

Versuchskomplex
Thermodynamik

Beleg

im Modul Vertiefung
Physikdidaktik für
Oberschule

Marcus Kundisch

Selbstständigkeitserklärung

Mit diesen Worten versichere ich, dass ich diese Belegarbeit während des Sommersemesters 2020 im Modul „Vertiefung Physikdidaktik“ selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Quellen verwendet, sowie alle Zitate als solche kenntlich gemacht habe.

Chemnitz, im Mai 2020

Marcus Kundisch

Inhalt

Einleitung.....	3
Versuch 1: Grundgleichung der Wärmelehre	5
Versuch 2: Schmelzvorgang von Eis.....	11
Versuch 3: Thermische Ausdehnung von Luft.....	16
Zusammenfassung	19
Literaturverzeichnis	20
Anhang.....	21

Einleitung

Die Wärmelehre als wesentlicher Bestandteil des Lehrplans an Schulen ist eines der Themen, die uns im Alltag in besonderem Maße begegnen.

Warum steigt oder sinkt die Flüssigkeit in einem Thermometer?

Warum gefriert Wasser unter 0°C ?

Warum sollte man eine volle Glasflasche nicht in die Gefriertruhe legen?

Warum fährt man auf Brücken über Fugen?

Mit diesen Fragen, die sich einige Schülerinnen und Schüler bereits selbst gestellt haben, weckt man in Klasse 6 das Interesse am Thema. An Oberschulen findet die Einführung der Temperatur, von Aggregatzustandsänderungen sowie die thermische Ausdehnung von Körpern in Klasse 6 statt. Freihandexperimente unterstützen die Neugier an Phänomenen, mit denen uns die Natur seit jeher verblüfft hat.

In Klassenstufe 8 wird die Wärmelehre vertiefend behandelt.

Warum vereisen Gewässer zuerst an der Oberfläche?

Warum fühlt sich das Metall einer Schere kälter an, als der Schreibtisch aus Holz, auf dem sie liegt?

Warum dämmen wir unsere Häuser?

Warum besprühen Obstbauern ihre Bäume bei drohendem Frost mit Wasser?

Warum können manche Kochtöpfe mit bloßen Händen, andere nur mit Topflappen berührt werden?

Wie konnte die Industrialisierung mit der Dampfmaschine so einschlagen?

Diese sind nur einige der unzähligen Fragen, die mit dem Stoffgebiet der Thermodynamik in Klasse 8 beantwortet werden können. Zu Beginn solcher Lernbereiche stelle ich den Schülerinnen und Schülern (SuS) gern einige dieser Fragen, die sie mir dann im Laufe der

Zeit bzw. am Ende des Lernbereichs beantworten können, indem sie ihr erlerntes Wissen auf diese Anwendungen übertragen haben.

Diese Belegarbeit zeigt exemplarisch drei klassische Experimente aus dem Physikunterricht. Sie helfen uns dabei, Phänomene (meist modellhaft) erklären zu können. Im ersten Versuch erkennen wir, wovon die Wärme abhängig ist. Anschließend sehen wir uns den Temperaturverlauf beim Schmelzvorgang von Eis an. Zu guter Letzt demonstrieren wir die Ausdehnung von Luft bei Erwärmung. Zu jedem Versuch erfolgt die didaktische Rekonstruktion.

Versuch 1: Grundgleichung der Wärmelehre

Der Wärmebegriff an sich ist wohl einer derjenigen Begriffe, der für die SuS mit vielen Vorstellungen jenseits der Wissenschaft verbunden ist. Für sie kann ein Körper „warm“ oder „kalt“ sein, obwohl dies der „Thermischen Energie“ entspricht. „Kälte“ ist ein Klassiker: es gibt keine Kälte. Es gibt nur viel oder wenig thermische Energie. Mit dem Energiebegriff wird in Klasse 7 ein Grundstein gelegt. Energien sind Zustandsgrößen. Thermische Energie wird als Temperatur messbar gemacht. Wärme hingegen ist eine Prozessgröße. Sie gibt an, wie viel thermische Energie von einem Körper auf einen anderen übertragen wird. Messbar ist dies mit dem Temperaturunterschied zweier Körper oder dem Vorher-Nachher-Vergleich bei Erwärmung bzw. Abkühlung *eines* Körpers. Die Wärme an sich können wir nur berechnen. Hier muss den SuS klar gemacht werden, dass es sich darum handelt, wie viel thermische Energie übertragen wurde – und *nicht* wie heiß ein Körper ist. Die Vorstellung des Unterschieds zwischen 4000 und 900000 *Joule* ist nicht trivial.

Darüber hinaus ist die Existenz einer stoffabhängigen Konstante, der spezifischen Wärmekapazität, den SuS verständlich zu machen, sowie die Bedeutung dieser. Eine spezif. Wärmekapazität von $4,19 \frac{kJ}{kg \cdot K}$ bedeutet, dass man 4190 J Wärme benötigt, um 1 kg Wasser um 1 K zu erwärmen. Dass die Temperaturdifferenz zwischen zwei Werten in °C als in K angegeben wird, sollte den SuS zu Beginn des Lernbereichs unter Einführung der absoluten Temperatur bereits vermittelt worden sein.

Des Weiteren ist es sinnvoll, vor dem Experiment die Arten der Wärmeübertragung im Unterricht zu behandeln. So lässt sich im Protokoll auch über Fehlerquellen diskutieren. Außerdem führe ich zuvor die thermische Leistung ein, damit die SuS die von der Heizplatte abgegebene Wärme mithilfe ihrer Leistung berechnen können: $P_{therm} = \frac{Q}{t}$.

Einordnung des Versuchs:

Gesetz: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

Die Wärme ist abhängig vom Stoff, von der Masse und der Temperaturänderung.

Dies gilt nur, wenn sich der Aggregatzustand des Körpers nicht ändert.

Die Abhängigkeit äußert sich als direkte Proportionalität.

Kategorie: quantitatives SE

Lehrplan: Klasse 8, Lernbereich 3

Funktion: Die Grundgleichung der Wärmelehre experimentell herleiten,
zumindest teilweise (außer spezif. Wärmekapazität)

Lernziel: Erkennen der linearen proportionalen Abhängigkeiten der Wärme

Ist die Unterrichtseinheit des Experimentierens gekommen, machen wir zur Wiederholung eine tägliche Übung. Diese habe ich in einem interaktiven Tafelbild (IAT-Bild) erarbeitet, siehe Anhang. Zudem sollen sich die SuS abermals der Bedeutung diverser Formelzeichen bewusst werden, die sie in ihren Tabellen verwenden werden. Dies geschieht via Multiple-Choice-Fragen im IAT-Bild.

Den SuS wird während des gesamten Versuchs die Folie des IAT-Bildes mit den Sicherheitshinweisen angezeigt.

Ihre Protokolle haben die SuS nach den Vorgaben bereits zuhause vorbereitet. Sie haben die Vorbetrachtung erledigt, Aufbau und Material notiert sowie Messwerttabellen vorbereitet.

Nun experimentieren die SuS. Sie legen dabei ein Protokoll an, welches wie folgt aussehen soll.

Protokoll

Grundgleichung der Wärmelehre

- Aufgabenstellungen:
1. Überprüfe die Abhängigkeit der Wärmemenge von der Temperaturerhöhung.
 - Erwärme 100 g (entsprechen 100 ml) Wasser auf 50°C. Lies alle 30 s die Wassertemperatur ab.
 - Berechne jeweils die Wärmemenge Q aus der gemessenen Zeit (mithilfe der Leistung der Heizplatte).
 - Berechne jeweils die Temperaturdifferenz ΔT zu Anfangstemperatur.
 - Berechne jeweils den Quotienten $\frac{Q}{\Delta T}$.
 - Stelle die Ergebnisse in einem $Q(\Delta T)$ -Diagramm dar.
 - Triff eine Aussage über die Proportionalität zwischen Q und ΔT .
 2. Überprüfe die Abhängigkeit der Wärmemenge von der Masse.
 - Erwärme 100, 150 und 200 g Wasser um jeweils $\Delta T = 20\text{K}$.
 - Merke dir die Anfangstemperatur ϑ_{ANF} ! Lies Zeit und Endtemperatur ϑ_{END} ab, wenn die Wassertemperatur um 20 K erhöht wurde.
 - Berechne jeweils die Wärmemenge Q aus der gemessenen Zeit.
 - Berechne jeweils den Quotienten $\frac{Q}{m}$.
 - Stelle die Ergebnisse in einem $Q(m)$ -Diagramm dar.
 - Triff eine Aussage über die Proportionalität zwischen Q und m .

Materialien: Thermometer, Heizplatte, Kabel, Messzylinder, Wasser, Stoppuhr

Aufbau:



Figure 1: Aufbau Versuch 1

Durchführung: - Leistung der Heizplatte $P = 150 \text{ W}$ \rightarrow Wärme $Q = P \cdot t$

- Video der Durchführung: <https://youtu.be/ZPXWE9mcl4Y>

Beobachtung:

a) Messwerttabelle: Zusammenhang zwischen Wärme und Temperaturerhöhung

t in s	ϑ in $^{\circ}\text{C}$	Q in J	ΔT in K	$\frac{Q}{\Delta T}$ in $\frac{\text{J}}{\text{K}}$
0	27	-	-	-
30	43	4500	16	281,25
60	51	9000	24	375
90	58	13500	31	435,48
120	65	18000	38	473,68
150	72	22500	45	500
180	79	27000	52	519

b) Video der Durchführung: <https://youtu.be/0K-bGzC2W4Q>

Messwerttabelle: Zusammenhang zwischen Wärme und Masse

m in kg	ϑ_{ANF} in $^{\circ}\text{C}$	ΔT in K	ϑ_{END} in $^{\circ}\text{C}$	t in s	Q in J	$\frac{Q}{m}$ in $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$
0,100	25	20	45	58	8700	87000
0,150	26,5	20	46,5	84	12600	84000
0,200	36	20	56	122	18300	91500

Auch hier wäre zu erwarten gewesen, dass die Zeit zum Erwärmen von 200 g Wasser doppelt so groß ist wie von 100 g Wasser.

Auswertung:

Zu 1a)

Zwischen der Temperaturerhöhung und der zugeführten Wärme besteht ein Zusammenhang in Form von direkter Proportionalität. Der Quotient aus Wärme und Temperaturerhöhung sollte konstant bei $419 \frac{J}{K}$ sein.

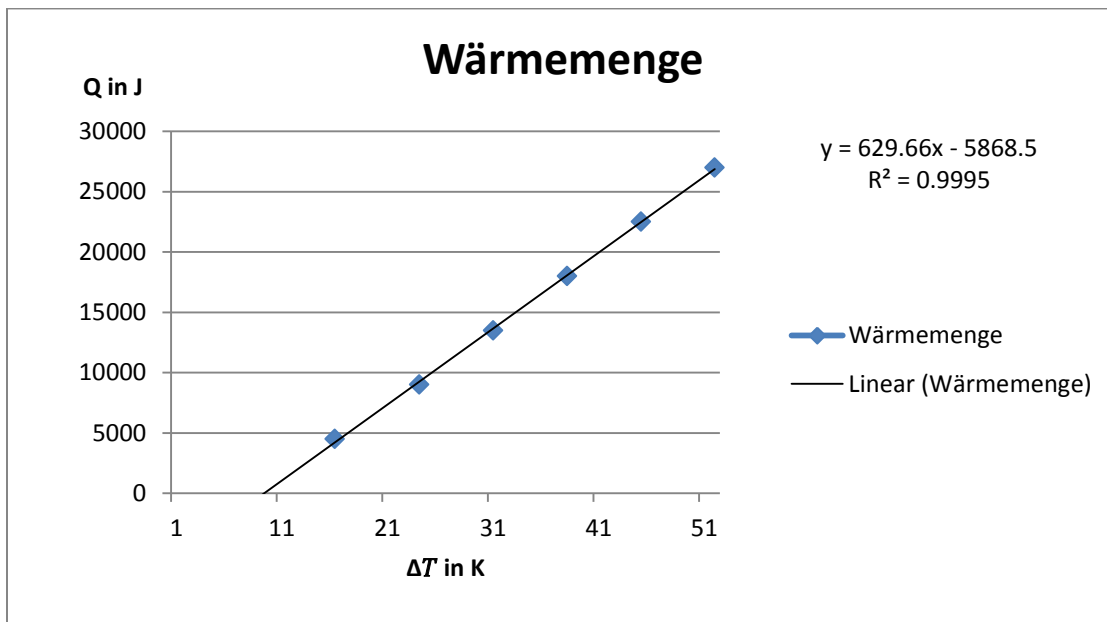


Figure 2: Diagramm Versuch 1

Im Diagramm erwarten wir eine Gerade durch den Nullpunkt. Eine Gerade ist es, allerdings weitab vom Nullpunkt. Das deutet darauf hin, dass ich vermutlich zu Beginn der Messungen Fehler gemacht habe. Der Anstieg der Geraden (629 J/K) liegt dann jedoch recht fern vom Erwartungswert, den ich unter denselben Bedingungen hätte herausbekommen müssen.

zu 1b) Auch hier wäre zu erwarten gewesen, dass die Zeit zum Erwärmen von 200 g Wasser doppelt so groß ist wie die Zeit bei 100 g Wasser. Somit hätten wir einen konstanten Quotienten von $83.800 \frac{J}{kg}$ erhalten.

Fehler geschehen hier bei Messungenauigkeiten, bei Wärmeabgabe an die Umgebung seitens der Heizplatte (Wirkungsgrad der Leistung nicht bei 100%) sowie seitens des Blechtopfes. Zudem stört das Rühren und Abstellen des Thermometers auf dem Boden. Eine feste Anbringung mit immer gleicher Eintauchtiefe würde Abweichungen verringern.

Prinzipiell eignet sich das Experiment hervorragend, um die linearen Proportionalitäten in der Grundgleichung der Wärmelehre aufzuzeigen. Den SuS wird der Zusammenhang klar. Sie verstehen anschließend, dass die Formel $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ nicht aus der Luft gegriffen ist, sondern dass sie sie sich gemeinsam erarbeitet haben. Die Vorbereitungszeit ist nicht all zu groß. Aufwand und Nutzen stehen demnach in angemessenem Verhältnis. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die SuS (zumindest bei der ersten Durchführung) gleichzeitig am Wasserhahn Schlange stehen; somit können einige eher beginnen als andere.

Es ist auf die Besonderheiten hinzuweisen (z.B. Heizplatte muss erst vollständig aufgeheizt sein) sowie die Verletzungsgefahren (Sicherheitsbestimmungen).

Dieser Versuch eignet sich gut für eine Durchführung in Zweiergruppen. Das gleichzeitige Ablesen von Uhr und Thermometer funktioniert besser zu zweit.

Versuch 2: Schmelzvorgang von Eis

Der zentrale Begriff, der in diesem Experiment verstanden werden soll, ist die Umwandlungswärme. Diese existiert nicht nur beim Schmelzvorgang, sondern bei allen Vorgängen, in denen Körper ihre Aggregatzustände ändern.

Hintergrund ist die sogenannte „Latente“ (also verborgene) Wärme während eines isothermen Prozesses. Die Grundgleichung der Wärmelehre ist hier nicht anwendbar, da wir nicht anhand der Temperaturänderung die zugeführte Wärmemenge feststellen können. Die Schüler sollen erkennen, dass sich eine Zeit lang auf dem Thermometer nichts tut, obwohl doch permanent von der Heizplatte Wärme hinzugeführt wird. Diese Wärme wird eben verborgen – und zwar in den Molekülen des Wassers als kinetische Energie. Das sollen die SuS verstehen. Sie kennen bereits das Teilchenmodell und wissen, dass sich mit zunehmender Temperatur die Teilchen schneller bewegen. Man könnte einen Bogen spannen zur Klasse 7 und den Umwandlungen von Energie (hier thermische Energie der Heizplatte in Bewegungsenergie der Wassermoleküle).

Es bietet sich an, die SuS diesen Sachverhalt mithilfe des Versuchs selbst herausfinden zu lassen, möglicherweise als Lernaufgabe mit kleinen Stichworten (Energieumwandlung, Teilchenbewegung, ...) zu fördern, damit sie selbstständig auf den Pfad der verborgenen Wärme gelangen.

Einordnung des Versuchs:

Phänomen: Umwandlungswärme, speziell Schmelzwärme von Eis

Kategorie: qualitatives SE

Lehrplan: Klasse 8, Lernbereich 3

Funktion: physikalische Konzepte veranschaulichen

Lernziel: Kennen des Begriffs „Umwandlungswärme“

Ihre Protokolle haben die SuS nach den Vorgaben bereits zuhause vorbereitet. Sie haben die Vorbetrachtung erledigt, Aufbau und Material notiert sowie Messwerttabellen vorbereitet. Nun experimentieren die SuS. Sie legen dabei ein Protokoll an, welches wie folgt aussehen soll.

Kundisch, Marcus

Chemnitz, im Mai 2020

Protokoll

Schmelzvorgang von Eis

Aufgabenstellungen: 1. Miss die Temperatur beim Schmelzen von Eis.

Beachte, dass das Eis trocken getupft ist.

Fasse deine Ergebnisse in einer Messwerttabelle zusammen und stelle sie in einem $\vartheta(t)$ -Diagramm dar.

Materialien: Kochtopf, Herdplatte, zerbröseltes Eis, Thermometer

Aufbau:



Figure 3: Aufbau Versuch 2

Durchführung: - Kurzvideo der Durchführung <https://youtu.be/cD9UQly1NCU>

- Eis wird so klein wie möglich zerbröseln (ca. 5 mm) und muss trocken sein
- zur Beschleunigung des Vorganges wird die Herdplatte auf geringer Stufe eingeschaltet
- Thermometer ins Eis halten
- alle 30 Sekunden die Temperatur ablesen

Beobachtung:

Nach zehn Minuten ist das Eis komplett geschmolzen. Die Temperatur steigt dann schneller an als zuvor. Messwerttabelle: Zusammenhang zwischen Temperatur und Zeit

t in s	ϑ in °C
0	0,5
30	0,5
60	0,5
90	0,5
120	0,5
150	0,5
180	0,5
210	0,5
240	0,5
270	0,5
300	0,5
330	0,5
360	0,5
390	1,0
420	1,5
450	2,0
480	3,0
510	3,5
540	4,0
570	4,5
600	5,0
630	7,0
660	10,0
690	14,0
720	18,0

Auswertung:

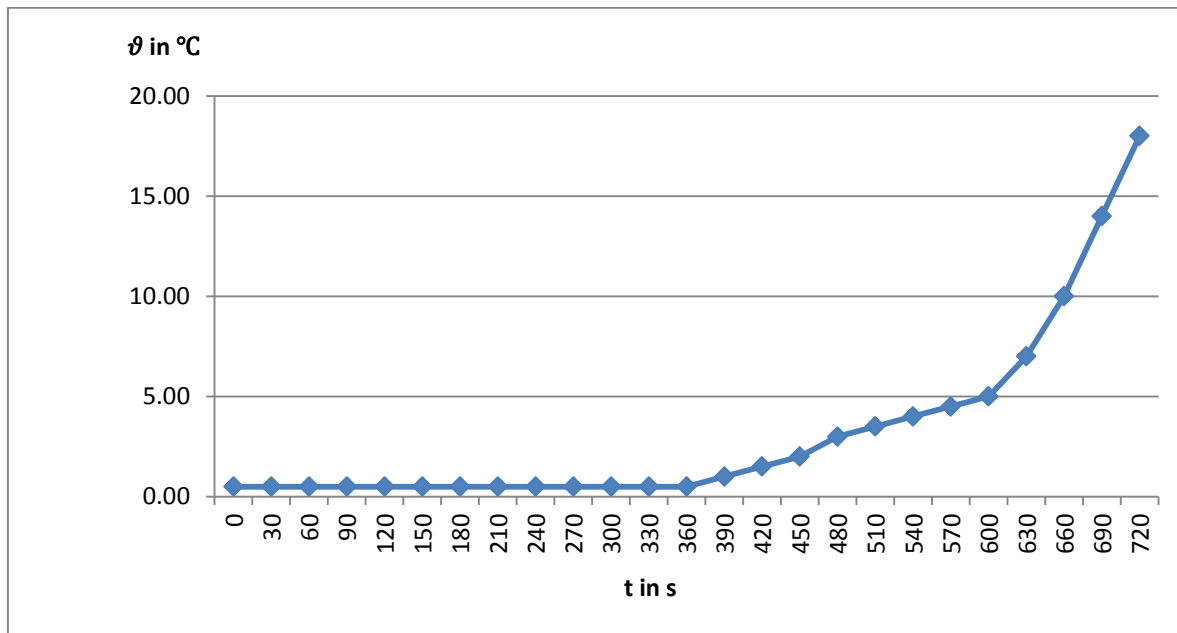


Figure 4: Diagramm Versuch 2

Das Diagramm zeigt unterschiedliche Anstiege der Temperatur zu verschiedenen Zeiten. Zunächst bleibt die Temperatur konstant bei 0.5°C . Dabei ist im Eis-Schmelzwasser-Gemisch vorwiegend Eis. Mit der Zeit schmilzt das Eis allmählich, es sind nur noch vereinzelt Eisstückchen im Schmelzwasser. Die Temperatur steigt in dieser Phase relativ linear zwischen Minute 7 und Minute 10 an. Ab der 11. Minute ist das Eis komplett geschmolzen. Der sprunghafte Anstieg der Temperatur bedeutet, dass die nun zugefügte Wärme nicht mehr zu Teilen dem Schmelzen von Eis genutzt wird, sondern zum Großteil zum Erwärmen des bereits vorhandenen Schmelzwassers. Bei schnellerem Rühren hätte die Schmelzwassertemperatur bis zum vollständigen Schmelzen allen Eises genau 0°C betragen müssen. Anschließend müsste der Anstieg konstant und demnach linear sein, da nun ab Minute 11 nur noch das Wasser erwärmt wird. Der Anstieg der Temperatur beträgt hier zunächst 2 K pro halbe Minute, dann 3 K pro halbe Minute und schlussendlich 4 K pro halbe Minute. Diesen nunmehr konstanten Anstieg von 4 K pro Minute würde man vermutlich bei längerem Messen feststellen.

Auch bei diesem Versuch wird Wärme von der Topfwand an die Umgebung abgegeben. Der Fehler ist jedoch gering, da das Eis im Topf eine niedrigere Temperatur als die Umgebung besitzt.

Dieses Experiment eignet sich ebenfalls ausgezeichnet zum Verstehen des fachlichen Hintergrundes. Der Aufwand ist gering, der Nutzen hoch. Eine Darstellung der Messwerte im Diagramm ist obligatorisch und sinnvoll weil anschaulich. Es kann gut in den Unterricht eingebettet werden, allerdings sind die Arbeitsplätze auch hier freizuräumen, da sonst an Büchern und Heftern Wasserschäden entstehen könnten. Die Grundgleichung der Wärmelehre sowie Arten der Wärmeübertragung sollten zuvor behandelt worden sein.

Bestenfalls könnte man in einer anschließenden Übung feststellen, ob die SuS ihr neues Wissen auch auf die Retour-Vorgänge (Kondensieren, Erstarren) anwenden können. Experimente dazu sind in der Schule jedoch schwierig umsetzbar, da wir Körpern meist nur Wärme experimentell zuführen, aber nicht entnehmen können.

Erweiterbar ist der Versuch beim Verdampfen, um die Verdampfungswärme festzustellen. Das siedende Wasser behält seine Temperatur, wird aber immer weniger bzw. „verschwindet“ nach einiger Zeit komplett. Hier könnten die SuS auch vergleichen, welcher Vorgang länger dauert: eine gewisse Masse Eis zu schmelzen oder das siedende Schmelzwasser komplett zu verdampfen? Sie würden feststellen, dass die benötigte Verdampfungswärmemenge deutlich größer ist, weil der Vorgang zeitlich länger dauert, was den Hintergrund hat, dass im Gas (Wasserdampf) die Moleküle viel mehr Geschwindigkeit aufnehmen, als vom festen zum flüssigen Übergang.

Versuch 3: Thermische Ausdehnung von Luft

Die Ausdehnung von festen, flüssigen und gasförmigen Körpern ist Bestandteil des Lehrplans Klasse 6. Die SuS kennen bisher die physikalische Größe Temperatur und die verschiedenen Aggregatzustände und das Teilchenmodell. Sie wissen, dass sich Teilchen, wengleich in festen und flüssigen Körpern nicht sonderlich schnell, bewegen. Nun sollen sie diese Kenntnisse anwenden und verknüpfen. Dass höhere Temperaturen eine schnellere Bewegung der Teilchen bedeuten, kann als Begründung erscheinen. Am Ende sollte das Verständnis da sein, dass sich Körper bei Erwärmung ausdehnen (Ausnahme Anomalie Wasser).

Einordnung des Versuchs:

Phänomen: Bei Erwärmung dehnt sich Luft aus.

Kategorie: qualitatives DE

Lehrplan: Klasse 6, Lernbereich 3

Funktion: Denkanstöße geben, nachhaltige Eindrücke vermitteln,
theoretische Aussagen qualitativ prüfen

Lernziel: Wissen, dass Temperaturänderung Volumenänderung hervorruft,
Übertragen der Kenntnisse vom Teilchenmodell

In diesem Experiment wird den SuS die Ausdehnung von Luft in einem hermetischen System demonstriert. die Volumenzunahme kann nur durch Ausdehnung des Ballons kompensiert werden.

Protokoll

Thermische Ausdehnung von Luft

Aufgabenstellungen: Ein Erlenmeyerkolben mit einem aufsitzenden Luftballon wird erwärmt.
Schreibe deine Beobachtung auf und interpretiere das Ereignis!

Materialien: Brenner, Dreibein, Erlenmeyerkolben, Luftballon

Aufbau:



Figure 5: Aufbau Versuch 3

Durchführung: - Luftballon wird über den Erlenmeyerkolben gestülpt

- Erlenmeyerkolben wird erwärmt

- Video der Durchführung: <https://youtu.be/kuVCkoTFlw>

Beobachtung: Der Luftballon dehnt sich aus.

Auswertung: Die Ausdehnung des Ballons bei zunehmender Temperatur deutet auf eine zunehmende Füllung mit Luft hin. Da das System hermetisch ist und der Erlenmeyerkolben aus Glas besteht, welches (zumindest bei der aktuellen Temperatur des Systems) nicht verformbar ist, kann es sich nur um die Ausdehnung der im System eingeschlossenen Luft handeln.

Dieses Experiment veranschaulicht qualitativ und präzise, dass sich Luft beim Erwärmen ausdehnt. Dies lässt sich auf andere Gase übertragen.

Zur einfachen Veranschaulichung mit qualitativer Beobachtung, die zu Protokoll gegeben wird, eignet sich das Experiment optimal. Das Erstellen von Protokollen wird vertieft, der Aufwand für die SuS und die Lehrkraft ist gering, der Nutzen dafür enorm.

Fehlerquellen gibt es kaum; der Versuch kann lediglich länger dauern, wenn die Hitze zu gering ist.

Eine klassische Demonstration zur Ausdehnung von festen Körpern ist die Eisenkugel, die nach Erwärmung nicht mehr durch ein Loch passt. Auch Freihandexperimente mit Bimetallstreifen oder dem sich ausdehnenden Stab, der einen Zeiger verändert, sind nützlich und anschaulich. Für die Ausdehnung von Flüssigkeiten können die SuS ein Flüssigkeitsthermometer ins Wasser halten, während es erwärmt wird. Damit schließt sich auch der Kreis zum Vorwissen; jetzt kennen sie sogar den Hintergrund, warum das Thermometer so angemessen zur Temperaturmessung ist. Darüber hinaus kann man anhand der linearen Skala des Thermometers die direkte Proportionalität zwischen Temperatur und Volumenänderung herleiten.

Zusammenfassung

Unsere drei ausgewählten Experimente dienen erfolgreich dazu, den SuS Kernwissen zur Wärmelehre vermitteln zu können. Sie sind logisch im Lehrplan eingeordnet. Erforderliches Vorwissen wurde bereits angeeignet.

Wie für die drei Versuche beschrieben, gibt es teilweise alternative Experimente, die ebenso sinnvoll und effektiv einsetzbar sind. Das erlernte Wissen ist zu überprüfen, bspw. im „Lernraum“ mit einer Anwendungsaufgabe im anderen Kontext oder im „Leistungsraum“ anhand eines Tests.

Bei jedem Versuch sind die speziellen Sicherheitsbestimmungen zu beachten.

Literaturverzeichnis

- L. Meyer, G.-D. Schmidt [Hrsg.] (2013) **Link Physik Sachsen Mittelschule 6**. Berlin: Cornelsen Schulbuchverlage GmbH.
- J. Best et al. (2018) **Physik Mittelschule Sachsen 8**. Berlin: Cornelsen Verlag GmbH.
- Wilke, H.-J. [Hrsg.] (1999) **Physikalische Schulexperimente. Band 1 (Mechanik, Thermodynamik)**. Berlin: Volk und Wissen Verlag.
- C. Berthold, D. Christ, G. Braam [Autor] (2006) **Physikalische Freihandexperimente. Band 2. (Akustik, Wärme, Elektrizität, Magnetismus, Optik)**. Köln. Aulis Verlag Deubner.

Anhang

IAT-Bilder zur Grundgleichung der Wärmelehre, tägliche Übung

Thema der heutigen Stunde:

Experiment zu den Abhängigkeiten der Wärme

Erinnerung
Heizplatte:

Leistung = $\frac{\text{[Redacted]}}{\text{[Redacted]}}$

$P = \frac{\text{[Redacted]}}{\text{[Redacted]}}$

➔ $Q = \text{[Redacted]} * \text{[Redacted]}$

Faustregel: Wärme (J) = 150 W * Zeit (s)

Figure 6: Verdecktes IAT-Bild zu Beginn der Stunde

Thema der heutigen Stunde:

Experiment zu den Abhängigkeiten der Wärme

Erinnerung
Heizplatte:

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Wärme}}{\text{Zeit}}$$

$$P = \frac{Q}{t}$$

 $Q = P * t$

Faustregel: Wärme (J) = 150 W * Zeit (s)

Figure 7: Aufgedecktes IAT-Bild nach Antworten der SuS

Welches ist das Formelzeichen für die Wärme?

Kreuze die richtige Antwort an.

Frageeigenschaften

Multiple-Choice Stufe 1

Zeichenanzahl: 59 / 512

Welches ist das Formelzeichen für die Wärme? π

1 W π
 Richtige Antwort \times

2 Q π
 Richtige Antwort \times

3 F π
 Richtige Antwort \times

Hier neue Option eingeben π
 \times

Anzahl der erforderlichen Antworten: 1

Korrekte Antwort zuweisen

Figure 8: Multiple Choice: Formelzeichen der Wärme

Welches ist das Formelzeichen für die Masse?

Kreuze die richtige Antwort an.

Frageneigenschaften

Multiple-Choice Stufe 1

Zeichenanzahl: 34 / 512

Formelzeichen Masse π

1 Richtige Antwort π ✖

2 Richtige Antwort π ✖

3 Richtige Antwort π ✖

Hier neue Option eingeben π ✖

Anzahl der erforderlichen Antworten: 1

Korrekte Antwort zuweisen

Figure 9: Multiple Choice: Formelzeichen der Masse

Welches ist das Formelzeichen für die Temperaturänderung?

Kreuze die richtige Antwort an.

Multiple-Choice Stufe 1

Zeichenanzahl: 49 / 512

Formelzeichen Temperaturänderung π

1 ΔK π
 Richtige Antwort \times

2 t π
 Richtige Antwort \times

3 ΔT π
 Richtige Antwort \times

Hier neue Option eingeben π
 \times

Anzahl der erforderlichen Antworten: 1

Korrekte Antwort zuweisen

Figure 10: Multiple Choice: Formelzeichen der Temperaturänderung

Sicherheitshinweise beim Experimentieren

Was müssen wir beachten?

- **Wir arbeiten mit Strom, Glas, Wasser und Hitze!**
- **Gefahr der Verbrennung**
- **Heizplatte muss erst vollständig aufgeheizt sein**
- **Thermometer nicht auf dem Gefäßboden abstellen**

Figure 11: Sicherheitshinweise beim Experimentieren