kurbeln gegen die Reibung aufgebracht wurde. Die mechanische Energie  $E_m$  ergibt sich aus dem Produkt von Reibungskraft  $F$  und dem zurückgelegten Weg  $s$ :

$$E_m = F \cdot s$$

$$\text{mit } F = m \cdot g$$

$$F = \text{Reibungskraft}$$

$$m = \text{Masse des Wägestücks} = 5 \text{ kg}$$

$$g = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

und  $s = N \cdot d \cdot \pi$

$s$  = Reibungsweg

$N$  = Zahl der Umdrehungen

$d$  = Durchmesser des Kalorimeters = 0,047 m

Damit gilt nun für die mechanische Energie:  $E_m = m \cdot g \cdot d \cdot \pi \cdot N$ .

Die Zunahme der thermischen Energie in Folge der Temperaturerhöhung ist gegeben durch:

$$E_{th} = C \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

Die Wärmekapazität  $C$  hängt vom verwendeten Kalorimeter ab und muss gemäß folgender Tabelle in den [Einstellun-gen C](#) eingetragen werden:

Kalorimeter	Wärmekapazität $C$ /(J/K)
Wasser (388 01)	$40 + m_{H_2O}/g \cdot 4,2$ (mit Masse des Wassers in g)
Kupfer (388 02)	$264 + 4,2$ (für 1 g Wasserfüllung in der Bohrung)
Aluminium (388 03)	$188 + 4,2$ (für 1 g Wasserfüllung in der Bohrung)
Aluminium, groß (388 04)	$384 + 4,2$ (für 1 g Wasserfüllung in der Bohrung)

Durch Anpassen einer [Ursprungsgerade](#) kann die Äquivalenz zwischen mechanischer Energie  $E_m$  und thermischer Energie  $E_{th}$  bestätigt werden. Die Steigung der Ursprungsgeraden ist gewöhnlich etwas kleiner als 1. Dies ist auf nicht erfasste Wärmeverluste wie z. B. thermischer Kontakt des Kalorimeters mit der Nylonschnur oder der Kunststoffhalterung zurückzuführen.