

Schülerexperiment:**Untersuchung der Abhängigkeit der
Temperaturerhöhung einer Flüssigkeit von
verschiedenen Größen**

Stand 10.05.2019

Jahrgangsstufen	9
Fach/Fächer	Physik
Zeitraumen	2 Unterrichtsstunden
benötigtes Material	Wärmequelle (z. B. Heizplatte), Bechergläser verschiedener Größen, Thermometer, Rührer, Stoppuhr, Wasser, ggf. zusätzlich Speiseöl

Kompetenzerwartungen**Ph 9 3 Wärmelehre****3.2 Thermischer Energietransport und Einflüsse auf unser Klima**

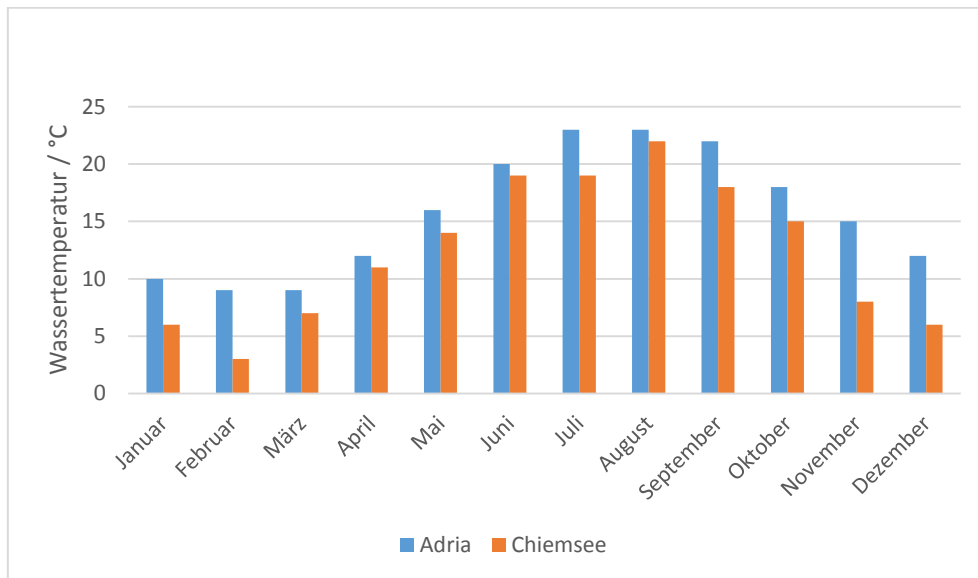
Die Schülerinnen und Schüler

- formulieren Hypothesen zur Abhängigkeit der Temperaturerhöhung einer Flüssigkeit oder eines festen Körpers von verschiedenen Größen und planen weitgehend selbständig ein Experiment zu deren Überprüfung. Sie führen den Versuch selbständig durch und halten ihre Ergebnisse in einem strukturierten Versuchsprotokoll fest.

Experimentierauftrag

Untersuchung der Einflüsse auf die Temperaturerhöhung von Flüssigkeiten

Das Diagramm zeigt die durchschnittliche Wassertemperatur des Chiemsees sowie der Adria in der Kvarner Bucht im Jahresverlauf.



Offensichtlich verändern sich die Wassertemperaturen von Chiemsee und Adria unterschiedlich. In einem Schülerversuch sollst du verschiedene Einflussfaktoren auf die Erwärmung von Flüssigkeiten genauer untersuchen, indem du eine Flüssigkeit in einem Gefäß erwärmst.

- Formuliere mehrere Hypothesen, wie die Temperaturerhöhung einer Flüssigkeit von verschiedenen Größen abhängen könnte. Erste Anregungen hierfür kannst du z. B. im Diagramm finden.
- Plane den Aufbau und die Durchführung eines Versuchs, um eine der aufgestellten Hypothesen zu testen. Orientiere dich an den zur Verfügung gestellten Materialien.

Wenn du nicht weiter kommst, findest du Tipps in den folgenden QR-Codes oder auf den Hilfekarten.



Welche Größen muss ich im Experiment messen?



Wie untersuche ich die Abhängigkeit zweier Größen voneinander?

- c) Lege zum Versuch ein Versuchsprotokoll an, führe den Versuch durch und überprüfe damit die ausgewählte Hypothese. Ergänze das Protokoll im weiteren Verlauf des Versuchs.

Achte darauf, dass die Temperatur der Flüssigkeit 50 °C nicht übersteigt.

Wenn du nicht weiter kommst, findest du Tipps in den folgenden QR-Codes oder auf den Hilfekarten.



Wie kann ich einen Zusammenhang zwischen Größen erkennen?



Wie kann ich einen Zusammenhang zwischen Größen formulieren?



Wie kann ich Proportionalitäten nachweisen?

- d) Falls mehrere Gruppen die gleiche Parameterabhängigkeit untersuchen:

Vergleiche deine Ergebnisse mit denen der Gruppen mit gleicher Parameterauswahl. Hinterfrage mögliche Unterschiede in den Ergebnissen kritisch und gib mögliche Ursachen hierfür an.

- e) Erläutere die Bedeutung deiner Ergebnisse für den Verlauf der Durchschnittstemperaturen von Chiemsee und Adria.

Teilaufgabe b) – Tipp 1

Welche Größen muss ich im Experiment messen?

1

Überlege dir, welche Größen du zur Überprüfung deiner Hypothese betrachten musst und wie du sie erhältst. Überlege, ob du sie im Versuch direkt messen kannst oder aus anderen Größen berechnen musst, und welche Materialien bzw. Messgeräte du zum Messen der zu bestimmenden Größen benötigst.

Teilaufgabe b) – Tipp 2

Wie untersuche ich die Abhängigkeit zweier Größen voneinander?

2

Um Beziehungen zwischen zwei Größen festzustellen, musst du eine der beiden Größen variieren und die Änderung der anderen Größe beobachten. Alle anderen einstellbaren Größen darfst du dabei nicht verändern.

Die gefundenen Beziehungen lassen sich z. B. mit „je-desto-Aussagen“ oder Proportionalitäten ausdrücken.

Teilaufgabe c) – Tipp 1

Wie kann ich einen Zusammenhang zwischen Größen erkennen?

3

Um einen Zusammenhang zwischen den beiden betrachteten Größen zu erkennen, stelle sie in einer Tabelle oder einem Diagramm gegenüber.

Teilaufgabe c) – Tipp 2

Wie kann ich einen Zusammenhang zwischen Größen formulieren?

4

Einen Zusammenhang zwischen zwei Größen kannst du zum Beispiel durch „je-desto-Aussagen“ formulieren, manchmal sogar mathematisch durch eine direkte oder indirekte Proportionalität ausdrücken.

Teilaufgabe c) – Tipp 3

Wie kann ich Proportionalitäten nachweisen?

5

Eine direkte Proportionalität zwischen zwei Größen A und B erkennst du anhand

- einer Ursprungsgerade, wenn du die beiden Größen in einem A-B-Diagramm aufträgst oder
- eines konstanten Quotienten A/B , wenn du die Größe A durch die Größe B dividierst.

Eine indirekte Proportionalität zwischen den Größen A und B lässt sich durch das konstante Produkt $A \cdot B$ nachweisen.

6

Hinweise zum Unterricht

- Kompetenzbereiche:

In den Grundlegenden Kompetenzen der Jgst. 9 ist formuliert: „Die Schülerinnen und Schüler] planen weitgehend selbständig Experimente zu vorgegebenen Fragestellungen aus [...] [der] Wärmelehre. Sie führen sie selbständig durch [...] Ihre Ergebnisse halten sie in strukturierten Versuchsprotokollen fest.“ Diese im Vergleich zur letzten Jahrgangsstufe tiefere Ausprägung der experimentellen Kompetenz vor allem hinsichtlich der Hypothesenbildung und Planung eines Versuchs steht im Mittelpunkt dieses Schülerexperiments, weswegen die Anweisungen für die Durchführung bewusst kurzgehalten sind. Zudem ist die Auswahl geeigneter Darstellungsformen für die Messwerte wie Tabellen oder Diagramme originäre Aufgabe der Schülerinnen und Schüler.

Zusätzlich kommt der systematischen Kontrolle der Versuchsparameter eine besondere Bedeutung zu. Bei der Formulierung der Hypothesen wird nämlich implizit erwartet, dass die genannten Abhängigkeiten für den Fall zutreffen, dass die übrigen Parameter unverändert sind. Dass im Schülerexperiment alle möglichen Facetten des Versuchs aufgegriffen werden, ist nicht zu erwarten.

- Verortung im Unterricht

Dieses Schülerexperiment kann bereits sehr früh in der Wärmelehre durchgeführt werden, benötigt es doch kein Vorwissen.

Basierend auf den Ergebnissen dieses Experiments lässt sich aus den verifizierten Hypothesen Nr. (2), (3) und (4) (s. u.) im weiteren Unterrichtsverlauf die Formel für die übertragene innere Energie $\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta$ ableiten.

Ein möglicher Unterrichtsgang hierzu ist:

- Bei Verwendung einer elektrisch betriebenen Heizplatte ist die aufgenommene elektrische Leistung näherungsweise konstant und damit die aufgenommene elektrische Energie proportional zur Zeit t . Wenn vereinfachend davon ausgegangen werden kann, dass eine Energieabgabe an die Umgebung gering ist, so ist die Zunahme der inneren Energie der Flüssigkeit proportional der aufgenommenen elektrischen Energie. Daher gilt: $\Delta E_i \sim t$.
- Aus der Ursprungsgerade im t - $\Delta \vartheta$ -Diagramm folgt $t \sim \Delta \vartheta$ und mit obiger Folgerung $\Delta E_i \sim \Delta \vartheta$.
- Aus der Ursprungsgerade im m - t -Diagramm folgt $m \sim t$ und damit $\Delta E_i \sim m$.
- Aus beiden Proportionalitäten für ΔE_i folgt $\Delta E_i \sim m \cdot \Delta \vartheta$.
- Zudem ist die Temperaturerhöhung bei gleicher Masse und Heizleistung abhängig vom zu erwärmenden Stoff.

Daher ergibt sich mit der Materialkonstanten c für die Änderung der inneren Energie bei konstanter Heizleistung $\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta$.

- Didaktische Hinweise:

Die Strukturierung des Versuchsprotokolls folgt der „Protokollanleitung für Schülerexperimente“ (Download im LIS).

Aus Sicherheitsgründen sollte als maximale Temperatur der Flüssigkeiten 50 °C vorgegeben sein. Weitere Sicherheitshinweise, z. B. zu Gefahrstoffen bei Verwendung von Ethanol, sind auf die jeweils verwendeten Materialien anzupassen.

Nach Teilaufgabe a) bietet sich ggf. eine Plenumsphase zum Sammeln und Vergleichen der aufgestellten Hypothesen an. Dabei ist mitnichten beabsichtigt, die anschließend zu treffende Auswahl der Schülerinnen und Schüler auf bestimmte Hypothesen zu lenken.

Zur Einübung und Diagnose der Kompetenzentwicklung hinsichtlich der Planung und Durchführung von Experimenten kann die Aufgabe „Untersuchung der Abhängigkeit der Temperaturerhöhung einer Flüssigkeit von verschiedenen Größen“ eingesetzt werden.

- Umsetzungsvorschläge:

Um möglichst viele der in Teilaufgabe a) formulierten Hypothesen zu testen, bietet sich ein arbeitsteiliges Vorgehen mit anschließender Präsentationsphase besonders an. Daher beschränkt sich der Arbeitsauftrag der Teilaufgaben b) und c) auch nur auf die Überprüfung einer Hypothese.

Beispiele für Produkte und Lösungen der Schülerinnen und Schüler

- a) Hypothesen bzgl. der Abhängigkeit der Temperatur einer Flüssigkeit von verschiedenen Parametern können sinngemäß sein:
- (1) „Je größer die Masse der Flüssigkeit ist, desto geringer ist die Temperaturänderung.“ Denkbar ist auch eine Formulierung als indirekte Proportionalität.
 - (2) „Je größer die Masse einer Flüssigkeit ist, desto länger dauert das Erwärmen auf eine festgelegte Temperatur.“ Denkbar ist auch eine Formulierung als direkte Proportionalität.
 - (3) „Die Temperaturänderung ist direkt proportional zur Dauer der Erwärmung.“
 - (4) „Die Temperaturänderung ist abhängig von der Flüssigkeit.“
 - (5) „Die Temperaturänderung ist abhängig von der Wärmequelle.“
 - (6) „Die Temperaturänderung ist abhängig von der Oberfläche des Gefäßes.“
 - (7) „Die Temperaturänderung ist abhängig von der Isolierung des Gefäßes.“
 - (8) „Die Temperaturänderung ist abhängig von der Umgebungstemperatur.“
 - (9) „Die Temperaturänderung ist abhängig vom Umrühren.“
 - (10) „Je größer das Volumen der Flüssigkeit ist, desto geringer ist die Temperaturänderung.“ Denkbar ist auch eine Formulierung als indirekte Proportionalität.
 - (11) „Je größer das Volumen einer Flüssigkeit ist, desto länger dauert das Erwärmen auf eine festgelegte Temperatur.“ Denkbar ist auch eine Formulierung als direkte Proportionalität.

Exemplarisch soll im weiteren Verlauf ein Test der Hypothesen (1), (2) und (7) dargestellt werden.

- b) Zum Test der Hypothesen sollen im Folgenden naheliegende Herangehensweisen betrachtet werden:

Hypothese 1: Erwärmen unterschiedlicher Massen der Flüssigkeit über eine zuvor festgelegte Zeitdauer und Messen der Temperaturänderung.

Hypothese 2: Erwärmen unterschiedlicher Massen der Flüssigkeit um eine zuvor festgelegte Temperaturdifferenz und Messen der Heizdauer.

Hypothese 7: Erwärmen einer bestimmten Masse der Flüssigkeit über eine zuvor festgelegte Zeitdauer bei verschiedenen Isolierungen des Gefäßes und Messen der Temperaturänderung.

Aufbau und Durchführung:

siehe das Versuchsprotokoll unter c)

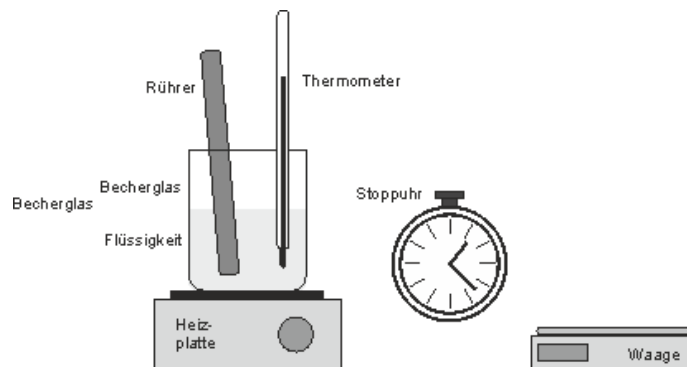
c) Versuchsprotokoll:

Hypothese (1)

1. Ziel des Experiments

Der Zusammenhang zwischen der Masse einer Flüssigkeit und ihrer Temperaturerhöhung wird untersucht. Die Hypothese „Je größer die Masse (das Volumen) der Flüssigkeit ist, desto geringer ist die Temperaturänderung“ wird auf ihren Wahrheitsgehalt getestet.

2. Aufbau



3. Beschreibung der Durchführung

Verschiedene Massen von Wasser werden in 200 g-Schritten im Becherglas durch eine Heizplatte als Wärmequelle unter ständigem Rühren jeweils genau 60 s lang erwärmt und die Temperatur der Flüssigkeit an Anfang und Ende gemessen.

Dabei wird die Heizleistung konstant gehalten sowie stets die gleiche Art von Flüssigkeit verwendet.

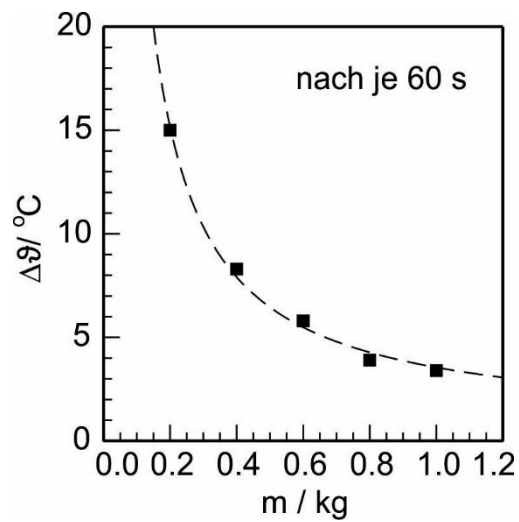
4. Messergebnisse

Bei der Flüssigkeit handelt es sich stets um Wasser. Die Messzeit beträgt jeweils 60 s.

m / kg	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\vartheta_{\text{Anfang}} / ^\circ\text{C}$	16,2	16,5	15,8	17,4	16,9
$\vartheta_{\text{Ende}} / ^\circ\text{C}$	31,2	24,8	21,6	21,3	20,3

5. Auswertung

m / kg	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\Delta\vartheta$ / °C	15,0	8,3	5,8	3,9	3,4



Die Messwerte liegen auf einer fallenden Kurve. Dies bestätigt die Hypothese „Je größer die Masse der Flüssigkeit ist, desto geringer ist die Temperaturänderung.“

Hypothese (2)

1. Ziel des Experiments

Der Zusammenhang zwischen der Masse einer Flüssigkeit und ihrer Temperaturerhöhung wird untersucht. Die Hypothese „Je größer die Masse der Flüssigkeit ist, desto länger dauert das Erwärmen auf eine festgelegte Temperatur“ wird auf ihren Wahrheitsgehalt getestet.

2. Aufbau

siehe oben

3. Beschreibung der Durchführung

Verschiedene Massen der Flüssigkeit werden in 200 g-Schritten im Becherglas durch eine Heizplatte als Wärmequelle unter ständigem Rühren um jeweils genau 10 °C erwärmt und die benötigte Zeitdauer zum Heizen gemessen.

Dabei wird die Heizleistung konstant gehalten sowie stets die gleiche Art von Flüssigkeit verwendet.

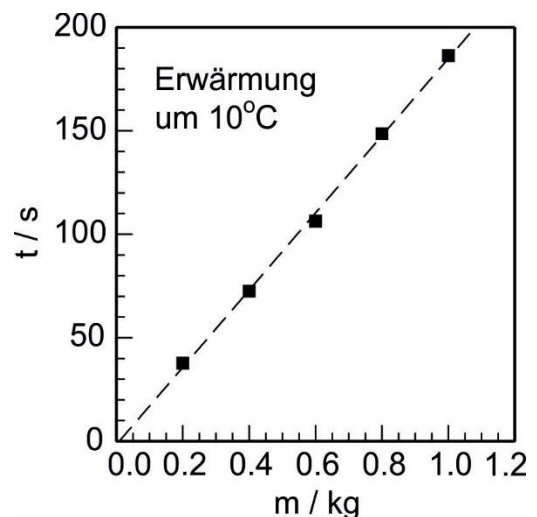
4. Messergebnisse

Bei der Flüssigkeit handelt es sich stets um Wasser. Die Temperaturänderung beträgt jeweils 10 °C.

m / kg	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
t / s	38	73	106	149	186

5. Auswertung

Die Messwerte liegen auf einer Ursprungsgeraden. Dies lässt auf eine direkte Proportionalität zwischen Masse m und Heizdauer t schließen. Das bestätigt die Hypothese, dass die benötigte Zeit zum Erwärmen mit der zu erwärmenden Masse zunimmt.



Hypothese (7)

1. Ziel des Experiments

Der Zusammenhang zwischen der Temperaturänderung und der Isolierung des Becherglases wird untersucht. Die Hypothese „Die Temperaturänderung ist abhängig von der Isolierung des Gefäßes“ wird auf ihren Wahrheitsgehalt getestet.

2. Aufbau

siehe oben, zusätzlich variierende Isolierung um das Gefäß

3. Beschreibung der Durchführung

Jeweils 600 g Wasser werden 120 s lang im Becherglas durch eine Heizplatte als Wärmequelle mit konstanter Heizleistung unter ständigem Rühren erwärmt und die Temperatur der Flüssigkeit gemessen. Das Becherglas wird dabei nacheinander mit Papier, Stoff und Schaumstoff bzw. gar nicht gegen Energieabgabe nach außen isoliert.

4. Messergebnisse

Masse 600 g Wasser, Zeit 120 s, konstante Heizleistung

Isolation	keine	Papier (5 Blatt)	Stoff (Handtuch)	Schaum- stoff	Polystyrol (5 mm)
$\vartheta_{\text{Anfang}} / ^\circ\text{C}$	18,4	19,1	18,6	19,8	19,4
$\vartheta_{\text{Ende}} / ^\circ\text{C}$	29,6	29,9	29,7	31,6	30,9

5. Auswertung

Isolation	keine	Papier (5 Blatt)	Stoff (Handtuch)	Schaum- stoff	Polystyrol (5 mm)
$\Delta\vartheta / ^\circ\text{C}$	11,2	10,8	11,1	11,8	11,5

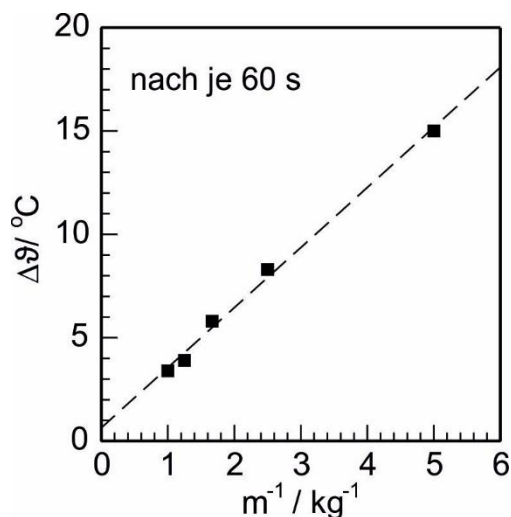
Die Ergebnisse lassen im Mittel eine leichte Tendenz zu größeren Temperaturänderungen bei Isolation erkennen. Ob dahinter allerdings ein physikalischer Effekt, Messunsicherheiten oder bei der Durchführung hervorgerufene Fehlerquellen liegen, lässt sich nicht abschließend feststellen.

d) individuelle Lösungen

Anregung zum weiteren Lernen

Eine tiefere Auseinandersetzung mit den experimentellen Daten zur Bestätigung der Hypothese (1) ermöglicht den Nachweis der indirekten Proportionalität zwischen Masse m und Temperaturänderung $\Delta\vartheta$. Der graphische Nachweis des Zusammenhangs geht jedoch über die mit dem Schülerexperiment verfolgten Ziele sowie die veranschlagte Zeit hinaus.

Da es sich bei der Kurve im m - $\Delta\vartheta$ -Diagramm um eine Hyperbel handeln könnte, könnte eine indirekte Proportionalität zwischen Masse und Temperaturänderung der Flüssigkeit vorliegen, was sich im $1/m$ - $\Delta\vartheta$ -Diagramm überprüfen lässt.



Die näherungsweise erhaltene Ursprungsgerade bestätigt die indirekte Proportionalität zwischen Masse m und Temperaturänderung $\Delta\vartheta$ bei konstant gehaltener Energiezufuhr, was durch die konstante Messdauer weitgehend realisiert wurde.

Für die Bearbeitung dieser Aufgabe im Schülerexperiment sind mit den QR-Codes bzw. den Karten Hilfen für die Schülerinnen und Schüler hinterlegt.



Welche Proportionalität könnte vorliegen?



Lässt sich eine indirekte Proportionalität in eine direkte überführen?



Welches Diagramm eignet sich zum Nachweis der Proportionalität?

Anregung zum weiteren Lernen – Tipp 1

Welche Proportionalität könnte vorliegen?

1

Da es sich bei der Kurve im m - $\Delta\vartheta$ -Diagramm um eine Hyperbel handeln könnte, könnte eine indirekte Proportionalität zwischen Masse m und Temperaturänderung der Flüssigkeit $\Delta\vartheta$ vorliegen.

Anregung zum weiteren Lernen – Tipp 2

Lässt sich eine indirekte Proportionalität in eine direkte überführen?

2

Sind die Größen m und $\Delta\vartheta$ indirekt proportional zueinander, so sind $1/m$ und $\Delta\vartheta$ direkt proportional zueinander.

Anregung zum weiteren Lernen – Tipp 3

Welches Diagramm eignet sich zum Nachweis der Proportionalität?

3

Die direkte Proportionalität zwischen $1/m$ und $\Delta\vartheta$ lässt sich durch eine Ursprungsgerade im $1/m$ - $\Delta\vartheta$ -Diagramm nachweisen.

4