

## Kalorik

Wärme als Energieform

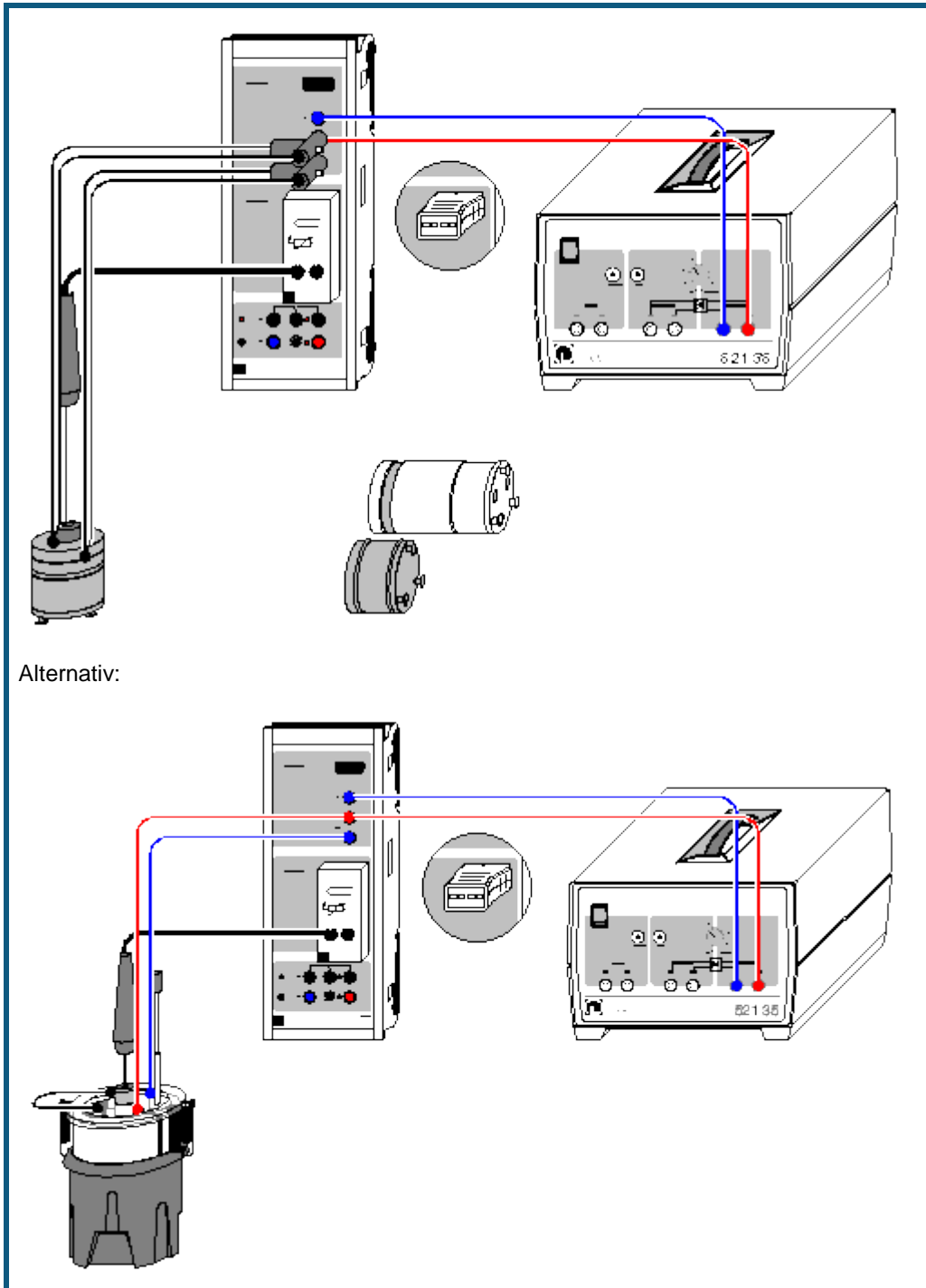
*Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme*

Umwandlung von  
elektrischer Energie in  
Wärmeenergie - Messung  
mit CASSY

### Beschreibung aus CASSY Lab 2

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

## Umwandlung von elektrischer Energie in thermische Energie



### Sicherheitshinweis

Implosionsgefahr: Das Dewargefäß ist ein dünnwandiges, hochevakuiertes Glasgefäß, das bei mechanischer Belastung zerspringen kann.

Dewargefäß nicht stoßen oder fallen lassen.

Keine harten Gegenstände in den Glasmantel fallen lassen.

Glasmantel nicht mit scharfen Gegenständen verkratzen.

## Versuchsbeschreibung

Energie ist ein Maß für gespeicherte Arbeit. Sie kann in unterschiedlichen Erscheinungsformen auftreten, die sich ineinander umwandeln lassen. In einem abgeschlossenen System bleibt bei Umwandlungsprozessen die gesamte Energie erhalten. Die Energie gehört daher zu den fundamentalen Größen der Physik.

In diesem Versuch wird die Äquivalenz von elektrischer Energie  $E_{el}$  und thermischer Energie  $E_{th}$  experimentell nachgewiesen. Dazu wird die im Experiment zugeführte elektrische Energie  $E_{el}$  in der Heizwicklung (oder Heizspirale) in Wärme  $E_{th}$  umgewandelt. Dies führt zu einer Temperaturerhöhung des Kalorimeters (oder Wassers, in welches die Heizspirale eingetaucht ist). Durch die parallele Messung des Stromes  $I$  und der Temperatur  $\vartheta$  als Funktion der Zeit  $t$  können bei bekannter konstanter Spannung  $U$  die beiden Energieformen mit den Einheiten Wattsekunde (Ws) und Joule (J) quantitativ erfasst werden, so dass ihre zahlenmäßige Äquivalenz experimentell nachweisbar wird:  $E_{el} = E_{th}$ .

## 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="#">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	Spannungsquelle, 0...12 V z. B. Kleinspannungs-Stelltrafo S	521 35
1	Kalorimeter mit Anschlusskabel, z. B.	
	Kupferkalorimeter mit Heizung	388 02
	Paar Anschlusskabel für Kalorimeter oder	388 06
	Aluminiumkalorimeter mit Heizung	388 03
	Paar Anschlusskabel für Kalorimeter oder	388 06
	Großes Aluminiumkalorimeter mit Heizung	388 04
	Paar Anschlusskabel für Kalorimeter oder	388 06
	Gerät für Elektrisches Wärmeäquivalent	384 20
	Dewargefäß	386 48
	Becherglas, n.F., Duran, 250 ml	664 103
	Messzylinder, Kunststoff-Fuß, 250 ml	665 755
	Paar Kabel, 50 cm, rot und blau	501 45
	Experimentierkabel, 50 cm, schwarz	501 28
1	Paar Kabel, 50 cm, rot und blau	501 45
1	PC mit Windows XP/Vista/7/8	

## Versuchsaufbau mit Kalorimeter (siehe Skizze)

- Kalorimeter mit der Bohrung nach oben aufstellen und Wasser in die Öffnung einfüllen.
- Dichtung in Bohrung einsetzen und mit Verschlusschraube festhalten.
- Temperaturfühler so weit wie möglich in die Kalorimeteröffnung einführen und Verschlusschraube des Kalorimeters anziehen.
- CASSY zur Strom- und Spannungsmessung entsprechend Abbildung an den Kleinspannung-Stelltrafo S anschließen.
- Heizwicklung des Kalorimeter an den Eingangs A des Sensor-CASSYs anschließen (dazu die großen Bananenstecker zusammenstecken und ein Kabel auf die blaue und eines an die rote U-Sicherheitsbuchse legen)
- Temperaturfühler zur Messung der Temperatur  $\vartheta_{B11}$  über die Temperatur-Box (Buchse  $T_1$ ) am Eingang B des Sensor-CASSYs anschließen.

## Versuchsaufbau mit elektrischem Wärmeäquivalent (siehe Skizze)

- Dewargefäß mit Hilfe des Messzylinders mit ca. 200 ml Wasser füllen.
- Gerät für elektrisches Wärmeäquivalent in das Dewargefäß setzen und Deckel mit Hilfe der Federn befestigen.
- Temperaturfühler mit aufgesetzter Dichtungsscheibe über den Gummistopfen in das Dewargefäß eintauchen. Temperaturfühler sollte durch die Dichtungsscheibe gehalten werden, so dass sich die Spitze des Sensors unter-

halb der Heizspirale befindet. Die Spitze des Temperaturfühlers sollte jedoch den Boden des Dewargefäßes nicht berühren.



- CASSY zur Strom- und Spannungsmessung entsprechend Abbildung an den Kleinspannung-Stelltrafo S anschließen.
- Heizspiralen in Reihenschaltung an den Eingangs A des Sensor-CASSYs anschließen (dazu von jeder Heizspirale ein Kabel an die blaue bzw. rote U-Sicherheitsbuchse legen und die noch freien Anschlüsse der beiden Heizspiralen mit einem schwarzen Kabel verbinden).
- Temperaturfühler zur Messung der Temperatur  $\vartheta_{B11}$  über die Temperatur-Box (Buchse T<sub>1</sub>) am Eingang B des Sensor-CASSYs anschließen.

### Experimentierhinweis

Bei der Durchführung des Versuches mit dem elektrischen Wärmeäquivalent muss während eingeschalteter Spannung das Wasser gerührt werden, damit eine gleichmäßige Erwärmung stattfindet. Dazu den Rührer während der Messung langsam auf und ab bewegen.

### Versuchsdurchführung

■ Einstellungen laden

- In den [Einstellungen IA1](#) als Messgröße **Spannung U<sub>A1</sub>** wählen.
- Kleinspannungs-Stelltrafo S einschalten und die Spannung U<sub>A1</sub> auf ca. 9 V (Kalorimeter) bzw. ca. 4 V (elektrisches Wärmeäquivalent) einstellen.
- Genauen Messwert U<sub>A1</sub> ablesen und in den [Einstellungen U](#) als Parameter eintragen.
- Kleinspannungs-Stelltrafo S wieder ausschalten und in den [Einstellungen UA1](#) als Messgröße wieder **Strom I<sub>A1</sub>** und als Messbereich **0...2,1 A** wählen.
- Nach Erreichen einer konstanten Anfangstemperatur  $\vartheta_{B11}$  Messung mit  starten.
- Kleinspannungs-Stelltrafo S einschalten und bei gewünschter Endtemperatur  $\vartheta_{B11}$  wieder ausschalten.
- Messung nach Erreichen einer konstanten Endtemperatur mit  stoppen.

### Auswertung

Bereits während der Messung wird die Temperatur  $\vartheta_{B11}$  und der Strom I<sub>A1</sub> als Funktion der Zeit grafisch dargestellt. Im vorbereiteten Diagramm **Auswertung** wird die thermische Energie  $E_{th} = C \cdot (\vartheta_{B11} - \vartheta_1)$  gegen die elektrische Energie  $E_{el} = \sum U \cdot I \cdot \Delta t$  aufgetragen. Die Wärmekapazität C hängt vom verwendeten Kalorimeter ab und muss gemäß folgender Tabelle in den [Einstellungen C](#) eingetragen werden:

Kalorimeter	Wärmekapazität C/(J/K)
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)
Elektrisches Wärmeäquivalent (384 20) mit Dewargefäß (386 48)	$(m_{H_2O}/g + 24) \cdot 4,2$ (mit Masse des Wassers in g und Wasserwert $m_D = 24$ g des Dewargefäßes)

Durch Anpassen einer [Ursprungsgerade](#) kann die Äquivalenz zwischen elektrischer Energie  $E_{el}$  und thermischer Energie  $E_{th}$  bestätigt werden. Die Steigung der Ursprungsgeraden liegt gewöhnlich etwas unterhalb vom erwarteten Wert von 1, was auf Wärmeverluste durch Wärmeabstrahlung zurückgeführt werden kann. Dies wird vor allem bei längeren Messzeiten deutlich, wo eine signifikante Abweichung der Messdaten von der Ursprungsgeraden zu beobachten ist.

### Tipp

Alternativ kann die Messung auch manuell ausgewertet werden: Dazu den Mittelwert der Anfangstemperatur  $\vartheta_1$  und Endtemperatur  $\vartheta_2$  bestimmen (mit rechter Maustaste [Mittelwert einzeichnen](#) wählen) und die thermische Energie  $E_{th} = C \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)$  berechnen. Mit [Markierung setzen → Differenz messen](#) die Zeit der elektrischen Energiezufuhr bestimmen. Damit  $E_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t$  berechnen und mit  $E_{th}$  vergleichen.