



universität
uulm

Praktikum Physik für Naturwissenschaftler

Bericht zum Versuch

Spezifische Wärme

Durchgeführt am 23. November 2023

Gruppe 6

Moritz Wieland und **Dominik Beck**
(moritz.wieland@uni-ulm.de) (dominik.beck@uni-ulm.de)

Betreuer: **Oliver Bielik**

Wir bestätigen hiermit, dass wir die Ausarbeitung selbständig erarbeitet haben und detaillierte Kenntnis vom gesamten Inhalt besitzen.

_____ und _____
Moritz Wieland Dominik Beck

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
	1 Einleitung	2
Kapitel	3 Versuchsdurchführung und Auswertung	3
3.1	Versuch 1 - Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasser auf mechanischen Wege Aufbau/Theorie — 3 • Versuchsdurchführung — 3 • Ergebnisse — 4	3
3.2	Versuch 2 - Vgl. verschiedener Temperaturmessmethoden Theorie Thermoelement/Widerstandsthermometer und Strahlungsthermometer — 4 • Versuchsaufbau und -durchführung — 5 • Ergebnisse — 5	4
3.3	Versuch 3 - Bestimmung der spezifischen Wärme von Wasser auf elektrischem Wege Theorie — 5 • Versuchsdurchführung — 5 • Ergebnisse — 5	5
3.4	Versuch 4 - Spezifische Wärmekapazität fester Körper Theorie — 6 • Versuchsdurchführung — 6 • Ergebnisse — 6	6
3.5	Versuch 5 - Latente Wärme - die spezifische Schmelzwärme von Wasser Theorie — 7 • Versuchsaufbau und -durchführung — 7 • Ergebnisse — 7	7

1 Einleitung

Im vorliegenden Versuch steht die Bestimmung der spezifischen Wärme von verschiedenen Stoffen im Fokus. Diese Messungen erfolgen sowohl auf mechanischem Wege als auch unter Verwendung eines Thermoelements. Vor dem eigentlichen Einsatz des Thermoelements ist eine Kalibrierung erforderlich, um präzise Temperaturmessungen zu gewährleisten.

Besonderes Augenmerk gilt der Bestimmung der spezifischen Wärme von Wasser, bei der mehrere Methoden zum Einsatz kommen. Das kalibrierte Thermoelement spielt dabei eine entscheidende Rolle für genaue Temperaturmessungen. Zusätzlich werden am Ende des Experiments die Schmelzwärme von Wasser sowie die spezifische Wärme von drei verschiedenen Festkörpern ermittelt.

Diese Untersuchung kombiniert die Genauigkeit der mechanischen Messmethode mit der Vielseitigkeit des Thermoelements und ermöglicht so ein umfassendes Verständnis der thermodynamischen Eigenschaften der untersuchten Stoffe.

3 Versuchsdurchführung und Auswertung

3.1 Versuch 1 - Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasser auf mechanischen Wege

3.1.1 Aufbau/Theorie

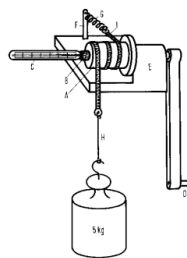


Abbildung 3.1: Schürholzapparatur

Die spezifische Wärmeänderung eines Stoffes charakterisiert die quantitativen Veränderungen der inneren Energie pro Masseneinheit, die auftreten, wenn sich die Temperatur des Stoffes entsprechend ändert. Die Spezifische Wärmekapazität misst also die Fähigkeit eines Materials, Wärmeenergie zu absorbieren oder abzugeben und dabei die Temperatur zu verändern. Diese versuchen wir im folgenden mit der Abbildung 3.1.1 zu bestimmen. Dazu wird das Kalorimeter mit Wasser befüllt und dann durch Reibung des Fadens Wärme erzeugt die in das Kalorimeter übergeht. Aus der Differenz der Wärme des Wasser im Kalorimeter lässt sich nun die Wärmeenergie bestimmen welche der Reibungsenergie entsprechen sollte. Dafür nutzen wir folgende Formeln:

Reibungsenergie:

$$W_r = F_r \cdot 2\pi \cdot r \cdot n$$

Wärmeenergie:

$$Q_r = (\Gamma_K + m_\omega c_\omega) \cdot \Delta T$$

Setzt man diese nun gleich lässt sich die spezifische Wärmekapazität von dem Wasser berechnen:

$$\begin{aligned} G \cdot 2\pi \cdot r \cdot n &= (m_K c_K + m_\omega c_\omega) \cdot \Delta T \\ \Rightarrow c_\omega &= \frac{\frac{W_r}{\Delta T} - m_K c_K}{m_\omega} \end{aligned}$$

Dies werden wir nun im folgenden Versuch durchführen.

3.1.2 Versuchsdurchführung

TODO

3.1.3 Ergebnisse

	Anzahl der Umdrehungen n	Temperatur in °C	Δ Temperatur in °C
$n = 0$	-	-	-
$n = 50$	-	-	-
$n = 100$	-	-	-
$n = 150$	-	-	-
$n = 200$	-	-	-
$n = 250$	-	-	-

Der ermittelte Wert für die spezifische Wärmeänderung $c_{\text{ermittelt}} = ? \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ weicht leicht vom Literaturwert für die spezifische Wärmekapazität von Wasser $c_{\text{Litw}} = 4190 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ab. Diese geringfügige Diskrepanz könnte auf einzelne Messungenauigkeiten zurückgeführt werden, die sich auf das Endergebnis auswirken. Darüber hinaus ist anzumerken, dass eine hundertprozentige Energieerhaltung bei der Umwandlung von Reibungsenergie in Wärmeenergie in der Praxis nicht realisierbar ist. Das kann zu weiteren Abweichungen zwischen dem gemessenen und dem theoretisch erwarteten Wert führen. Die Verfälschung des genauen Ergebnisses ist daher teilweise auf die inhärente Unvollkommenheit praktischer Energieumwandlungsprozesse zurückzuführen.

3.2 Versuch 2 - Vgl. verschiedener Temperaturmessmethoden

3.2.1 Theorie Thermoelement/Widerstandsthermometer und Strahlungsthermometer

Thermoelement:

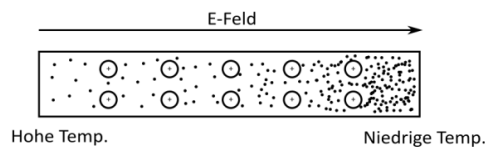


Abbildung 3.2: Der Seebeck-Effekt vereinfacht dargestellt.

Durch die Anwendung eines Thermoelements ist es möglich, die Temperatur eines Stoffes zu bestimmen. Bei einem elektrischen Leiter, dessen zwei Enden unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt sind, entsteht aufgrund des Seebeck-Effekts eine elektrische Spannung. Dieser Effekt basiert darauf, dass Elektronen am wärmeren Ende eine höhere kinetische Energie aufweisen, wie in Abbildung 3.2.1 illustriert. Im Gegensatz dazu besitzen Elektronen am kälteren Ende eine geringere Bewegungsenergie, was zu einer höheren Elektronendichte führt. Der resultierende Unterschied in der Elektronendichte führt zu einer messbaren elektrischen Spannung.

Die Höhe der gemessenen Spannung korreliert direkt mit der Größe des Temperaturunterschieds zwischen den beiden Enden des Leiters. Ein größerer Temperaturunterschied führt also zu einer höheren Spannung, die durch das Thermoelement erfasst werden kann.

Widerstandsthermometer:

Das Widerstandsthermometer besteht lediglich aus einem Widerstand welcher an einem Multimeter angeschlossen ist. Taucht man diesen in die zu messende Flüssigkeit und der angezeigte Widerstand liegt zwischen 2 Werten in der Tabelle, welche in der Anleitung angehängt ist, so lässt sich durch Interpolation ein genauerer Temperaturwert bestimmen. Sei R der Widerstand und T die Temperatur so lässt sich mit folgender Formel die gemessene Temperatur berechnen.

$$T = T_1 + \frac{R - R_1}{R_2 - R_1} \cdot \Delta T$$

Strahlungsthermometer

Ein Strahlungsthermometer misst die Temperatur eines Objekts, indem es die von ihm emittierte Infrarotstrahlung erfasst. Die gemessene Temperatur steht in direktem Zusammenhang mit der Temperatur des Objekts, sowie dem

Abstand des Objekts zum Thermometer. Der Abstand sollte also $\leq 10\text{cm}$ zum Objekt liegen um störende Strahlen vom Rand oder der Umgebung zu vermeiden.

3.2.2 Versuchsaufbau und -durchführung

Kalibrieren

TODO

3.2.3 Ergebnisse

3.3 Versuch 3 - Bestimmung der spezifischen Wärme von Wasser auf elektrischem Wege

3.3.1 Theorie

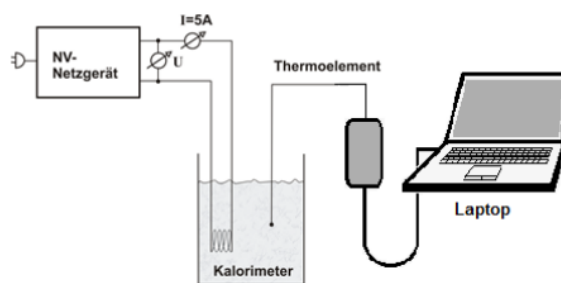


Abbildung 3.3: Aufbau Versuch 3.

Die spezifische Wärmekapazität des Wassers kann auch bestimmt werden, indem man mit Hilfe der Joulschen Wärme, die in einem stromdurchflossenen Leiter entsteht, eine definierte Wassermenge erwärmt und deren Temperaturerhöhung misst, siehe Abbildung 3.3.1. Hierzu wird eine Heizspirale ins Kalorimeter eingebracht, die mit einem Niedervolt-Netzgerät betrieben wird. Während des Aufheizvorgangs (5 Minuten) werden Strom (ca. 5 A) und Spannung (ca. 10V) mit einem Amperemeter bzw. einem Voltmeter gemessen (wird direkt vom Gerät angezeigt). Da wir von einem abgeschlossenen System ausgehen, können die zugeführte und aufgenommene Energie gleichgesetzt werden. Stellt man dann noch die entstandene Gleichung nach dem gewünschten Wert um so kann die spezifische Wärmekapazität von Wasser bestimmt werden.

Hierzu benötigen die aufgenommen Wärmemenge:

$$\Delta Q = (C_K + m_{Wasser} c_{Wasser}) \cdot \Delta T$$

und die aufgewendete elektrische Arbeit:

$$\Delta W = U \cdot I \cdot \Delta t$$

Nun lässt es sich Gleichsetzen und nach c_{Wasser} umstellen:

$$c_{Wasser} = \frac{UI\Delta t - C_K\Delta T}{m_{Wasser}\Delta T}$$

3.3.2 Versuchsdurchführung

TODO

3.3.3 Ergebnisse

G_B in Kg	G_W in Kg	Strom in A	Spannung in Volt	T_1 in °C	T_2 in °C	ΔT in °C
-	-	-	-	-	-	-

3.4 Versuch 4 - Spezifische Wärmekapazität fester Körper

3.4.1 Theorie

Die spezifische Wärmekapazität fester Körper wird mittels der Mischungsmethode bestimmt, indem ein Probekörper der Masse m_1 auf die Temperatur von siedendem Wasser erhitzt wird und anschließend in ein Kalorimeter mit Wasser der Masse m_2 und Anfangstemperatur T_2 gebracht wird. Die Entwicklung der Mischtemperatur T_{misch} aufgezeichnet wird aufgezeichnet und draus die Wärmekapazität des Körpers berechnet.

Dazu benötigt man die vom Körper abgegebene Wärmeenergie:

$$\Delta Q_1 = m_1 c_1 \cdot (T_1 - T_{\text{misch}})$$

wobei c_1 die spezifische Wärmekapazität ist die berechnet werden soll. Die im Kalorimeter aufgenommen Wärmemenge lässt sich mit:

$$\Delta Q_2 = (C_K + m_2 c_{\text{Wasser}}) \cdot (T_{\text{misch}} - T_2)$$

berechnen.

Da wir von einem abgeschlossenen System ausgehen lässt sich c_1 durch Gleichsetzen von $Q_1 = Q_2$ und umstellen tatsächlich berechnen:

$$c_1 = \frac{(C_K + m_2 c_{\text{Wasser}}) \cdot (T_{\text{misch}} - T_2)}{m_1 \cdot (T_1 - T_{\text{misch}})}$$

Der Aufbau sieht in etwa so aus:

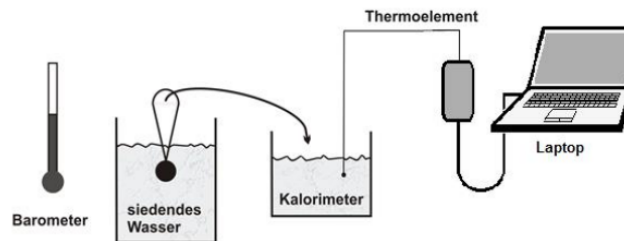


Abbildung 3.4: Aufbau Versuch 4.

3.4.2 Versuchsdurchführung

TODO

3.4.3 Ergebnisse

Metallart	ΔT_1	ΔT_2	$\phi \Delta T_3$
Eisen	-	-	-
Messing	-	-	-
Aluminium	-	-	-

Metallart	Literaturwert ($\frac{J}{KgK}$)	Berechnet ($\frac{J}{KgK}$)	Abweichung ($\frac{J}{KgK}$)
Eisen	-	-	-
Messing	-	-	-
Aluminium	-	-	-

3.5 Versuch 5 - Latente Wärme - die spezifische Schmelzwärme von Wasser

3.5.1 Theorie

3.5.2 Versuchsaufbau und -durchführung

3.5.3 Ergebnisse

Die Messwerte sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

Abstand a_1	Abstand L	Dicke (berechnet)
$2,3 \pm 0,1 \text{ cm}$	$150 \pm 0,1 \text{ cm}$	$82,5 \text{ }\mu\text{m}$