

M. PETER METTENLEITER
HELMUT J.M. ROTTLER

WÄRME 2

ARBEITSHEFT

3., erweiterte Auflage

Impressum

WÄRME 2

Verfasser: M. Peter Mettenleiter
85276 Pfaffenhofen a. d. Ilm

Helmut J.M. Rottler
86633 Neuburg

Zeichnungen: Marco Jurešić

Gestaltung und Satz: MEKRUPHY GMBH
Schäfflerstraße 9
85276 Pfaffenhofen a. d. Ilm
Tel.: 08441 / 50420 - 0
Fax: 08441 / 50420 - 29
E-Mail: info@mekruphy.com
Internet: www.mekruphy.com

Druck: MDV Maristen Druck & Verlag GmbH
Landshuter Straße 2
84095 Furth

Dieses Arbeitsheft und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede gesetzlich nicht zugelassene Nutzung ist, auch auszugsweise, ohne vorherige schriftliche Zustimmung der MEKRUPHY GmbH unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für die öffentliche Zugänglichmachung im Sinne des § 52a UrhG. Bildungseinrichtungen haben hiervon abweichend das Recht zur Vervielfältigung durch Fotokopieren, jedoch ausschließlich in einem für den jeweiligen Unterrichtsgebrauch erforderlichen Umfang.

Die im vorliegenden Arbeitsheft enthaltenen Experimentieranleitungen wurden mit größter Sorgfalt für die Arbeit mit dem entsprechenden Experimentierkasten der MEKRUPHY GmbH entwickelt. Abweichungen von den Anleitungen können sowohl zur Beschädigung oder Zerstörung der Experimentiergeräte oder anderer Gegenstände als auch zu Personenschäden führen. Die MEKRUPHY GmbH haftet daher nicht für durch Abweichung von der Experimentieranleitung entstandene Schäden. **Beim Experimentieren sind stets die jeweils geltenden Vorschriften und Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht einzuhalten.**

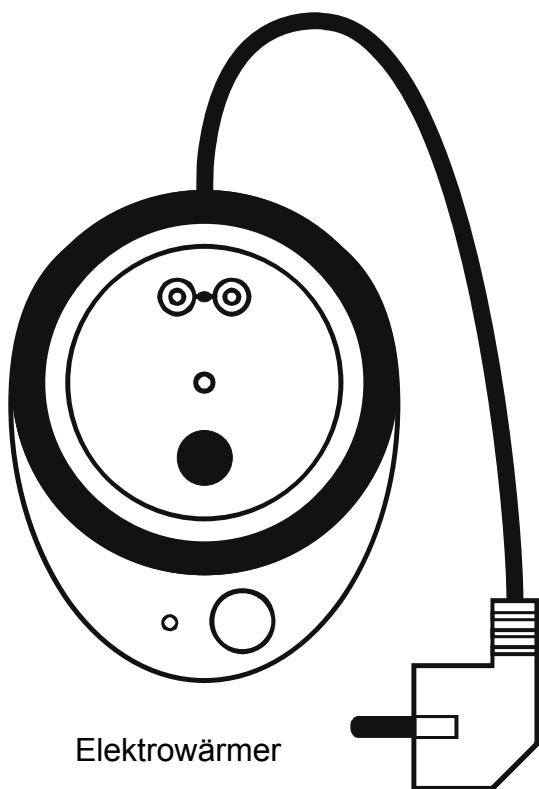
Inhalt

WÄRME 2

Impressum	2
Geräteübersicht	4
Vorwort	5
Das Digitalthermometer	6
W2 - 1: Kalibrierung eines Flüssigkeitsthermometers	7
W2 - 2: Innere Energie und Temperaturerhöhung	9
W2 - 3: Spezifische Wärmekapazität von Wasser	12
W2 - 4: Mischungsversuch	14
W2 - 5: Der Wasserwert eines Kalorimeters	16
W2 - 6: Spezifische Wärmekapazitäten von Stahl und Messing	18
W2 - 7: Spezifische Schmelzwärme von Eis	20
W2 - 8: Brownsche Molekularbewegung	22
W2 - 9: Elektrische Energie und innere Energie	23
W2 - 10: NTC-Widerstand als Thermometer	29
Anhang: Temperaturmessung	32

Geräteübersicht

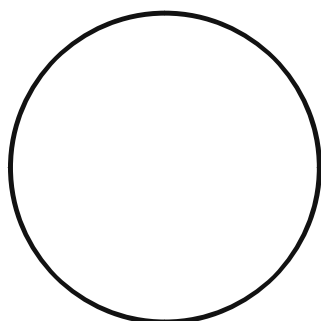
WÄRME 2



Elektrowärmer



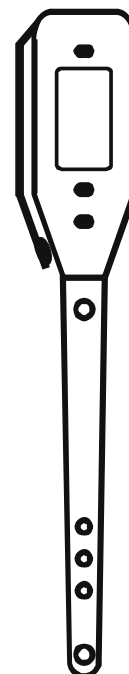
Kalorimeter



Petrischalen



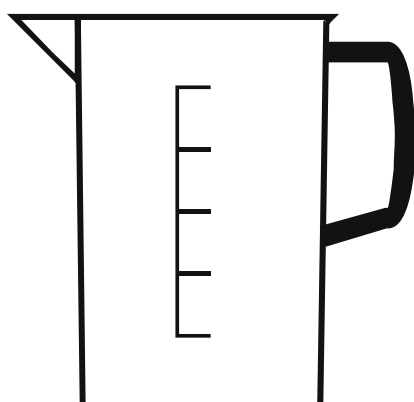
Thermometer
ohne Skala



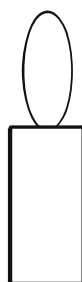
Digital-
thermometer
mit Hülle



Experi-
kabel



Messbecher



Kupfer-
zylinder



Messing-
zylinder



Stahl-
zylinder

Vorwort

WÄRME 2

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

die Begriffe *Wärme* und *Energie* hängen eng miteinander zusammen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Versuche, die Du mit den zugehörigen Experimentierkästen durchführst, einander ergänzen.

Als wichtigstes Gerät im Experimentiersatz WÄRME 2 findest Du den Elektrowärmer, eine Wärmequelle, die sehr leistungsstark und einfach in der Anwendung ist. Im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern, z.B. Gasbrennern, bist Du hier weitgehend sicher vor Verbrennungen, Explosionen und Vergiftungen. Du findest ihn und die übrigen Geräte auf Seite 4 abgebildet und benannt.

Damit die Experimente nicht nur Dir, sondern auch Deinen Mitschülerinnen und Mitschülern, die nach Dir arbeiten, immer ohne Probleme gelingen, solltest Du die folgenden Punkte stets genau beachten:

- (1) Lies die Bedienungsanleitung für die Digitalthermometer auf Seite 6 dieses Arbeitsheftes sorgfältig durch und beachte die Anweisungen bei jedem Gebrauch.
- (2) Arbeite immer nur mit den Geräten, die für das betreffende Experiment vorgesehen sind.
- (3) Nimm die Geräte erst aus dem Kasten, wenn Du sie benötigst, und lege sie nach Gebrauch sofort wieder in den Kasten zurück.
- (4) Handle die Geräte schonend. Betreibe vor allem den Elektrowärmer *nur*, wenn er mit genügend Wasser gefüllt ist.
- (5) Fasse den Stecker des Elektrowärmers *nie* mit nassen Händen an.
- (6) Leere das Wasser aus dem Elektrowärmer immer nur bei herausgezogenem Stecker aus und nur so, dass das heiße Wasser weder über Deine Hand noch über das Kabel fließen kann.
- (7) Tauche den Elektrowärmer *niemals* in Wasser ein.
- (8) Wische am Ende der Versuche alle mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten in Berührung gekommenen Gegenstände mit Papierhandtüchern trocken.

Wir wünschen Dir nun wieder viel Freude und Erfolg beim Experimentieren!

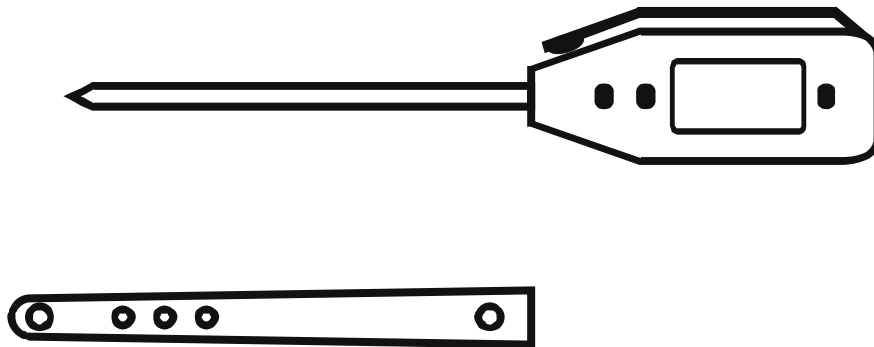
An dieser Stelle bedanken wir uns sehr herzlich bei allen Damen und Herren, die bei der Erprobung des Experimentiersatzes und der Versuche mitgewirkt haben.

M. Peter Mettenleiter
Helmut J.M. Rottler

Das Digitalthermometer

WÄRME 2

Bedienungsanleitung:



- (1) Ziehe das Thermometer aus der Schutzhülle.
- (2) Drücke auf den Knopf „ON/OFF“ und vergewissere Dich, dass die Anzeige im Display auf °C steht. Drücke gegebenenfalls auf den Knopf „C/F“.
- (3) Tauche den Messfühler möglichst weit in das Wasser, achte jedoch darauf, dass dieser Fühler *während der Messung* die Gefäßwand nicht berührt und das Thermometergehäuse nicht mit Wasser in Berührung kommt.
- (4) Schalte das Thermometer nach Gebrauch wieder aus, um die Batterie zu schonen.
- (5) Setze das Thermometer *nie* extremen Temperaturwechseln aus.

Auswechseln der Batterie:

Wenn die Temperaturanzeige nicht mehr deutlich zu erkennen ist, muss die Batterie gewechselt werden.

- (1) Öffne das Batteriefach auf der Rückseite mit Hilfe einer Münze.
- (2) Entsorge die verbrauchte Batterie vorschriftsmäßig und ersetze sie durch eine neue Knopfzelle vom Typ „LR 44“. Beachte dabei, dass deren Pluspol oben liegt.
- (3) Schließe anschließend wieder das Batteriefach zuverlässig.

Kalibrierung eines Flüssigkeitsthermometers

W2 - 1

Einführung:

In Deinem Experimentierkasten befindet sich ein Flüssigkeitsthermometer, dessen Skala „verloren gegangen“ ist. Man kann mit ihm zwar noch Temperaturvergleiche durchführen, für Temperaturmessungen ist es aber unbrauchbar. Deine Aufgabe besteht nun darin, eine für dieses Thermometer passende Skala herzustellen, wobei Dir ein Digitalthermometer als Vergleichsgerät zur Verfügung steht. Diesen Vorgang nennt man *Kalibrierung* des Thermometers.

Geräte:

Thermometer ohne Skala
Digitalthermometer

Elektrowärmer
Messbecher

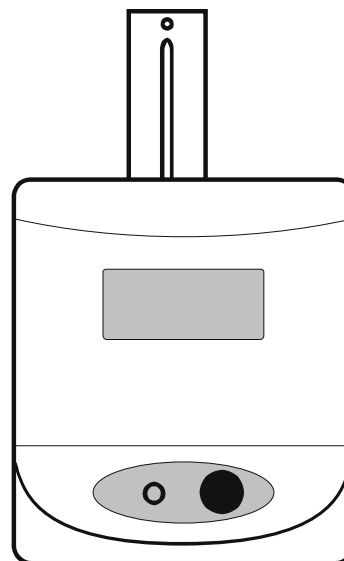
zusätzlich:

1 Blatt Papier DIN A 5 oder A 4
1 Geodreieck

Spannungsquelle 230 V
1 Bleistift
Papierhandtücher

Durchführung:

- ➞ Bei diesem Experiment benötigen wir den Deckel des Elektrowärmers nicht. Lege ihn bitte in den Kasten zurück.
- ➞ Gib mit dem Messbecher 230 g Wasser in den Elektrowärmer und stelle das Thermometer ohne Skala hinein.
- ➞ Miss mit dem Digitalthermometer die Temperatur des Wassers, trage diesen Wert in die Tabelle ein und markiere auf der Trägerplatte des Thermometers durch einen Bleistiftstrich den Stand des farbigen Flüssigkeitsfadens.
- ➞ Schließe den Elektrowärmer an die Spannungsquelle an und drehe den Drehknopf bis zum Anschlag nach rechts. Dabei muss die rote Kontrollleuchte brennen.
- ➞ Rühre *ständig*, aber vorsichtig das sich erwärmende Wasser mit dem Digitalthermometer um.
- ➞ Schalte den Elektrowärmer aus, wenn das Wasser eine Temperatur von etwa 60°C erreicht hat. Beobachte das Digitalthermometer unter leichtem Umrühren, bis die angezeigte Temperatur nicht mehr steigt. Schreibe diesen Endwert in die Tabelle und markiere auf der Trägerplatte den neuen Stand des Flüssigkeitsfadens.



Kalibrierung eines Flüssigkeitsthermometers**W2 - 1**

- ➡ Schalte das Digitalthermometer aus und wische es trocken; stecke die Hülle über den Messfühler und lege das Thermometer in den Kasten zurück.
- ➡ Miss den Abstand der beiden Bleistiftmarken auf der Trägerplatte und trage den Wert in die Tabelle ein.
- ➡ Ziehe den Stecker aus der Steckdose, fasse dann den Elektrowärmer mit beiden Händen am Sockel an und gieße das Wasser seitlich so aus, dass es weder über Deine Hand noch über das Kabel fließen kann.
- ➡ Trockne am Schluss alle benützten Geräte mit den Papierhandtüchern.

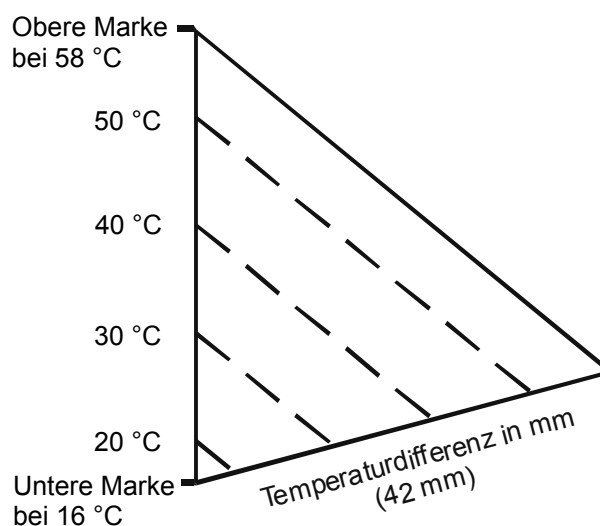
Tabelle:

Anfangstemperatur ϑ_1	
Endtemperatur ϑ_2	

Abstand der Strichmarken	
Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$	

Auswertung:

- (1) Berechne in der Tabelle die Differenz $\Delta\vartheta$ zwischen Anfangs- und Endtemperatur.
- (2) Zeichne auf Dein Blatt nach dem nebenstehenden Beispiel eine senkrechte Strecke, die genau so lang ist wie der Abstand der beiden Bleistiftmarken auf dem Winkelblech des Thermometers.
- (3) Zeichne vom unteren Endpunkt dieser Strecke schräg eine zweite Strecke, die so viele Millimeter lang ist wie der Zahlenwert der Temperaturdifferenz.
- (4) Verbinde die Endpunkte der beiden Strecken und zeichne dazu Parallelen für die Temperaturwerte 20°C, 30°C, ... , 60°C.
- (5) Überlege Dir, wie Du die Marken für die Temperaturwerte 0°C, 70°C oder 100°C konstruieren könntest und führe diese Schritte aus.

Beispiel

Innere Energie und Temperaturerhöhung

W2 - 2

Einführung:

Erhöht sich bei einem Körper die Temperatur, so ist dies ein Zeichen dafür, dass seine innere Energie zunimmt. Im folgenden Experiment kannst Du untersuchen, welcher gesetzmäßige Zusammenhang zwischen der Zunahme der inneren Energie und der Temperaturerhöhung besteht und welche weiteren Größen dabei eventuell eine Rolle spielen. Diese Untersuchung geht am einfachsten mit Wasser, das Du mit dem Elektrowärmer erwärmst. Dabei darfst Du davon ausgehen, dass der Elektrowärmer in jeder Minute gleich viel Energie liefert und die gesamte elektrisch zugeführte Energie vom Wasser als innere Energie aufgenommen wird.

Geräte:

Elektrowärmer
Messbecher

Digitalthermometer

zusätzlich:
Papierhandtücher

Spannungsquelle 230 V
Uhr mit Sekundenanzeige

Durchführung:

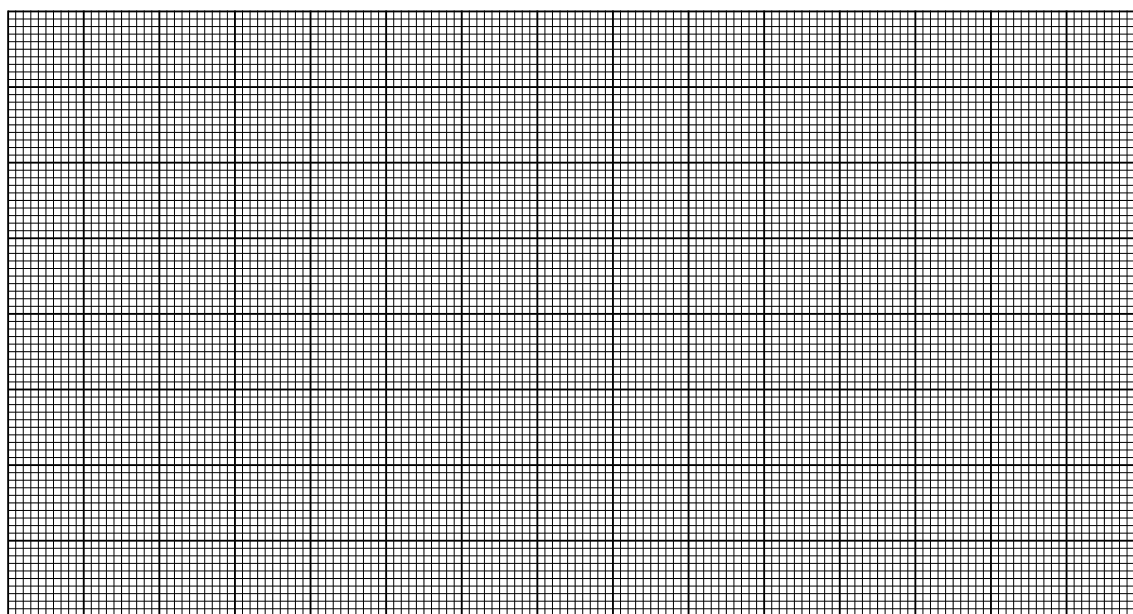
- ↪ Bei diesem Experiment benötigst Du den Deckel des Elektrowärmers nicht. Lege ihn in den Kasten zurück.
- ↪ Stelle den Drehknopf des Elektrowärmers auf null. Fülle 230 ml Wasser in den Wärmer und miss anschließend die Temperatur des Wassers. Warte hierzu, bis sich die Temperaturanzeige innerhalb etwa einer Minute nicht mehr ändert. Trage den Wert in das graue Feld der Tabelle ein.
- ↪ Schließe den Elektrowärmer an die Steckdose an und drehe den Drehknopf in dem Augenblick auf Vollausschlag, in dem die Sekundenanzeige Deiner Uhr gerade einen vollen Minutenwert überschreitet. Die rote Kontrollleuchte muss jetzt brennen.
- ↪ Rühre mit dem Thermometer *ständig*, aber vorsichtig um und lies bei jeder vollen Minute die Wassertemperatur ab. Trage die Messwerte in die Tabelle ein.
- ↪ Beende die Messreihe nach neun Minuten und stelle den Drehknopf auf null.
- ↪ Schalte das Digitalthermometer aus und wische es trocken; stecke die Hülle über den Messfühler und lege das Thermometer in den Kasten zurück.
- ↪ Ziehe den Stecker aus der Steckdose, fasse dann den Elektrowärmer mit beiden Händen am Sockel an und gieße das Wasser seitlich so aus, dass es weder über Deine Hand noch über das Kabel fließen kann.
- ↪ Trockne am Schluss alle benützten Geräte mit den Papierhandtüchern.

Innere Energie und Temperaturerhöhung**W2 - 2****Tabelle:**

Zeit t in min	0									
Temperatur ϑ in °C										
$\Delta\vartheta$ in K	0									

Auswertung:

- (1) Berechne in der 3. Zeile der Tabelle die jeweilige Temperaturerhöhung $\Delta\vartheta$, immer vom Anfangswert im grauen Feld aus gerechnet. Beachte dabei, dass wir Temperaturwerte in °C, Temperaturdifferenzen dagegen in K angeben, wobei die Maßzahlen bei beiden Maßeinheiten gleich sind.
- (2) Trage die Werte für die Temperaturerhöhung $\Delta\vartheta$ in einem Diagramm gegen die zugehörigen Zeitwerte t auf. Wähle hierzu geeignete Einheiten auf den Achsen.



- (3) Welchen funktionalen Zusammenhang zwischen der Temperaturerhöhung und der Zeit kannst Du aus dem Diagramm ablesen? Wie erklärst Du Dir eventuelle Abweichungen?

Innere Energie und Temperaturerhöhung

W2 - 2

- (4) Da der Elektrowärmer in jeder Minute die gleiche Energie liefert und das Wasser diese als innere Energie aufnimmt, gilt der in Teilaufgabe (3) gefundene Zusammenhang zwischen der Zeit und der Temperaturerhöhung auch für die Beziehung zwischen der inneren Energie des Wassers und der Temperaturerhöhung. Formuliere dies nochmals in einem eigenen Satz!

- (5) Welche experimentellen Änderungen müsste man vornehmen, damit der Graph in Deinem Diagramm eine andere Steigung erhält? Dabei soll der gleiche Elektrowärmer, d.h. die gleiche Energiezufuhr zugrunde gelegt werden.

- (6) Für Spezialisten:
Auf der Unterseite des Elektrowärmers kannst Du ablesen, dass der Wärmer eine elektrische Leistung von 300 W aufnimmt. Berechne hieraus die Energie, die 1 g Wasser aufnimmt, wenn sich seine Temperatur um 1 K erhöht. Dieser Energiewert führt zu dem Begriff „spezifische Wärmekapazität c “ von Wasser.

(Falls Du nicht weiterkommst: Berechne mit Hilfe des Graphen zuerst die Zeit, die man braucht, um 1 g Wasser um 1 K zu erwärmen, und multipliziere dann diesen Wert mit der angegebenen Leistung. Beachte außerdem, dass die Einheiten J und Js gleichbedeutend sind.)

Ergebnis: $c_{\text{Wasser}} =$ _____

- (7) Der Tabellenwert für c_{Wasser} ist $4,19 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$. Wie erklärst Du Dir die Abweichung zu Deinem Ergebnis in Teilaufgabe (6)?

Spezifische Wärmekapazität von Wasser

W2 - 3

Einführung:

Die spezifische Wärmekapazität von Wasser kann auch auf einem ganz anderen Weg bestimmt werden als in Experiment W2 - 2: Mit dem Experimentiersatz ENERGIE erwärmst Du beispielsweise ein Kupferrohr durch Reibung und berechnest aus der mechanisch zugeführten Energie (Reibungsarbeit), der Masse und der Temperaturerhöhung des Kupferrohrs zunächst die spezifische Wärmekapazität von Kupfer. Ist dieser Wert dann bekannt - er beträgt $0,39 \text{ J / g} \cdot \text{K}$ -, so lässt sich die spezifische Wärmekapazität von Wasser mit dem folgenden Experiment ermitteln:

Du erwärmst dabei einen Körper aus Kupfer im Wasserbad und gibst ihn bei einer bestimmten Temperatur in kaltes Wasser. Er gibt dabei innere Energie ab, die das Wasser aufnimmt, bis beide Stoffe die gleiche Temperatur erreichen. Um möglichst wenig Energie an die Umgebung zu verlieren, steht Dir ein so genanntes *Kalorimeter* zur Verfügung. Es besteht aus zwei Aluminiumbechern, die durch vier Kunststoffkegel und eine isolierende Luftschicht voneinander getrennt sind.

Geräte:

Elektrowärmer
Messbecher
Kalorimeter

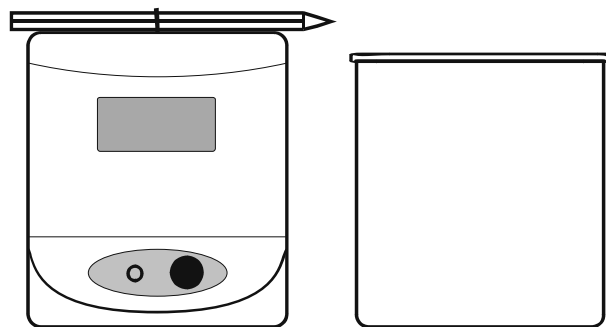
Digitalthermometer
Kupferzylinder 200 g

zusätzlich:
Papierhandtücher

Spannungsquelle 220 V
1 langer Bleistift

Aufbau:

- ➡ Lege den Deckel des Kalorimeters und den des Elektrowärmers in den Kasten zurück. Du brauchst sie für dieses Experiment nicht.
- ➡ Stelle den Drehknopf des Elektrowärmers auf null. Fülle in den Wärmer 230 g Wasser und in das Kalorimeter genau 300 g Wasser.
- ➡ Hänge den Kupferzylinder an dem Bleistift so in den Elektrowärmer, dass der Bleistift auf dem Rand des Wärmers aufliegt.



Spezifische Wärmekapazität von Wasser**W2 - 3****Durchführung:**

- ↪ Bestimme mit einem der Thermometer die Wassertemperatur im Kalorimeter und trage den Messwert in die Tabelle unter ϑ_W ein.
- ↪ Schließe den Elektrowärmer an die Spannungsquelle an und stelle den Drehknopf auf Vollausschlag. Dabei muss die rote Kontrollleuchte brennen.
- ↪ Beobachte die Temperatur des Wasserbades im Elektrowärmer mit dem anderen Thermometer unter *ständigem*, vorsichtigem Umrühren.
- ↪ Schalte den Elektrowärmer aus, wenn die Wassertemperatur etwa den Wert 65°C erreicht hat. Warte, bis die Temperatur nicht mehr weiter ansteigt, stelle diese Endtemperatur ϑ_{Cu} fest und trage sie in die Tabelle ein. Gib dann den Kupferzylinder möglichst rasch in das Kalorimeter, wobei der Bleistift wieder auf den Rändern aufliegen soll.
- ↪ Rühre das Wasser im Kalorimeter mit dem Thermometer vorsichtig um und beobachte dabei die Temperatur. Steigt die Temperatur nicht mehr an, so notiere ihren Wert als so genannte *Mischungstemperatur* ϑ_M .
- ↪ Schalte die Digitalthermometer aus und wische sie trocken; stecke die Hüllen über die Messfühler und lege die Thermometer in den Kasten zurück.
- ↪ Sei vorsichtig beim Ausschütten des heißen Wassers und trockne alle benützten Geräte mit den Papierhandtüchern.

Tabelle:

m_W in g	m_{Cu} in g	ϑ_W in °C	ϑ_{Cu} in °C	ϑ_M in °C
300	200			

Auswertung:

Wir gehen davon aus, dass das Wasser die vom Kupfer beim Abkühlen im Kalorimeter abgegebene innere Energie vollständig aufgenommen hat:

$$\Delta E_{auf} = \Delta E_{ab}$$

$$c_W \cdot m_W \cdot (\vartheta_M - \vartheta_W) = c_{Cu} \cdot m_{Cu} \cdot (\vartheta_{Cu} - \vartheta_M)$$

Berechne aus dieser Gleichung die spezifische Wärmekapazität c_W , wobei c_{Cu} den Wert $0,39 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$ hat.

Ergebnis: $c_W =$ _____

Mischungsversuch

W2 - 4

Einführung:

Du kennst die Situation: Ein Waschbecken hat zwei Wasserhähne, einen für kaltes und einen für warmes Wasser. Wie muss man das Mengenverhältnis des ausfließenden Wassers wählen, damit man eine für die Hände angenehme Mischtemperatur erhält? Dieser Fragestellung kannst Du mit dem folgenden Experiment auf den Grund gehen.

Geräte:

Elektrowärmer
Messbecher

Digitalthermometer
Kalorimeter

zusätzlich:

Spannungsquelle 230 V
Papierhandtücher

Durchführung:

- ➡ Lege die Deckel von Elektrowärmer und Kalorimeter in den Kasten zurück und stelle den Drehknopf des Elektrowärmers auf null.
- ➡ Gib genau 100 ml Wasser in das Kalorimeter und genau 200 ml Wasser in den Elektrowärmer. Miss die Wassertemperatur im Kalorimeter und trage den Wert unter ϑ_1 in die Tabelle ein.
- ➡ Schließe den Elektrowärmer an die Steckdose an und stelle den Drehknopf so ein, dass seine Spitze auf den mittleren Skalenpunkt zeigt. Bei dieser Einstellung wird das Wasser nur bis etwa 60°C erwärmt.
- ➡ Rühre *ständig*, aber vorsichtig das Wasser im Elektrowärmer mit dem Thermometer um. Während die Wassertemperatur steigt, kannst Du schätzen (jedoch ohne zu rechnen!), welche Mischungstemperatur ϑ_M sich ergeben wird, wenn das Wasser bei 60°C aus dem Elektrowärmer in das Kalorimeter gegossen wird.
- ➡ Stelle, sobald die Kontrollleuchte erlischt, den Drehknopf auf null und beobachte die Wassertemperatur, bis sie nicht mehr ansteigt. Trage die Temperatur des heißen Wassers unter ϑ_2 in die Tabelle ein.
- ➡ Lege das Thermometer kurz in den Kasten zurück, ziehe den Stecker aus der Steckdose und gieße das heiße Wasser in das Kalorimeter. Rühre ständig mit dem zweiten Thermometer um, damit das Wasser gut durchmischt wird. Beobachte dabei die Temperatur, bis sie sich nicht mehr ändert. Lies die Mischungstemperatur ab und trage den Wert unter ϑ_M in die Tabelle ein.
- ➡ Schalte die Digitalthermometer aus und wische alle benutzten Geräte mit den Papierhandtüchern trocken. Stecke die Hüllen über die Messfühler und lege die Thermometer in den Kasten zurück.

Mischungsversuch**W2 - 4****Tabelle:**

m_1 in g	m_2 in g	ϑ_1 in °C	ϑ_2 in °C	ϑ_M in °C
100	200			

Auswertung:

- (1) Überprüfe Dein Messergebnis rechnerisch, indem Du die Mischungstemperatur aus dem Ansatz

$$\Delta E_{auf} = \Delta E_{ab}$$

$$c_W \cdot m_1 \cdot (\vartheta_M - \vartheta_1) = c_W \cdot m_2 \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_M)$$

berechnest. Dabei fällt die spezifische Wärmekapazität c_W von Wasser heraus.

Sollte Dir die Rechnung trotzdem noch Schwierigkeiten machen, bekommst Du hier eine kleine Hilfe: Multipliziere die beiden Klammern aus und löse die Gleichung nach ϑ_M auf. Solltest Du immer noch nicht weiterkommen, ersetze ϑ_M durch x . Dann fällt Dir die Rechnung möglicherweise leichter.

Ergebnis: $\vartheta_M =$ _____

- (2) Wie erklärst Du Dir die Abweichung zwischen dem errechneten und dem experimentell ermittelten Wert für die Mischungstemperatur?

Der Wasserwert eines Kalorimeters

W2 - 5

Einführung:

Die Hauptursache für die Abweichungen zwischen den errechneten und den gemessenen Werten bei den Mischungsversuchen liegt in der Tatsache, dass die vom heißen Körper abgegebene Energie nicht nur vom Wasser im Kalorimeter aufgenommen wird, sondern auch vom Kalorimeter selbst. Die Energieaufnahme durch das Kalorimeter wirkt sich so aus, als ob sich in dem Gefäß mehr Wasser befinden würde als in Wirklichkeit. Diese zusätzlich angenommene Wassermenge bezeichnet man als „*Wasserwert*“ des Kalorimeters. Das folgende Experiment ermöglicht es Dir, den Wasserwert Deines Kalorimeters zu bestimmen und bei Deinen weiteren Messungen zu berücksichtigen.

Geräte:

Elektrowärmer
Messbecher

Digitalthermometer
Kalorimeter

zusätzlich:

Spannungsquelle 230 V
Papierhandtücher

Durchführung:

- ↪ Lege die Deckel von Elektrowärmer und Kalorimeter in den Kasten zurück und stelle den Drehknopf des Elektrowärmers auf null.
- ↪ Fülle genau 230 ml Wasser in den Elektrowärmer und erhitze es, indem Du den Drehknopf nach dem Einschalten auf Vollausschlag stellst.
- ↪ Stelle währenddessen ein Thermometer in das leere Kalorimetergefäß.
- ↪ Rühre das Wasser im Elektrowärmer *ständig*, aber vorsichtig mit dem zweiten Thermometer um. Wenn die Wassertemperatur etwa 60°C erreicht hat, stelle den Drehknopf auf null und lies die Temperatur ϑ_W des Wassers ab, wenn diese nicht mehr steigt.
- ↪ Miss jetzt die Temperatur ϑ_K des Kalorimeters und nimm anschließend das Thermometer aus dem Gefäß.
- ↪ Ziehe den Stecker aus der Steckdose und schütte *vorsichtig* das Wasser aus dem Elektrowärmer in das Kalorimeter.
- ↪ Stelle die Mischungstemperatur ϑ_M fest. Nimm hierzu den Temperaturwert, auf dem die Digitalanzeige nach dem Umrühren zuerst für einige Zeit stehen bleibt. Warte dann nicht länger mit der Temperaturablesung, denn bedenke, dass die umgebende Luft das Wasser auch allmählich abkühlt.
- ↪ Trockne alle benützten Geräte mit den Papierhandtüchern und vergiss nicht, die Thermometer auszuschalten.

Der Wasserwert eines Kalorimeters**W2 - 5****Tabelle:**

m_W in g	ϑ_W in °C	ϑ_K in °C	ϑ_M in °C
230			

Auswertung:

Berechne den Wasserwert w des Kalorimeters nach dem Ansatz:

$$\begin{aligned}\Delta E_{auf} &= \Delta E_{ab} \\ c_W \cdot w \cdot (\vartheta_M - \vartheta_K) &= c_W \cdot m_W \cdot (\vartheta_W - \vartheta_M)\end{aligned}$$

(Falls Du Hilfe brauchst: Dividiere die Gleichung zuerst durch die gemeinsame spezifische Wärmekapazität c_W von Wasser und löse dann nach w auf. Als Einheit des Wasserwertes muss sich g ergeben.)

Ergebnis: $w = \underline{\hspace{2cm}}$

Spezifische Wärmekapazität von Stahl / Messing	W2 - 6
---	---------------

Einführung:

Nachdem Dir die spezifischen Wärmekapazitäten von Kupfer und Wasser bekannt sind, dürfte es Dir nicht sehr schwer fallen, diese Größe auch für jeden anderen festen oder flüssigen Stoff zu bestimmen. In der Wärmetechnik interessiert man sich neben Kupfer vor allem für die Werte von Stahl und Messing. Du kannst sie im folgenden Experiment bestimmen. Dabei kannst Du mit Deiner Nachbargruppe auch arbeitsteilig vorgehen.

Geräte:

Elektrowärmer	Digitalthermometer
Messbecher	Kalorimeter
Stahlzylinder 200 g	Messingzylinder 200 g
zusätzlich:	Spannungsquelle 230 V
1 langer Bleistift	Papierhandtücher

Aufbau:

Wie bei Experiment W2 – 3.

Durchführung:

- ↪ Gib genau 300 g Wasser in das Kalorimetergefäß und bestimme seine Temperatur ϑ_W .
- ↪ Fülle 230 g Wasser in den Elektrowärmer und hänge anschließend den Stahl- bzw. Messingzylinder so in das Wasser, dass der Bleistift auf dem Rand des Elektrowärmers aufliegt.
- ↪ Schließe den Elektrowärmer an die Spannungsquelle an und stelle den Drehknopf auf Vollausschlag. Beobachte die Temperatur des Wasserbades (zweites Thermometer) unter *ständigem*, vorsichtigem Umrühren.
- ↪ Schalte den Elektrowärmer aus, wenn die Wassertemperatur etwa den Wert 60°C erreicht hat. Warte, bis die Temperatur nicht mehr weiter ansteigt, stelle diese Temperatur ϑ_K fest und gib den Metallzylinder möglichst rasch in das Kalorimetergefäß, wobei der Bleistift wieder auf den Rändern aufliegen soll.
- ↪ Rühre im Kalorimeter vorsichtig mit dem Thermometer um und beobachte die Temperatur. Notiere dann die Mischungstemperatur ϑ_M .
- ↪ Sei vorsichtig beim Ausschütten des heißen Wassers. Trockne alle benützten Geräte mit den Papierhandtüchern und vergiss nicht, die Thermometer auszuschalten.

Spezifische Wärmekapazität von Stahl / Messing	W2 - 6
---	---------------

Tabelle 1 (Stahl):

m_{Stahl} in g	m_{Wasser} in g	ϑ_K in °C	ϑ_W in °C	ϑ_M in °C
200	300			

Tabelle 2 (Messing):

m_{Messing} in g	m_{Wasser} in g	ϑ_K in °C	ϑ_W in °C	ϑ_M in °C
200	300			

Auswertung:

- (1) Berechne die spezifische Wärmekapazität c_x von Stahl bzw. Messing nach dem Ansatz:

$$\Delta E_{ab} = \Delta E_{auf}$$

$$c_x \cdot m_{\text{Körper}} \cdot (\vartheta_K - \vartheta_M) = c_W \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot (\vartheta_M - \vartheta_W)$$

ohne Berücksichtigung des Wasserwertes. Verwende dabei für die spezifische Wärmekapazität c_W von Wasser den Wert 4,2 J / g · K (vgl. W2 – 3).

Ergebnis: $c_{\text{Stahl}} =$ _____ $c_{\text{Messing}} =$ _____

- (2) Für Spezialisten:
Berechne die beiden spezifischen Wärmekapazitäten unter Berücksichtigung des Wasserwertes.

(Für den Fall, dass Du Hilfe brauchst: Ersetze in dem Ansatz für die aufgenommene Energie den Faktor m_{Wasser} durch $(m_{\text{Wasser}} + w)$).

Ergebnis: $c_{\text{Stahl}} =$ _____ $c_{\text{Messing}} =$ _____

- (3) Die Tabellenwerte für die beiden spezifischen Wärmekapazitäten sind $c_{\text{Stahl}} = 0,46 \text{ J/g} \cdot \text{K}$ und $c_{\text{Messing}} = 0,39 \text{ J/g} \cdot \text{K}$.

Wo liegen Deiner Meinung nach die Hauptursachen für die Abweichungen?

Spezifische Schmelzwärme von Eis

W2 - 7

Einführung:

Kannst Du Dir vorstellen, dass die innere Energie eines Stoffes zunimmt oder abnimmt, ohne dass sich seine Temperatur ändert? Dies ist tatsächlich dann der Fall, wenn der Stoff von einem Aggregatzustand in einen anderen übergeht. Man muss beispielsweise Eis von 0°C eine gewisse Energie zuführen, um es in Wasser von 0°C umzuwandeln. Wie groß diese Energie ist, kannst Du mit dem folgenden Experiment ermitteln. Hierzu bringst Du Eiswürfel von 0°C in heißes Wasser. Das Wasser liefert dann zunächst die Energie, um das Eis zu schmelzen, und anschließend noch Energie, um das Schmelzwasser auf eine gemeinsame Endtemperatur zu erwärmen. Mehr soll Dir jetzt noch nicht verraten werden.

Geräte:

Elektrowärmer
Messbecher

Digitalthermometer
Kalorimeter

zusätzlich:
2 – 3 Eiswürfel, je nach Größe

Spannungsquelle 230 V
Papierhandtücher

Durchführung:

- ☞ Lege die Eiswürfel auf ein Papierhandtuch.
- ☞ Fülle genau 230 g Wasser in den Elektrowärmer und erhitze es unter *ständigem*, vorsichtigem Umrühren.
- ☞ Stelle den Drehknopf auf null, wenn die Wassertemperatur etwa den Wert 50°C erreicht hat, und lege das Thermometer für kurze Zeit in den Kasten zurück.
- ☞ Ziehe den Stecker aus der Steckdose und gieße das Wasser vorsichtig in das Kalorimetergefäß. Achte *unbedingt* darauf, dass Du kein Wasser verschüttest!
- ☞ Miss die Wassertemperatur im Kalorimeter und trage den Wert unter ϑ_W in die Tabelle ein.
- ☞ Trockne die Eiswürfel mit einem Papierhandtuch ab und gib sie in das Kalorimetergefäß.
- ☞ Versuche die Eiswürfel mit dem Thermometer unter Wasser zu halten, bis sie vollständig geschmolzen sind. Rühre das Wasser um und stelle die Mischungstemperatur ϑ_M fest. Trage den Wert in die Tabelle ein.
- ☞ Nimm den inneren Becher des Kalorimeters vorsichtig heraus und gieße das Wasser in den Messbecher. Achte *unbedingt* darauf, dass Du dabei nichts verschüttest. Lies das Volumen V bzw. die Masse m des Wassers ab und trage diesen Wert in die Tabelle ein.

Spezifische Schmelzwärme von Eis**W2 - 7****Tabelle:**

m_{Wasser} in g	m in g	m_{Eis} in g	ϑ_W in °C	ϑ_M in °C	E_s in J
230					

Auswertung:

Da die Eiskwürfel auf dem Papierhandtuch „geschwitzt“ haben, können wir davon ausgehen, dass sie vor dem Einbringen in das Wasser die Temperatur 0°C hatten.

- (1) Berechne die Masse des Eises als Differenz der Massen m und m_{Wasser} und trage diesen Wert in die Tabelle ein.
- (2) Berechne zunächst die gesamte Schmelzenergie E_s nach dem Ansatz:

$$\Delta E_{ab} = \Delta E_{auf}$$

$$c_W \cdot m_{\text{Wasser}} \cdot (\vartheta_W - \vartheta_M) = E_s + c_W \cdot m_{\text{Eis}} \cdot (\vartheta_M - 0)$$

und trage Dein Ergebnis in die Tabelle ein.

- (3) Die Schmelzenergie E_s hängt noch von der Masse des Eises ab. Dividiert man sie durch diese Masse m_{Eis} , so erhält man die *spezifische Schmelzwärme* s_{Eis} von Eis. Berechne s_{Eis} auf 2 geltende Ziffern:

Ergebnis: $s_{\text{Eis}} =$ _____

- (4) Der Tabellenwert für s_{Eis} ist 335 J/g. Wo siehst Du die Hauptursachen für die Abweichung Deines experimentellen Ergebnisses?

- (5) Für Spezialisten:
Berechne die spezifische Schmelzwärme von Eis unter Berücksichtigung des Wasserwertes Deines Kalorimeters:

Ergebnis: $s_{\text{Eis}} =$ _____

Brownsche Molekularbewegung

W2 - 8

Einführung:

Der britische Botaniker Robert Brown (1773 – 1858) entdeckte im Jahr 1827 unter dem Mikroskop, dass kleine Teilchen in Pflanzensäften unregelmäßige Bewegungen ausführen, die um so stärker sind, je höher die Temperatur der Flüssigkeit ist. Eine ähnliche Erscheinung kannst Du im folgenden Experiment beobachten.

Geräte:

Elektrowärmer
Messbecher

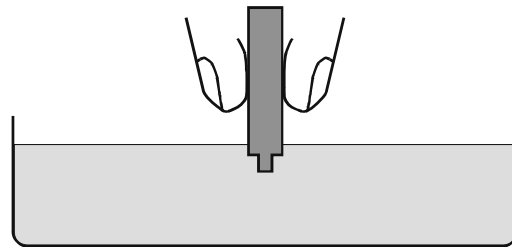
Digitalthermometer
Petrischalen

zusätzlich:
1 Tintenpatrone

Spannungsquelle 230 V
Papierhandtücher

Durchführung:

- Fülle 230 g Wasser in den Elektrowärmer und erhitze es unter *ständigem*, vorsichtigem Umrühren auf etwa 65°C.
(Vorsicht: Auch wenn Du für dieses Experiment weniger Wasser benötigst, darfst Du den Elektrowärmer nur betreiben, wenn er fast ganz mit Wasser gefüllt ist!)



- Stelle in der Zwischenzeit die beiden Petrischalen nebeneinander und fülle die eine zu etwa zwei Drittel mit kaltem Wasser.
- Schalte den Elektrowärmer aus, wenn das Wasser die oben angegebene Temperatur erreicht hat, schalte das Thermometer aus, wische es trocken und lege es in den Kasten zurück.
- Ziehe den Stecker aus der Steckdose und fülle die zweite Petrischale gleich hoch wie die erste mit heißem Wasser.
- Nimm die Tintenpatrone und halte sie in der Mitte der Schale mit kaltem Wasser geringfügig unter die Wasseroberfläche. Gib auf diese Weise in jede Schale je einen Tintentropfen.
- Beobachte genau! Schreibe dann kurz auf, was Dir auffällt und wie Du Dir das unterschiedliche Verhalten der Tinte in den beiden Schalen erklärst!

Elektrische Energie und innere Energie

W2 - 9

Einführung:

Jedes elektrische Heizgerät wandelt elektrische Energie in innere Energie um. Die Frage ist nun, von welchen elektrischen Größen die elektrische Energie abhängt und welcher mathematische Zusammenhang zwischen der elektrischen und der inneren Energie besteht. Dies kannst Du mit dem folgenden Experiment herausfinden. Es besteht aus drei Telexperimenten, die jeweils etwa 10 Minuten dauern. Solltest Du in Zeitnot geraten, musst Du eben den dritten Teil in der darauffolgenden Unterrichtsstunde durchführen.

Geräte:

Kalorimeter mit Deckel
Experimentierkabel

Digitalthermometer
Messbecher

zusätzlich:

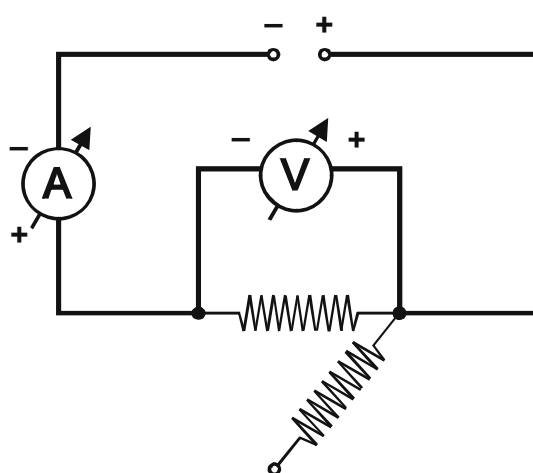
2 Vielfachmessgeräte
Uhr mit Sekundenanzeige
Papierhandtücher

stabilisiertes Netzgerät,
z.B. MEKRUPHY MKS 2.4

Durchführung:

I

- Fülle genau 250 g Wasser in das Kalorimeter und stelle das Amperemeter auf den Messbereich 3 A =, das Voltmeter auf den Messbereich 10 V = ein.
- Setze den Deckel auf das Kalorimeter und stecke den Stromkreis nach dem folgenden Schaltbild zusammen. Dabei verwenden wir zunächst nur *eine* der beiden Heizwendeln.



- Achte besonders bei den Messgeräten auf die richtige Polung und lass Deine Schaltung vor Beginn jedes Telexperiments von Deiner Lehrkraft überprüfen.

Elektrische Energie und innere Energie**W2 - 9**

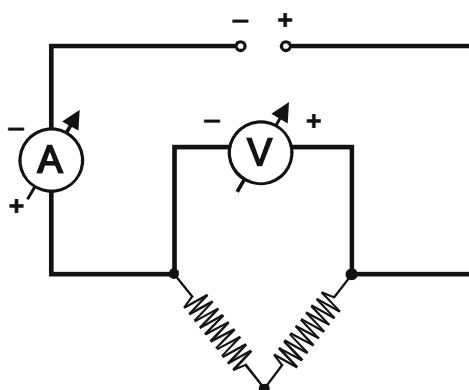
- ↪ Miss die Wassertemperatur und trage den Wert bei $t = 0$ in die Tabelle 1 ein.
- ↪ Schalte, wenn die Sekundenanzeige Deiner Uhr gerade eine volle Minute überschreitet, das Netzgerät ein und regle die Spannung auf genau 5,0 V ein. Notiere diesen Wert in der Tabelle 1 und achte während des gesamten Telexperiments, dass sich die Spannung nicht ändert.
- ↪ Lies die zugehörige Stromstärke ab (untere schwarze Skala!) und trage auch diesen Wert in die Tabelle 1 ein.
- ↪ Rühre während des Erwärmens das Wasser *ständig* mit dem Rührer um und lies bei jeder vollen Minute die Wassertemperatur ab. Achte dabei darauf, dass der Messfühler *auf keinen Fall* die Heizwendel berührt.
- ↪ Regle nach der 7. Minute das Netzgerät auf null und schalte es aus.
- ↪ Leere das erwärmte Wasser aus und fülle für den nächsten Teil des Experiments wieder genau 250 g kaltes Wasser in das Kalorimeter.

Tabelle 1:

$m_{\text{Wasser}} = 250 \text{ g}$			$U_1 =$			$I_1 =$		
t in s	0	60	120	180	240	300	360	420
ϑ in °C								
$\Delta\vartheta$ in K								

II

- ↪ Wiederhole das Experiment mit der folgenden Schaltung, bei der die *beiden* Heizwendeln *in Reihe* geschaltet werden.



Elektrische Energie und innere Energie**W2 - 9**

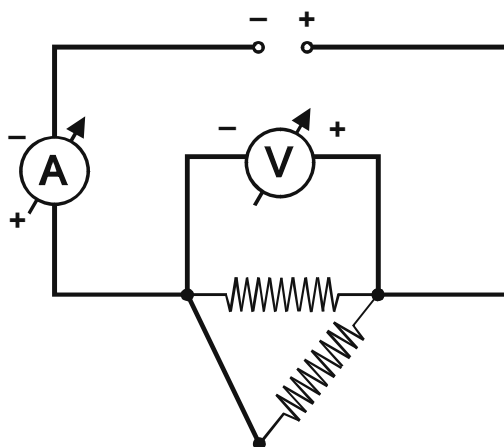
- ↪ Regle die Spannung wieder auf genau 5,0 V und vergiss nicht, diesen Wert und den für die zugehörige Stromstärke in die Tabelle 2 einzutragen.

Tabelle 2:

$m_{\text{Wasser}} = 250 \text{ g}$			$U_2 =$			$I_2 =$		
$t \text{ in s}$	0	60	120	180	240	300	360	420
$\vartheta \text{ in } ^\circ\text{C}$								
$\Delta\vartheta \text{ in K}$								

III

- ↪ Wiederhole den Teil I des Experiments mit der folgenden Schaltung, bei der die *beiden* Heizwendeln *parallel* geschaltet werden.



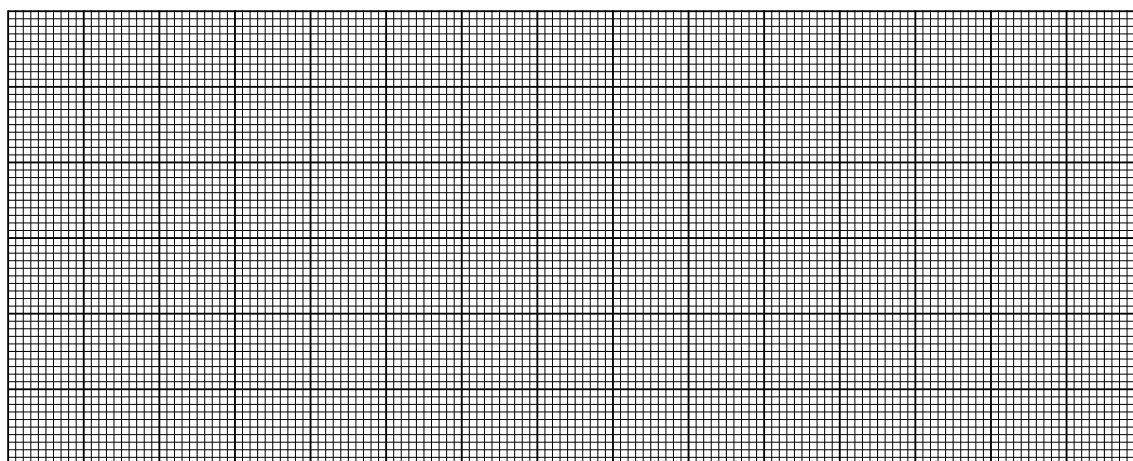
- ↪ Regle die Spannung so ein, dass Du die gleiche Stromstärke erhältst wie in Teil I. Trage die Werte für die Spannung und die zugehörige Stromstärke in die Tabelle 3 ein.
- ↪ Achte am Schluss darauf, dass Du das Netzgerät erst auf null zurückregelst und dann ausschaltest. Vergiss auch nicht, die Messgeräte auszuschalten und anschließend auf einen hohen Messbereich einzustellen.
- ↪ Trockne alle mit Wasser in Berührung gekommenen Geräte mit den Papierhandtüchern ab.

Elektrische Energie und innere Energie**W2 - 9****Tabelle 3:**

$m_{\text{Wasser}} = 250 \text{ g}$			$U_3 =$			$I_3 =$		
$t \text{ in s}$	0	60	120	180	240	300	360	420
$\vartheta \text{ in } ^\circ\text{C}$								
$\Delta\vartheta \text{ in K}$								

Auswertung:

- (1) Berechne in allen drei Tabellen die Temperaturerhöhungen $\Delta\vartheta$ zu jeder vollen Minute, jeweils vom Temperaturwert bei 0 s an gerechnet.
- (2) In den ersten beiden Teilexperimenten haben wir die gleiche Spannung verwendet. Trage in einem $t - \Delta\vartheta$ - Diagramm für beide Teile (farblich unterschieden) die Temperaturerhöhung gegen die Zeit auf und beschrifte den ersten Graph mit $I_1 = \dots$, den zweiten mit $I_2 = \dots$. Wähle geeignete Einheiten auf den Achsen.



- (3) Wie Du leicht erkennen kannst, hat für jede der beiden Messreihen der Graph die gleiche Form. Da wir während jeder einzelnen Messreihe Spannung und Stromstärke nicht verändert haben, können wir folgern (vervollständige den folgenden Text):

1. Ergebnis:

Lässt man Spannung und Stromstärke konstant, so ist die Temperaturerhöhung und damit die umgewandelte elektrische Energie _____ zur Zeit.

Elektrische Energie und innere Energie**W2 - 9**

- (4) Lies aus dem Diagramm für $t = 390$ s für jede der beiden Stromstärken die Temperaturerhöhung ab und trage sie in die Tabelle 4 ein.

Tabelle 4:

			$t = 390$ s
I_1 in A		I_2 in A	
$\Delta\vartheta_1$ in K		$\Delta\vartheta_2$ in K	
$I_1 : \Delta\vartheta_1$ in $\frac{\text{A}}{\text{K}}$		$I_2 : \Delta\vartheta_2$ in $\frac{\text{A}}{\text{K}}$	

- (5) Berechne in der letzten Zeile der Tabelle 4 jeweils den Quotienten $I : \Delta\vartheta$ auf eine Dezimale genau. Wenn Du sorgfältig gemessen und richtig gerechnet hast, findest Du so das

2. Ergebnis:

Bei konstanter Spannung ist die Temperaturerhöhung und damit die umgewandelte elektrische Energie nach ein und derselben Zeit

_____ zur _____ .

- (6) Beim ersten und dritten Teilexperiment haben wir jeweils die gleiche Stromstärke verwendet. Suche in den zugehörigen Tabellen die Spannungen und Temperaturerhöhungen für $t = 360$ s heraus und trage sie in die Tabelle 5 ein.

Tabelle 5:

			$t = 360$ s
U_1 in V		U_2 in A	
$\Delta\vartheta_1$ in K		$\Delta\vartheta_2$ in K	
$U_1 : \Delta\vartheta_1$ in $\frac{\text{V}}{\text{K}}$		$U_2 : \Delta\vartheta_2$ in $\frac{\text{V}}{\text{K}}$	

Elektrische Energie und innere Energie**W2 - 9**

- (7) Berechne in der letzten Zeile der Tabelle 5 jeweils den Quotienten $U : \Delta\vartheta$ auf eine Dezimale genau. Wenn Du sorgfältig gemessen und richtig gerechnet hast, findest Du so das

3. Ergebnis:

Bei konstanter Stromstärke ist die Temperaturerhöhung und damit die umgewandelte elektrische Energie nach ein und derselben Zeit

_____ zur _____ .

- (8) Die Temperaturerhöhung hängt offensichtlich von der Spannung, der Stromstärke und der Zeit ab und folglich auch die elektrische Energie, durch die sie verursacht wird. Suche aufgrund der drei Ergebnisse einen sinnvollen mathematischen Zusammenhang zwischen der elektrischen Energie einerseits und den Größen Spannung, Stromstärke und Zeit andererseits:

$$E_{el} \sim$$

(Das Zeichen $\sim$ steht für „ist proportional zu“.)

- (9) Nach Deiner Proportionalität in Teilaufgabe (8) definieren wir nun die elektrische Energie als das Produkt aus der Spannung U , der Stromstärke I und der Zeit t . Andererseits ist die Zunahme der inneren Energie das Produkt aus der Masse m , der spezifischen Wärmekapazität c und der Temperaturerhöhung $\Delta\vartheta$. Berechne nun für jedes der drei Teilexperimente jeweils für $t = 420$ s das Verhältnis

$$\frac{U \cdot I \cdot t}{m \cdot c \cdot \Delta\vartheta}$$

auf zwei Dezimalen. Trage Deine Ergebnisse in die Tabelle 6 ein.

Tabelle 6:

Teil I	Teil II	Teil III

- (10) Was folgerst Du aus den Ergebnissen in Tabelle 6?

NTC – Widerstand als Thermometer

W2 - 10

Einführung:

Widerstandsthermometer bieten gegenüber Flüssigkeitsthermometern eine wesentlich größere Ablesegenauigkeit. Bei Verwendung entsprechend kleiner Sonden kann man mit ihnen darüber hinaus die Temperatur auch an Stellen messen, die für Flüssigkeitsthermometer unzugänglich sind. Das folgende Experiment will Dir das Prinzip eines solchen Thermometers aufzeigen.

Dabei ist NTC die Abkürzung für den englischen Ausdruck *negative temperature coefficient*, was bedeutet, dass der elektrische Widerstand dieses Bauteils bei steigender Temperatur kleiner wird.

Geräte:

Elektrowärmer
Digitalthermometer
Experimentierkabel

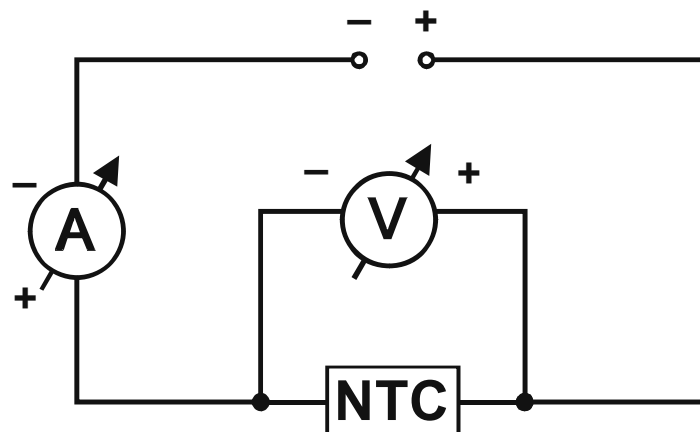
Deckel mit NTC-Widerstand
Messbecher

zusätzlich:

2 Vielmessgeräte
Papierhandtücher

stabilisiertes Netzgerät,
z.B. MEKRUPHY MKS 2.3

Aufbau und Durchführung:



- Stelle den Drehknopf des Elektrowärmers auf null. Fülle 230 g Wasser in den Wärmer und verschließe ihn mit dem Deckel, der den NTC-Widerstand enthält.
- Stecke einen Stromkreis zusammen, der den NTC-Widerstand über ein Amperemeter mit dem Netzgerät verbindet, wie es die Abbildung zeigt. Schalte das Voltmeter parallel zum NTC-Widerstand.
- Achte bei den Messgeräten auf die richtige Polung und stelle das Amperemeter auf den Messbereich 100 mA =, das Voltmeter auf den Messbereich 10 V = ein.

NTC – Widerstand als Thermometer**W2 - 10**

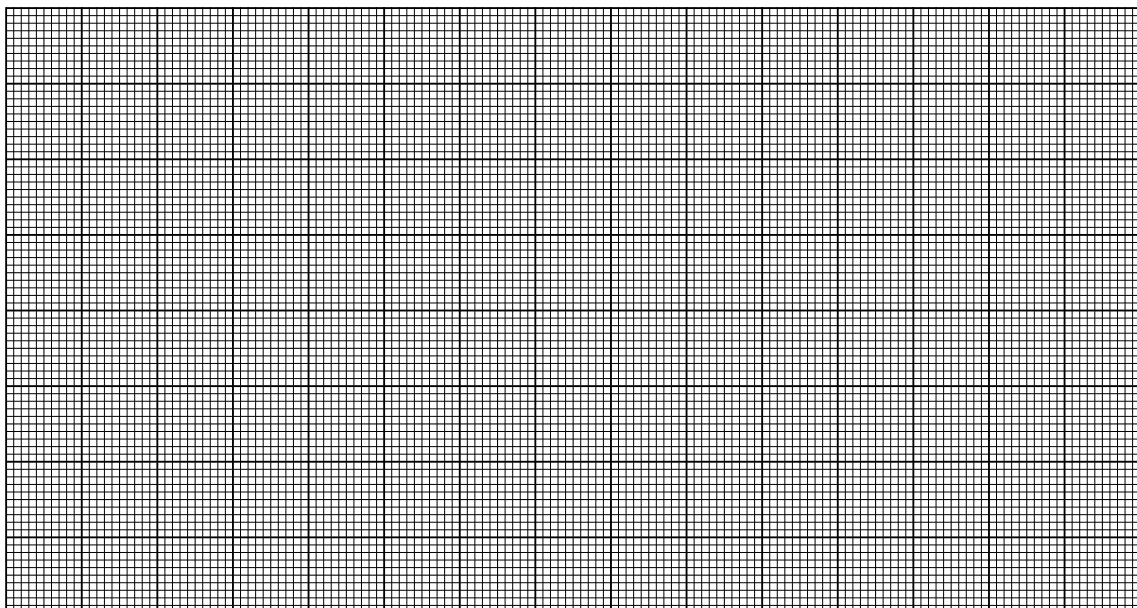
- ↪ Lass sicherheitshalber Deine Schaltung vor Beginn des Experiments von Deiner Lehrkraft überprüfen.
- ↪ Schalte das Netzgerät ein und reguliere die Spannung auf 3,0 V. Achte während des gesamten Experiments darauf, dass sich die Spannung nicht ändert.
- ↪ Schalte den Elektrowärmer ein und stelle den Drehknopf auf Vollausschlag.
- ↪ Rühre das Wasser *ständig* mit dem Rührer um und lies jeweils bei vollen 5°C die Temperatur ϑ und die Stromstärke I ab. Trage beide Werte in die Tabelle ein.
(Vorsicht: Schalte das Netzgerät sofort aus, wenn der Zeiger des Amperemeters den Messbereich zu überschreiten droht!)
- ↪ Beende die Messreihe bei 65°C. Regle das Netzgerät auf null und schalte es aus. Vergiss auch nicht, die Messgeräte auszuschalten und anschließend auf einen hohen Messbereich zu stellen.

Tabelle:

ϑ in °C											
I in mA											

Auswertung:

- (1) Trage Deine Messwerte in einem $I - \vartheta$ - Diagramm graphisch auf. Wähle hierzu auf den Achsen geeignete Einheiten.

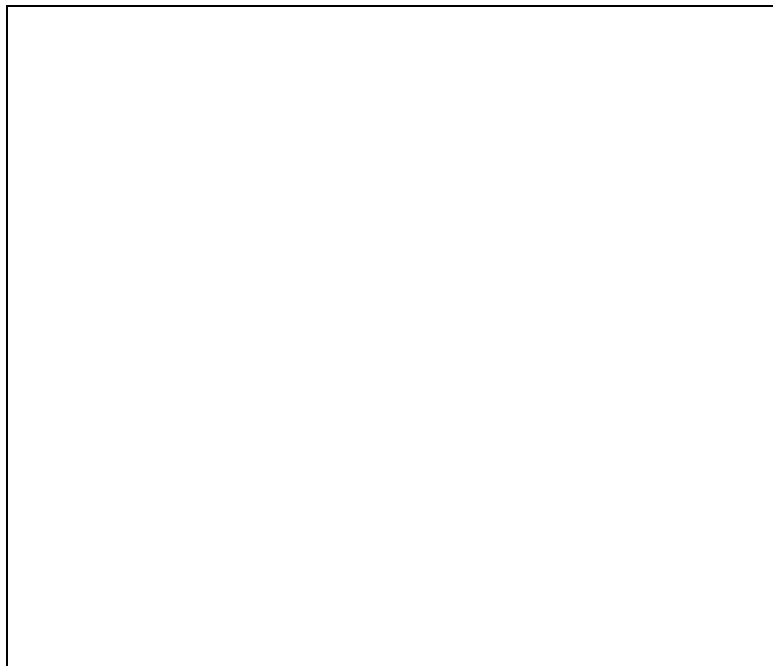


NTC – Widerstand als Thermometer

W2 - 10

(2) Für Spezialisten:

Dein Amperemeter soll bei der Spannung 3,0 V als Temperaturmesser verwendet werden. Dabei schlägt der Zeiger bei 100 mA gerade um einen Winkel von 100° aus. Stelle eine entsprechende Messskala in $^\circ\text{C}$ her.



Anhang: Temperaturmessung**Wärmelehre****Maßeinheiten**

Zur Festlegung einer Einheit für die Temperaturmessung dient die Erfahrung, dass es in der Natur Vorgänge gibt, die unter sonst gleichen Bedingungen immer bei der gleichen Temperatur ablaufen, beispielsweise das Schmelzen von Eis und das Sieden von Wasser. Diese beiden „Fixpunkte“ sind in den drei am häufigsten verwendeten Temperaturskalen wie folgt festgelegt:

Temperaturskala	Schmelzpunkt von Eis*	Siedepunkt von Wasser*
Celsius ¹⁾	0 °C	100 °C
Fahrenheit ²⁾	32 °F	212 °F
Kelvin ³⁾	273,15 K	373,15 K

* bei Normdruck (1013 hPa)

1) Anders Celsius, schwedischer Astronom (1701 – 1744)

2) Daniel Gabriel Fahrenheit, deutscher Physiker (1686 – 1736)

3) Lord Kelvin, ursprünglich William Thomson, britischer Physiker (1824 – 1907)

Messgeräte

Zur Messung der Temperatur können grundsätzlich alle Erscheinungen herangezogen werden, bei denen sich eine Eigenschaft eines Körpers in Abhängigkeit von der Temperatur ändert. Die wichtigsten sind hier zusammengestellt:

Eigenschaft	Thermometer	Messbereich
Längenausdehnung von festen Stoffen	Bimetallthermometer	- 30°C bis + 400°C
Volumenausdehnung von Flüssigkeiten	Flüssigkeitsthermometer	- 110°C bis +110°C
Änderung des elektrischen Widerstandes	Widerstandsthermometer	- 250°C bis 1400°C