Schlussbericht eines Innovedum Projekts

Bitte beachten Sie die Erläuterungen zu den einzelnen Abschnitten im Anhang (der Bericht darf höchstens 10 Seiten umfassen)

Titel des Innovedum-Projekts: Fachdidaktik II

Antragsteller: Prof. Dr. Andreas Vaterlaus

Projektlaufzeit: 1.8.10 – 15.3.11

Schlussbericht verfasst durch: Guillaume Schiltz, Andreas Vaterlaus

1. Abstract (maximal 140 Wörter)

Im Studiengang "Lehrdiplom für Maturitätsschulen" wird die fachdidaktische Ausbildung gezielt um die Vermittlung von fachspezifischen und von fachübergreifenden Handlungskompetenzen erweitert. Dazu wird in der jährlich wiederkehrenden Veranstaltung „Fachdidaktik II“ (2V+1Ü, 4 KP) ein Lernszenario mit folgenden fünf Elementen eingesetzt:

- Vermittlung von Fachwissen (Fachkompetenz),
- Selbstständiger Entwurf einer Physik-Lerneinheit als Projektarbeit (Methodenkompetenz),
- Peer-Review (Sozialkompetenz),
- Präsentation des überarbeiteten eigenen Projektes (Sozialkompetenz/Persönlichkeitskompetenz),
- Reflektion und Evaluation (Persönlichkeitskompetenz). Dieser Teil ist zugleich Bestandteil der Leistungskontrolle, welche in Form einer mündliche „Prüfung“ (30 Minuten) erfolgt.

Die in der Veranstaltung erarbeiteten Projekte (Physik-Lerneinheiten) werden allen TeilnehmerInnen am Schluss in Form eines „Starter-Set für angehende Lehrer“ zur Verfügung gestellt.

2. Zielerreichung

Im HS 2011 wurde das Projekt entsprechend der Planung durchgeführt:

Beteiligte Dozenten: Andreas Vaterlaus, Clemens Wagner

Anzahl Studierende: 14

Ausgearbeitete Lerneinheiten: 12 (beinhaltet Peer-Review, Präsentation und Publikation)

Leistungsbewertung: 12 Prüfungen, alle erfogreich

In der Beilage befinden sich zwei ausgearbeitete Lerneinheiten zum Thema Wärme. Diese Beispiele zeigen, wie variabel die Themen von den Studierenden bearbeitet wurden.

Die im Antrag formulierten Ziele wurden mit unterschiedlicher Leistung von den Studierenden erreicht.

3. Weitere Nutzung

Die erstellten Lerneinheiten werden für die kommenden Veranstaltungen von Fachdidaktik II weiter verwendet.

Ein Student konnte seine Lerneinheit im Lehrerpraktikum erfolgreich umsetzen. Vom Mentor der Mittelschule wurde das Projekt als sehr positiv bewertet.

4. Ressourceneinsatz und Finanzierung

5. Erfahrungen und Evaluation

Finanzieller Aufwand

Der finanzielle Aufwand erwies sich als deutlich geringer als erwartet. Obwohl einige Studierende organisatorische Probleme während der Selbstlernphase hatten, wurde die Betreuung nur geringfügig wahrgenommen. Sie war als Angebot aber nicht als Pflicht vorgesehen.

Änderungen: Wir werden die Selbstlernphase deutlicher strukturieren und mehr explizite Möglichkeiten der Betreuung integrieren.

Curriculum

Es stellte sich heraus, dass 1/3 der Studierenden keinen Abschluss in Fachdidaktik I besitzen. Defizite in fachdidaktischen Grundlagen, die Inhalt von Fachdidaktik I sind, erwiesen sich als problematisch und verringerten die Qualität der Ergebnisse.

Änderungen: Wir werden den erfolgreichen Abschluss von Fachdidaktik I (oder einer vergleichbaren Veranstaltung) zur Einschreibung voraussetzen.

Organisation

Die Organisation der Veranstaltung setzt termingerechte Zwischenergebnisse voraus. So kann z.B. die Peer-Review nur dann stattfinden, wenn die Lerneinheit zum festgesetzten Termin verfügbar ist. Die Termine wurden von den Studierenden nicht immer eingehalten, was teilweise zu organisatorischen Problemen führte.

Änderungen: Wir werden besser auf Einhaltung der Terminvereinbarungen achten.

Zukunft des Projekts

Aufgrund der positiven Ergebnisse werden wir das Kursformat im HS2011 wieder einsetzen. Eine finanzielle Unterstützung ist in Anbetracht der geringen realen Mehrkosten nicht notwendig. Die im Projekt gemachten Erfahrungen helfen uns, die Veranstaltung zu verbessern und damit die Lernzielerreichung noch optimaler zu gestalten.

Bei Innovedum möchten wir uns ganz herzlich für die Unterstützung bedanken.

6. Beilagenverzeichnis

Beispiel1_wärme.pdf, Beispiel2_wärme.pdf: im Kurs erstellte Lerneinheiten zum Thema „Wärmekapazität, Wärme und Energie“

Fachdidaktik 2

Gestaltung eines anregenden und nachhaltigen Physikunterrichts

Thema 2

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Ausarbeitung einer Unterrichtssequenz von 9 Lektionen für den Physikunterricht im 2 Schuljahr des Gymnasiums

Autor:

Ursin Hutter

ursinhutter@gmail.com

Stud.nr. 04-914-602

Lehrdiplom Physik

November 2010

Inhaltsverzeichnis

Einleitung *3*

1 Positionierung des Themas **3**

1.1 Vorwissen *3*

1.2 Lernziele *4*

1.3 Lerninhalte *5*

1.4 Lernschwierigkeiten *6*

2 Unterrichtssequenz **7**

2.1 Rahmenbedingungen *7*

2.2 Lektionsübersicht *8*

2.3 Unterrichtsorganisation *8*

2.4 Inhalte der Lerneinheiten *8*

LE [Nr.]: [Titel der Lerneinheit] 9

3 Ergebnissicherung **25**

3.1 Aufgaben, Lernkontrollen *25*

3.2 Schriftliche Prüfung *25*

ANHANG: Beispielprüfung 25

Einleitung

Im Rahmen der Vorlesung Fachdidaktik II Physik an der ETH Zürich wurde in dieser Arbeit eine Unterrichtseinheit zum Thema „Wärmekapazität, Wärme und Energie“ für die Mittelschule ausgearbeitet. Sie umfasst neben den konkreten Unterrichtseinheiten Lernziele, Lerninhalte und Überlegungen zu Lernschwierigkeiten. Des Weiteren wird auch erläutert, wie die Ergebnissicherung und die Lernkontrollen aussehen sollen und eine beispielhafte schriftliche Prüfung präsentiert.

Das Thema „Wärmekapazität, Wärme und Energie“ ist als zweiter Teil einer dreiteiligen Unterrichtseinheit zur Thermodynamik zu sehen. Im ersten Teil werden die Schüler in die Thermodynamik eingeführt und lernen die Temperaturskala und das ideale Gasgesetz kennen. Im zweiten Teil, der hier ausgearbeitet wurde, lernen die Schüler, wie Wärme als Energieübertragungsform verstanden wird, die spezifische Wärmekapazität, die Schmelzwärme und die Verdampfungswärme bei Phasenübergängen werden genau betrachtet. Der Wärmetransport mit den Begriffen der Wärmeleitfähigkeit, der Konvektion und der Strahlung wurden weiter zu dieser Ausarbeitung hinzugefügt. Im dritten und letzten Teil wird genauer auf die innere Energie und ihre Veränderung durch Arbeit betrachtet. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik wird thematisiert und Mischrechnungen angestellt. (Es soll hier explizit erwähnt werden, dass Mischrechnungen Teil der dritten Unterrichtseinheit sind und hier bewusst nicht behandelt wurden.) Funktionsweise von Wärmepumpen und Wärmearbeitsmaschinen werden am Ende erklärt.

1 Positionierung des Themas

1.1 Vorwissen

Mathematisches Vorwissen:

- Die SuS müssen in der Lage sein lineare Gleichungen nach einer Variablen aufzulösen.
- Die SuS haben Erfahrung im Umgang mit einfachen Graphen und wissen, wie man die Steigung eines Graphen berechnet.

Physikalisches Vorwissen:

- Die SuS sind vertraut mit dem Begriff der Temperatur und wissen wie Temperatur gemessen wird (incl. Temperaturskalen).
- Sie kennen die Zustandsgleichung eines idealen Gases: $pV = nRT$.
- Sie sind vertraut mit dem Begriff der Energie aus der Mechanik und der Elektrotechnik ($W = P*t = U*I*t$).
- Sie wissen, dass in einem abgeschlossenen System die Energie erhalten bleibt.
- Aus der Chemie kennen die SuS das Teilchenmodell der Materie.

1.2 Lernziele

L1. Die SuS verstehen, dass Energie von einem Körper auf einen anderen mit Hilfe von Wärme übertragen werden kann, also dass Wärme eine Form der Energieübertragung ist und die innere Energie eines Körpers verändert.

L2. Die SuS wissen, dass die übertragene Wärmeenergie von der spezifischen Wärmekapazität, der Masse und der Temperatur eines Objektes abhängt und kennen die Beziehung $\Delta Q = c\ m\ \Delta T$.

L3. Die SuS sind in der Lage mit der Formel $\Delta Q = c\ m\ \Delta T$ einfache Probleme zu lösen.

L4. Die SuS können die spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit experimentell bestimmen.

L5. Die SuS können die spezifische Wärmekapazität eines Festkörpers experimentell bestimmen.

L6. Die SuS kennen die spezifische Wärmekapazität von Wasser (4.18 kJ/(kg K)) und wissen, dass diese nicht gleich ist für alle Materialien und auch nicht wie diejenige von Wasser in Eisform oder in Gasphase. Darüber hinaus wissen sie, dass die spezifische Wärmekapazität von Wasser gross ist im Vergleich zu der von Stoffen wie Sand, Beton oder Eisen.

L7. Die SuS können aufgrund der spezifischen Wärmekapazität folgern, weshalb es bei gewissen Anwendungen von Vorteil ist, Materialien mit hoher spezifischer Wärmekapazität zu verwenden und bei andern Materialien mit niedriger s.Wk. (z.B. Thermosflasche, Kühlflüssigkeit, Wärmespeicher)

L8. Die SuS können alle Phasenübergänge widergeben: Verdampfen und Kondensieren, Schmelzen und Erstarren sowie Sublinieren und Resublinieren.

L9. Die SuS können qualitativ beschreiben, was bei den Phasenübergängen auf molekularer Ebene geschieht.

L10. Die SuS wissen, dass die Temperatur während des Schmelzens resp. Siedens konstant bleibt und sind sich im Klaren, bei welchen Temperaturen der Schmelz- und der Siedepunkt beim Wasser liegen (bei Normalbedingungen).

L11. Die SuS wissen, dass sich die Temperatur während Phasenübergängen von fest zu flüssig nicht verändert. Sie kennen den Begriff der Schmelzwärme sowie die Formel $\Delta Q = m\ c_{schmelz}$ und können damit einfache Berechnungen machen.

L12. Die SuS wissen, dass sich die Temperatur während Phasenübergängen von flüssig zu gasförmig nicht verändert. Sie kennen den Begriff der Verdampfungswärme sowie die Formel $\Delta Q = m\ c_{verdampf}$ und können damit einfache Berechnungen machen.

L13. Die SuS verstehen, dass siedendes Wasser (beim Kochen) nicht mehr heisser wird, auch wenn die Herdplatte voll aufgedreht ist.

L14. Die SuS können den Einfluss des Meeres auf das Klima in Küstennähe beschreiben, mit Hilfe der spezifische Wärmekapazität des Wassers.

L15. Die SuS wissen wie die drei Arten des Wärmetransports, Wärmeleitung, Konvektion und Temperaturstrahlung, mit Materie verbunden sind.

L16. Die SuS kennen die Formel für die Wärmeleitung durch einen Feststoff, $Q = k*A*\Delta T*t$. Und können damit einfache Berechnungen anstellen.

L17. Die SuS wissen welche Materialien besser und welche schlechter Wärme leiten und was für einen Effekt eine gute Wärmedämmung bei einem Gebäude hat.

L18. Die SuS verstehen, warum bei einem Heizsystem Wasser herum gepumpt wird und die Energie nicht nur durch Wärmeleitung von stehendem Wasser ins Haus gebracht wird.

L19. Die SuS kennen den Effekt der natürlichen Konvektion und seinen physikalischen Ursprung.

L20. Die SuS wissen, dass es kein Medium braucht, um Wärme mit Strahlung zu übertragen.

L21. Die SuS können erklären wie der Treibhauseffekt zustande kommt.

1.3 Lerninhalte

I1. Wärme als Energieübertragungsform

I2. Wärmekapazität als neue spezifische Stoffgrösse

I3. Experimentelle Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser

I4. Interpretation von Graphen (Energie – Temperatur Plot)

I5. Selbständige experimentelle Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität

I6. Erfassung und Interpretation experimenteller Daten

I7. Anwendung der hergeleiteten Formeln auf reale Probleme und Alltagsphänomene, Interpretation von Resultaten

I8. Phasenübergänge, Schmelz- & Siedepunkt

I9. Schmelzwärme - nötige Energiemenge zur Phasenumwandlung

I10. Experimentelle Bestimmung der spezifischen Schmelzwärme von Eis

I11. Verdampfungswärme - nötige Energiemenge zur Phasenumwandlung

I12. Experimentelle Bestimmung der spezifischen Verdampfungswärme von Wasser

I13. Anwendung der hergeleiteten Formeln auf reale Probleme und Alltagsphänomene, Interpretation von Resultaten

I15. Energietransport

I16. Wärmeleitung – verschiedene Materialien leiten Wärme verschieden gut

I17. Konvektion – Energie kann mit Materie transportiert werden

I18. Temperaturstrahlung – Energie kann ohne Materie transportiert werden

I19. Treibhauseffekt

1.4 Lernschwierigkeiten

Lernschwierigkeiten:

- SuS sind noch nicht sehr geübt beim Auflösen von Gleichungen nach den gesuchten Unbekannten, sondern suchen oft einfach nach der passenden Formel, in welche nur noch eingesetzt werden muss. Die Fähigkeit umzuformen muss erst erlernt werden.
- Graphen sind für die SuS eine Herausforderung. Diese müssen deshalb genau und sorgfältig erklärt werden.

Fehlvorstellungen:

- Bei Phasenübergängen muss sich die Temperatur verändern, da man weiter Energie ins System steckt.
- Wenn ich die Herdplatte immer auf maximaler Stufe eingeschaltet habe, so hat mein siedendes Wasser mehr Energie und eine höhere Temperatur.

- Sand muss eine grössere Wärmespeicherfähigkeit haben als Wasser, da es ein Feststoff ist.

2 Unterrichtssequenz

2.1 Rahmenbedingungen

Stufe:

Diese Unterrichtseinheit ist konzipiert für Klassen im zweiten Jahr Gymnasium mit Schwerpunt nicht in Physik.

Anzahl Lektionen:

9 Lektionen: 3 Lektionen à 45min pro Woche (eine Einzelstunde und eine Doppelstunde)

Voraussetzung an Infrastruktur:

- Wandtafel
- Beamer
- 10x Thermometer
- 10x Tauchsieder
- 10x Rührapparatur
- 10x Becherglas
- 10x 50g Eisenstück
- 1x Thermometer mit Anzeige
- 1x Stoppuhr mit Anzeige
- Bunsenbrenner
- Eisen-, Kupfer-, Glas- und Kohlenstoffstab
- Lötkolben
- Thermochrompapier
- 2x Parabolspiegel

2.2 Lektionsübersicht

Lerneinheit (LE)	Inhalte	Lernziele	Methode
LE 1: Wärme, innere Energie & spezifische Wärmekapizität	I1, 2, 3, 4	L1, 2, 3	Fragen-Entwickelnder-Unterricht, Frontalunterricht, Vorführexperiment
LE 2: Spezifische Wärmekapazität	I4, 5, 6	L4, 5	Praktikum in Zweiergruppen
LE 3: Spezifische Wärmekapazität	I4, 5, 6	L4, 5	Praktikum in Zweiergruppen
LE 4: Spezifische Wärmekapazität im Alltag - Übung	I7	L5, 6, 7	Gruppenpuzzle
LE 5: Schmelzwärme	I8, 9, 10	L8-11	Praktikum in Zweiergruppen
LE 6: Verdampfungswärme	I11, 12	L12, 13	Praktikum in Zweiergruppen
LE 7: Schmelz- und Verdampfungswärme im Alltag - Übung	I13	L8-13	Gruppenpuzzle
LE 8: Energietransport	I14, 15	L15,16,17	Fragenentwickelnder Unterricht, Schülerexperiment
LE 9: Energietransport	I17, 18, 19	L18-21	Fragenentwickelnder Unterricht, Vorführexperiment
LE 10: Prüfung			

2.3 Unterrichtsorganisation

- SuS bringen ihren Taschenrechner.
- Das Thema wird mit einem Skript begleitet, das die SuS jeweils ergänzen müssen.
- Für Hausaufgaben führen die SuS ein extra Heft.

2.4 Inhalte der Lerneinheiten

LE 1: Innere Energie und Wärme

a. Lernziele

L1, 2, 3

b. Ablauf

IU	Begrüssung Einleitung Lernziele Stundenablauf	Lehrervortrag	5’
Einleitung des neuen Themas	Wärme und innere Energie	Lehrervortrag	5‘
Experiment 1: Herleitung Gleichung der Wärmeenergie	Messung des Temperaturverlaufs beim Erhitzen von Wasser Analyse der Daten	Vorführexperiment	10’
Diskussion	Diskussion der Resultate des Experimentes, Versuch die Formeln herzuleiten	Arbeit in Zweiergruppen	5‘
Formeln zur Wärmeenergie und spezifischer Wärmekapazität	Herleitung der Gleichung der Wärmeenergie und der spezifischen Wärmekapazität von Wasser.	Lehrervortrag	10’
Übungen	Übungen zur spezifischen Wärmekapazität	Arbeit in Zweiergruppen	10’

c. Medien

- Skript
- Wandtafel
- 1x Thermometer mit Anzeige
- 1x Tauchsieder
- 1x Stoppuhr mit Anzeige
- 1x Rührapparatur
- 1x Becherglas

d. Experimente

Tauchsiederexperiment

Mit einem Tauchsieder wird 1l Wasser (Hahntemperatur) unter ständigem Rühren in einem Becherglas erhitzt. Die Temperatur des Wassers wird dabei alle 30s gemessen und in eine Tabelle eingetragen. Die zugeführte Energie wird mit der Leistung des Tauchsieders multipliziert mit der Zeit errechnet. Die Temperatur wird gegen die Energie geplottet.

e. Quellen

Dorn Bader, Physik in einem Band

Leuchli/Müller, Physikaufgaben

f. Hausaufgaben

Die SuS sollen sich in Ruhe noch einmal die Herleitung der spezifischen Wärmekapazität anschauen und nachvollziehen.

Zu lösende Aufgaben:

Läuchli/Müller Physik Aufgaben: Aufgabe 2, S 175

Läuchli/Müller Physik Aufgaben: Aufgabe 52, S 181

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Mit ansprechenden Bildern in einer kurzen PowerPoint-Präsentation sollen zum Einstieg ins Thema Fragen aus dem Alltag thematisiert werden (siehe Anhang PowerPoint Präsentation). Das Thema Wärmekapazität, Wärme und Energie wird über die gesamte Unterrichtseinheit schliesslich diese Fragen beantworten können. Die SuS sehen somit ein Bezug zur realen Welt und darin eine Motivation den Stoff zu bearbeiten.

Der Begriff der inneren Energie und der Wärme mag zu Beginn des Unterrichts noch für viele verwirrend sein. Ein langsamer und schrittweiser Aufbau des Themas soll dem entgegenwirken. In einem kurzen Lehrervortrag werden die Begriffe der inneren Energie und der Wärme eingeführt.

Im ersten grundlegenden Experiment soll dann die spezifische Wärmekapazität durch die Lehrperson hergeleitet werden. (Die SuS werden in den folgenden Stunden die Möglichkeit erhalten, diese Experimente für andere Materialien selbst durchzuführen und können so das Gelernte/Gesehene verinnerlichen.) Auf das Auftragen des Temperaturverlaufes im Energie-

Temperatur Graphen soll besonders Wert gelegt werden. Viele SuS sind sich an die abstrakte Denkweise, welch zum Erstellen von Graphen nötig ist, noch nicht gewohnt. Im Verlaufe der Unterrichtseinheit werden immer wieder Graphen gezeichnet, was zu einem sichereren Umgang mit diesen führen soll.
Nach der Demonstration des Experimentes und dem Zeichnen des Temperaturverlaufs sollen die SuS sich selbst (in Zweierteams) kurz Gedanken machen, wie die verschiedenen Grössen miteinander zusammenhängen könnten, bevor dann in der ganzen Klasse die Formeln der spezifischen Wärmekapazität aufgestellt werden. Dies soll die SuS dazu bringen, selbst Überlegungen zur Interpretation des Experiments anzustellen und Folgerungen zu ziehen.
Falls noch Zeit bleibt (sonst zu Beginn der nächsten Stunde) sollen die SuS einfache Übungen in Zweiergruppen lösen. Diese werden dann im Rahmen der Klasse besprochen. In den Zweierteams können die Schüler gegenseitig voneinander profitieren.

ANHANG zu LE 1

- PowerPoint Präsentation zum Einstieg ins Thema: „Wärmekapazität, Wärme und Energie Einleitung“
- Skript S 1-4

LE 2/3: Spezifische Wärmekapazität verschiedener Stoffe

a. Lernziele

L4, 5

b. Ablauf

Erste Lektion der Doppelstunde

IU	Begrüssung Einleitung Lernziele Stundenablauf	Lehrervortrag	5’
Hausaufgaben-besprechung	Besprechung der Hausaufgaben, Musterlösung	Lehrervortrag	10‘
Vorbesprechung Experiment	Wie kann die Wärmekapazität eines Festkörpers bestimmt werden?	Fragen-Entwickelnder-Unterricht	7‘
Schülerexperiment	Bestimmung der Wärmekapazität von Öl und von Eisen	Praktikum	23’

Zweite Lektion der Doppelstunde

Besprechung des Experiments	Diskussion der Experimente, Vorführen der Musterresultate, Diskussion der Abweichungen	Fragen-Entwickelnder-Unterricht Lehrervortrag	20‘
Übungen	Lehraufgabe zu Wärmeübertragung bei Systemen mit mehreren verschiedenen Wärmekapizitäten	Arbeit in Zweiergruppen	25’

c. Medien

- Skript
- Wandtafel
- 10x Thermometer
- 10x Tauchsieder
- 10x Rührapparatur

- 10x Becherglas
- 10x 50g Eisenstück
- Fritteusenöl
- Alkohol (zum Reinigen der Tauchsieder)

d. Experimente

Schülerexperiment1:

Die spezifische Wärmekapazität von Fritteusenöl soll bestimmt werden. Mit einem Tauchsieder wird die das Öl unter ständigem Rühren in einem Becherglas erhitzt. Die Temperatur des Öls wird dabei alle 30s gemessen und in eine Tabelle eingetragen. Die zugeführte Energie wird durch die Leistung des Tauchsieders multipliziert mit der Zeit errechnet. Die Temperatur wird gegen die Energie geplottet. Aus der Messung soll die spezifische Wärmekapazität des Öls bestimmt werden.

Schülerexperiment 2:

Die spezifische Wärmekapazität von Eisen soll bestimmt werden. Dazu wird Wasser in einem Becherglas in welchem sich ein Stück Eisen befindet, mit einem Tauchsieder während zwei Minuten erhitzt. Die Temperatur des Wassers wird zu Beginn und am Ende des Experimentes gemessen. Mit der Temperaturmessung und der bekannten spezifischen Wärmekapazität von Wasser kann die spezifische Wärmekapazität des Eisens bestimmt werden.

e. Quellen

Dorn Bader, Physik in einem Band

Leuchli/Müller, Physikaufgaben

f. Hausaufgaben

Leuchli/Müller, Physikaufgaben: Aufgabe 8, S.175

Leuchli/Müller, Physikaufgaben: Aufgabe 12, S.176

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Für die Korrektur der Hausaufgaben sollen die SuS ihre Hefte mit einem Mitschüler/einer Mitschülerin austauschen. Die Musterlösung wird dann besprochen und anschliessend erhoben, welcher Anteil der Klasse die Aufgaben korrekt lösen konnte, um auf Probleme eingehen zu können.

Den SuS wurde in der letzten Stunde vorgeführt, wie man die spezifische Wärmekapazität von Wasser bestimmt. Sie sollen nun selbständig in Zweiergruppen weitere Experimente zur Bestimmung spezifischer Wärmekapazitäten durchführen. Somit können die SuS das Gelernte/Gesehen praktisch umsetzen und verinnerlichen. Vor dem Experiment sollen die SuS dazu aufgefordert werden sich zu überlegen, wie sie die Wärmekapazität eines Festkörpers bestimmen würden. Unterstützt werden soll dieser Denkprozess mit Fragen der Lehrperson. („Kann man gleich vorgehen wie bei Wasser? Warum nicht?“ etc.) Während dem Experimentieren werden Probleme und Schwierigkeiten mit dem Verständnis zum Vorschein kommen und können behoben werden. Mit den Resultaten bekommen die Schüler ein Gefühl für die Grössenordnungen von Wärmekapazitäten. Sie werden aber auch feststellen, dass ihre experimentellen Resultate nicht exakt sind und eine Besprechung der Abweichungen bietet sich an. Die SuS sollen dabei realisieren, dass bei Experimenten viele Faktoren zu beachten sind, um ein gutes Ergebnis zu bekommen („Wer misst, misst Mist.“). Das Arbeiten fördert die Teamfähigkeit und beide Partner können vom Wissen des andern profitieren.
Die Resultate werden anschliessend in der Klasse diskutiert. Dies fördert die aktive Teilnahme der SuS am Unterricht und regt sie zum selbständigen Denken an.
Einfache Aufgaben über das soeben Gelernte sollen dann in Zweiergruppen bearbeitet werden um den Stoff weiter zu verinnerlichen.

ANHANG zu LE 2/3

- SuS sollen in Zweiergruppen die Experimente auf Seite 5 und 6 des Skripts durchführen.
- Skript S 5-7

LE 4: Spezifische Wärmekapazität im Alltag - Übung

a. Lernziele

L5, 6, 7

b. Ablauf

IU	Begrüssung Einleitung Lernziele Stundenablauf	Lehrervortrag	5’
Hausaufgaben-besprechung	Besprechung der Hausaufgaben, Musterlösung	Lehrervortrag	15‘
Aufgaben zu spezifischer Wärmekapazität	Drei Aufgaben zur spezifischer Wärmekapazität im Alltag	Gruppenpuzzle	25‘

c. Medien

- Skript
- Wandtafel

d. Quellen

Dorn Bader, Physik in einem Band

Leuchli/Müller, Physikaufgaben

e. Hausaufgaben

Keine Hausaufgaben sind vorgesehen.

f. Didaktische und methodische Überlegungen

Die Hausaufgaben werden wie in der letzten Unterrichtseinheit besprochen.

Die Klasse wird in drei gleich grosse Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe löst dann eine Aufgabe zum Thema spezifische Wärmekapazität im Alltag. Die Lehrperson geht von Gruppe zu Gruppe und schaut wo Probleme auftreten. Wenn die drei Gruppen die Aufgaben gelöst haben, so werden neue Gruppen zu je drei Personen geformt mit je einem/r SoS aus den alten

Gruppen. Die SuS erklären sich dann gegenseitig ihre Aufgabe. Bei dieser Übung lernen die SuS ihr Wissen weiterzugeben und so zu strukturieren, dass es die andern auch verstehen. Beim Weitergeben des Wissens wird dieses gleichzeitig verinnerlicht. Weiter fördert diese Übung die Kommunikationsfähigkeit und den Klassengeist.
Die Aufgaben sind so konstruiert, dass zum einen erworbenes Wissen eingesetzt werden muss, zum andern aber die gewonnenen Resultate dann auch interpretiert werden müssen.

ANHANG zu LE 4

Skript S. 8

LE 5/6: Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen

a. Lernziele

L8-12

b. Ablauf

Erste Lektion der Doppelstunde

IU	Begrüssung Einleitung Lernziele Stundenablauf	Lehrervortrag	5’
Begriffseinführung	Einführung der Begrifflichkeiten der Phasenübergänge	Fragenentwickelnder Unterricht	10‘
Vorführexperiment Schmelzwärme	Erfassung des Temperaturverlaufs beim Aufwärmen von Eiswasser + Erfassung des Temperaturverlaufs beim Sieden von Wasser	Vorführexperiment	20’
Formeln zu Schmelzwärme	Herleitung der Gleichungen der Schmelzwärme. Berechnung der spezifischen Schmelzwärme von Wasser.	Lehrervortrag	10’

Zweite Lektion der Doppelstunde

Übungen	Übung zu spezifischer Schmelzwärme	Arbeit in Zweiergruppen	15’
Formeln zu Verdampfungswärme	Herleitung der Gleichungen der Verdampfungswärme. Berechnung der spezifischen Schmelzwärme von Wasser.	Lehrervortrag	10’
Übungen	Übung zu spezifischer Verdampfungswärme	Arbeit in Zweiergruppen	15’

c. Medien

- Skript
- Wandtafel
- 1x Thermometer mit Anzeige
- 1x Tauchsieder
- 1x Stoppuhr mit Anzeige
- 1x Rührapparatur
- 1x Becherglas
- 100g Eis

d. Experimente

Experiment Schmelzwärme

Mit einem Tauchsieder wird 1l Eiswasser (0°C) unter ständigem Rühren in einem Becherglas erhitzt. Die Temperatur des Wassers wird dabei alle 30s gemessen und in eine Tabelle eingetragen. Die zugeführte Energie wird durch die Leistung des Tauchsieders multipliziert mit der Zeit errechnet. Die Temperatur wird gegen die Energie geplottet. Aus dem Graphen soll die Energie, die zum Schmelzen des Eises gebraucht wurde, gelesen werden und damit die spezifische Schmelzwärme von Eis bestimmt werden.

Experiment Verdampfungswärme

Mit einem Tauchsieder wird 1l Wasser unter ständigem Rühren in einem Becherglas zum Sieden gebracht. Während weiteren 2 Minuten wird Energie zugeführt. Die Temperatur des Wassers wird dabei alle 30s gemessen und in eine Tabelle eingetragen. Die zugeführte Energie wird durch die Leistung des Tauchsieders multipliziert mit der Zeit errechnet. Die Temperatur wird gegen die Energie geplottet. Die Masse des Wassers soll vor und nach dem Experiment bestimmt werden und aus der Massendifferenz und der zugeführten Energie die spezifische Verdampfungswärme von Wasser bestimmt werden.

e. Quellen

Dorn Bader, Physik in einem Band

Leuchli/Müller, Physikaufgaben

f. Hausaufgaben

Leuchli/Müller, Physikaufgaben: Aufgabe 59, Seite 182

Leuchli/Müller, Physikaufgaben: Aufgabe 60, Seite 182

Leuchli/Müller, Physikaufgaben: Aufgabe 71, Seite 183

g. Didaktische und methodische Überlegungen

In einem Fragen-Entwickelnden-Unterricht werden die Begriffe der Phasenübergänge eingeführt. Die SuS werden dabei angeregt mitzudenken und sich zu überlegen, wo in ihrer Umwelt Phasenübergänge vorkommen. Die verschiedenen Aggregatszustände werden anhand des Teilchenmodells besprochen, welches aus dem Chemieunterricht schon bekannt sein sollte.

Ein Versuch, bei dem Eiswasser erwärmt wird, bis alles Eis geschmolzen ist, wird vorgeführt. Der Versuch ist zwar nicht besonders spektakulär, aber sehr nützlich um die Fehlvorstellung, dass die Temperatur des Eiswassers während dem Schmelzprozess steigt, aus der Welt zu schaffen. Zeitgleich soll ein zweiter Versuch gezeigt werden, bei dem Wasser zum Sieden gebracht wird und bei konstanter Temperatur zu verdampfen beginnt. Die aufgezeichneten Temperaturverläufe sollen verdeutlichen, dass die Temperatur sich während den Phasenübergängen nicht verändert und gleichzeitig ist dies wieder eine gute Übung für den Umgang mit Graphiken.

Die Formel für die Energie, die zum Schmelzen aufgewendet werden muss, wird anschliessend hergeleitet und daraus die spezifische Schmelzwärme von Wasser bestimmt. Weiter wird besprochen, dass die Energie, die beim Gefrieren frei wird, gleich gross ist, wie jene die zum Verdampfen benötigt wird. Der Effekt des Schmelzens wird mit dem Teilchenmodell erklärt. Dieses kennen die SuS schon aus früherem Unterricht, so dass sie Verknüpfungen erstellen können.

Zur Vertiefung der gefundenen Zusammenhänge wird eine Übungsaufgabe in Zweiergruppen bearbeitet. Auftretende Verständnisprobleme könne somit gefunden werden.

Anschliessend wird die spezifische Verdampfungswärme formell hergeleitet mit den Resultaten aus dem Experiment der ersten Stunde. Mit einer Übung soll die gefundene Beziehung angewendet werden.

ANHANG zu LE 5/6

Skript S. 9-15

LE 7: Schmelz- und Verdampfungswärme im Alltag - Übung

a. Lernziele

L 8-13

b. Ablauf

IU	Begrüssung Einleitung Lernziele Stundenablauf	Lehrervortrag	5’
Hausaufgaben-besprechung	Besprechung der Hausaufgaben, Musterlösung	Lehrervortrag	15‘
Aufgaben zu Schmelz- und Verdampfungswärme	Drei Aufgaben zu Schmelz und Verdampfungswärme im Alltag	Gruppenpuzzle	25‘

c. Medien

- Skript
- Wandtafel

d. Experimente

Keine

e. Quellen

Dorn Bader, Physik in einem Band

Leuchli/Müller, Physikaufgaben

f. Hausaufgaben

Leuchli/Müller, Physikaufgaben: Aufgabe 64, Seite 182

Leuchli/Müller, Physikaufgaben: Aufgabe 75, Seite 184

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Die Klasse wird in drei gleich grosse Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe löst dann eine Aufgabe zum Thema Schmelz- und Verdampfungswärme im Alltag. Die Lehrperson geht von Gruppe

zu Gruppe und schaut wo Probleme auftreten. Wenn die drei Gruppen die Aufgaben gelöst haben, so werden neue Gruppen zu je drei Personen geformt mit je einem/r SoS aus den alten Gruppen. Die SuS erklären sich dann gegenseitig ihre Aufgabe. Bei dieser Übung lernen die SuS ihr Wissen weiterzugeben und so zu strukturieren, dass es die andern auch verstehen. Beim Weitergeben des Wissens wird dieses gleichzeitig verinnerlicht. Weiter fördert diese Übung die Kommunikationsfähigkeit und den Klassengeist.
Die Aufgaben sind so konstruiert, dass zum einen erworbenes Wissen eingesetzt werden muss, zum andern aber die gewonnenen Resultate dann auch interpretiert werden müssen.

ANHANG zu LE 7

Skript S. 15

LE 8/9: Energietransport

a. Lernziele

L 15-21

b. Ablauf

Erste Lektion der Doppelstunde

IU	Begrüssung Einleitung Lernziele Stundenablauf	Lehrervortrag	3’
Hausaufgaben-besprechung	Besprechung der Hausaufgaben, Musterlösung	Lehrervortrag	15‘
Arten der Energieübertagung	Zusammentragen der Arten der Wärmeübertragung: durch Materie, mit Materie, ohne Materie	Fragen-Entwickelnder Unterricht	10’
Experiment Wärmeleitfähigkeit	Qualitativer Versuch, welche Materiealien besser/schlechter Wärme leiten	Schülerexperiment	7‘
Formel der Wärmeleitung	Herleitung der Gleichung zur Wärmeleitfähigkeit	Frontalunterricht	10‘

Zweite Lektion der Doppelstunde

Übungen	Übungen zur Wärmeleitung durch Wände	Arbeit in Zweiergruppen	7’
Konvektion	Besprechung der Konvektion am Beispiel einer Heizung	Frontalunterricht	8‘
Experiment Temperaturstrahlung	Qualitativer Nachweis der Temperaturstrahlung	Vorführexperiment	5‘
Phänomen Treibhauseffekt	Erklärung des Treibhauseffekts	Frontalunterricht	15‘
Prüfungsvorbesprechung	Erläuterung zu Prüfung, Fragen	Frontalunterricht	10‘

c. Medien

- Bunsenbrenner
- Eisen-, Kupfer-, Glas- und Kohlenstoffstab
- Lötkolben
- Thermochrompapier
- 2x Parabolspiegel

d. Experimente

Wärmeleitfähigkeit

Vier Schüler halten Stäbe gleicher Form aus Eisen, Kupfer, Glas und Kohlenstoff in eine Flamme. Die andern Schüler sollen tippen, wer zuerst den heissen Stab loslässt. Daraus soll auf die Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen Materialien geschlossen werden.

Temperaturstrahlung

Ein Lötkolben wird erhitzt, bis er zu glühen beginnt. Dabei fängt er an zu strahlen. Mit zwei Parabolspiegeln wird die Strahlung auf ein Thermochrompapier fokussiert. Dieses verändert darauf seine Farbe.

e. Quellen

Dorn Bader, Physik in einem Band

Leuchli/Müller, Physikaufgaben

f. Hausaufgaben

Keine Hausaufgaben sind vorgesehen.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

In einem Fragen-Entwickelnden Unterricht wird zusammengetragen, welche Arten der Wärmeübertragung den SuS bekannt ist. Dabei werden sie aktiv in den Unterricht einbezogen und können den folgenden Stoff in einen Zusammenhang mit Bekanntem bringen.

Mit einem Schülerversuch soll qualitativ gezeigt werden, dass verschiedene Materialien Wärme verschieden gut leiten. Vier Schüler führen dabei den Versuch vor der Klasse vor. Da die Schüler dabei gegeneinander antreten (wer lässt zuletzt los), kann erwartet werden, dass

sich die ganze Klasse für den Versuch interessiert und beim Unterricht dabei sein wird, wenn die Formeln für die Wärmeleitung aufgestellt wird.

Zu Beginn der zweiten Stunde sollen die SuS die gefundene Formel dann anwenden. In Zweiergruppen bearbeiten sie eine Aufgabe, die dann in der Klasse besprochen wird. Die Aufgabe ist interessant, da sie sich auf die Isolation von Häusern bezieht und damit das Problem des täglichen Energieverbrauchs thematisiert. Die SuS sollen ein Gefühl dafür bekommen, was es für den Energieverbrauch bedeutet, wenn ein Haus gut isoliert wird. Das Thema Minergie-Häuser kann kurz angeschnitten werden.

Der Wärmetransport mittels Konvektion wird am Beispiel des Heizkreislaufs in einem Haus kurz von der Lehrkraft erläutert. Das Thema Konvektion wird aber sehr kurz und ohne Formeln abgehandelt.

Zur Illustration der Temperaturstrahlung wird das Experiment des zum Glühen gebrachten Lötkolbens gezeigt. Den SuS soll damit gezeigt werden, dass ein heisser Körper strahlt und dass Energie auch ohne Medium transportiert werden kann. Der Treibhauseffekt kann dann anhand der Temperaturstrahlung erklärt und diskutiert werden.

Zum Ende der Stunde wird kurz durch das ganze Skript gegangen und erwähnt worauf besonders zu achten sei bei der Vorbereitung auf die Prüfung. Allfällige Fragen zur Prüfung können beantwortet werden.

ANHANG zu LE 8/9

Skript S. 16-18

3 Ergebnissicherung

3.1 Aufgaben, Lernkontrollen

- Während den Gruppenpuzzeln hat die Lehrkraft die Möglichkeit, sich ein Bild vom Wissensstand der SuS zu machen. Noten für das fachliche Wissen werden dabei nicht vergeben.
- Hausaufgaben werden bei der Korrektur jeweils mit dem Nachbarn ausgetauscht und von diesem korrigiert. Am Ende wird jeweils ermittelt, wie viele SuS die Aufgaben lösen konnten. Noten für die Hausaufgaben sind keine Vorgesehen.
- Über das ganze Schuljahr wird die aktive Teilnahme am Unterricht bewertet. Dies wird im Voraus auch so kommuniziert. Positiv auffallenden SuS wird bei der Schlussnote aufgerundet, negativ auffallenden SuS abgerundet.

3.2 Schriftliche Prüfung

Die Prüfung soll verschiedene Aufgabentypen nach der Taxonomie von Bloom enthalten (Wissen (K1), Verständnis (K2), Anwendung (K3), Analyse (K4), Synthese (K5), Bewertung (K6)). Ein Schwerpunkt wird auf das „Anwenden“ (K3) gesetzt, die Prüfung soll aber zu mindestens 50% Aufgaben der anderen Typen enthalten. Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben soll von einfach bis schwierig reichen.

Aufgabe	Typ nach Bloom	Anspruchsniveau
1	K3	mittel
2	K1	einfach
3	K6	mittel –schwierig
4	K3, K5	schwierig
5	K2	einfach
6	K3, K4	schwierig
7	K3, K4	einfach
8	K2	mittel

ANHANG: Beispielprüfung

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Wie viel Energie braucht es um Wasser für eine Tasse Tee zu erwärmen?

Wie viel kostet ein warmes Bad?

Warum sind Temperaturschwankungen in der Wüste viel grösser als am Meer?

Wie viel Energie ist nötig um Eis zu schmelzen?

Wie viel Wärme geht in einem Haus im Winter verloren?

Wärmekapazität, Wärme und Energie

(Blau geschriebene Abschnitte und Scans werden von den Schülern selbst eingetragen.)

1 Innere Energie und Wärme

Bereits bekannt: Je grösser die Temperatur eines Körpers ist, desto grösser ist die mittlere Geschwindigkeit der einzelnen Moleküle bei ihrer ungeordneten Bewegung.

Die innere Energie U eines Körpers ist die Summe der Energien all seiner Teilchen. Sie Steigt mit der Temperatur.

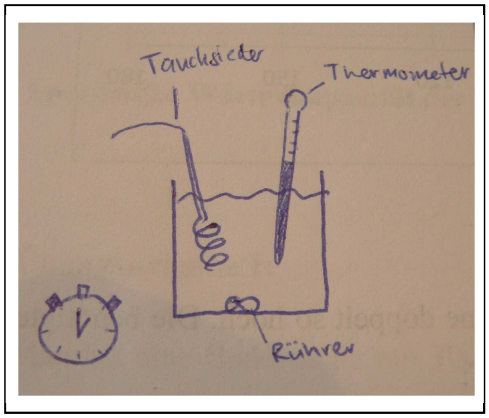
Zur Erhöhung der inneren Energie muss von aussen Energie zugeführt werden, diese kann in Form von mechanischer Arbeit W oder durch Wärme Q geschehen.

Wärme ist die Energie, die infolge eines Temperaturunterschieds durch ungeordnete Teilchenstösse von einem heissen auf einen kälteren Körper übergeht.

2 Änderung der inneren Energie durch Wärmezufuhr

Die innere Energie eines Systems kann erhöht werden durch Zufuhr von Wärme. [Dabei erhöht sich die Temperatur im System (wenn kein Phasenübergang stattfindet).]

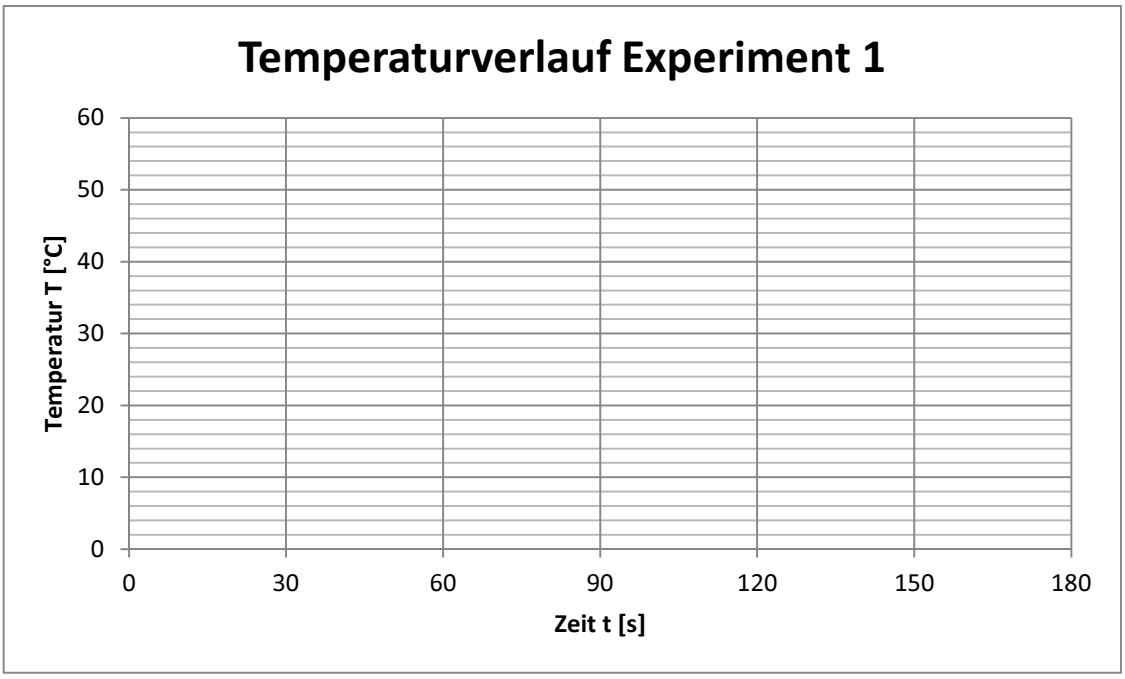
Experiment 1 – Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser



Mit einem Tauchsieder wird Wasser in einem Becherglas erhitzt. Dabei wird die Temperatur alle 30s gemessen.

Die Energie, die mit dem Tauchsieder dem Wasser zugeführt wird, ergibt sich aus der elektrischen Leistung P_{el} mal der Zeit t: $W_{el} = P_{el} * t$

Zeit [s]	0	30	60	90	120	180
$W_{el} = P_{el}*t$						
Temp. [°C] bei 1l Wasser						
Temp. [°C] bei 2l Wasser						



Bei doppelter zugeführter Energie ist die Temperaturzunahme doppelt so hoch. Die Wärme ΔQ ist also proportional zur Temperaturdifferenz ΔT:

$$\Delta Q \sim T_2 - T_1 = \Delta T$$

Um 2 Liter Wassers auf eine bestimmte Temperatur zu erwärmen, muss zweimal so viel Energie zugeführt werden, wie beim Erwärmen von einem Liter Wasser. Die benötigte Wärme ΔQ ist also proportional zur Masse m:

$$\Delta Q \sim m$$

Zusammen ergibt dies, dass zum Erwärmen der Wassermasse m um eine Temperaturdifferenz ΔT eine Wärmemenge ΔQ nötig ist, die proportional zur Masse und der Temperaturdifferenz ist:

$$\Delta Q \sim m \cdot \Delta T$$

Es fehlt noch eine Proportionalitätskonstante c, die beschreibt, wie viel Energie man braucht, um 1g Wasser um 1 Kelvin zu erwärmen:

$$\boxed{\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T}$$

Diese Konstante c wird **spezifische Wärmekapazität** genannt. Sie ist von Material zu Material verschieden. Ihre Einheit ist J/(kg*K) und gibt an, wie viel Energie in Joule benötigt wird, um die Temperatur von einem Gramm des jeweiligen Materials um ein Kelvin zu erhöhen.

Berechnung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser

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

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} = \underline{\qquad\qquad\qquad} =$$

Spezifische Wärmekapazität des Wassers : c_{Wasser} = 4183 J/(kg K)

Fehlerquellen der Messung:

- *Verluste an Umgebung*
- *Aufwärmen des Glases*
- *Aufwärmen des Tauchsieders*

Übungsaufgabe 1:

Wie viel Energie ist nötig um 3dl Wasser für eine Tasse Tee von 10°C auf 100°C aufzuheizen?

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4.18 \frac{J}{gK} \cdot 300\,g \cdot (100°C - 10°C)$$

$$= 112860\ J$$

$$= \underline{\underline{31{,}35\ Wh}}$$

Übungsaufgabe 2:

Man hat eine Badewanne mit 150 Litern Wasser gefüllt und bemerkt, dass man ausversehen den Hahn für kaltes Wasser aufgedreht hat. Die Wassertemperatur beträgt also nur 10°C. Man möchte aber ein Bad bei 35°C nehmen und entscheidet sich, das Wasser mit einem Tauchsieder (P = 2200W) zu erhitzen.

a) Wie viel Energie muss dem Wasser zugeführt werden, um die gewünschte Temperatur zu erreichen?
b) Wie lange würde es dauern bis die gewünschte Temperatur erreicht wird?
c) Wie hoch wären die Stromkosten bei einem Strompreis von 24Rp/kWh? (Verluste sind zu vernachlässigen)

a) $$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4.18 \frac{J}{gK} \cdot 150'000\,g \cdot (35°C - 10°C)$$

$$= 1.57 \cdot 10^7\ J = 4354.17\ Wh = \underline{\underline{4.35\ kWh}}$$

b) $$\Delta Q = P \cdot t \rightarrow t = \frac{\Delta Q}{P} = \frac{4354.17\ Wh}{2200\ W} = \underline{\underline{1.98\ h}}$$

c) $$\text{KOSTEN} = \Delta Q \cdot \text{Preis pro kWh}$$

$$= 4354.17\ Wh \cdot 24 \cdot 10^{-3} \frac{Rp}{Wh} = 104.5\ Rp$$

$$= \underline{\underline{1.05\ Fr}}$$

Gruppenarbeiten: Bestimmung spezifischer Wärmekapizitäten

Experiment 1

Bestimmen Sie die spezifische Wärmekapazität von Fritteusenöl.

Durchführung:

1) Gebe 100g Fritteusenöl in ein Becherglas und geben Sie einen Rührer dazu.
2) Messen Sie die Temperatur des Öls.
3) Mit einem Tauchsieder erhitzen Sie für 2min das Wasser und messen dann die Temperatur.
4) Bestimmen Sie aus der Messung die spezifischen Wärmekapazität des Öls.
5) Vergleichen Sie das Resultat mit dem Wert für Wasser (4183J/(kg K)).

$$\Delta Q = P_{el} \cdot t \qquad \Delta Q = m_{sw} \cdot c_{sw} \cdot \Delta T$$

$$c_{sw} = \frac{\Delta Q}{m_{sw} \cdot \Delta T} = \frac{P_{el} \cdot t}{m_{sw} \cdot \Delta T} = \ldots$$

Die Wärmekapazität von Wasser ist viel grösser als die von Öl. Im Allgemeinen hat Wasser eine sehr hohe spezifische Wärmekapazität.

Experiment 2

Bestimmen Sie die spezifische Wärmekapazität von Eisen.

Durchführung:

1) Wiegen Sie das Stück Eisen mit der Waage. Geben Sie 1 Liter Wasser in ein Becherglas und versenken Sie das Eisenstück darin.
2) Geben Sie weiter einen Rührer ins Wasser. Warten Sie eine Minute, bis das Eisenstück dieselbe Temperatur wie das Wasser angenommen hat und messen sie dann die Wassertemperatur.
3) Mit einem Tauchsieder erhitzen Sie für 2min das Wasser und messen dann die Temperatur.
4) Bestimmen Sie aus der Messung die spezifische Wärmekapazität des Eisens. Verwenden Sie dazu für die spezifische Wärmekapazität von Wasser 4183 J/(kg K) und für die Dichte von Wasser 1kg/l.
5) Woher kommen die Abweichungen zwischen der im Experiment gefundenen Wärmekapazität und derjenigen aus der Literatur (c_{Eisen} = 450 J/(kg K))?

$$\Delta Q = m_W \cdot c_W \cdot \Delta T + m_E \cdot c_E \cdot \Delta T$$

$$c_E = \frac{\Delta Q - m_W c_W \Delta T}{m_E \cdot \Delta T} =$$

Ein Teil der Energie, die vom Tauchsieder geliefert wird, geht an die Umwelt verloren. Dies wird in der Rechnung aber nicht berücksichtigt und angenommen, dass diese vom Eisen aufgenommen wurde. Folglich erhält man eine zu grosse spezifische Wärmekapazität.

Im Versuch wird davon ausgegangen, dass das Eisen immer die Temperatur des Wassers hat. Die Wärme muss aber durch Wärmeleitung in das Eisen dringen, was einige Zeit in Anspruch nimmt.

Übungsaufgabe 3:

Wie viel Energie ist nötig, wenn Sie mit einem Wasserkocher 0.5 Liter Wasser (10°C) zum Sieden bringen möchten und Ihnen ausversehen ein Löffel in den Wasserkocher gefallen ist. (Löffel: m = 0.02 kg, c = 900 J/kg K (Aluminium), T = 20°C) Was für Ähnlichkeiten hat dieses Problem zu dem, wenn das Wasser in einer Aluminiumpfanne erhitzt wird.

$$\Delta Q = m_W \cdot c_W \cdot \Delta T_W + m_L \cdot c_{Al} \cdot \Delta T_L$$

$$= 500g \cdot 4.18 \frac{J}{gK} \cdot (100°C - 10°C) + 20g \cdot 0.90 \frac{J}{gK} \cdot (100°C - 20°C)$$

$$= 189540\ J = \underline{\underline{52.65\ Wh}}$$

Analog dem Löffel, der erhitzt wird, wird im Falle, dass das Wasser in einer Aluminiumpfanne aufgewärmt wird, die Aluminiumpfanne aufgeheizt. Ein Teil der zugeführten Energie geht somit „verloren“.

Übungsaufgabe 4:

Sie kauften eine Goldkette (100g) und sind sich nicht sicher, ob es wirklich Gold ist. Sie kennen die Dichte von Gold nicht (damit könnten Sie nachwägen ob es Gold sei), wissen aber, dass die spezifische Wärmekapazität von Gold 130 J/kg K ist. Um die spezifische Wärmekapazität ihres Schmuckstückes herauszufinden erhitzen Sie dieses in 5dl Wasser für eine Minute mit einem Wasserkocher (2000W) und messen dabei eine Temperaturveränderung von 55°C.

a) Was für eine spezifische Wärmekapazität hat ihr Schmuckstück?
b) Ist es Gold? Wenn nicht, was könnte es sein?

$$\Delta Q = P \cdot t = m_W \cdot c_W \cdot \Delta T + m_G \cdot c_G \cdot \Delta T$$

$$c_G = \frac{P \cdot t - m_W c_W \Delta T}{m_G \cdot \Delta T} = \frac{2000W \cdot 60s - 100g \cdot 4.18 \frac{J}{gK} \cdot 55°C}{100g \cdot 55°C}$$

$$= \underline{\underline{0.92 \frac{J}{gK}}}$$

b) Es handelt sich nicht um Gold. Könnte Aluminium sein.

Wärmekapazität und unsre Umwelt

Gruppenpuzzle: Bearbeiten Sie eine der drei folgenden Aufgaben und erklären Sie diese dann zwei Klassenkameraden, die eine der andern Aufgaben bearbeitet haben.

Aufgabe 1

Das Klima in Meeresnähe ist ausgeglichener als das in der Wüste. Weshalb?

a) Vergleichen Sie dazu, wie viel Wärme eine Tonne Sand beim Abkühlen von 30°C auf 10°C abgibt, mit derjenigen, die eine Tonne Wasser bei der gleichen Abkühlung abgibt. (c_{Sand} = 900 J/kgK, c_{wasser} = 4183 J/kgK)
b) Welche weiteren Eigenschaften des Meeres und der Wüste – neben der spezifischen Wärmekapazität – beeinflussen das jeweilige Klima?

Aufgabe 2

Sie kochen einen Eintopf mit 500g Rindfleisch, 800g Kartoffeln und 1kg Bohnen.

a) Wie viel Energie brauchen Sie um den Eintopf auf 100°C zu erhitzen, wenn Sie die Nahrungsmittel direkt aus dem Kühlschrank (2°C) nehmen.
b) Welches Lebensmittel braucht am meisten Energie um aufgewärmt zu werden?
c) Worauf ist die hohe spezifische Wärmekapazität der Bohnen zurückzuführen?
d) Nach dem Kochen bemerken Sie, dass Sie keine Zeit zu essen haben und geben das Gekochte noch heiss in den Kühlschrank. Wie viel Energie benötigt dieser um die Speisen wieder runter zu kühlen?
(c_{Rind} = 2950 J/kgK, $c_{Kartoffeln}$ = 3350 J/kgK, c_{Bohnen} = 3850 J/kgK)

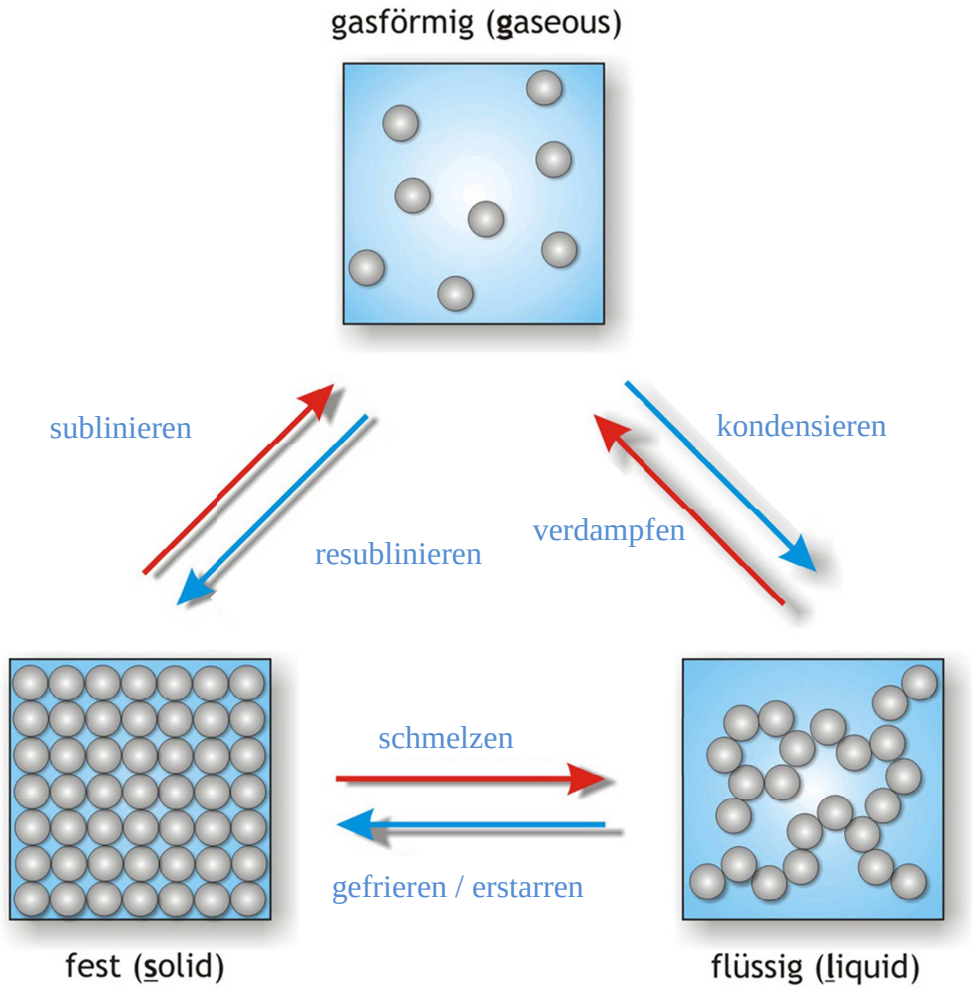
Aufgabe 3

Man möchte eine kleine Berghütte (10m x 10m x 3m) mit einem Kaminfeuer von 2° C Raumtemperatur auf 25° C aufheizen.

a) Wie viel Energie ist nötig um die Luft in der leeren Hütte aufzuwärmen? (Luft: Dichte=1.3kg/m^3, c_{Luft} = 1000 J/kgK) (Vernachlässige Verluste an Wände)
b) In der Hütte stehen Tische und Bänke aus Holz mit einem Gesamtgewicht von 500 kg (c_{Holz} = 2300 J/kgK). Wie viel Energie ist dann nötig um den Raum aufzuwärmen? (Vernachlässige Verluste an Wände)
c) Holz hat einen Brennwert von 4.2 kWh/kg. Wie viel Holz muss man verbrennen um die möblierte Hütte aufzuheizen?

(Wenn man die Hütte aufheizen will, so müssen natürlich auch die Wände aufgewärmt werden. Weiter wird Wärme durch die Wände nach aussen geleiten und geht verloren.)

3 Änderung des Aggregatzustandes

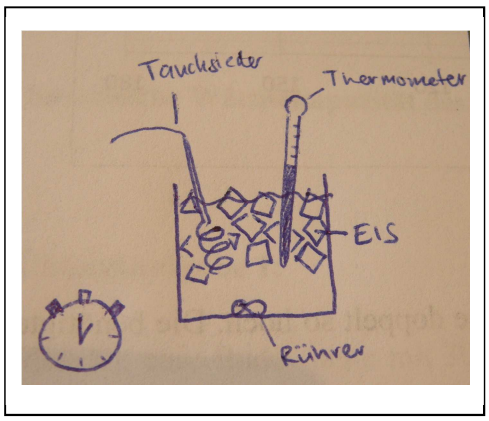


Quelle: http://bertlnetz.de/chemie/bilder/agg_gr.jpg

Schmelzen/Gefrieren:

Bei der Temperatur des Schmelzpunts geht ein Stoff von festem zu flüssigen Zustand über. Der Schmelzpunkt ist gleichzeitig auch der Gefrierpunkt bei dem eine Flüssigkeit fest wird.

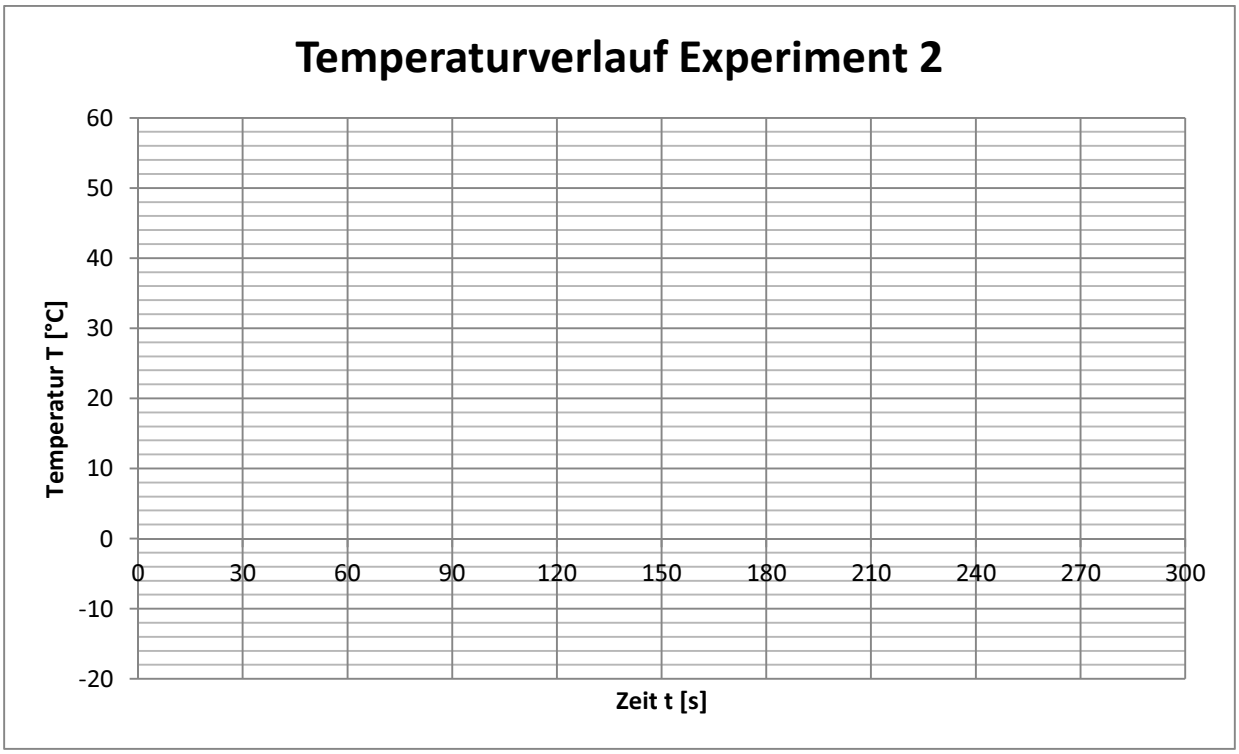
Vorführexperiment 2 – Bestimmung der spezifischen Schmelzwärme



Mit einem Tauchsieder wird Eiswasser in einem Becherglas erhitzt. Dabei wird die Temperatur alle 30s gemessen.

Die Energie, die mit dem Tauchsieder dem Wasser zugeführt wird, ergibt sich aus der elektrischen Leistung P_{el} mal der Zeit t: $W_{el} = P_{el} * t$

Zeit [s]	**0**	**30**	**60**	**90**	**120**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**
$W_{el} = P_{el}*t$										
Temp. [°C] bei 1l Wasser										



Das Eiswasser hat eine Temperatur von 0°C. **Wird Wärme zugeführt, so verändert sich die Temperatur des Eiswassers nicht, bis alles Eis geschmolzen ist.** Die innere Energie wird dabei erhöht, ohne dass sich die Temperatur ändert. Die zugeführte Wärme, die nötig ist, um das Eis zu schmelzen ist proportional zur Masse des Eises und der vom Material abhängigen spezifischen Schmelzwärme:

$$\boxed{\Delta Q_{schmelz} = c_{schmelz} \cdot m}$$

Die **spezifische Schmelzwärme** gibt an, wie viel Energie in Joule nötig ist um ein Gramm eines Stoffs zu schmelzen.

Berechnung der spezifischen Schmelzwärme von Eis:

$$c_{schmelz} = \frac{\Delta Q_{schmelz}}{m} = \underline{\qquad\qquad\qquad} =$$

Spezifische Schmelzwärme von Eis: $c_{schmelz}$ = 335‘000 J/kg

Analog: Die Energie, die zugeführt wird um einen festen Körper zu schmelzen, gibt dieser während dem Gefrieren wieder ab.

Wohin geht die Energie beim Schmelzen wenn die Temperatur nicht erhöht wird?
Im Festkörper sind die Moleküle an feste Plätze gebunden. Bei zunehmender Temperatur beginnen sie stärker und stärker um diese Gitterplätze zu schwingen. Bei der Schmelztemperatur reissen sie sich dann von ihrem Platz los. Um die Bindungsenergien aufzubrechen ist Energie notwendig.

Übungsaufgabe 5

Du isst eine Wasserglacé (70g). Wie viel Joule (oder Kalorien) muss diese haben, damit dein Körper nicht mehr Energie verbraucht um das Eis auf seine Körpertemperatur zu erwärmen? Die Glace aus dem Gefrierfach hat eine Temperatur von -10°C, der menschliche Körper 37°C. Für das Glace können näherungsweise die Werte von Wasser genommen werden: c_{Eis} = 2090J/kgK, $c_{schmelz}$ = 335‘000J/kgK und c_{Wasser} = 4183J/kgK. (1J = 0,239cal)

a) Berechne die Energiemenge die nötig ist, um das Eis auf 0°C zu erwärmen.
b) Berechne die Energiemenge, die nötig ist, um das Eis zu schmelzen.
c) Berechne die Energiemenge, die nötig ist, um das entstandene Wasser auf Körpertemperatur zu erwärmen.
d) Berechnen die gesamte Energie die nötig ist, um das Glace zu essen.

a) $\Delta Q_{-10°-0°} = m \cdot c_{Eis} \cdot \Delta T = 70g \cdot 2.09 \frac{J}{gK} \cdot (0°C - (-10°C))$

$= 1'463 J$

b) $\Delta Q_{Schmelz} = m \cdot c_{Schmelz} = 70g \cdot 335 \frac{J}{g}$

$= 23'450 J$

c) $\Delta Q_{0°-37°} = m \cdot c_{Wasser} \cdot \Delta T = 70g \cdot 4.18 \frac{J}{gK} \cdot (37°C - 0°C)$

$= 10'826.2 J$

d) $\Delta Q_{TOT} = \Delta Q_{-10°-0°} + \Delta Q_{Schmelz} + \Delta Q_{0°-37°}$

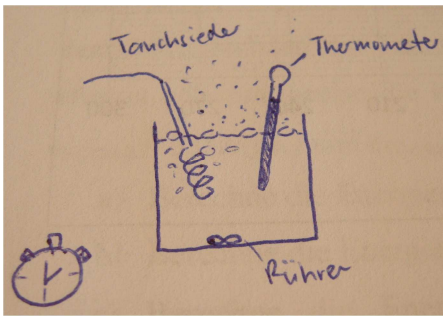
$= \underline{\underline{35.74 kJ}} = \underline{\underline{8.5 kcal}}$

FRISCO WINNETOU WASSERGLACE HAT 94 kcal.

Verdampfen/Kondensieren:

Bei der Temperatur des Siedepunktes geht ein Stoff von flüssigem zu gasförmigem Zustand über. Bei derselben Temperatur kondensiert ein Gas, das abgekühlt wird, und wird wieder flüssig.

Vorführexperiment 3 – Bestimmung der spezifischen Verdampfungswärme



Mit einem Tauchsieder wird Wasser in einem Becherglas erhitzt bis es siedet und zu verdampfen beginnt. Dabei wird die Temperatur alle 30s und die Masse des Wassers vor und nach dem Versuch gemessen.

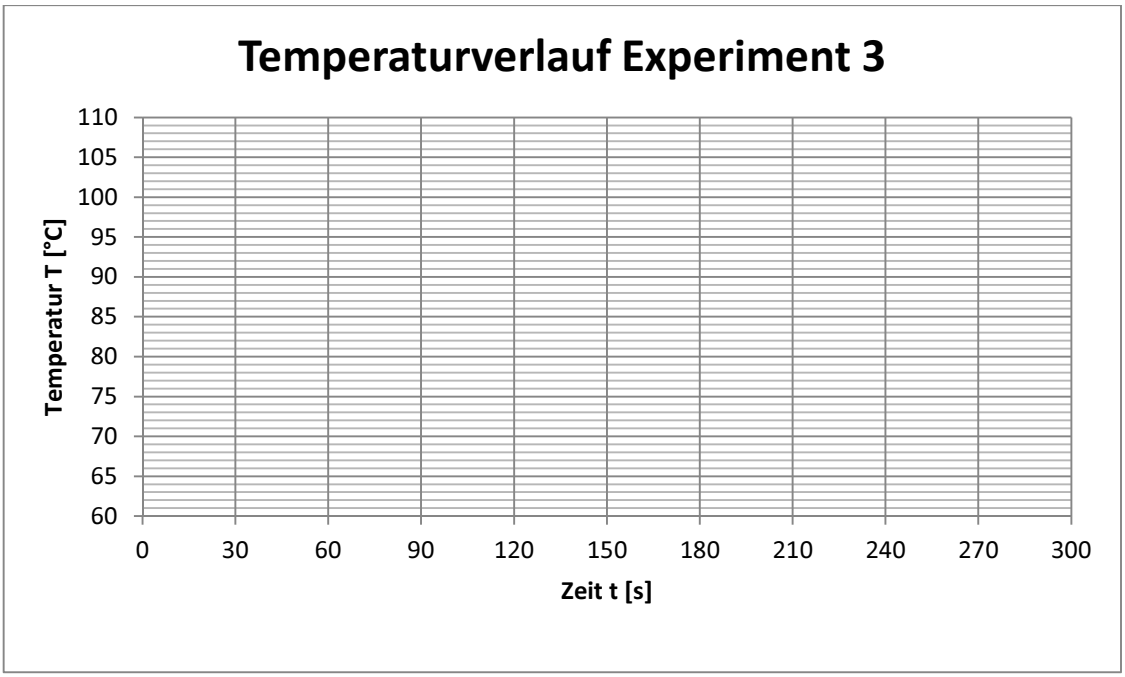
Die Energie, die mit dem Tauchsieder dem Wasser zugeführt wird, ergibt sich aus der elektrischen Leistung P_{el} mal der Zeit t: $W_{el} = P_{el} * t$

Zeit [s]	**0**	**30**	**60**	**90**	**120**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**
$W_{el} = P_{el}*t$										
Temp. [°C] bei 1l Wasser										

Masse des Wassers zu Beginn des Versuchs: $m_0 = 1kg$

Masse des Wassers nach dem Versuch: $m_1 =$

Masse die während dem Versuch verdampfte: $\Delta m = m_0 - m_1 =$



Das Wasser erwärmt sich, bis es eine Temperatur von 100°C erreicht hat. Dann beginnt es zu Sieden und die Temperatur steigt nicht mehr weiter an. Das Wasser verdampft stattdessen. Die zugeführte Energie, die nötig ist, um das Wasser zu verdampfen, ist proportional zur verdampften Wassermenge und der spezifischen Verdampfungswärme:

$$\boxed{\Delta Q_{verdampf} = c_{verdampf} \cdot m}$$

Die **spezifische Verdampfungswärme** gibt an, wie viel Energie in Joule nötig ist um ein Gramm einer Flüssigkeit zu verdampfen.

Berechnung der spezifischen Verdampfungswärme von Wasser:

$$c_{verdampf} = \frac{\Delta Q_{verdampf}}{m} = \underline{\qquad\qquad\qquad} =$$

Spezifische Verdampfungswärme von Wasser: $c_{verdampf}$ = 2‘258‘000 J/kg

Analog: Die Energie, die zugeführt wird um eine Flüssigkeit zu verdampfen, wird wieder abgegeben, wenn das Gas kondensiert und in den flüssigen Zustand zurückkehrt.

Wohin geht die Energie beim Verdampfen wenn die Temperatur nicht erhöht wird?

Beim Verdampfen wird die Entfernung der Wassermoleküle zueinander sehr gross. Um die Anziehungskräfte zu überwinden und Luft wegzuschieben ist Energie nötig.

Übungsaufgabe 6

Für eine Tee-Party erhitzen Sie 1.5L Wasser (10°C) in einem Wasserkocher (P = 2200W). Sie haben aber die Kekse vergessen und gehen rasch welche Kaufen, dazu brauchen Sie 15min. Wie viel Wasser ist schon verdampft, wenn sie zurückkommen?

a) Wie viel elektrische Energie wurde vom Wasserkocher übertragen?
b) Wie viel Energie ist nötig um das Wasser bis zum Siedepunkt zu erhitzen?
c) Wie viel Energie ging in die Verdampfung ein?
d) Wie viel Wasser ist verdampft?

a) $\Delta Q_{el} = P \cdot t = 2200\,W \cdot 900\,s = 1.98 \cdot 10^6\,J$

b) $\Delta Q_{10°-100°} = m_w \cdot c_w \cdot \Delta T = 1500\,g \cdot 4.18\,\frac{J}{gK} \cdot (100°C - 10°C)$
$= 5.64 \cdot 10^5\,J$

c) $\Delta Q_{verdampft} = \Delta Q_{el} - \Delta Q_{10°-100°} = 1.42 \cdot 10^6\,J$

d) $\Delta Q_{verdampft} = m_{verdampft} \cdot c_{verdampft}$

$\rightarrow m_{verdampft} = \frac{\Delta Q_{verdampft}}{c_{verdampft}} = \frac{1.42 \cdot 10^6\,J}{2260\,\frac{J}{g}} = 626.42\,g$
$= \underline{\underline{0.63\,kg}}$

Schmelz- und Verdampfungswärme im Alltag

Gruppenpuzzle: Bearbeiten Sie eine der drei folgenden Aufgaben und erklären Sie diese dann zwei Klassenkammeraden, die eine der andern Aufgaben bearbeitet haben.

Aufgabe 1
Sie lehren sich ausversehen 1ml siedendes Wasser über die Hand. Wie viel Energie geht auf Ihre Hand über? Sie sind ungeschickt und schaffen es dann die andere Hand in 1g Wasserdampf der Temperatur 100°C zu halten. Wie viel Energie wird dabei auf Ihre Hand übertragen? Interpretieren Sie die Ergebnisse. (Gehen Sie davon aus, dass sich das Wasser wie auch der Wasserdampf bis auf ihre Körpertemperatur abkühlt.)

Aufgabe 2
Sie verbrennen sich an ihrer Hand. Um die Verbrennung zu kühlen, halten sie einen Eisklumpen (50g) aus dem Tiefkühlfach (-10°C) darauf, bis dieser weggeschmolzen ist (0°C).

a) Wie viel Energie entzieht das Eis dabei ihrem Körper?
b) Anstatt mit Eis zu kühlen, halten Sie die Hand in ein Becken mit 3 Liter Wasser einer Temperatur von 10°C. Auf welche Temperatur wird sich das Wasser erwärmen um ihrer Hand dieselbe Energie zu entziehen wie das Eis.

Aufgabe 3
Aus dem Kamin der Abfallverbrennungsanlage steigt kontinuierlich eine weisser „Rauch“. Dabei handelt es sich um sehr kleine Wassertröpfchen. Würden die Abgase auf einer höheren Temperatur in die Umwelt gelassen, so wäre das Wasser gasförmig und man könnte keinen „Rauch“ sehen.

a) Warum wird der Wasserdampf nicht gasförmig in die Umwelt gelassen?
b) In der Stunde wird eine Tonne Wasser mit dem „Rauch“ ausgeschieden. Wie viel Energie wurde gewonnen indem Wasserdampf von 120°C auf dieses Wasser mit einer Temperatur von 80°C abgekühlt wurde?
c) Wie viele Badewannen à 200 Liter Wasser können mit dieser Energiemenge aufgeheizt werden, wenn das Wasser zu Beginn eine Temperatur von 10°C hat.

4 Energietransport

Wärme kann auf drei verschiedene Arten transportiert werden:

Energie wandert durch die Materie

Bsp.: Gasflamme zu Kochtopf: Die Atome in der Gasflamme bewegen sich sehr schnell und stossen an die Atome des Kochtopfs. Dabei setzen sie diese Atome in Bewegung und übertragen Energie.

Den Transport von Energie mit Teilchenstössen nennt man Wärmeleitung.

-Eigene Zeichnung als Erinnerung an den Versuch-

Versuch: Vier Schüler halten Stäbe gleicher Form aus Eisen, Kupfer, Glas und Kohlenstoff in eine Flamme. Die andern Schüler sollen tippen, wer zuerst den heissen Stab loslässt.

Verschiedene Stoffe leiten Wärme verschieden gut. Metalle sind gute Wärmeleiter, Holz, Kunststoff, Glas und Flüssigkeiten sind schlechte Wärmeleiter.

Wärmeleitung bei Gebäuden

Energie geht bei Gebäuden durch Wärmeleitung an die Umgebung verloren. Die Wärmeleitung kann minimiert werden, wenn die Wände dick und aus schlecht wärmeleitenden Materialien aufgebaut sind. Die Materialien und die Dicke der einzelnen Schichten einer Wand bestimmen ihren Wärmedurchgangswert k. Der k-Wert gibt an, wie viel Energie in einer Sekunde durch 1 m^2 Mauerfläche fliesst, wenn die Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und der Aussenluft 1K beträgt. Der gesamte Energiefluss Q ist proportional zur Zeit t, zur Fläche A und zur Temperaturdifferenz ΔT.

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T \cdot t$$

Beispiel:

Die Aussenwand eines Zimmers besteht aus drei Schichten: 2cm Aussenputz, 24cm Ziegel und 1,5cm Innenputz. Eine solche Wand hat einen k-Wert =0.95J/(s m^2 K). Die Fläche der Wand ist 10m^2. Es ist Winter und die Aussentemperatur beträgt -5°C.

a) Wie viel Energie muss mit der Heizung zugeführt werden, um das Zimmer 24h auf 20°C Raumtemperatur zu halten?

b) Eine zusätzliche Isolationsschicht aus 8cm Styropor verringert den k-Wert auf 0.32J/(s m^2 K). Wie viel Energie wird dann noch benötigt um den Raum 24h zu heizen?

a) $Q = k \cdot A \cdot \Delta T \cdot t = 0.95 \frac{J}{s m^2 K} \cdot 10 m^2 \cdot (20°C - (-5°C)) \cdot 24 \cdot 3600 s$

$= 20.5 MJ = 5.7 kWh$

b) $Q = k \cdot A \cdot \Delta T \cdot t = 0.32 \frac{J}{s m^2 K} \cdot 10 m^2 \cdot (20°C - (-5°)) \cdot 24 \cdot 3600 s$

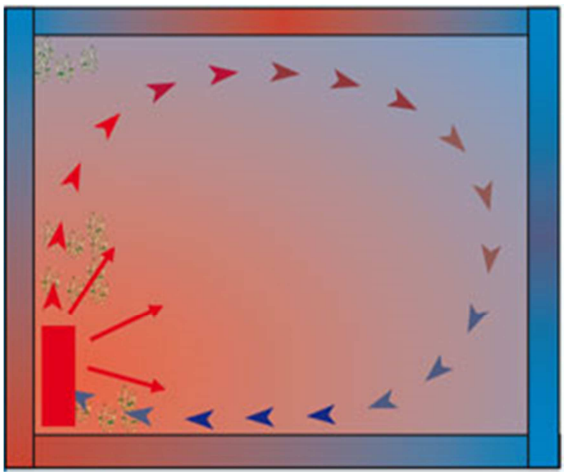
$= 6.9 MJ = 1.9 kWh$

→ MIT DER ZUSÄTZLICHEN ISOLATIONSSCHICHT WIRD NUR NOCH 1/3 DER ENERGIE GEBRAUCHT.

Energie wandert mit der Materie

Bsp: Heizungssystem: Heisses Wasser wird durch ein Rohrsystem gepumpt. Dabei führt es seine innere Energie mit sich, zusammen mit der sie tragenden Materie. Dies nennt man ***Konvektion***.

Konvektion kann auch ohne eine Pumpe einsetzen: Kalte Luft hat eine grössere Dichte als warme Luft und sinkt deshalb, während die warme Luft aufsteigt. So kommt es zu einer Luftströmung über einem Heizkörper welche Energie mit sich trägt.



Konvektion in einem Raum (Quelle: www.wif-kahl.de)

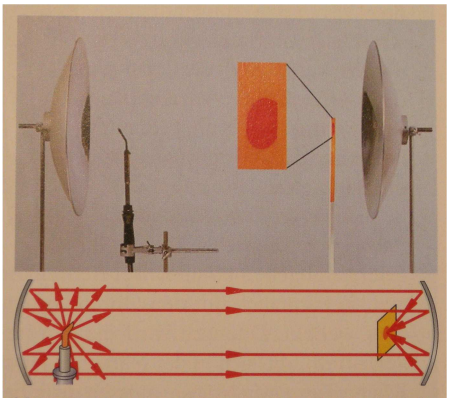
Energiefluss ohne Materie

Bsp: Sonnenstrahlung: Energie gelangt von der Sonne zur Erde durch den leeren Raum. Sie wird durch Strahlung übertragen.

Heisse Körper senden Strahlung aus, die Energie mit sich trägt. Je heisser der Körper, desto intensiver die ***Temperaturstrahlung***.

Experiment:

Der Lötkolben sendet Strahlung aus, welche von den Spiegeln reflektiert wird und auf ein Thermochrompapier trifft. Dieses verfärbt sich dort.



Experiment zur Illustration der Wärmestrahlung (Quelle: Dorn Bader)

Treibhauseffekt:

Die Strahlung von der Sonne ist sehr kurzwellig (für unser Auge sichtbar). Diese Strahlung kann praktisch ungehindert durch eine Glasscheibe in ein Treibhaus gelangen. Sie erwärmt die Körper im Inneren und diese beginnen selbst zu strahlen, allerdings in einer für uns nicht sichtbaren Wellenlänge die länger ist als jene der Sonnenstrahlung (und zwar im Infrarotbereich). Das Glas ist für solche Strahlung nicht durchlässig und reflektiert sie wieder ins Innere des Treibhauses. Es kommt somit mehr Energie ins Treibhaus als wieder raus geht und das Treibhaus erwärmt sich.

Analog zum Glas des Treibhauses verhält sich unsere Atmosphäre, insbesondere die darin enthaltenen Treibhausgase wie CO_2.

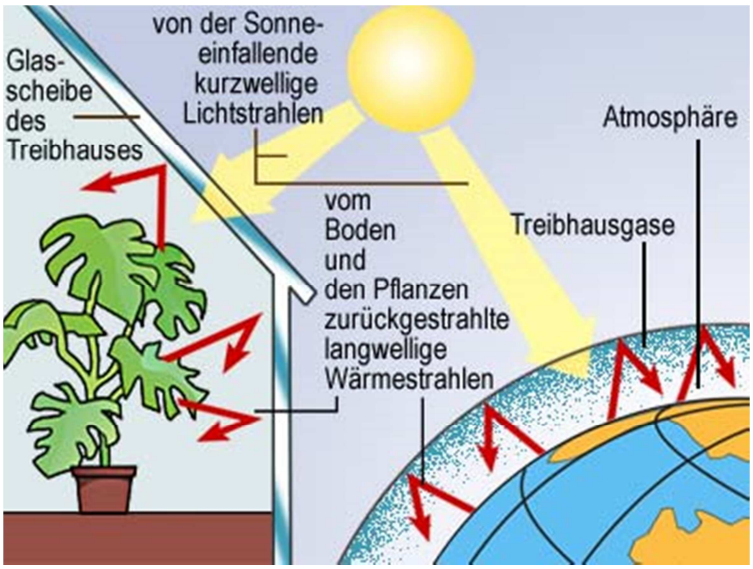


Illustration des Treibhauseffektes (Quelle: www.wdr.de)

Prüfung: Wärmekapazität, Wärme und Energie

Hilfsmittel: Taschenrechner
Runde Ergebnisse!

Wärmekapazitäten	**Schmelzwärmen**	**Schmelztemperaturen**
Wasser: $4{,}2 \cdot 10^3$ J/kgK	Eis: $335 \cdot 10^3$ J/kg	Eis: 0°C
Aluminium: $0.90 \cdot 10^3$ J/kgK	Aluminium: $400 \cdot 10^3$ J/kg	Kupfer: 1084 °C
Beton: $0.88 \cdot 10^3$ J/kgK	Kochsalz: $500 \cdot 10^3$ J/kg	Eisen: 1535 °C
Kupfer: $0.38 \cdot 10^3$ J/kgK	Blei: $25 \cdot 10^3$ J/kg	Platin: 1773 °C
Sand: $0.90 \cdot 10^3$ J/kgK	Quecksilber: $13 \cdot 10^3$ J/kg	Wolfram: 3370°C

Formeln:

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

$$\Delta Q_{schmelz} = c_{schmelz} \cdot m$$

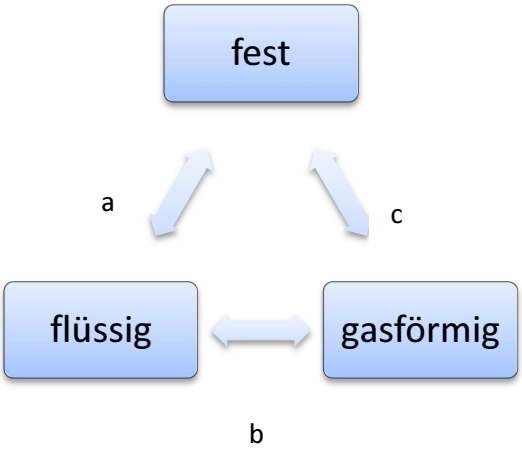
$$\Delta Q_{verdampf} = c_{verdampf} \cdot m$$

Aufgabe 1 **[K3: Anwendung]**

Um Spaghetti zu kochen werden in einer Pfanne aus Aluminium (Gewicht: 310g) 2.5 Liter Wasser erhitzt bis es zu sieden beginnt. Wie viele Prozent der Wärmeenergie von der Herdplatte werden vom Wasser aufgenommen, wenn 20% an die Umgebung verloren geht?

Aufgabe 2 **[K1: Wissen]**

Benenne die sechs Übergänge der Aggregatszustände. Beschreibe was bei (a) auf molekularer Ebene geschieht.



Aufgabe 3 **[K6: Bewertung]**

Bei welchem (welchen) der folgenden Beispiele verwendet man Materialien mit möglichst hoher bzw. möglichst kleiner spezifischer Wärmekapazität?

a) Thermosflasche

b) Kühlflüssigkeit bei Kühlschränken oder Automotoren

c) Pfannen und Töpfen

d) Wärmespeicher für Solaranlagen

Begründe deine Antworten.

Aufgabe 4 **[K3: Anwendung]**

Für eine Party brauchen Sie Eiswürfel für die Drinks (natürlich alkoholfreie). Sie rechnen mit 20 Gästen von denen jeder drei Eiswürfel (je 15ml Wasser) für seinen Drink braucht. Vor der Party füllst du deine Eiswürfelform mit Wasser vom Hahn (15°C) und legst diese in das Gefrierfach. Wie viel Energie braucht es, um das Wasser zu Eiswürfeln zu machen? Und wie viel kostet es dich, bei einem Strompreis von 24Rp/kWh?

Aufgabe 5 **[K2: Verständnis]**

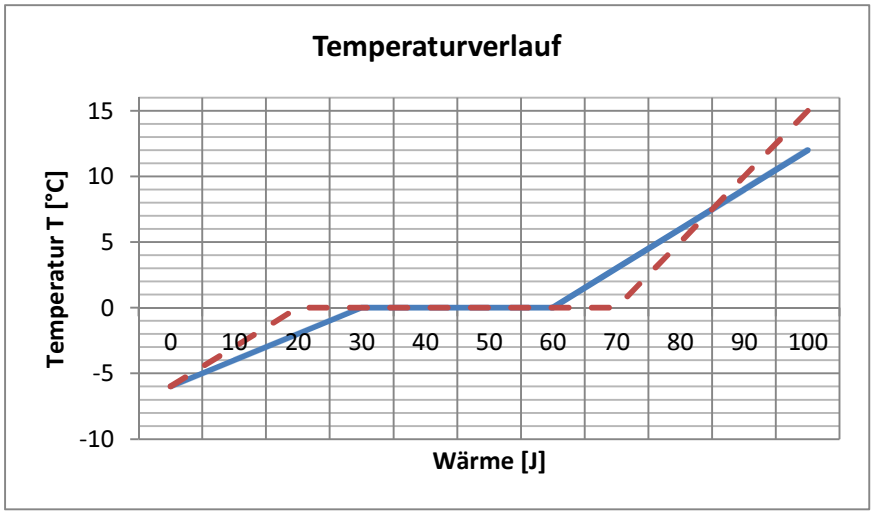
Für einen Wüstentrip braucht man neben einem Kamel nicht nur viel Wasser und einen Sonnenhut, sondern auch warme Kleidung. Tagsüber herrscht unerträgliche Hitze, in der Nacht können die Temperaturen unter den Gefrierpunkt sinken. Für eine Reise ans Meer kann man sich hingegen meist mit einer warmen oder leichten Ausrüstung begnügen da die Temperaturen zwischen Tag und Nacht nur wenig variieren. Wieso?

Aufgabe 6 **[K3: Anwendung]**

Zum Frühstück kochst du dir zwei Eier und fragst dich, was für eine spezifische Wärmekapazität diese eigentlich haben. Du gibst die Eier (aus dem Schrank 25°C, je 70g) in 0.5l Wasser (vom der Leitung 15°C) und beginnst das Wasser auf der Herdplatte (1750W) zu erwärmen. Nach 2 min beginnt das Wasser zu sieden. Wie gross ist die spezifische Wärmekapazität von einem Ei? (Vernachlässige die Verluste an die Umgebung, sowie die Erhitzung der Pfanne. Nimm an, dass das Ei immer dieselbe Temperatur wie das Wasser hat.)

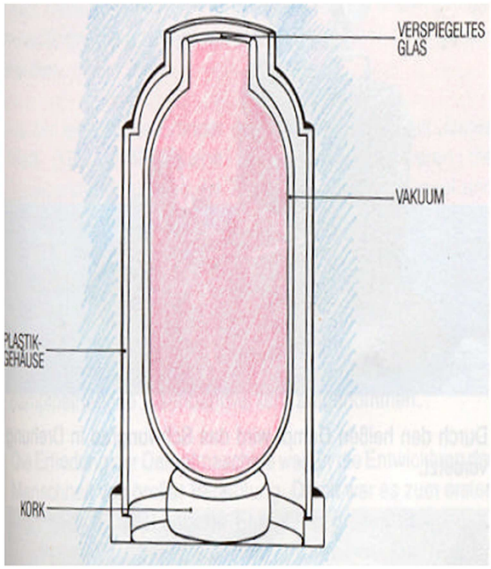
Aufgabe 7 **[K3: Anwendung]**

Die Graphik zeigt den Temperaturverlauf beim schmelzen zweier Stoffe. Dabei wird ein Kilogramm von Stoff A aufgeheizt (gestrichelte Linie), bei Stoff B sind es zwei Kilogramm (durchgezogene Linie). Welcher der beiden Stoffe hat die grössere spezifische Schmelzwärme.



Aufgabe 8 **[K2: Verständnis]**

In einer Thermosflasche bleiben heisse Flüssigkeiten lange heiss und kalte Flüssigkeiten lange kalt. Damit die Flüssigkeiten ihre Temperatur behalten, muss der Wärmetransport durch die Flaschenhülle so klein wie möglich gehalten werden. Bild 1 zeigt den schematischen Aufbau der Flasche. Die Innen- und Aussenseite des Flüssigkeitsbehälters (schraffiert) sind verspiegelt, dazwischen befindet sich ein Vakuum. Der Behälter wird von einem Plastikgehäuse umschlossen, berührt dieses aber nicht. Zwischen Gehäuse und Behälter ist Luft eingeschlossen. Der Behälter wird mit einem Korkstück an Ort gehalten.



Quelle: http://www.exphys.uni-linz.ac.at/didaktik/AHS_BHS/Unterricht/Handversuche/Waermelehre/35%20Waermelehre%20Feischl.PDF

Erkläre kurz:

a) Wie wird die Energieübertragung durch Wärmestrahlung minimiert?
b) Wie wird die Wärmeleitung minimiert?
c) Wie wird die Konvektion minimiert?

Lösung Aufgabe 1:

$$W_{Herd-Pfanne} = 0.8 \cdot W_{Herd}$$

$$W_{Herd-Pfanne} = \Delta Q_{Wasser} + \Delta Q_{Pfanne}$$

$$Anteil\ (\Delta Q_{Wasser}) = \frac{\Delta Q_{Wasser}}{\Delta Q_{Wasser} + \Delta Q_{Pfanne}} = \frac{m_w\ c_w\ \Delta T}{m_w\ c_w\ \Delta T\ +\ m_p\ c_p\ \Delta T} = \frac{m_w\ c_w}{m_w\ c_w +\ m_p\ c_p}$$

$$Anteil\ genutzte\ Energie = 0.8 \cdot W_{Herd} \cdot Anteil\ (\Delta Q_{Wasser}) = 0.8 \cdot W_{Herd} \cdot \frac{m_w\ c_w}{m_w\ c_w +\ m_p\ c_p}$$

$$= 0.8 \cdot W_{Herd} \cdot \frac{2.5\ l \cdot \frac{1000g}{l} \cdot 4{,}2\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{gK}}}{2.5\ l \cdot \frac{1000g}{l} \cdot 4{,}2\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{gK}} +\ 310g \cdot \frac{0.90\mathrm{J}}{\mathrm{gK}}} = 78\%\ W_{Herd}$$

Lösung Aufgabe 2:

a) Schmelzen, Gefrieren
b) Sublinieren, Resublinieren
c) Verdampfen, Kondensieren

Im Festkörper sind die Moleküle an feste Plätze gebunden. Bei zunehmender Temperatur beginnen sie stärker und stärker um diese Gitterplätze zu schwingen. Bei der Schmelztemperatur reissen sie sich dann von ihrem Platz los. Um die Bindungsenergien aufzubrechen ist Energie notwendig.

Lösung Aufgabe 3:

a) Tiefe Wärmekapazität: Wird eine heisse Flüssigkeit in die Thermoskanne gefüllt, so wird die das Innere dieselbe Temperatur wie die Flüssigkeit annehmen. Dabei entzieht sie der Flüssigkeit Energie, bis diese Temperatur erreicht wird. Je kleiner die spez. Wärmekapazität der Flasche, umso weniger Energie ist nötig um sie aufzuwärmen.
b) Hohe Wärmekapazität: Die Kühlflüssigkeit im Motor entzieht dem heissen Motor Wärme, bis die Flüssigkeit und der Motor dieselbe Temperatur angenommen haben. Je höher die spez. Wärmekapazität der Flüssigkeit, umso mehr Energie kann diese bei selber Temperaturzunahme dem Motor entziehen.
c) Tiefe Wärmekapazität: Erhitzt man beispielsweise Wasser in einer Pfanne, so wird ein Teil der Energie, die von der Herdplatte kommt, dafür aufgewendet um die Pfanne selbst zu erhitzen. Je grösser die spez. Wärmekapazität der Pfanne, umso grösser ist die Energie, die aufgewendet wird (und verloren geht) um die Pfanne aufzuheizen.
d) Hohe Wärmekapazität: Die Solaranlage kann eine Speicherflüssigkeit nur bis auf eine bestimmte Temperatur erwärmen. Je höher die spez. Wärmekapazität der Speicherflüssigkeit, umso grösser ist auch die Energie, die bei dieser Temperatur in ihr enthalten ist.

Lösung Aufgabe 4:

$$m \quad = 20\ Personen\ \cdot 3\frac{Würfel}{Person} \cdot 15\frac{ml}{Würfel} \cdot 1\frac{g}{ml} = 900g$$

$$\Delta Q_{15-0} = m\ c\ \Delta T = 900g \cdot 4.2\frac{J}{gK}\ \cdot 15K = 56700J$$

$$\Delta Q_{gefrier} = m\ c_{schmelz}\ = 900g \cdot 335\frac{J}{g} = 301500J$$

$$\Delta Q \quad = \Delta Q_{15-0}\ +\ \Delta Q_{gefrier} = 358200J$$

$$358200J/3600\frac{J}{Wh} = 99.5Wh$$

$$Preis = 99.5Wh\ \cdot 24 \cdot 10^{-3}\frac{Rp}{Wh} = 2.38Rp$$

Lösung Aufgabe 5:

Die spezifische Wärmekapazität von Sand ist viel kleiner als diejenige von Wasser. Die Sonnenstrahlung erwärmt deshalb Tagsüber den Sand sehr schnell. Der Sand hat aber auch bei hohen Temperaturen wegen seiner tiefen spez. Wärmekapazität nur eine kleine innere Energie. Während der Nacht gibt der Sand Energie an die Luft ab und kühlt sehr schnell ab. Die Nächte sind also kalt. Anders ist die spez. Wärmekapazität von Wasser sehr hoch und damit die Energie, die gespeichert werden kann gross. Diese Energie kann durch die Nacht abgegeben werden. Dies führt zu einer ausgeglichenen Temperatur.

Lösung Aufgabe 6:

$$W_{Herd} = P \cdot t = \ \Delta Q_{Wasser} + \ \Delta Q_{Ei} = \ m_w\ c_w\ \Delta T_w\ +\ m_{Ei}\ c_{Ei}\ \Delta T_{Ei}$$

$$c_{Ei} = \frac{P \cdot t - \ m_w\ c_w\ \Delta T_w}{m_{Ei}\ \ \Delta T_{Ei}} = \frac{1750\ W \cdot 120s - \ 500g \cdot 4.2\frac{J}{gK}\ \cdot (100°C - 15°C)}{2 \cdot 70g\ \ \cdot (100°C - 25°C)} = 3.0\frac{J}{gK}$$

Lösung Aufgabe 7:
Stoff a.

Lösung Aufgabe 8:

a) Durch die Verspiegelung wird Wärmestrahlung aus dem Inneren wie auch von aussen kommende innen wie auch von aussen zurückgeworfen.

b) Vakuum kann keine Wärme Leiten und ist deshalb eine super Isolation. Auch die Luft im zweiten Zwischenraum isoliert gut. Weiter leitet Kork Wärme nur sehr schlecht.
c) Die Eingeschlossene Luft zwischen Behälter und Gehäuse ist fest eingeschlossen und es kann keine Konfektion stattfinden (nur geringe Bewegungen im kleinen Volumen). Im Vakuum ist kein Medium vorhanden, das die Wärme mittransportieren könnte. Dort gibt es keine Konvektion.

Fachdidaktik 2

Gestaltung eines anregenden und nachhaltigen Physikunterrichts

Thema 2

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Ausarbeitung einer Unterrichtssequenz von 14 Lektionen für den Physikunterricht im 2. Schuljahr des Gymnasiums

Autor:

Anna-Sabina Rüetschi

annaru@student.ethz.ch

Stud.nr. 98-301-922

Lehrdiplom Physik

Januar 2011

Inhaltsverzeichnis

Einleitung *3*

1 Positionierung des Themas **3**

1.1 Vorwissen *3*

1.2 Lernziele *3*

1.3 Lerninhalte *4*

1.4 Lernschwierigkeiten *5*

2 Unterrichtssequenz **5**

2.1 Rahmenbedingungen *5*

2.2 Lektionsübersicht *6*

2.3 Unterrichtsorganisation *6*

2.4 Inhalte der Lerneinheiten *7*

LE 1: Wärme 8

LE 2: Energieumwandlung und Wärmekapazität 11

LE 3: Wärmekapazität 14

LE 4: Wärmekapazität, Aggregatszustände, Phasenübergänge 16

LE 5: Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen 19

LE 6: Phasenübergänge: Schmelz- und Verdampfungswärme 22

LE 7: Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme 25

LE 8: Prüfungsvorbereitung 27

LE 9: Prüfung 29

LE 10: Prüfungsbesprechung 30

3 Ergebnissicherung **32**

3.1 Aufgaben, Lernkontrollen *32*

3.2 Schriftliche Prüfung *32*

ANHANG: Beispielprüfung 33

4 Anhang **34**

Einleitung

Der Leitfaden, der sich durch diese ganze Unterrichtssequenz zieht lässt sich mit einem Wort zusammenfassen: begreifen. Die Schüler sollen Physik "begreifen" – und zwar im wörtlichen wie übertragenen Sinnn. Denn ohne selber "Hand anzulegen", ist die Gefahr gross, dass die Physik für viele Schüler ein abstraktes und undurchsichtiges Fach bleibt. Zum "Hand anlegen" gehören vom Schüler selber durchgeführte Experimente und – aus Zeitgründen – viele vom Lehrer durchgeführte Demonstrationen. Bei den Schülerexperimenten kann es auch dazugehören, dass man sich einmal die Finger (oder den Mund) verbrennt. So oft wie möglich werden die Schüler angeleitet, Bezüge zu ihrer Alltagswelt und zu Phänomenen, die sie bereits kennen, herzustellen. Damit soll einerseits ihr Interesse geweckt werden, und andererseits der Unterrichtsstoff besser gelernt werden, da er mit bereits bekanntem Wissen verknüpft werden kann. Durch den Bezug zur Alltagswelt (in Demonstrationen und Übungen) soll den Schülern gezeigt werden, dass sie ihr physikalisches Wissen direkt nuzten können, um ihre Umwelt besser zu verstehen.

1 Positionierung des Themas

1.1 Vorwissen

Was die Mathematik betrifft, wird erwartet, dass die Schüler mit Variablen und linearen Gleichungen umgehen können und den Begriff der Proportionaliät kennen. Als physikalisches Vorwissen müssen die Schüler die Themen Energie (potentielle und kinetische), Energieerhaltung, Arbeit und Leistung in der Mechanik behandelt haben, sowie mit dem Begriff Δ vertraut sein. Die Schüler müssen darüberhinaus eine gewisse Erfahrung im Zeichnen und Interpretieren von Diagrammen haben.

1.2 Lernziele

Die Lernziele sind abgeleitet aus den im Skript zur Vorlesung enthaltenen Vorgaben zu diesem Thema.

Die Schüler:

L1. kennen den Begriff der Wärme und wissen, dass Wärme eine Energieübertragungsform ist.

L2. kennen den Begriff der spezifischen Wärme, können die Bedeutung der Formel $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ erklären und kennen den ungefähren Wert der spezifischen Wärme von Wasser.

L3. kennen die verschiedenen Aggregatszustände der Materie und ihre mikroskopische Bedeutung.

L4. wissen, was ein Phasenübergang ist und kennen die Bezeichnungen der Phasenübergänge (Schmelzen, Erstarren, Kondensation, Verdampfung, Sublimation, Resublimation).

L5. kennen die Begriffe Schmelz- und Siedepunkt.

L6. haben ein physikalisches Verständnis der Phasenübergänge, können beschreiben, was dabei mikroskopisch geschieht und wissen, dass und warum die Temperatur während eines Phasenüberganges konstant ist.

L7. kennen die Begriffe Schmelzwärme und Verdampfungswärme und können die Bedeutung der Formeln $\Delta Q = m \cdot L_f$ und $\Delta Q = m \cdot L_v$ erklären.

1.3 Lerninhalte

Die Lerninhalte ergeben sich direkt aus den Lernzielen. Die Schwerpunkte sind das Verständnis der physikalischen Vorgänge, insbesondere auch auf der atomaren/molekularen Ebene, das Verständnis der neuen Formeln, die Arbeit mit Diagrammen und die Bedeutung dieses Themas in unserem täglichen Leben.

Die Wärmelehre ist eines der wenigen Gebiete der Physik an Gymnasien, bei dem auf den atomaren Aufbau der Materie eingegangen werden kann. Deshalb sollte es genutzt werden, um das Interesse der Schüler für die Atome zu wecken und ihnen eine erste, einfache Vorstellung von der Welt der Atome zu geben, auf die sie später aufbauen können. Bei dieser Ausarbeitung wird stark darauf geachtet, dass die Schüler die Physik nicht reduzieren auf : "Formel lernen, um damit eine Aufgabe rechnen zu können". Deshalb wird Wert darauf gelegt, dass die Schüler die Bedeutung einer Formel mit ihren eigenen Worten erklären können. Bei entsprechenden Übungen sollen die Schüler einen Vorgang in Worten erklären können. Damit wird auch eine präzise, naturwissenschaftliche Ausdrucksweise gefördert, die auf klaren Begründungen beruht (anstelle eines vagen Herumredens, das unter Umständen Nichtwissen kaschieren soll). In diesem Zusammenhang wird auch die Interpretation und das Zeichnen von Diagrammen gefördert, da einerseits durch Diagramme ein Sachverhalt knapp

und präzise visualisiert und andererseits das Verständnis getestet werden kann. Der souveräne Umgang mit Diagrammen wird den Schülern immer wieder nützlich sein (Universität, Berufsleben, als kritischer Zeitungsleser).

I1. Wärme als neue Energieübertragungsform.
I2. spezifische Wärmekapazität.
I3. Aggregatszustände.
I4. Phasenübergänge.
I5. Schmelz- und Verdampfungswärme berechnen.

1.4 Lernschwierigkeiten

Als Lernschwierigkeiten für die Schüler sehe ich das Verstehen des Unterschiedes zwischen der Temperatur und Wärme. Des weiteren bedingt das Teilchenmodell ein gewisses Abstraktionsvermögen. Zum ersten Mal müssen die Schüler mit Atomen hantieren und eine Vorstellung davon entwickeln, was im Inneren der Materie abläuft. Die korrekte Interpretation des T-Q Diagrammes ist ebenfalls schwierig für die Schüler, da die Kurve von der Materialkonstante und der Masse des betrachteten Körpers abhängt.
Die verbreitesten Fehlvorstellungen bei den Schülern sind: "je mehr Wärme einem Körper zugeführt wird, umso grösser wird seine Temperatur" und "man erwärmt Eis von -10 °C auf 50 °C", d.h. das implizite gleichsetzen von Temperatur und Wärme und das Übersehen des Phasenüberganges.

2 Unterrichtssequenz

2.1 Rahmenbedingungen

Diese Ausarbeitung richtet sich an Schüler einer zweiten Gymnasialklasse (10. Schuljahr) mit dem Ausbildungsprofil N (naturwissenschaftlich-mathematisch), die Physik als Grundlagenfach belegen. Pro Woche werden drei Lektionen à 40 Minuten (eine Schaffhauser Spezialität) gehalten. Die Lektionen mit einer ungeraden Nummer sind Einzellektionen, diejenigen mit einer geraden Nummer Doppellektionen. In jedem Schulzimmer sind neben Wandtafel und Hellraumprojektor auch ein Beamer sowie ein Internetanschluss vorhanden. Ein Kühlschrank muss in der Sammlung vorhanden sein.

2.2 Lektionsübersicht

Lerneinheit (LE)	Inhalte	Lernziele	Methode
LE 1: Wärme	I1	L1	Sammeln, Lehrervortrag
LE 2: Energieumwandlung und Wärmekapazität (experimentell)	I1, I2	L1, L2	Lehrervortrag, Praktikum in Zweiergruppen
LE 3: Wärmekapazität (formal)	I2	L2	Vortrag. Übungen
LE 4: Abschluss Wärmekapazität, Aggregatszustände, Phasenübergänge	I2, I3, I4	L3, L4	diverse
LE 5: Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen	I4	L5, L6	Vortrag, L-Experimente
LE 6: Phasenübergänge: Schmelz- und Verdampfungswärme	I4, I5	L6, L7	Vortrag, Demonstration, Praktikum
LE 7: Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme	I5	L7	Übungen
LE 8: Prüfungsvorbereitung	-	-	Übungen
LE 9: Prüfung	-	-	Schriftliche Prüfung
LE 10: Prüfungsbesprechung	-	-	Prüfungsbesprechung (1 Lektion; 2. Lektion: neues Thema)

2.3 Unterrichtsorganisation

Im Physikunterricht hat jeder Schüler seinen Taschenrechner dabei. Die Schüler haben je ein Theorie- und ein Aufgabenheft, in die sie auch zusätzlich abgegebene Arbeits- und Aufgabenblätter einkleben. Mit einer klaren Darstellung an der Wandtafel wird darauf geachtet, dass das Theorieheft übersichtlich gestaltet ist. Dies gilt insbesondere für die Struktur des Stoffes (Titel für Kapitel, Titel für die verschiedenen Abschnitte / Unterabschnitte innerhalb eines Kapitels). Zur besseren Übersicht werden die einzelnen Abschnitte durchnumeriert.

2.4 Inhalte der Lerneinheiten

Auf den folgenden Seiten werden die einzelnen Lerneinheiten ausführlich beschrieben. Das Schema sieht dabei wie folgt aus:

- Kurzer Beschrieb der Lernziele
- Tabellarischer Ablauf der LE
- Im Unterricht verwendete Medien und Apparate
- Eine kurze Aufführung der verwendeten Experimente
- Quellenangaben
- Beschrieb der Hausaufgaben
- Didaktische und methodische Überlegungen
- Anhang mit einer genauen Liste aller verwendeten Materialien, der Folien und Arbeitsblätter sowie der Verlaufsplanung

Durch dieses Schema lässt sich ein rascher Überblich über die einzelnen Lerneinheiten gewinnen. Im Anhang findet sich unter "Folien", "Arbeitsblätter" und "Verlaufsplanung" jeweils der Hinweis auf die verwendeten Hilfsmittel. Die Folien, Arbeitsblätter und Verlaufsplanungen befinden sich im Anhang, am Ende dieser Datei. Dies deshalb, weil ihre Formatierungen und Formate teilweise nicht mit dem Format dieser Datei kompatibel sind und sie daher erst als pdf dieser Datei angefügt wurden.

Das eigentliche Kernstück jeder Lerneinheit ist die entsprechende Verlaufsplanung. Sie enthält den genauen Ablauf jeder Lerneinheit und ihren Inhalt.

LE 1: Wärme

a. Lernziele

Wärme als neue Energieübertragungsform einführen.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Lernziele Stundenablauf	Vortrag	2’
Einführung ins neue Thema	Lernziele dieses Kapitels anhand von einfachen Versuchen besprechen	Demonstrationen Sammeln von Schüler-Antworten	16’
Wärme	Einführung und Definition des Begriffs der Wärme	Sammeln, Vortrag	9’
Energieumwandlung	Umwandlung von verschiedenen Energieformen in Wärme	Demonstrationen, Vortrag	10’
Hausaufgaben	Besprechung der Hausaufgaben	Arbeitsblatt	3’

c. Medien

Hellraumprojektor, Wandtafel.

d. Experimente

- Schmelzender Eiswürfel
- Eiswürfel kühlen ein Getränk
- Kondensation an einer kalten Getränkedose
- Wasserkocher
- Schwitzen
- Holzblock zersägen
- Zündholz

e. Quellen

Cutnell, J. D. und Johnson, K. W. *Physics* (John Wiley & Sons, Inc., New York, 2007).

Fertl, W. und Matzner L. *Physik für HTL: Thermodynamik* (öbv & hpt, Wien, 2005).

f. Hausaufgaben

Arbeitsblatt 1: Zwei kurze Versuche zur spezifischen Wärmekapazität zu Hause durchführen und auswerten.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Die Einführungsdemonstrationen aus dem Alltagsleben sollen einerseits das Interesse der Schüler für das neue Thema wecken und andererseits die Schüler dazu anregen, über physikalische Prozesse in ihrerm Alltag nachzudenken. Nach dem spielerischen Einstieg wird der Begriff der Wärme eingeführt und der Bezug zu etwas Bekanntem (Arbeit in der Mechanik) hergestellt. Anschliessend wird an Beispielen gezeigt, dass verschiedenen Energieformen in Wärme umgewandelt werden können. Die Hausaufgaben dienen dazu den Begriff der Wärmekapazität, der in der LE 2 eingeführt wird, vorzubereiten und dessen Wichtigkeit im Alltagsleben zu demonstrieren. Das Arbeitsblatt wird in der nächsten LE eingesammelt und von mir mit einem Kommentar (nicht benotet) versehen.

ANHANG zu LE 1

Materialien

- Eiswürfel
- Glasschale / Teller (um Eiswürfel darin auftauen zu lassen)
- Glas
- Coca-Cola (oder anderes Getränk)
- Coca-Cola Dose (oder andere Getränkedose), direkt aus Kühlschrank
- Wasserkocher
- Teetasse
- Holzblock
- Säge
- Schraubzwinge
- Zündhölzer

Folien

- Folie 1: Schwitzen

Arbeitsblätter

- Arbeitsblatt 1 (Heimversuch)

Verlaufsplanung

- VP-LE 1: Wärme

LE 2: Energieumwandlung und Wärmekapazität

a. Lernziele

Festigen des Begriffs der Wärme und Vertiefung von Energieumwandlungen, die Wärme beinhalten. Einführung der spezifischen Wärmekapazität durch einen Praktikumsversuch.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Einsammeln Hausaufgaben Stundenablauf Lernziele Repetition von LE 1	Sammeln, Video, Gespräch	10’
Energieumwandlung	Energieerhaltung und Wärme	Vortrag	20’
Spezifische Wärmekapazität - Versuch	Messung der Temperaturerhöhung von Wasser und Speiseöl bei konstanter Wärmezufuhr	Praktikum	50’

c. Medien

Wandtafel, Beamer, Laptop.

d. Experimente

- Weihnachtspyramide
- Praktikumsversuch zur Einführung der spezifischen Wärmekapazität: Wasser / Speiseöl mit Gasbrenner erhitzen und Temperaturerhöhung als Funktion der Zeit graphisch darstellen.

e. Quellen

Backhaus, U. et al. *Physik plus* (Volk und Wissen Verlag GmbH & Co., Berlin, 2002).

Fertl, W. und Matzner L. *Physik für HTL: Thermodynamik* (öbv & hpt, Wien, 2005).

f. Hausaufgaben

Es sind keine Hausaufgaben geplant.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Der Inhalt der LE 1 wird kurz repetiert, einerseits durch simples Abfragen (was ist Wärme), andererseits durch ein bisher nicht besprochenes Beispiel von Energieumwandlung (Video von rauchenden Bremsen durch "break stand". Ein bisschen Show darf es im Physikunterricht ab und zu mal geben!). Dieses Beispiel ermöglicht dann den fliessenden Übergang zu einer kurzen Vertiefung des Themas Energieumwandlung. Meine Vorstellung ist, an dieser Stelle nur kurz die Umkehrbarkeit der Energieumwandlung zu besprechen um dann beim Thema 3 (Abschluss Thermodynamik) darauf zurückzukommen und dieses Problematik ausführlicher zu behandeln. Im zweiten Teil wird die spezifische Wärmekapazität anhand eines Praktikumsversuches "erfahren", bevor sie dann in der nächsten LE formell eingeführt wird. Um die Schüler zu motivieren, den Versuch exakt durchzuführen und ein gutes Protokoll zu erstellen, wird das Protokoll eingezogen und mit einem Kommentar (unbenotet) versehen. Es wird Wert darauf gelegt, dass im Protokoll die Resultate ausführlich und genau besprochen werden und soweit wie möglich versucht wird, eine plausible Erklärung für die beobachteten Phänomene zu finden (mit Unterstützung des Lehrers, soweit erforderlich).

ANHANG zu LE 2

Materialien

- Holzblock
- Säge
- Zündholz
- Weihnachtspyramide (siehe Foto)

Praktikum

Pro Zweiergruppe werden folgende Materialien benötigt:

- Gasbrenner (mit Gasampulle) oder Tauchsieder (wenn Tauchsieder, dann auch Alkohol, um die Tauchsieder anschliessend wieder vom Öl zu reinigen...)
- Bechergläser (1.5 l Inhalt)
- 0.5 l Speiseöl
- 1.5 l Wasser

Folien

Keine

Arbeitsblätter

Keine

Verlaufsplanung

- VP-LE2: Energieumwandlung und Wärmekapazität

LE 3: Wärmekapazität

a. Lernziele

Auswertung des Versuches von der LE 2, formale Einführung der Wärmekapazität, Übungen.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Lernziele Stundenablauf	Vortrag	2’
Formale Einführung der spezifischen Wärmekapazität	Auswertung des Versuches von LE 2	Vortrag	23’
Übungen	Übungen zur spezifischen Wärmekapazität	Arbeit einzeln oder in Zweiergruppen	15’

c. Medien

Wandtafel.

d. Experimente

Es wird kein Experiment durchgeführt.

e. Quellen

Backhaus, U. et al. *Physik plus* (Volk und Wissen Verlag GmbH & Co., Berlin, 2002).

Cutnell, J. D. und Johnson, K. W. *Physics* (John Wiley & Sons, Inc., New York, 2007).

Fertl, W. und Matzner L. *Physik für HTL: Thermodynamik* (öbv & hpt, Wien, 2005).

Urone, P. P. *College Physics* (Brooks/Cole, USA, 2001).

DMK und DPK (Hrsg.) *Formeln und Tafeln* (Orell Füssli Verlag, Zürich, 1995).

f. Hausaufgaben

Arbeitsblatt 2 (Übungen zur spezifischen Wärmekapazität), Übungen 1-4, soweit nicht im Unterricht bereits erledigt.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Im ersten Teil wird der Versuch aus der LE 2 formal ausgewertet, mit dem Ziel, die Formel

$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ daraus abzuleiten. Die Schüler kennen nun die spezifische Wärmekapazität aus experimenteller und physikalisch-mathematischer Sicht. Nach diesem Lehrervortrag können die Schüler in Übungen (einzeln oder zu zweit) das sich erarbeitete Wissen anwenden. Die Übungen 1 und 2 sind dazu da, den Begriff der spezifischen Wärmekapazität zu festigen sowie die Formel $\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ an einfachen, realitätsnahen Beispielen anzuwenden. In Übung 1 wird zudem der Begriff Kilowattstunde wieder aufgefrischt. Die Übung 3 vertieft das Verständis für die Formel $\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$, dieses Mal muss nicht gerechnet, sondern anhand dieser Formel das Ergebnis eines Experiments abgeleitet werden. Neu ist, dass die Schüler spontan oder angeleitet erkennen, dass diese Formel nicht nur für die von einem Körper aufgenommene Wärme (positives ΔT) gilt, sondern auch für die Wärme, die ein Körper bei einer bestimmten Temperaturerniedrigung (negatives ΔT) abgibt. In Übung 4 wird Bezug genommen zu den beiden Versuchen vom Arbeitsblatt 1. Die Schüler haben sich jetzt das notwendige physikalische Wissen angeeignet, um die Ergebnisse dieser Versuche korrekt zu erklären.

ANHANG zu LE 3

Materialien

Keine

Folien

Keine

Arbeitsblätter

- Tabelle "spezifische Wärmekapazitäten"
- Arbeitsblatt 2 (Übungen zur spezifischen Wärmekapazität)

Verlaufsplanung

- VP-LE 3: Wärmekapazität

LE 4: Wärmekapazität, Aggregatszustände, Phasenübergänge

a. Lernziele

Abschluss des Themas Wärmekapazität mit Übungen. Erklärung der Aggregatszustände und Einführung der Begriffe der verschiedenen Phasenübergänge.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Lernziele Stundenablauf	Vortrag	2’
Übungen zur spezifischen Wärmekapazität	Korrektur der Hausaufgaben Arbeitsblatt 2 fertig lösen und besprechen	Vortrag, Arbeit einzeln oder in Zweiergruppen, Besprechung, Demonstr.	38’
Aggregatszustände	Einleitung mit Film von Lava Makroskopische und mikroskopische Beschreibung der Aggregatszustände	Film, Vortrag (mit Arbeitsblättern), Applet	30’
Phasenübergänge	Begriffe der verschiedenen Phasenübergänge Wärmezufuhr, Wärmeabgabe	Vortrag, Arbeitsblatt	10’

c. Medien

Laptop, Beamer, Hellraumprojektor, Wandtafel.

d. Experimente

- Demonstration zur Übung 3 auf Arbeitsblatt 2 (unterschiedliche Wärmekapazität von Blei und Wasser): 1 l Wasser erwärmt sich stärker, wenn 100 g siedendes Wasser dazugegeben wird als wenn 100 g Blei mit einer Temperatur von 100 °C dazugegeben wird.

e. Quellen

Backhaus, U. et al. *Physik plus* (Volk und Wissen Verlag GmbH & Co., Berlin, 2002).

f. Hausaufgaben

Repetition / Lernen der Eigenschaften der Aggregatszustände sowie der Bezeichnungen der Phasenübergänge.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Das Thema spezifische Wärmekapazität wird vertieft durch das Besprechen der Hausaufgaben und zwei weitere Übungen. Eine Übung wird durch ein Lehrerexperiment veranschaulicht. Beim Lösen und Korrigieren der Übungen 5 und 6 wird selbständiges Lernen und die Klassensolidarität gefördert.

Im zweiten Teil wird durch die beiden Einleitungsfilme das Interesse für das neue Thema geweckt und bewusst einmal nicht nur Wasser zur Veranschaulichung von Aggregatszuständen herangezogen. Dann wird der Aufbau der Materie (Atome, Moleküle) kurz repetiert. Bevor Phasenübergänge besprochen werden, werden die verschiedenen Aggregatszustände makroskopisch und mikroskopisch genau beschrieben. Das soll dazu beitragen, dass die Schüler die physikalischen Vorgänge bei Phasenübergängen besser verstehen können. Anschliessend werden die Begriffe der verschiedenen Phasenübergänge im Gespräch eingeführt (einige davon kennen die Schüler ja schon) und der Einfluss der Wärme besprochen. In diesem zweiten Teil wird mit Arbeitsblättern gearbeitet, um die verschiedenen Phasen bildlich darstellen zu können ohne viel Zeit fürs Malen zu verlieren.

ANHANG zu LE 4

Materialien

Demonstration zur Übung 3 (Arbeitsblatt 2):

- 2 Bechergläser (1.5 l)
- 1 Becherglas (0.2 l)
- 1 Becherglas (0.5 l)
- Bunsenbrenner
- Waage (mit grosser elektronischer Anzeige für Schüler)
- Thermometer (mit grosser elektronischer Anzeige für Schüler)
- 100 g Blei

Folien

- Arbeitsblatt 3 auf Folien

Arbeitsblätter

- Arbeitsblatt 3 (Aggregatszustände)

Verlaufsplanung

- VP-LE 4: Wärmekapazität, Aggregatszustände, Phasenübergänge

LE 5: Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen

a. Lernziele

Einführung der Begriffe Schmelz- und Siedepunkt, Temperatur bleibt während des Schmelzens /Siedens konstant.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Lernziele Stundenablauf	Vortrag	2’
Korrektur Hausaufgaben	Überprüfung, ob die Hausaufgaben gemacht wurden	Aufrufen einzelner Schüler	5’
Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen	Einführung der Begriffe Schmelz- und Siedepunkt, Beispiele T ist konstant	Sammeln, Demonstration, Vortrag	33’

c. Medien

Wandtafel.

d. Experimente

- Zerstossenes Eis bei Zimmertemperatur schmelzen lassen → T ist konstant.
- Wasser verdampfen lassen → T ist konstant.
- Flüssiger Stickstoff
- Quecksilber mit flüssigem Stickstoff gefrieren.

e. Quellen

Halliday, D. et al. *Physik* (Wiley-VCH GmbH & Co., Weinheim, 2003).

Skript von Martina Egloff.

f. Hausaufgaben

Lesen des Arbeitsblattes 4. Notieren von Fragen.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Zum Einstieg wird durch Abfragen überprüft, ob der Lernstoff vom Arbeitsblatt 3 sitzt. Dazu werden gezielt diejenigen Schüler aufgerufen, die sich nicht melden. Damit soll signalisisert werden (wenn nötig explizit sagen), dass das Beherschen dieser Begriffe und Konzepte für den weiteren Unterricht wichtig ist. Von diesen Fragen ausgehend wird auf das Thema dieser LE übergegangen. Zwischen Experiment / Beispielen und Theorie abwechselnd werden die wichtigen Konzepte dieser LE eingeführt. Die Experimente "Eis schmilzt" und "Wasser siedet" werden bewusst während der ganzen Lektion laufen gelassen, damit sich die Schüler mit eigenen Augen immer wieder überzeugen können (von Zeit zu Zeit darauf hinweisen), dass die Temperatur während eines Phasenüberganges konstant bleibt. Als Beispiel wird bewusst nicht nur Wasser herangezogen, sondern auch Stein (allerdings nur durch ein Hinweis auf Video von der vorgergehenden LE), flüssiger Stickstoff und Quecksilber. Die beiden letzten Stoffe wurden gewählt, weil sie veranschaulichen, dass der Schmelz- und Siedepunkt materialabhängig ist. Am Schluss wird "T konstant bei Phasenübergang" anhand des T-Q Diagrammes für Wasser veranschaulicht. Damit ist dieses Diagramm bereits eingeführt und kann dann in der nächsten LE ein weiteres Mal (und ausführlicher) besprochen werden.

ANHANG zu LE 5

Materialien für Experimente

- Zerstossenes Eis bei 0 °C
- Wasser in Becherglas bei ca 90 °C
- Tauchsieder
- 2 Thermometer mit grosser Anzeige
- Flüssiger Stickstoff (ca. 2 l)
- Schalenförmiger Dewar für Stickstoff
- Thermometer, das den Temperaturbereich bis 77 K abdeckt
- Wenig Quecksilber in einem verschlossenenen, temperaturfestem Glasbehälter

Folien

Keine

Arbeitsblätter

- Tabelle "Schmelz-, Siedepunkte & Schmelz-, Verdampfungswärme"
- Arbeitsblatt 4 (makroskopische und mikroskopische Beschreibung der Phasenübergänge)

Verlaufsplanung

- VP-LE 5 Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen

LE 6: Phasenübergänge: Schmelz- und Verdampfungswärme

a. Lernziele

Das Wissen über die Phasenübergänge wird vertieft. Die Schmelz- und Verdampfungswärme werden formal eingeführt und experimentell bestimmt.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Lernziele Stundenablauf	Vortrag	2'
Hausaufgaben	Besprechung der Hausaufgaben: Fragen beantworten Verdunsten vertiefen	Gespräch, Demonstration	13'
Phasenübergänge: Schmelz-, Verdampfwärme	Repetition des Stoffes von LE 5. Veranschaulichung von Schmelzwärme an einer Demonstration	Gespräch, Demonstration, Vortrag	25'
Bestimmung von L_f und L_v	Experimentelle Bestimmung von L_f und L_v	Praktikum	40'

c. Medien

Wandtafel.

d. Experimente

- Verdunstungskälte: Thermometer mit Alkoholwatte / Wasserwatte kühlen.
- Mischung von 100 g Wasser bei 90°C und 100 g Eis bei 0 °C. Bestimmung der Temperatur des Gemisches nach dem Schmelzen des Eises.
- Experimentelle Bestimmung von L_f und L_v (Praktikum).

e. Quellen

Backhaus, U. et al. *Physik plus* (Volk und Wissen Verlag GmbH & Co., Berlin, 2002).

Skript von Martina Egloff.

Walz, A. (Hrsg.) *Blickpunkt Physik* (Schroedel Verlag GmbH, Hannover, 1997).

f. Hausaufgaben

Es sind keine Hausaufgaben geplant.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Als Einstieg wird auf Schülerfragen zu den Hausaufgaben von LE 5 eingegangen. Um die Eigenverantwortung der Schüler zu stärken werden bewusst nur ihre Fragen beantwortet und keine Kontrollfragen gestellt. Dies mit Ausnahme der Verdunstung, da sie dazu dient, auf das Kernthema dieser Lerneinheit überzuleiten. Der kühlende Effekt der Verdunstung wird anhand einer kleinen Demonstration gezeigt. Danach wird das T-Q Diagramm aus der LE 5 wieder aufgenommen und vertieft diskutiert. Anhand eines Mischversuches von Eis und heissem Wasser wird auf das Thema Schmelz- und Verdampfungswärme übergeleitet. Diese beiden Begriffe werden mit Hilfe des Mischversuches und des T-Q Diagramm erklärt und danach formal eingeführt. In der zweiten Hälfte der Lerneinheit bestimmen die Schüler in einem Praktikum selber die Schmelz- und Verdampfungswärme von Wasser. Das Praktikum stärkt die Vorstellung, dass die Wärme, die von einem Körper abgegeben wird, vom anderen Körper aufgenommen wird.

ANHANG zu LE 6

Materialien

- Thermometer (mit grosser Anzeige)
- Watte
- Alkohol
- Becherglas
- Tauchsieder
- Zerstossenes Eis

Praktikum

Pro Zweiergruppe werden folgende Materialien benötigt:

- Kalorimetergefässe
- Tauchsieder

- Leistungsmessgerät
- Thermometer
- Stoppuhr
- Waage
- Eis
- Filterpapier

Folien

Keine

Arbeitsblätter

- Arbeitsblatt 5 (Praktikum: experimentelle Bestimmung von L_f und L_v)

Verlaufsplanung

- VP-LE6-Phasenuebergaenge-Schmelz-Verdampfungswaerme

LE 7: Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme

a. Lernziele

Übungen zum Thema Schmelz- und Verdampfungswärme.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Lernziele Stundenablauf	Vortrag	3'
Übungen	Übungen zum Thema Schmelz- und Verdampfungswärme	Arbeit einzeln oder in Zweiergruppen	37’

c. Medien

Wandtafel.

d. Experimente

Es werden keine Experiment durchgeführt.

e. Quellen

Cutnell, J. D. und Johnson, K. W. *Physics* (John Wiley & Sons, Inc., New York, 2007).

Walz, A. (Hrsg.) *Blickpunkt Physik* (Schroedel Verlag GmbH, Hannover, 1997).

f. Hausaufgaben

Das Arbeitsblatt 6 muss fertig gelöst werden, soweit es nicht schon im Unterricht gelöst wurde. Vorbereiten von Fragen zur Prüfung.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

In dieser Lerneinheit wird das Wissen über Schmelz- und Verdampfungswärme konkret angewendet, um Übungen zu lösen. Das Rechnen mit Formeln, der Umgang mit Diagrammen und das Erklären von physikalischen Prozessen mit eigenen Worten wird geübt. In Übung 1 wird das Thema des Praktikums von der LE 6 aufgenommen, indem sie auffordert, über die Grössenordnungen der spezifischen Wärmekapazität, der Schmelz- und der Verdampfungswärme von Wasser nachzudenken. Diese Grössenordnungen müssen zusätzlich

in einer graphischen Darstellung visualisiert werden. Übung 5 nimmt die Grössenordnung der Verdampfungswärme von Wasser wieder auf, diesmal durch eine Berechnung, die veranschaulicht, wieviel Energie in einer kleinen Menge Wasserdampf steckt. Die weiteren Übungen nehmen Themen aus dem Alltag auf (Kochen, Kaffeemaschine, Wasserdampf-Kondensation an kalten Gegenständen), um den praktischen Wert des Gelernten zu unterstreichen.

ANHANG zu LE 7

Materialien

Keine

Folien

Keine

Arbeitsblätter

- Arbeitsblatt 6 (Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme)

Verlaufsplanung

- VP-LE-7-Schmelz-Verdampfungswaerme-Uebungen

LE 8: Prüfungsvorbereitung

a. Lernziele

Übungen zur Prüfungsvorbereitung.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Lernziele Stundenablauf	Vortrag	3'
Korrektion	Korrektion des Arbeitsblattes 6	Vortrag	15’
Prüfung	Prüfungshinweise. Fragen zur Prüfung	Diskussion	10’
Übungen	Abschliessende Übungen zum Thema	Diskussion, Arbeit einzeln oder in Zweiergruppen.	52’

c. Medien

Wandtafel, Hellraumprojektor.

d. Experimente

Es werden keine Experimente durchgeführt.

e. Quellen

Urone, P. P. *College Physics* (Brooks/Cole, USA, 2001).

www.leifiphysik.de

f. Hausaufgaben

Es sind keine Hausaufgaben geplant.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Zu Beginn der Lerneinheit wird das Arbeitsblatt 6 korrigiert und auf Fragen zur Prüfung eingegangen. Das Ziel dieser Lerneinheit ist dann das Anwenden des Gelernten an verschiedenen Übungen. Es wird bewusst nochmals darauf eingegangen, dass verschiedene Energieformen in Wärme umgewandelt werden können. Ebenso wird der Begriff der Leistung

wieder verwendet. Um die Lerneinheit zu rhythmisieren, werden Übungen 1 und 2 zusammen gelöst und anschliessend Übung 3 und 4 selbständig. Damit es nicht beim mechanischen Lösen von Aufgaben bleibt, wird bei den Übungen 1 und 2 das Thema Kraftwerk kurz besprochen. Der Unterschied und die Gemeinsamkeit von Wasser-, Dampf- und Atomkraftwerken wird behandelt. Bei Übung 1 wird das Nachdenken über die Lösung gefördert, indem diskutiert wird, ob die berechnete Leistung gross ist oder nicht. Als Vergleichswerte werden Zahlen aus der direkten Umwelt der Schüler herangezogen (Rheinkraftwerk bei Schaffhausen und Atomkraftwerke Gösgen / Leibstadt).

ANHANG zu LE 8

Materialien

Keine

Folien

- Arbeitsblatt 6-Lösungsfolien
- Arbeitsblatt 7-Folie (Kraftwerke)

Arbeitsblätter

- Arbeitsblatt 7 (abschliessende Übungen zu dieser Unterrichtssequenz)

Verlaufsplanung

- VP-LE-8-Pruefungsvorbereitung

LE 9: Prüfung

a. Lernziele

---

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Hinweis: nur Taschenrechner, Schreibzeug, Papier auf Pult Verteilen der Prüfung	Lehrervortrag	2’
Prüfung	Schriftliche Prüfung	Prüfung	38’

c. Medien

Es werden keine Medien und Apparate verwendet.

d. Experimente

Es werden keine Experimente durchgeführt.

e. Quellen

Cutnell, J. D. und Johnson, K. W. *Physics* (John Wiley & Sons, Inc., New York, 2007).

Fertl, W. und Matzner L. *Physik für HTL: Thermodynamik* (öbv & hpt, Wien, 2005).

f. Hausaufgaben

Es sind keine Hausaufgaben geplant.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Siehe Abschnitt 3, Ergebnissicherung.

ANHANG zu LE 9

Siehe Abschnitt 3, Ergebnissicherung.

LE 10: Prüfungsbesprechung

a. Lernziele

Verstehen der Aufgaben, die an der Prüfung nicht gelöst werden konnten. Besseres Verstehen des Themas Wärmekapazität, Wärme und Energie.

b. Ablauf

Einstieg	Begrüssung Austeilen der korrigierten Prüfung. Stundenablauf	Lehrervortrag	5’
Prüfungsbesprechung	Besprechung der Prüfung	Vortrag, Demonstration	35’
Einführung ins nächste Thema	---	---	40’

c. Medien

Wandtafel, Hellraumprojektor.

d. Experimente

- Heisse Aluminium- und Bleizylinder in Wachsplatte sinken lassen (entspricht Aufgabe 6 der Prüfung).

e. Quellen

Es werden keine Quellen verwendet.

f. Hausaufgaben

Es sind keine Hausaufgaben geplant.

g. Didaktische und methodische Überlegungen

Bei der Prüfungsbesprechung wird besonderes Gewicht auf diejenigen Fragen gelegt, die von den Schülern schlecht gelöst wurden. Als Auflockerung am Ende der Besprechung und zur Veranschaulichung, wird das Experiment von Aufgabe 6 als Demonstration gezeigt.

ANHANG zu LE 10

Materialien

- Wachsplättchen
- Aluminiumzylinder
- Bleizylinder
- Becherglas
- Tauchsieder
- Zange

Folien

- Pruefungsbesprechung-Folie (Folie zu Aufgabe 4)

Arbeitsblätter

Keine

Verlaufsplanung

- VP-LE-10-Pruefungsbesprechung

3 Ergebnissicherung

3.1 Aufgaben, Lernkontrollen

Die Übungsaufgaben, die während des Unterrichts gelöst werden, werden als Kontrollen zur Ergebnissicherung eingesetzt, indem im Einzelgespräch während dem Unterricht mit dem Schüler die Probleme angeschaut werden. Mündliche Lernkontrollen werden bei der Korrektion der Hausaufgaben eingesetzt, wenn die Schüler aufgerufen werden, ihre Lösung kurz zu erläutern (respektive zu erklären, warum sie eine Aufgabe nicht lösen konnten). Diese Lernkontrollen werden nicht benotet. Die Diskussionen mit den Schülern über die verschiedenen Demonstrationen bieteten ebenfalls Gelegenheit den Lernerfolg zu beurteilen.

Die beiden Versuchsberichte werden eingesammelt und mit einem Kommentar versehen (unbenotet). Dabei wird besonders darauf geachtet, wie die Schüler den Versuch beschreiben und in der Diskussion auswerten. Das Ziel ist, die Schüler an eine naturwissenschaftliche Schreibweise (genaues und präzises Schreiben) heranzuführen. Die Versuchsberichte werden nicht benotet; damit die Schüler das Praktikum aber nicht "à la légère" nehmen, werden die Versuchsberichte am Ende des Semesters zum Auf- und Abrunden herangezogen.

3.2 Schriftliche Prüfung

Die Beispielprüfung ist im Kapitel 4 "Anhang" zu finden. Die Prüfung dauert eine Lektion und beinhaltet 6 Aufgaben. Die Aufgaben haben folgende Fragestellungen:

- Rechnungsaufgabe zur spezifischen Wärmekapazität und Leistung
- Rechnungsaufgabe zu "abgegebene Wärme = aufgenommene Wärme" mit spezifischer Wärmekapazität, Schmelzwärme und "Temperatur bleibt konstant während Phasenübergang"
- Interpretation eines Diagrammes
- Abfragen von gelerntem Wissen (Antwort in ausformulierten Sätzen): Wärme, spezifische Wärmekapazität und Schmelzen / Kondensieren
- Anwendung der spezifischen Wärmekapazität, um das Ergebnis eines Versuches herauszufinden (Antwort in ausformulierten Sätzen)

Wie bereits eingangs erläutert, besteht der Schwerpunkt auch bei der Prüfung nicht im Anwenden der neuen Formeln um Textaufgaben zu lösen, sondern darin, ob der neue Stoff auch wirklich begriffen wurde. Das Anspruchsniveau ist mittel bis schwer, auch dadurch, weil die Zeit eher knapp bemessen ist. Die Zeit wird bewusst knapp angesetzt, um die Schüler daran zu gewöhnen, effizient an Prüfungsaufgaben heranzugehen.

Anspruchsniveaus der einzelnen Aufgaben nach der Taxonomie von Bloom:

- Aufgabe 1a K1
- Aufgabe 1b K2
- Aufgabe 2 K3
- Aufgabe 3 K4
- Aufgabe 4a K2
- Aufgabe 4b K3
- Aufgabe 4c K3
- Aufgabe 4d K3
- Aufgabe 5 K2
- Aufgabe 6 K4

ANHANG: Beispielprüfung

Siehe Kapitel 4 "Anhang".

4 Anhang

Auf den folgenden Seiten befindet sich die Verlaufsplanungen, Arbeitsblätter und Folien für die einzelnen Lerneinheiten.

Lerneinheit 1 Wärme

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 1: Wärme

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Stundenablauf/Lernziele: Einführung eines neuen Themas.	Vortrag	Wandtafel	2’
Einführung ins neue Thema			
Neues Kapitel: **2. Wärmekapazität, Wärme und Energie** **Demonstrationen:** Was geschieht hier? Warum? Wenn nötig, Schüler mit Fragen auf die richtige Fährte lenken. Gesammeltes an Wandtafel zusammenfassen. - Eiswürfel → er schmilzt wegen warmer Umgebungstemperatur - Glas mit Cola und Eiswürfeln → Eis kühlt Cola / behält es kühl - Kalte Cola-Dose aus Kühlschrank → wärmt sich auf, Kondensation an kalter Dosenwand - Wasserkocher → Wärmeübertragung, Strom erzeugt Wärme - Schwitzen (Folie mit Bild eines schwitzenden Sportlers) → bei körperlicher Anstrengung, dient der Abkühlung des Körpers (Vergleich: nasse Kleidung → man friert) Gemeinsames Element : die Wärme	Demonstra-tionen Sammeln	Diverses Material für Demos / Wandtafel / Folie 1 (Schwitzen)	16’
2.1 Wärme			
Was ist Wärme?	Sammeln		3’
Definition: Wärme ist Energie, die von einem Körper höherer Temperatur zu einem Körper niedrigerer Temperatur fliesst. Symbol: Q Einheit: Joule (J)	Vortrag	Wandtafel	6’
Bezug zur Mechanik: Wärme und Arbeit sind die einzigen Energieübertragungsformen.		Wandtafel	

Beispiel: Heisse Teetasse in Hand: Wärme fliesst von Tasse in die Hand Kalte Cola-Dose in Hand: Wärme fliesst von Hand in Dose			
2.1.1 Energieumwandlung			
Demonstrationen: - Holzblock zersägen → Sägeblatt erwärmt sich - Wasserkocher → Wasser erwärmt sich - Zündholz → heisse Flamme **Folgerung:** Verschiedene Energieformen können in Wärme umgewandelt werden. Bsp.: mechanische Energie (Reibung) elektrische Energie (Wasserkocher) chemische Energie (Zündholz)	Lehrer-Experiment Vortrag	Diverses Material für Demos Wandtafel	10’
Hausaufgaben Schüler lesen Arbeitsblatt 1 durch und stellen Fragen bei Unklarheiten zur Hausaufgabe.	Lektüre / S-Fragen	Arbeitsblatt 1	3’

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Arbeitsblatt 1

Versuch 1 – Wo man sich die Hände verbrennen kann

Heize den Backofen auf ca 200°C auf. Nimm eine Gratinform aus Glas oder Porzellan und decke sie mit Aluminiumfolie ab. Stell die abgedeckte Gratinform in den Ofen und lass sie mindestens 10 Minuten darin. Nimm dann die Gratinform heraus und hebe die Aluminiumfolie ab. Berühre dann unverzüglich mit blossen Händen die Aluminiumfolie. Kannst Du auch die Gratinform berühren?
Vergiss nicht, den Backofen abzustellen!

Schreibe deine Beobachtungen auf.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Versuche eine Erklärung zu finden für deine Beobachtungen.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Versuch 2 – Ein (zu) heisser Bissen

Bereite einen Bissen Fleisch (oder ein Wurstrad) und einen mundgerechten Schnitz einer Tomate vor. Fülle in ein Glas ungefähr die gleiche Menge Wasser, die dem Fleischbissen oder dem Tomatenstück entspricht. Erhitze nun das Fleischstück (den Tomatenschnitz) so stark, dass du dir beim Essen (fast) den Mund verbrennst. Trink den Schluck Wasser, sobald du das Fleischstück (den Tomatenschnitz) im Mund hast, um eine Verbrennung zu vermeiden.

Schreibe deine Beobachtungen für das Fleischstück und den Tomatenschnitz auf. Hat der Schluck Wasser auf beide den gleichen Einfluss?

Versuche eine Erklärung zu finden für deine Beobachtungen.

Foto: Witters

http://www.bild.de/BILD/sport/mehr-sport/tennis/2010/01/28/australian-open/roger-federer-jetzt-gegen-tennis-ali-tsonga.html

Lerneinheit 2 Energieumwandlung und Wärmekapazität

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 2 Energieumwandlung und Wärmekapazität

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Einsammeln der Hausaufgaben Stundenablauf/Lernziele: Energieumwandlung vertiefen und anhand eines Praktikums einen neuen Begriff, die spezifische Wärmekapazität, einführen. **Repetition:** Was ist Wärme? Video: überhitzte Bremsen. Was ist hier passiert? http://gestalta.net/view.php?video=yuAXcnzsLQc&feature=youtube_gdata_player&title=W203+C230K+Kompressor+Brake+Stand → Umwandlung der verschiedenen Energieformen	Gespräch	Wandtafel, Beamer, Laptop, Internet-anschluss	10’
2.1.1 Energieumwandlung			
Bremsvorgang: Energieerhaltung? Warum nicht? Was wäre, wenn das Auto in einer Box wäre ohne Wärmeaustausch zur Umgebung?	Sammeln		20’
Energieerhaltung In einem abgeschlossenen System ist die Gesamtenergie konstant. Energie kann weder verlorengehen, noch erzeugt werden.	Vortrag	Wandtafel	
Ist Energieumwandlung umkehrbar? Gesammeltes an Wandtafel zusammenfassen.	Diskussion	Wandtafel	
Mechanische Energie: ohne Reibung ja Bsp.: Snowboarder in Halfpipe. Stetige Umwandlung von E_{pot} in E_{kin} Wärme: nur bedingt! Bsp.: zersägter Holzblock, abgebranntes Zündholz. (Holzblock und Säge von LE 1 mitbringen, nicht nochmals sägen!) Aus Wärme kann mechanische Energie werden. Bsp.: Kerzenbetriebene Weihnachtspyramide (Engelsgeläute)	Demo	Diverses Material für Demos / Weihnachts-pyramide	
2.2 Spezifische Wärmekapazität			
Die Schüler erwärmen mit einem Gasbrenner während 5 Minuten 0.5 kg Wasser und messen jede Minute die	Praktikum (2er	Für das Praktikum	50’

Temperatur des Wassers. Der Versuch wird mit 1 kg Wasser wiederholt. Der Versuch wird mit 0.5 kg Speiseöl wiederholt. Im Aufgabenheft wird ein Protokoll erstellt (Beschrieb/Skizze. Messdaten werden in Tabelle erfasst. Auswertung des Versuches mit einem θ - t Diagramm. Diskussion der Resultate. Für die schnellen: Versuch, die Formel herzuleiten.). Am Ende: Abgeben des Aufgabenheftes (Protokolls). Kommentar des Lehrers (unbenotet).	Gruppen)	notwendige Material	

Lerneinheit 3 Wärmekapazität

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 3 Wärmekapazität

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Stundenablauf/Lernziele: Auswertung des Versuches von der LE 2, formale Einführung der Wärmekapazität, Übungen.			2’
2.2 Spezifische Wärmekapazität			
Auswertung / Herleitung Formel - In jeder Minute wird der Flüssigkeit die gleiche Energie (Wärme) zugeführt → Zeitachse entspricht der zugeführten Wärme - Temperatur steigt proportional zur zugeführten Wärme: $\Delta Q \sim \Delta T$ - Wird die Masse verdoppelt, muss die doppelte Wärme zugeführt werden, um denselben Temperaturanstieg zu erreichen: $\Delta Q \sim m$ Deshalb: $\Delta Q \sim m \cdot \Delta T$ - Der Proportionalitätsfaktor ist eine stoffabhängige Konstante: die spezifische Wärmekapazität c: $c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T}$ oder $\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ $[c] = \frac{J}{kg \cdot K}$ Tabelle spezifische Wärmekapazitäten verteilen. Diskussion der spezifischen Wärmekapazität von Wasser.	Vortrag	Wandtafel Tabelle	23’
Übungen			
Lösen der Übungen 1-4 auf dem Arbeitsblatt 2	Einzeln oder in Zweier-Gruppen		15’
Hausaufgaben Übungen 1-4 fertig lösen, soweit nicht im Unterricht bereits gemacht.		Arbeitsblatt 2	

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Arbeitsblatt 2 – Übungen zur spezifischen Wärmekapazität

Übung 1
Für einVollbad werden 220 l Wasser von 10°C auf 40°C aufgewärmt.
a) Welche Energie ist dazu notwendig?
b) Wie teuer kommt dieses Bad, wenn für 1 m^3 Kaltwasser 95 Rappen zu bezahlen sind und die Kilowattstunde Strom (wir nehmen an, dass der Boiler mit Strom betrieben wird) 8 Rappen kostet?

Übung 2
Während einer halben Stunde Jogging generiert eine 65 kg schwere Person die Wärme $Q = 8 \cdot 10^5$ J. Der Körper kann diese Wärme durch verschiedene Mechanismen, z. B. durch Schwitzen, an die Umgebung abgeben. Nehmen wir aber einmal an, der Körper könnte diese Wärme nicht abgeben, um wieviele Grad Celsius würde die Körpertemperatur des Joggers dann ansteigen?

Übung 3
In einem Becherglas befindet sich 1 l Wasser mit einer Temperatur von 20°C. Dieses Wasser versucht man mit zwei verschiedenen Methoden zu erwärmen. Mit welcher der beiden Methoden erzielt man eine grössere Temperaturerhöhung? Begründe deine Antwort.
Methode 1: Man heizt 0.1 l Wasser auf 100°C auf und mischt dieses Wasser mit dem Wasser, das sich im Becherglas befindet.
Methode 2: Man heizt 100 g Blei ebenfalls auf 100°C auf, gibt dann das Blei zum Wasser ins Becherglas und rührt eine Weile das Wasser um.

Übung 4
Erkläre die Ergebnisse der beiden Versuche, die du auf dem Arbeitsblatt 1 durchgeführt hast.

Übung 5
Wir nehmen an, dass Holland ein topfebenes Land ist. An einem Wintermorgen fährt Hajo mit seinem Fahrrad zur Schule. Dabei stellt er fest, dass in seinem Dorf, das am Ufer eines grossen Sees liegt, die Strassen nass sind, und er schliesst daraus, dass es während der Nacht geregnet hat. In der Umgebung der Schule aber, die ein paar Kilometer vom See entfernt ist, liegt ein Schäumchen Schnee. Erkläre diese Situation.

Übung 6
Ein Auto mit einer Masse von 1.8 Tonnen fährt mit leicht übersetzter Geschwindigkeit (130 km/h) auf der Autobahn. Wegen eines Staus ist der Fahrer zum Abbremsen bis zum Stillstand gezwungen.
a) Welche Wärmemenge wird beim Abbremsen frei, wenn die gesamte kinetische Energie in Wärme umgewandelt wird?
b) Angenommen, alle vier Bremsscheiben werden von 50% dieser Energie aufgeheizt. Welche Temperatur erreichen sie? Die Anfangstemperatur der Bremsscheiben beträgt 30°C, ihre Gesamtmasse 2.8 kg und ihre spezifische Wärme 460 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$.

c) Angenommen, das Auto wird nicht mittels Bremsscheiben sondern mittels Motorbremse gebremst und 50% der frei werdenden Energie heizen das Kühlwasser auf. Kocht dann das Kühlwasser? Die Anfangstemperatur der 12 l Kühlwasser beträgt 60°C.

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Spezifische Wärmekapazitäten von verschiedenen Stoffen

	c $J\ kg^{-1}\ K^{-1}$
Feste Stoffe	
Aluminium	896
Beton	840
Blei	129
Eis	2100
Eisen	452
Glas	840
Gold	129
Holz	1700
Keramik / Porzellan	850
Kupfer	387
Menschlicher Körper (Durchschnitt)	3500
Silber	235
Flüssigkeiten	
Alkohol	2430
Quecksilber	139
Wasser	4182
Öl (ungefährer Wert)	2000
Gase	
Luft	1015
Wasserdampf	1863

Lerneinheit 4 Wärmekapazität, Aggregatszustände, Phasenübergänge

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 4 Wärmekapazität, Aggregatszustände, Phasenübergänge

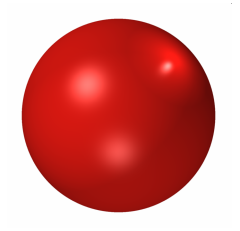
Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Stundenablauf/Lernziele: Abschliessen der Wärmekapazität, neues Thema: wie ist die Materie aufgebaut? Warum gibt es Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase?			2’
Übungen spez. Wärmekapazität			
Korrektur der Übungen 1-4 (Arbeitsblatt 2)	Vortrag / S-Fragen / Sammeln (Ü3, Ü4)	Wandtafel	15’
Demonstration zu Übung 3: Das Experiment von Übung 3 wird als Demonstration vorgeführt. (Wasser und Blei vorher schon erhitzen, um Zeit zu sparen)	Demonstra-tion	Diverses Material für Demo	5’
Übungen 5 & 6 (Arbeitsblatt 2)	Einzeln, oder in Zweier-gruppen		18’
Korrektur Schüler, die fertig sind zeigen die Lösungen der Lehrperson und helfen dann denjenigen, die Fragen haben.	selbständig		
2.3 Aggregatszustände			
Einleitung: Filme Lavastrom, Lavastrom fliesst ins Meer http://www.youtube.com/watch?v=xExdEXOaA9A http://www.youtube.com/watch?v=3pBsnZx5fj8 Lava → flüssiges Gestein (T > 700 °C) →3 Zustandsarten (Aggregatszustände): fest, flüssig, gasförmig	Film, Vortrag	Laptop, Inter-netanschluss, Beamer	5’
Aggregatszustände (Phasen) makroskopisch und mikroskopisch beschreiben	Vortrag	Arbeitsblatt 3 / Folie	20’
Visualisierung der Aggregatszustände	Applet	Laptop, Inter-	5’

http://wps.pearsoned.com.au/sf1/0,9305,1420693-content,00.html		netanschluss, Beamer	
2.4 Phasenübergänge			
Einführung der Bezeichnungen der verschiedenen Phasenübergänge. Besprechung von Wärmezufuhr und Wärmeabgabe. Applet Phasenübergänge http://www.media.pearson.com.au/schools/cw/au_sch_whalley_sf1_1/int/2_slg.html	Gespräch Applet	Arbeitsblatt 3 Laptop, Internet, Beamer	10’
Hausaufgaben Makroskopische und mikroskopische Eigenschaften der Aggregatszustände sowie die Bezeichnungen der Phasenübergänge repetieren			

Aufbau der Materie (Repetition)

Alle Stoffe bestehen aus kleinen Teilchen, den Atomen.

In einer ersten Annäherung kann man sich die Atome als kleine Kugeln vorstellen.

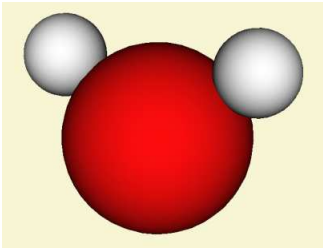


Sauerstoffatom (O)

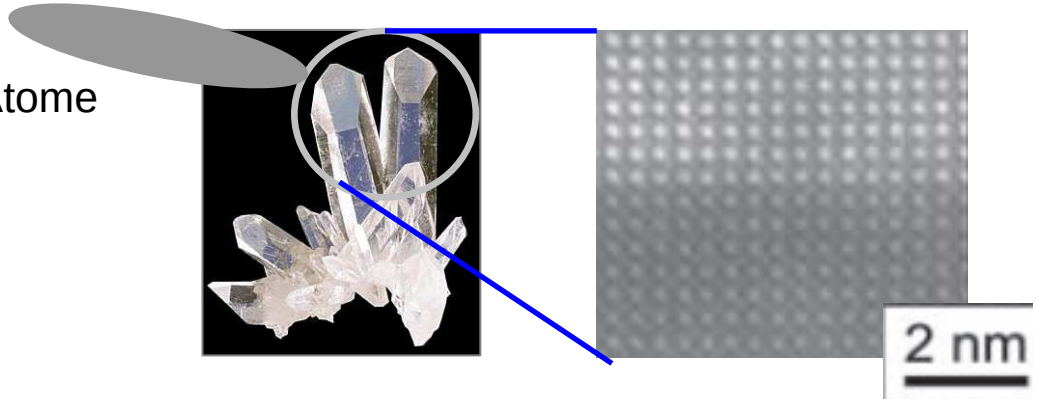
Wasserstoffatom (H)

Achtung: die Farben der Atome dienen nur dazu, dass wir sie unterscheiden können. Sie haben keine physikalische Bedeutung.

Moleküle sind Teilchen, die aus mehreren Atomen bestehen. Das bekannteste Beispiel ist Wasser. Ein Wassermolekül besteht aus einem Sauerstoffatom und zwei Wasserstoffatom. Chemiker bezeichnen das Wassermolekül so: H_20.

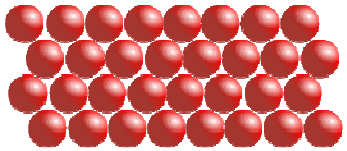
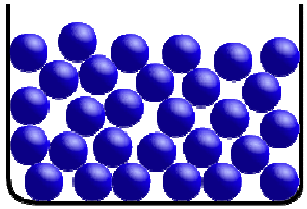
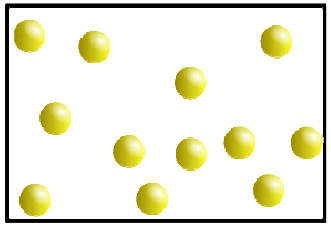


Heute ist es möglich, mit speziellen Mikroskopen Atome sichtbar zu machen. Solche Mikroskope heissen Transmissionselektronenmikroskop (kurz TEM).



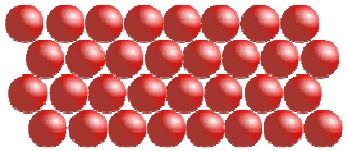
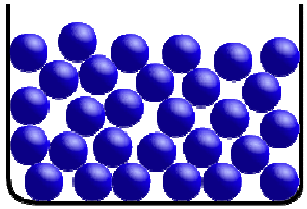
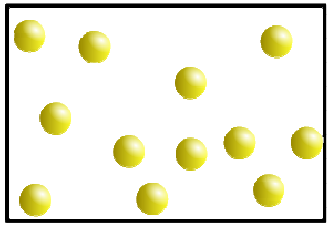
Reyren et al., Science **317**, 1196-1199 (2007)
http://www.quantumwise.com/documents/manuals/ATK-2008.10/chap.simplemol.html
http://www.shopmeile-nord.de/kristall-shop.htm

Aggregatszustände (Phasen) der Materie

	makroskopisch	mikroskopisch
fest		
flüssig		
gasförmig		

rechte Bildkolonne: Kaneiderdaniel at the German language Wikipedia

(Lehrerblatt) Aggregatszustände (Phasen) der Materie

	makroskopisch		mikroskopisch
fest	behält Form		Atome ortsfest, geringer Abstand Atome schwingen um Ruhelage grosse Anziehungskräfte zwischen Atomen
flüssig	passt sich der Gefässform an		Atome gegeneinander verschiebbar, geringer Abstand kleinere Anziehungskräfte zwischen Atomen
gasförmig	nimmt den ganzen zur Verfügung stehenden Raum ein		Atome bewegen sich frei im Raum, grosser Abstand sehr kleine Anziehungskräfte zwischen Atomen

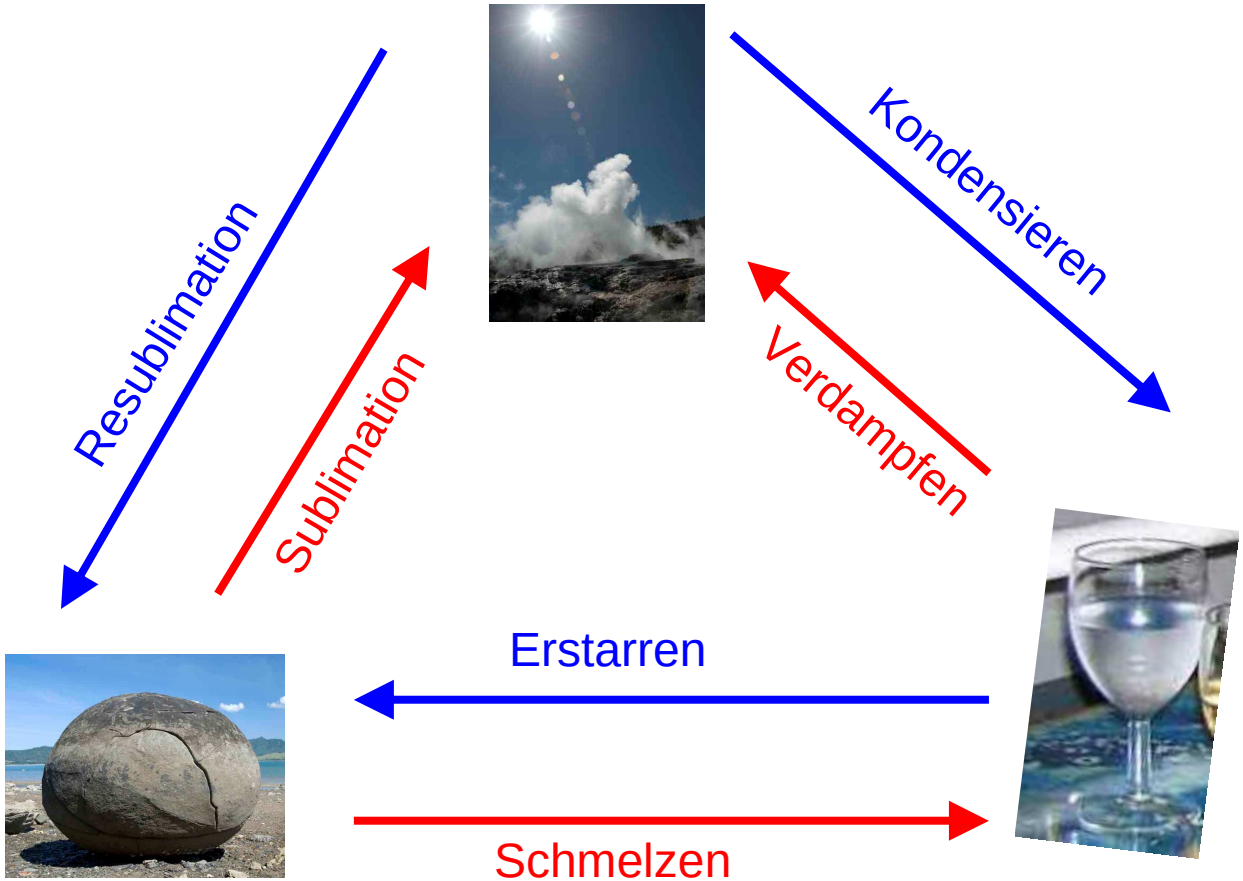
rechte Bildkolonne: Kaneiderdaniel at the German language Wikipedia

Phasenübergänge

Wärmezufuhr

Wärmeabgabe

(Lehrerblatt) Phasenübergänge



Wärmezufuhr

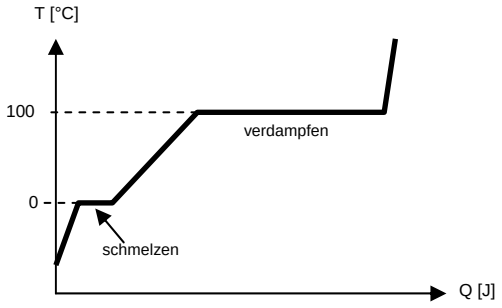
Wärmeabgabe

Lerneinheit 5 Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 5 Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Stundenablauf/Lernziele: Vertiefung der Phasenübergänge mit Schwerpunkt auf den Prozessen Schmelzen und Verdampfen			2’
Überprüfung Hausaufgaben			
Aufrufen einzelner Schüler (nicht einfach die, die sich melden) Überprüfung, ob die Eigenschaften der Aggregatszustände sowie die Bezeichnungen der Phasenübergänge sitzen. Was sind die Eigenschaften einer Flüssigkeit / eines Gases / eines Festkörpers (makro-, mikroskopisch)? Wie heisst der Phasenübergang gasförmig-flüssig, flüssig-gasförmig? Etc.	Aufrufen		5’
2.4.1 Phasenübergänge: Schmelzen und Verdampfen			
Was ist Schmelzpunkt? Was ist Siedepunkt? Welche Werte haben sie für Wasser? Sind sie für alle Stoffe gleich?	Sammeln		3’
Experimente: (vorbereitet: Eis bei 0°C und Wasser schon fast am Kochen) - Schale mit zerstossenem Eis. Zeigen dass Temperatur 0°C ist. - Heisses Wasser mit Tauchsieder auf 100°C aufwärmen. Tauchsieder weiter laufen lassen. (Thermometeranzeigen für Schüler sichtbar und während Rest der Stunde eingeschaltet lassen)	Demon-stration	Diverses Material für Demo	5’
Definitionen: Schmelzpunkt: Temperatur, bei der ein Stoff vom festen in den flüssigen Aggregatszustand übergeht. Siedepunkt: Temperatur, bei der ein Stoff vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatszustand übergeht.	Vortrag	Wandtafel	3’
Beispiele: Tabelle mit Schmelz-, Siedepunkt, Schmelz-, Verdampfungswärme abgeben. Wasser, Stein (Bezug auf Lava aus Film), flüssiger Stickstoff, Quecksilber (kleine Menge in verschlossenem, temperaturfestem Glasbehälter)	Schüler am L-Pult	Tabelle Demonstrat.	12’

→ fl. Stickstoff: Temperatur messen. Da $T_{Umgebung} > T_{Sieden}$ kocht der Stickstoff → Glasbehälter mit Quecksilber in flüssigen Stickstoff tauchen, gefrieren lassen **Schmelzen/Verdampfen**: (Hinweis auf Experiment) Während eines Phasenüberganges (Schmelzen / Erstarren; Verdampfen / Kondensieren) bleibt die Temperatur konstant. Erklärung: Die zugeführte Wärme (Energie) wird dazu verwendet, die anziehenden Kräfte zwischen den Atomen / Molekülen teilweise aufzulösen. Beim Kondensieren / Erstarren wird diese Energie als Wärme an die Umgebung abgegeben Hinweis auf Hausaufgabe Graph: für Wasser  	Vortrag	Wandtafel (mündlich)	10’
Hausaufgaben Arbeitsblatt 4 lesen. Fragen notieren		Arbeitsblatt 4	

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Arbeitsblatt 4 – Phasenübergänge

➢ Schauen wir uns an, was mit einem Festkörper passiert, dem man Wärme zuführt.

Beobachtung	Erklärung
Festkörper: Seine Temperatur steigt bis zum Schmelzpunkt an.	Die zugeführte Wärme bewirkt ein immer heftigeres Schwingen der ortsgebundenen Atome / Moleküle um ihre Ruhelage.
Phasenübergang fest – flüssig: Der Körper **schmilzt.** Seine Temperatur bleibt konstant	Die zugeführte Wärme löst die anziehenden Kräfte zwischen den Atomen / Molekülen soweit auf, dass sich die Atome / Moleküle gegeneinander bewegen können und nicht mehr ortsgebunden sind.
Flüssigkeit: Ihre Temperatur steigt bis zum Siedepunkt an.	Die zugeführte Wärme erhöht die Bewegungsenergie der Atome / Moleküle.
Verdunsten: Auch unterhalb des Siedepunktes können einzelne Atome / Moleküle die Flüssigkeit verlassen.	Einige Atome / Moleküle haben eine grössere Bewegungsenergie als andere. Sind sie an der Oberfläche können die energiereichsten unter ihnen aus der Flüssigkeit austreten. Da die Flüssigkeit ihre energiereichsten Atome / Moleküle verliert, sinkt die mittlere Bewegungsenergie der verbleibenden Atome / Moleküle und die Temperatur der Flüssigkeit sinkt (Verdampfungskälte).
Phasenübergang flüssig – gasförmig: Die Flüssigkeit **verdampft**. Seine Temperatur bleibt konstant.	Die zugeführte Wärme löst die anziehenden Kräfte zwischen den Atomen / Molekülen fast ganz auf, so dass sich die Atome / Moleküle fast frei im Raum bewegen können.
Gas: Seine Temperatur steigt an.	Die zugeführte Wärme erhöht die Bewegungsenergie der Atome / Moleküle.

zugeführte Wärme

➢ Schauen wir uns an, was mit einem Gas passiert, dem man Wärme entzieht.

Beobachtung	Erklärung
Festkörper: Seine Temperatur nimmt ab.	Die entzogene Wärme bewirkt ein immer langsameres Schwingen der ortsgebundenen Atome / Moleküle um ihre Ruhelage.
Phasenübergang flüssig – fest: Der Körper **erstarrt.** Seine Temperatur bleibt konstant	Der Flüssigkeit muss Wärme entzogen werden, damit sich die Atome / Moleküle zu einer starren Struktur zusammenfinden können.
Flüssigkeit: Ihre Temperatur nimmt bis zum Schmelzpunkt ab.	Durch die entzogene Wärme erniedrigt sich die Bewegungsenergie der Atome / Moleküle.
Phasenübergang gasförmig – flüssig: Das Gas kondensiert. Seine Temperatur bleibt konstant.	Durch die entzogene Wärme können sich die Atome / Moleküle nicht mehr frei im Raum bewegen. Sie fügen sich zu Tropfen zusammen.
Gas: Seine Temperatur nimmt bis zum Siedepunkt ab.	Durch die entzogene Wärme erniedrigt sich die Bewegungsenergie der Atome / Moleküle.

abgegebene Wärme

Wärmekapazität, Wärme und Energie

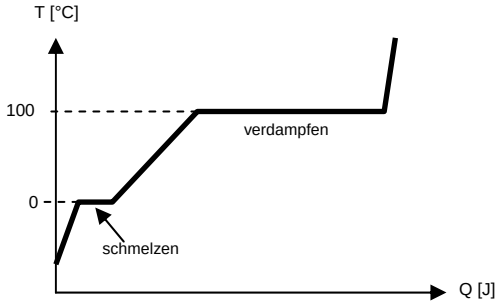
Schmelz-, Siedepunkte & Schmelz-, Verdampfungswärmen

	Schmelzen		Verdampfen	
	Schmelzpunkt (°C)	Schmelzwärme ($kJ \cdot kg^{-1}$)	Siedepunkt (°C)	Verdampfungswärme ($kJ \cdot kg^{-1}$)
Alkohol	-114	108	78	855
Aluminium	660	380	2450	11’400
Blei	327	24.5	1750	871
Gold	1063	64.5	2660	1578
Kupfer	1083	134	2595	5069
Quecksilber	-39	11.8	357	272
Sauerstoff	-219	13.8	-183	213
Silber	961	88.3	2193	2336
Stickstoff	-210	25.5	-196	201
Wasser	0.0	334	100.0	2256

Lerneinheit 6 Phasenübergänge: Schmelz- und Verdampfungswärme

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 6: Phasenübergänge: Schmelz- und Verdampfungswärme

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Stundenablauf/Lernziele: Weiterführung des Themas Phasenübergänge. Genauere Untersuchung des Schmelzens und Verdampfens			2’
Hausaufgaben			
Beantwortung von Schülerfragen zu den Hausaufgaben	Gespräch		13'
Genaueres Eingehen auf das **Verdunsten**: • T < Siedepunkt (im Unterschied zu Verdampfen) • Verdunstungskälte: mündlich erklären • Versuch: Thermometer mit Alkoholwatte kühlen • (mit Wasserwatte wiederholen, Unterschied?) • Schwitzen	Gespräch, Demonstra-tion	Wandtafel, diverses Material für Demo	
2.4.2 Phasenübergänge: Schmelz-, Verdampfungswärme			
Repetition: T-Q Graph für Wasser  - T konstant bei Phasenübergang - Bedeutung der Kurve (Steigung!) für T< 0°C und T> 100°C diskutieren	Gespräch	Wandtafel	25'
Versuch: Einleitung: Mischung von 100 g Wasser bei T = 90°C mit 100 g Wasser bei T = 0 °C. Welche Temperatur hat das gemisch? Versuch: 100 g Wasser bei T = 90 °C wird mit 100 g Eis (zerstossen) bei T = 0° gemischt. Man wartet, bis das Eis geschmolzen ist. (Wasser vor Lektion schon aufheizen) Vor der Durchführung: erwartetes Resultat? Diskussion des Resultates nach der Durchführung.	Demonstra-tion, Diskussion	Wandtafel, diverses Material für Demo	
Schmelz-, Verdampfungswärme	Vortrag		

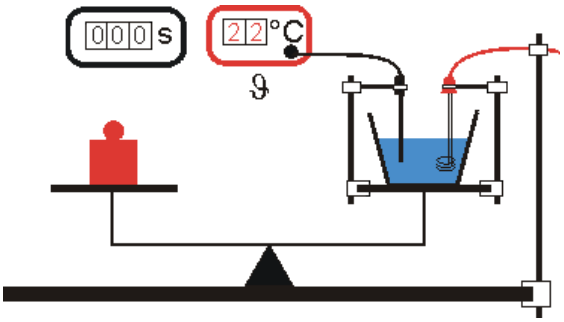
Mündlich erklären: Wärme ΔQ, die hinzugefügt oder abgezogen werden muss, um die Phase eines Körpers zu ändern. An T-Q Graphik einzeichnen. Hinweis auf Verdunsten. Abhängigkeit von Masse? $\rightarrow \Delta Q \sim m$! **Definition:** Wärme ΔQ, die hinzugefügt oder abgezogen werden muss für den Phasenübergang fest-flüssig (flüssig-fest) ist: $\Delta Q = m \cdot L_f$ L_f: latente Schmelzwärme (f für fusion) Wärme ΔQ, die hinzugefügt oder abgezogen werden muss für den Phasenübergang flüssig-gas (gas-flüssig) ist: $\Delta Q = m \cdot L_v$ L_v: latente Schmelzwärme		Wandtafel	
Experimentelle Bestimmung von L_f und L_v Anleitung gemäss Arbeitsblatt 5 Im Aufgabenheft wird ein Protokoll erstellt (Beschrieb, Messdaten, Berechnung von L_f und L_v, Vergleich mit Tabellenwert.) Das Protokoll wird am Ende der Lehrperson abgegeben.	Praktikum (2er Gruppen)	Arbeitsblatt 5	40'

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Arbeitsblatt 5 – Experimentelle Bestimmung von L_v und L_f

Führe beide Versuche parallel durch. Beginne zuerst mit der Verdampfungswärme von Wasser. Während das Wasser verdunstet, kannst Du mit der Schmelzwärme anfangen. Berechne anschliessend aus den gemessenen Daten die Verdampfungswärme L_v und die Schmelzwärme L_f.

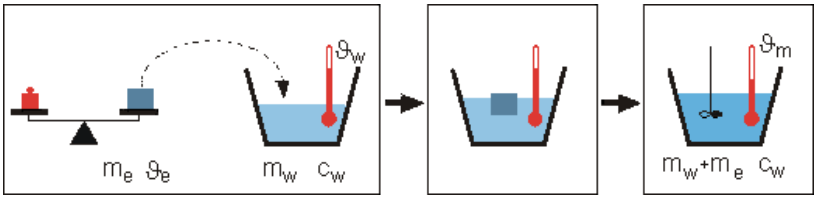
Bestimmung der Verdampfungswärme von Wasser



- Ein Kalorimeter wird mit Wasser gefüllt und auf die Waage gestellt.
- Ein Tauchsieder erwärmt das Wasser bis zu seinem Siedepunkt. Die Leistung des Tauchsieders wird mit dem Leistungsmessgerät gemessen.
- Sobald die Siedetemperatur erreicht ist, wird die Wassermasse (m_1) gemessen und gleichzeitig die Zeitmessung gestartet
- Die Zeit wird gestoppt (t) und beim Stoppen erneut die Wassermasse gemessen (m_2)
- Die verdampfte Wassermasse wird aus m_1 und m_2 bestimmt (Δm)

Bestimmung der spezifischen Schmelzwärme von Eis

- Das dem Gefrierschrank entnommene Eis wird eine Weile an der Luft liegen gelassen bis die Oberfläche anschmilzt. Dann hat das Eis gerade die Temperatur 0°C.
- In das Kalorimeter wird Wasser gefüllt und dessen Temperatur und Masse gemessen. Zudem wird die spezifische Wärmekapazität von Wasser der Tabelle entnommen.
- Auf die Waage mit der das Eis abgewogen wird, legen wir zunächst ein Filterpapier und darauf das Eisstück. Wir führen die Wägung von Eis und Filterpapier durch (m_2), trockenen das Eis gut ab und bringen es dann in das Kalorimetergefäss. Das noch auf der Waage befindliche, feuchte Filterpapier habe die Masse m_1. Somit gilt für die Masse des Eises: $m_E = m_2 - m_1$



- Das Kalorimeterwasser wird solange umgerührt, bis das Eis ganz geschmolzen ist und sich ein Temperaturminimum, die Mischtemperatur T_m eingestellt hat.

Lerneinheit 7 Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 7: Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Verteilen des kommentierten Protokolls von LE 8. Stundenablauf/Lernziele: Nach experimenteller Bestimmung von L_f und L_v jetzt Übungen zum Thema Schmelz- und Verdampfungswärme	Vortrag		3’
Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme			
Arbeitsblatt 6, Übung 1a gemeinsam lösen.	Gespräch	Arbeitsblatt 6, Wandtafel	5’
Selbständiges Lösen der restlichen Übungen auf Arbeitsblatt 6. Wer mit einer Übung fertig ist, zeigt seine Lösung dem Lehrer.	Einzeln oder in 2er Gruppen	Arbeitsblatt 6	32’
Hausaufgaben Arbeitsblatt 6 fertig lösen.			

Wärmekapazität, Wärme und Energie

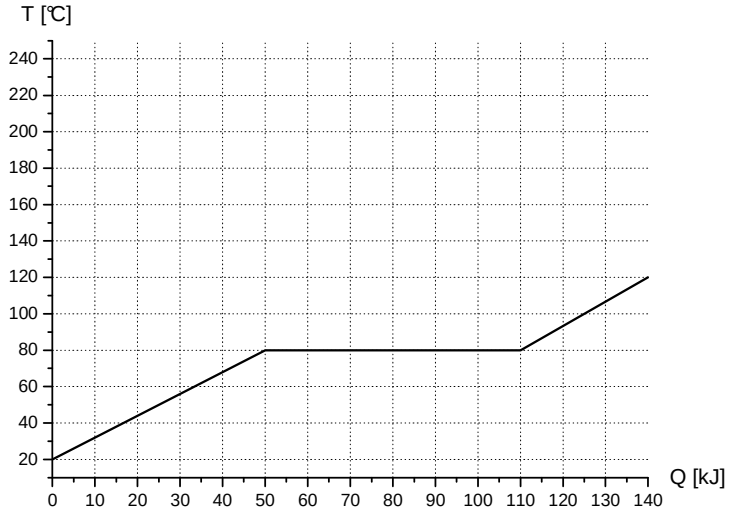
Arbeitsblatt 6 – Übungen zur Schmelz- und Verdampfungswärme

Übung 1
Eis mit einer Masse von einem Kilogramm und einer Temperatur von -10 °C wird so lange Wärme zugeführt, bis die ganze Masse verdampft ist und der Dampf eine Temperatur von 110 °C hat.

a) Berechne, wieviel Energie dazu benötigt wird.
b) Zeichne ein Diagramm der Temperatur des Wassers als Funktion der zugeführten Wärme.

Übung 2
Auf der Verpackung eines Spaghettis-Packs steht: "Die Spaghettis müssen in einer offenen Pfanne in siedendem Wasser während 10 Minuten gekocht werden". Um das Wasser schnell aufzukochen (du hast Hunger), drehst du die Herdplatte auf das Maximum und gibts die Spaghettis dazu, sobald das Wasser siedet. Nach einer Weile kommt deine Mutter dazu und bemerkt: "Reduzier die Hitze der Herdplatte! Das schont mein Portemonnaie und die Spaghettis werden genaus so schnell weich, wenn das Wasser auch etwas weniger stark sprudelt." Hat sie recht?

Übung 3
Das Diagramm zeigt die Temperatur T eines Körpers mit Masse m als Funktion von der zugeführten Energie Q. Zeichne auf dasselbe Diagramm die Temperatur eines Körpers aus demselben Material, aber mit halber Masse, dem dieselbe Energie zugeführt wird.



Übung 4
Warum bildet sich an einer Getränkedose, die man aus dem Kühlschrank nimmt, eine Schicht aus kleinen Wassertropfen?

Übung 5
Espressomaschinen erhitzen das Wasser für eine Tasse Kaffee mit Wasserdampf. Dazu erzeugt die Maschine Wasserdampf, der durch das kalte Wasser strömt und es so erhitzt. Wieviel Wasserdampf ist nötig, um für eine Tasse Kaffee (100 ml) Wasser von 15 °C auf 92 °C aufzuwärmen, wenn der Wasserdampf eine Temperatur von 100 °C hat?

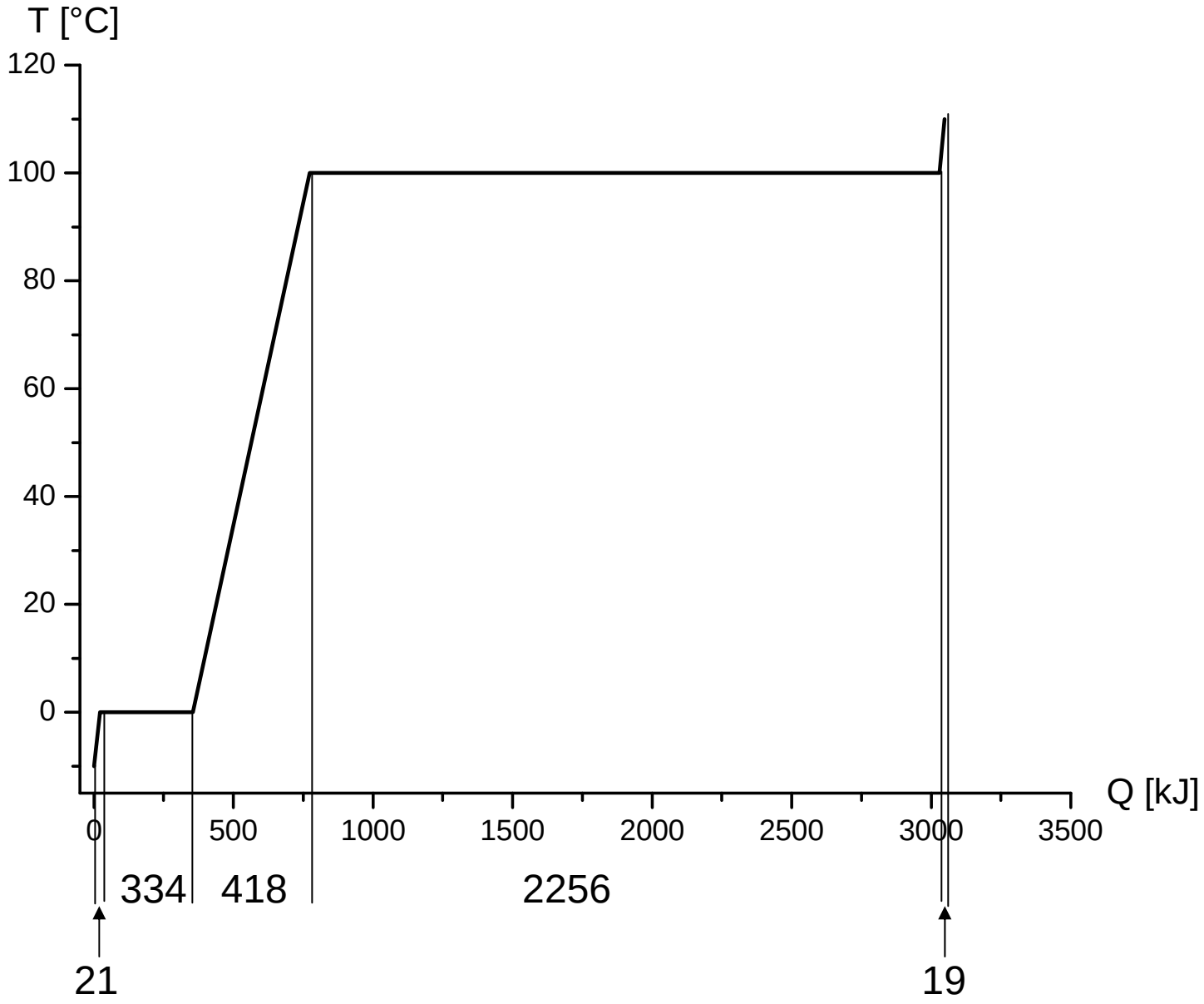
Lerneinheit 8 Prüfungsvorbereitung

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

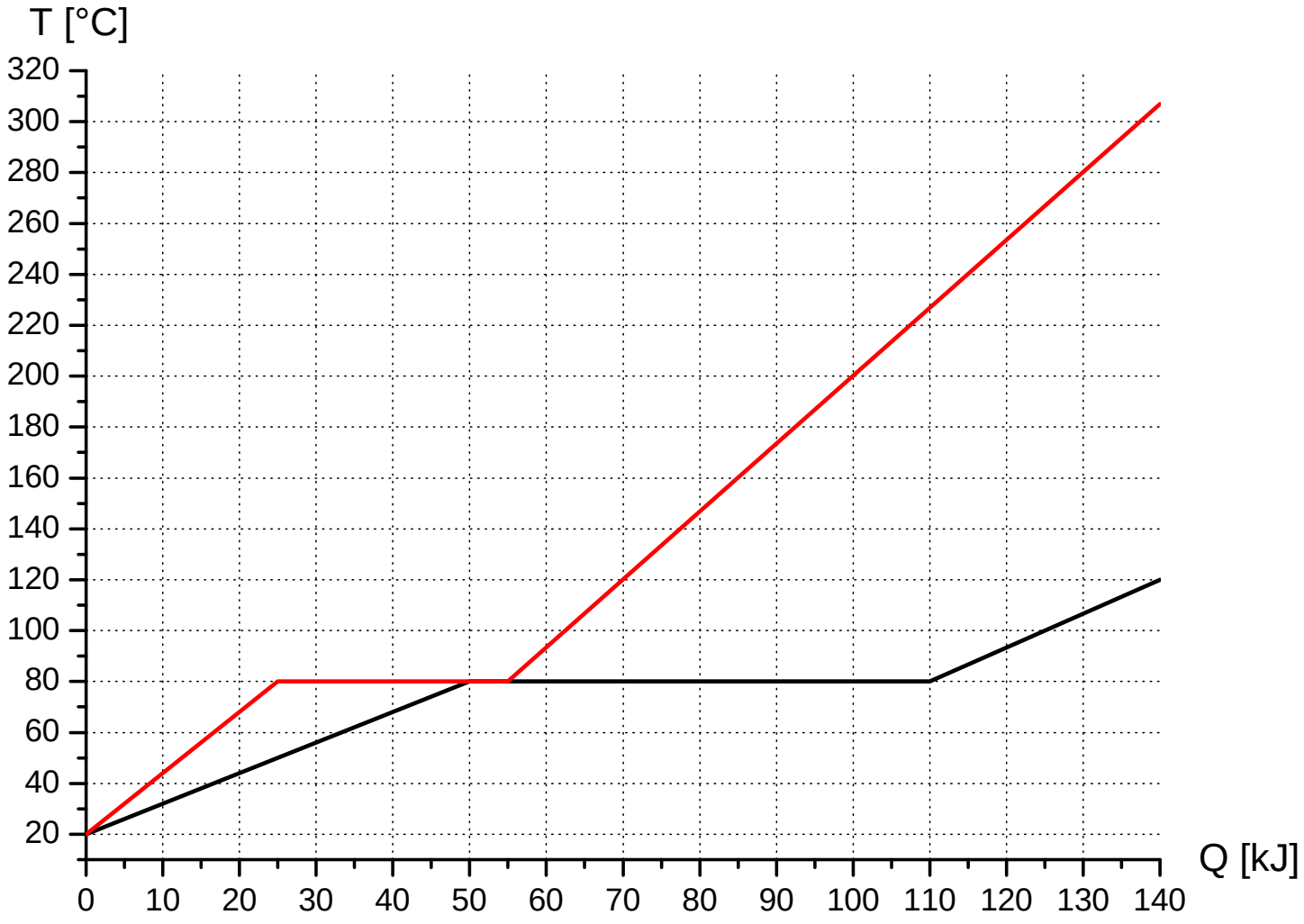
LE 8: Prüfungsvorbereitung

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Stundenablauf/Lernziele: Korrektion des Arbeitsblattes 6 Fragen zur Prüfung Weitere Übungen	Vortrag		2’
Korrektur			
Korrektion des Arbeitsblattes 6	Vortrag	Arbeitsblatt 6, Folien, Wandtafel	15’
Prüfung			
Prüfungshinweise: Wie üblich: Taschenrechner, Schreibzeug, Papier. Tabellen Wärmekapazitäten / Schmelz-, Verdampfungswärme. Beantwortung von Fragen zur Prüfung	Diskussion		10’
Übungen			
Arbeitsblatt 7: - Übung 1: Schüler lesen Aufgabe. Diskusssion: Wie funktioniert ein Kraftwerk? Warum Dampf? Wir haben Wasserkraftwerke. Aufgabe zusammen lösen. → Am Schluss: ist das eine grosse Leistung? Warum ja? Warum nein? Was für eine Leistung hat das Rheinkraftwerk in Schaffhausen (gerundet 30 MW)? Welche Leistung haben unsere Atom kraftwerke (je ca 1 GW)?	Gespräch	Arbeitsblatt 7, Folie (Kraftwerk)	15’
- Übung 2: Schüler lesen Aufgabe. Diskussion: Unterschied Kernkraftwerk, Wasserkraftwerk, Dampfkraftwerk.	Gespräch	Arbeitsblatt 7, Folie	13’
- Übung 3 und 4 selbständig lösen. Wenn fertig, Lösung dem Lehrer zeigen.	Arbeit einzeln oder in Zweier-gruppen		25'

Übung 1 b. T-Q Diagramm für Wasser



Übung 3


T [°C]
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
Q [kJ]

Wärmekapazität, Wärme und Energie

Arbeitsblatt 7 – Übungen

Übung 1
Um seine Generatoren anzutreiben, erwärment ein grosses Kraftwerk 1000 kg Wasser pro Sekunde.

a) Wieviel Wärme pro Sekunde wird benötigt, um die Wassertemperatur von 30 °C auf 450 °C zu erhöhen?
b) Wieviel Leistung in Megawatt wird benötigt?

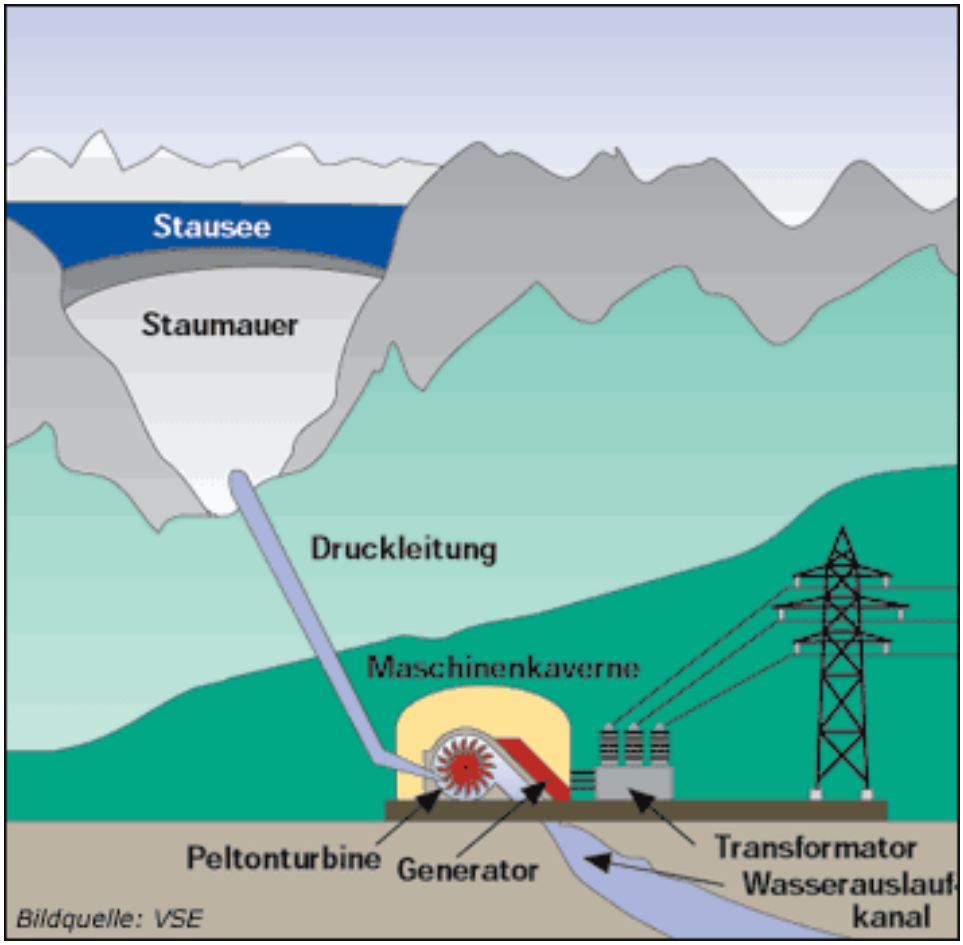
Übung 2
Für Wartungsarbeiten müssen Kernkraftwerke manchmal abgestellt werden. Der radioaktive Zerfall von Spaltprodukten produziert nach dem Abstellen immer noch Wärme. Bei einem grossen Kernkraftwerk beträgt diese Wärmeleistung 150 MW. Falls das Kühlsystem dann ausfällt, steigt die Temperatur rasch an.

a) Berechne den Temperaturanstieg pro Sekunde, wenn der Reaktorkern eine Masse von $1.60 \cdot 10^5$ kg hat und eine durchschnittliche spezifische Wärme von 335 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$.
b) Wie lange würde es dauern, bis die Temperatur um 2000 °C anstiege?

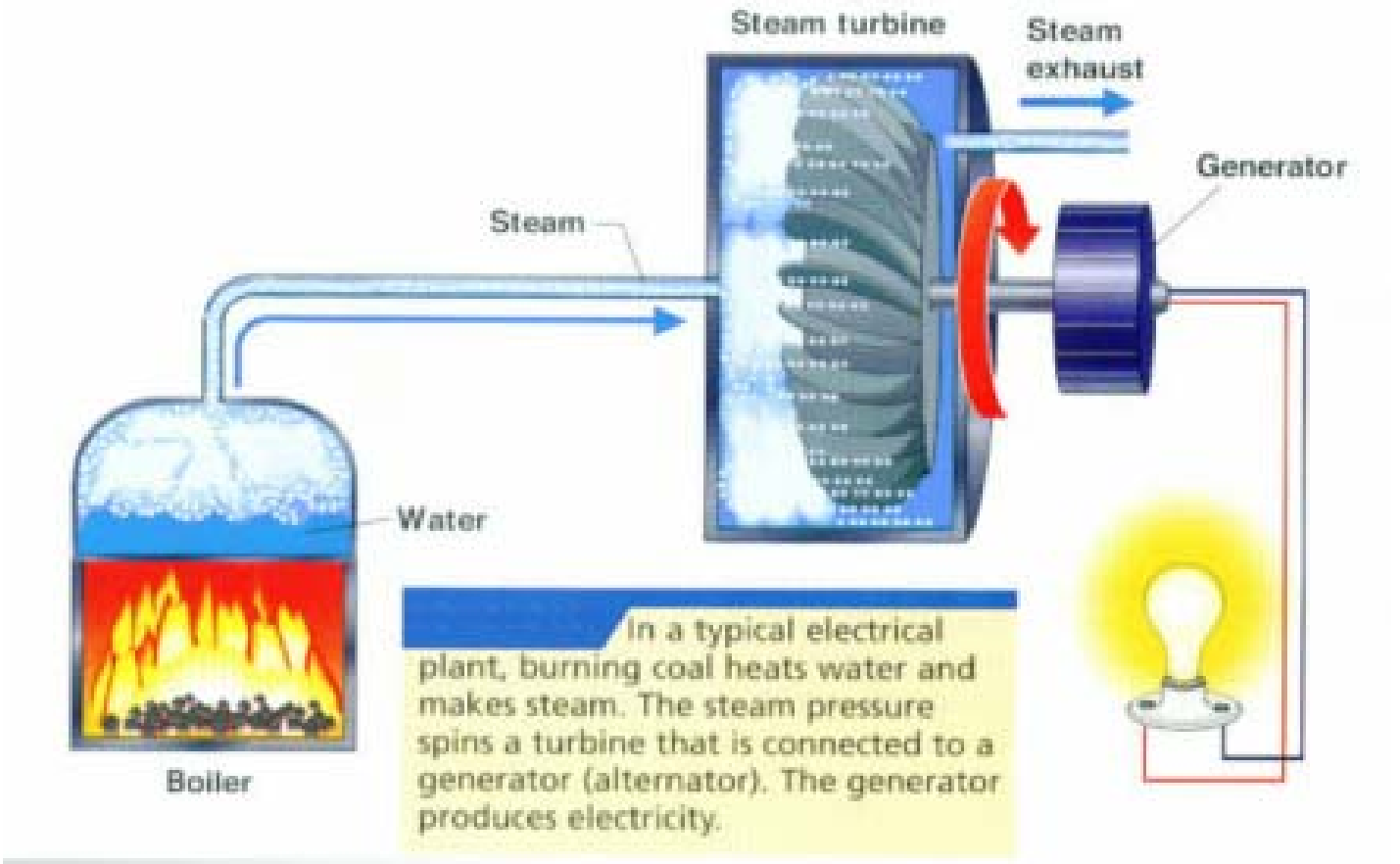
Übung 3
Bei der Sendung "Wetten Dass" brachte ein Schmied ein Stück Eisen mit der Masse m_E = 150 g durch Hammerschläge (m_H = 1.4 kg) zum Glühen, d.h. auf eine Temperatur von 500 °C. Der Hammer prallte dabei jedesmal mit einer Geschwindigkeit von 30 m/s auf das Eisenstück.

a) Wie oft musste der Schmied hämmern, um das Eisen zum Glühen zu bringen? Nimm an, dass die Raumtemperatur bei 20 °C lag und 80% der Bewegungsenergie des Hammers in das Eisenstück gehen.
b) Warum kann sich der Schmied für diesen Vorgang nicht beliebig viel Zeit lassen?

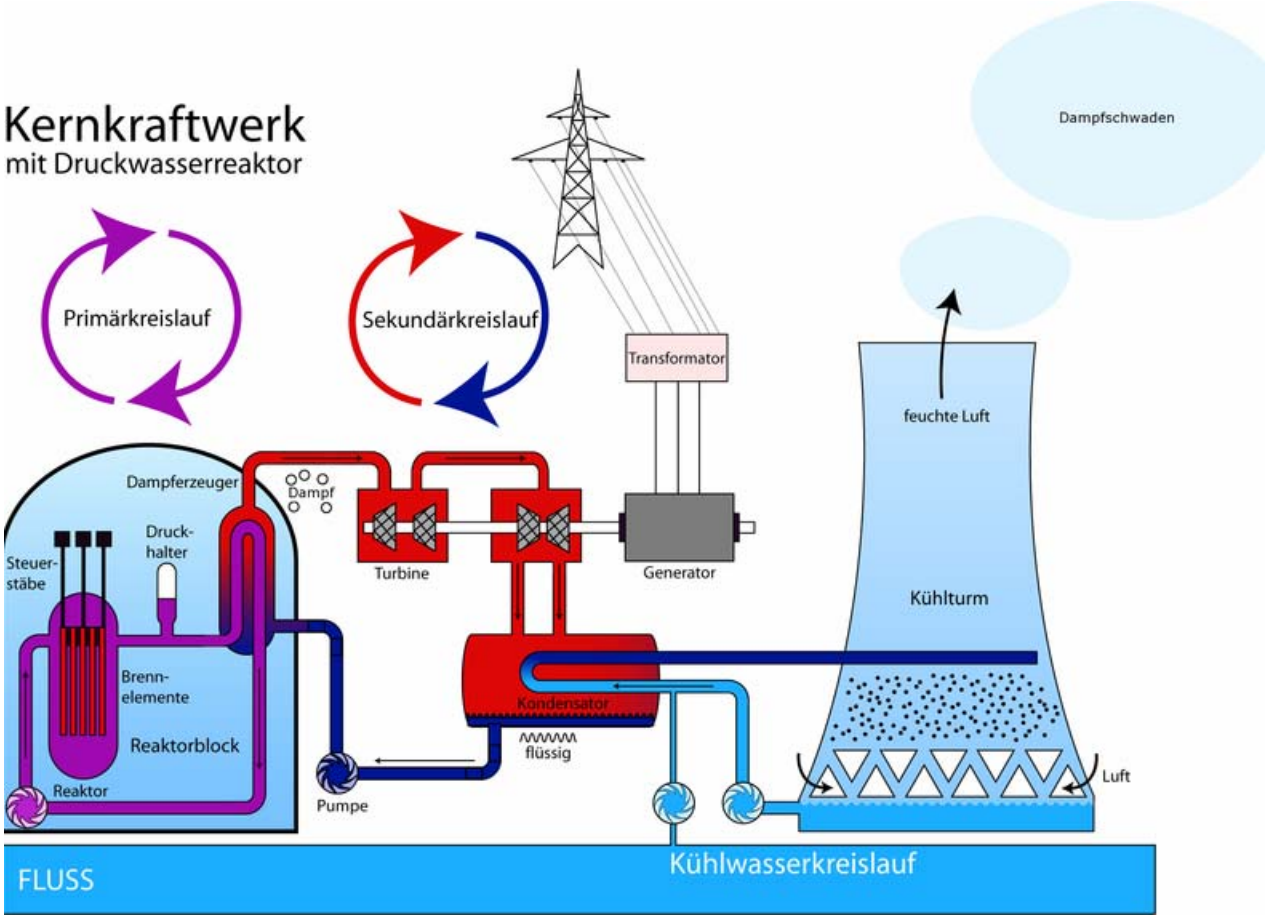
Übung 4
Der Jogger aus Übung 2, Arbeitsblatt 2 generiert während seiner halben Stunde Jogging $8 \cdot 10^5$ J Wärme. Nehmen wir nun an, dass er diese Wärme einzig durch Schwitzen abgeben kann. Welche Menge Schweiss produziert der Jogger?



http://lutherschule.macbay.de/sefa13/index.php?option=com_content&task=view&id=54



http://www.nlcs.k12.in.us/oljrhi/brown/power/externalcombustion.html



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kernkraftwerk_Druckwasserreaktor_n.png

Lerneinheit 9 Prüfung

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 9: Prüfung

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Hinweis: nur Taschenrechner, Schreibzeug, die beiden Tabellen und Papier auf Pult Verteilen der Prüfung	Vortrag		2’
Prüfung			
Schriftliche Prüfung			38’

[Klasse] Physikprüfung [Datum]

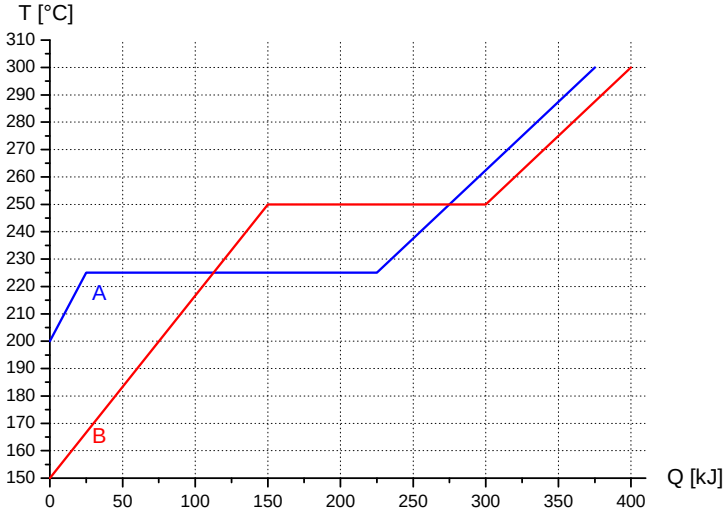
1 P 1) a) Erkläre in einem oder zwei kurzen Sätzen, was Wärme ist.
2 P b) Erkläre in einem oder zwei kurzen Sätzen, was die Bedeutung der spezifischen Wärmekapazität ist.

2 P 2) Welche Leistung muss eine Kaffeemaschine aufweisen, wenn in einer Minute eine Portion Wasser von 200 ml von 12 °C auf 80 °C aufgeheizt werden soll?

3 P 3) Ein Styroporbecher enthält 0.3 kg Limonade (wie Wasser zu behandeln) mit einer Temperatur von 27 °C. Um die Limonade zu kühlen, werden Eiswürfel mit einer Temperatur von 0 °C beigeben. Wenn die Eiswürfel und die Limonade die Gleichgewichtstemperatur erreicht haben, bleibt immer noch Eis übrig. Wieviel Eis ist geschmolzen?

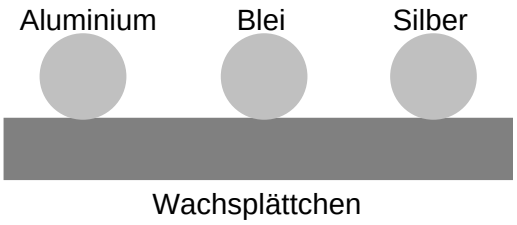
4 P 4) Das Diagramm zeigt die Temperatur T von zwei Körpern als Funktion von der zugeführten Wärme Q. Beide Körper haben eine Masse von 2 kg und sind bei der Anfangstemperatur fest, bestehen aber aus verschiedenen Materialien: Körper A aus Material A und Körper B aus Material B. Sind die folgenden Aussagen richtig oder falsch?

a) Material A hat eine kleinere Schmelztemperatur als Material B.
b) Die Schmelzwärme von Material B beträgt 150 kJ/kg.
c) In der festen Phase ist die Wärmekapazität von Material B kleiner als die von Material A.
d) In der flüssigen Phase sind die Wärmekapazitäten der beiden Materialien gleich gross.



4 P 5) Einer Flüssigkeit in einem geschlossenen Gefäss wird Wärme zugeführt bis sie ganz in Gas umgeformt ist. Danach wird dieselbe Wärme wieder entzogen. Erkläre, was mikroskopisch bei diesen Vorgängen passiert.

3 P 6) Ein Aluminium-, ein Blei- und ein Silberzylinder, alle mit derselben Masse, werden auf 100 °C erwärmt und dann auf ein Wachsplättchen gelegt (siehe Abbildung). Welcher Zylinder sinkt am tiefsten ein? Ordne die drei Zylinder von der grössten zur kleinsten Einsinktiefe und erkläre, warum die Zylinder unterschiedlich tief einsinken.



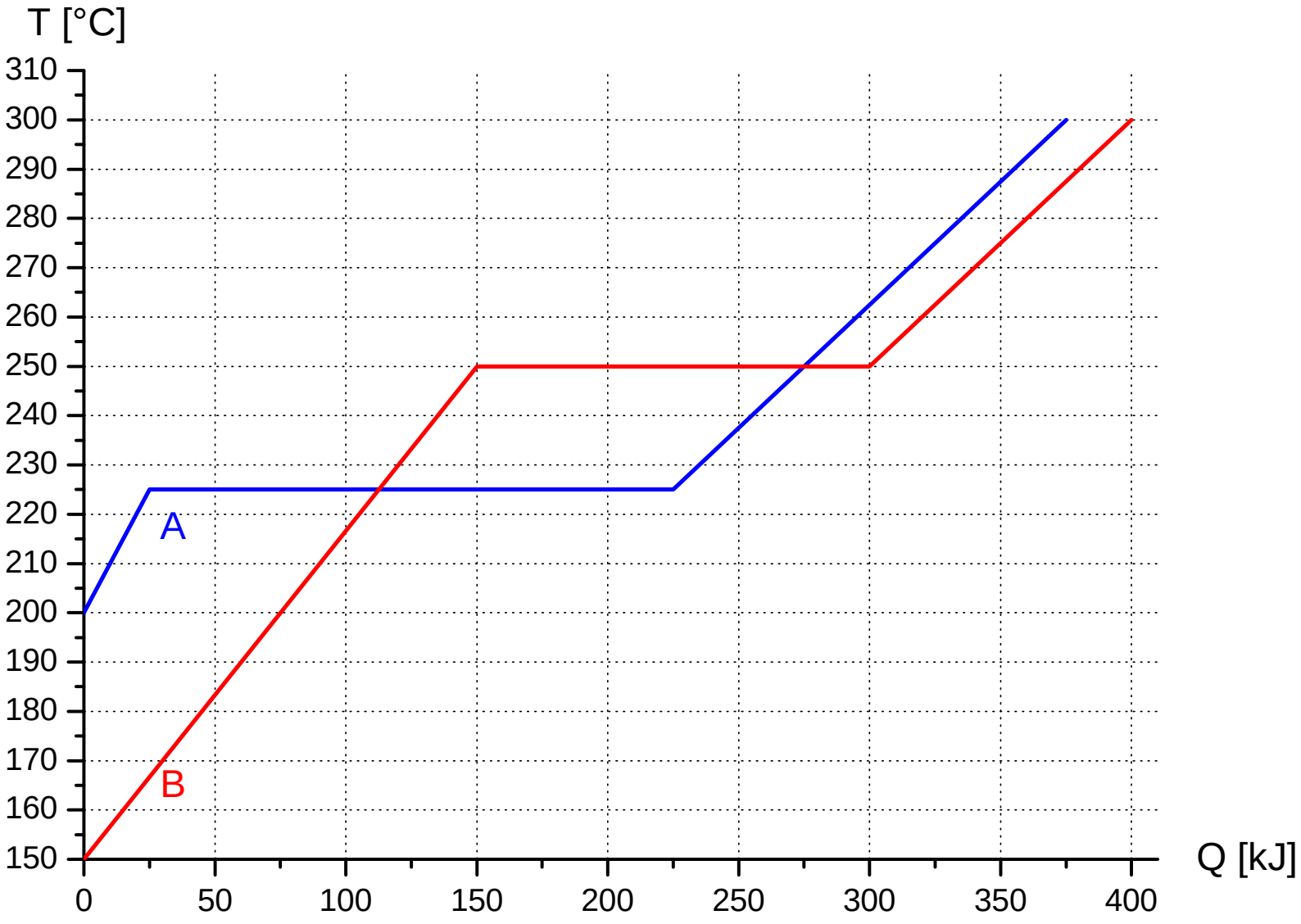
Lerneinheit 10 Prüfungsbesprechung

Verlaufsplanung
Arbeitsblätter
Folien

LE 10: Prüfungsbesprechung

Lehrinhalt	Lehrform	Hilfsmittel	Zeit
Einstieg			
Begrüssung Verteilen der korrigierten Prüfung Stundenablauf / Lernziele: Korrektion der Prüfung	Vortrag		5’
Prüfung			
Besprechung der Prüfung: Besonderes Eingehen auf diejenigen Aufgaben, die Probleme gemacht haben. Auf Fragen der Schüler eingehen.	Vortrag, S-Fragen	Wandtafel, Folie	30
Demonstration zu Aufgabe 6: Das Resultat der Aufgabe 6 wird mit einem Aluminium- und einem Bleizylinder vorgeführt. (Zylinder in heissem Wasser vorwärmen!)	Demonstra-tion	Diverses Material für Demo	5’

Aufgabe 4


T [°C]
310
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Q [kJ]
A
B