

Entwurf zum Unterrichtsbesuch im Fach Physik

Klasse 10x

Thema: Die spezifische Schmelzwärme

1 Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler sollen...

- auf der Grundlage ihres bisherigen Kenntnisstandes Abschätzungen über Mischungstemperaturen vornehmen können,
- ein Experiment planen, sorgfältig in Gruppen durchführen und anschließend kritisch auswerten können,
- aus dem Widerspruch zwischen Vorhersage und experimentellem Befund lernen, ihre bisherige Modellvorstellung zu hinterfragen und zu modifizieren,
- lernen, dass während des Schmelzvorgangs eines (kristallinen) Festkörpers Energie benötigt wird, um die Bindungen zwischen den Atomen bzw. Molekülen des Kristallgitters aufzubrechen,
- lernen, dass zum Schmelzen von 1 kg Eis eine Energie von 334 kJ benötigt wird, jedenfalls wesentlich mehr als für die Erwärmung der gleichen Masse Wasser um 1 K (4,19 kJ),
- mit der spezifischen Schmelzwärme als Größe rechnen und so Problemstellungen aus Natur und Technik bearbeiten können.

2 Geplanter Unterrichtsverlauf

LS	METHODEN/ MEDIEN	INHALT
1 (5')	gUg, OH	Einstieg/Problemstellung: „Um wieviel Grad vermag ein Eiswürfel ein Getränk abzukühlen?“ Abschätzen einer Mischungstemperatur ohne Berücksichtigung des Schmelzvorgangs: Mischen von Wasser bei 0°C und der etwa zehnfachen Menge Wasser bei 20°C.
2 (5')	gUg, TA	Hinführung zum Experiment: Überlegen des experimentellen Vorgehens und Skizzieren an der Tafel. „Welche Größen müssen gemessen werden?“
3 (15')	GA	Erarbeitung (Schülerversuche): Kalorimetrische Bestimmung der aufgenommenen und abgegebenen Energiemengen beim Mischen von Eis und Wasser.
4 (10')	gUg, TA	Auswertung/Sicherung: Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Gruppen (Mischungstemperaturen). Abweichung von der Vorhersage als Motivation für eine genauere Energiebetrachtung. Deutung der Energiedifferenz zwischen abgegebener Energie des abgekühlten Wassers und der aufgenommenen Energie durch das kalte Wasser als Energie, die zum Schmelzen des Eises benötigt wird.
5 (5')	gUg, (OH)	Vertiefung: Überlegungen zur Energie im Zusammenhang mit Phasenübergängen im Teilchenmodell.
6 (5')	gUg	Übung/Anwendung (als Zeitreserve): „Im Frühjahr werden bei Frost Obstbäume mit Wasser besprüht. . . “ (Schulbuch S. 222) Gefrieren als Umkehrung des Schmelzvorgangs: Energie wird frei
7	TA	Hausaufgabenstellung: Rechnen mit der spezifischen Schmelzwärme (Schulbuch S. 223 Nr. 2, 3, 4a)

3 Bemerkungen zur Lerngruppe

Die Klasse 10g unterrichte ich seit Beginn des Schulhalbjahres. Von den drei 10. Klassen, die ich derzeit am AKG im Fach Physik unterrichte, ist es mit 24 Schülerinnen und Schülern die kleinste Lerngruppe. Die Unterrichtsatmosphäre in dieser Klasse ist ungewöhnlich ruhig. Das liegt auch, aber nicht nur an der Klassengröße. Vielmehr zeigen sich eigentlich fast alle Schüler sowohl im Verhalten wie in der Beteiligung sehr zurückhaltend. Das macht sich positiv wie auch negativ im Unterricht bemerkbar. So ist es noch nie zu Unterrichtstörungen gekommen, was mir als Lehrer sehr entgegenkommt. Auf der anderen Seite wünschte man sich ab und zu auch eine etwas lebhaftere Beteiligung der Schüler am Unterrichtsgespräch.

Ein Interesse der Schülerinnen und Schüler am Fach Physik und seinen derzeit im Unterricht vermittelten Inhalten scheint dabei durchaus gegeben zu sein. Bei Experimenten in Kleingruppen arbeiten die Schüler sehr motiviert und sorgfältig zusammen. Die Ergebnisse werden bereitwillig, und ohne dass es einer Aufforderung bedürfte, ins Heft übernommen. Insgesamt erweckt die Klasse einen gespannt abwartenden Eindruck gegenüber dem Lehrer und den dargebotenen Lerninhalten. Um die Schülerinnen und Schüler auch im Unterrichtsgespräch stärker aktiv zu beteiligen, spreche ich sie häufiger gezielt persönlich an und erreiche so oft gute Beiträge von sonst eher zurückhaltenderen Schülerinnen wie A. oder B.

Am häufigsten beteiligen sich von sich aus C. und D. mit auch überdurchschnittlich guten Beiträgen am Unterricht. Letztere nimmt zur Zeit am Frankreichaustausch teil und wird deshalb in der heutigen Stunde leider fehlen. E. ist der vielleicht beste Schüler im Fach Physik; auf ihn kann ich als Lehrer bei schwierigeren Problemen zurückgreifen, bei einfacheren Fragen erweckt er dagegen den Eindruck, unterfordert zu sein. Weitere Schüler mit guten Leistungen sind F., G. und H. Im zurückliegenden Halbjahr erhielt I. eine mangelhafte Note. In der Tat scheint sie häufiger Verständnisschwierigkeiten zu haben. Immerhin hat sie sich aber zu Beginn meines Unterrichts in der Klasse bemüht, intensiv mitzuarbeiten. Ähnlich wie im Fall von J. und K., die sich in Physik auch schwer tun, bin ich zuversichtlich, dass sie letztlich dem Stoff noch ausreichend zu folgen vermag.

4 Didaktische Entscheidungen

Der Lehrplan Physik stellt den Unterricht in der 10. Klasse unter den Überbegriff Energie, gliedert in die Kapitel „Arbeit und Energie“, „Radioaktivität“ und „Energieversorgung“ [6].¹ Dieses Konzept erscheint durchaus sinn-

¹Am AKG wurde im Fach Physik in den vergangenen Jahren bedingt durch die räumlichen Gegebenheiten nach einem leicht abweichenden internen Lehrplan unterrichtet. Für die zehnte Klasse ergeben sich daraus aber keine wesentlichen Änderungen.

voll, ergibt sich daraus doch ein roter Faden, der den Unterricht in seinem Durchgang durch die verschiedenen angesprochenen Teilbereiche der Physik geleitet.

Im ersten Halbjahr hat der vorherige Lehrer ausführlich den Themenkomplex der mechanischen Energie und Leistung behandelt. Das bedingt, dass ich die verbleibenden Themenbereiche in dieser Klasse vergleichsweise forciert unterrichten muss.²

Gegenwärtig beschäftigen wir uns im Unterricht mit Wärme und innerer Energie als Energieformen, konkret wird es in der vorliegenden Stunde um die Energie im Zusammenhang mit Phasenübergängen gehen. Auch wenn dieses Thema nicht explizit im Lehrplan genannt wird, so ist es doch im folgenden Voraussetzung zum Verständnis der Funktion von Wärmepumpen und Wärmekraftmaschinen, die als Energieumwandler eine zentrale Rolle im Sinne des Lehrplans einnehmen. Auch die herangezogenen Lehrbücher widmen dem Thema in Vorbereitung auf die folgenden Abschnitte breiten Raum [1, 2, 3].

In den vorangegangenen Stunden wurde ausführlich der Zusammenhang zwischen Energiezufuhr und Temperaturerhöhung behandelt, insofern sollte die Grundlage für die Beschäftigung mit dem vorliegenden Stoff gegeben sein und sich auch die gewählte methodische Vorgehensweise anbieten (Vgl. Kap. 5). Die Phasenübergänge Fest-Flüssig und Flüssig-Gasförmig werde ich am Beispiel von Wasser behandeln, das uns als einziger Stoff in allen drei Aggregatzuständen in der Natur begegnet und auch in technischen Anwendungen eine herausragende Rolle spielt. Die Übertragung auf andere Systeme sollte den Schülern durch die Analogie leicht fallen.

Etwas problematisch gestaltet sich der Umstand, dass die für den Übergang eines Stoffes vom festen in den flüssigen Zustand benötigte Energie im Schulbuch wie in der Fachwissenschaft traditionell als „Schmelzwärme“ bezeichnet wird. Die Zuordnung des Begriffs „Wärme“ zu einer physikalischen Größe ist umstritten [5]. So legt der Begriff in der Alltagssprache über das Adjektiv „warm“ einen Zusammenhang mit der Temperatur nahe. Tatsächlich ist die Temperatur eines Körpers aber Ausdruck seiner inneren

²Der Unterricht durch den mir vorangegangenen Lehrer erfolgte in enger Anlehnung an den Karlsruher Physikkurs (KPK) [4]. Dieses alternative Konzept für den Physikunterricht sieht die Energie als zentrale physikalische Größe und ordnet ihr unterschiedliche Träger zu: im Bereich der Mechanik den Impuls und für die Wärmelehre die Entropie. Insofern vermeidet der KPK auch den im Lehrplan und im eingeführten Schulbuch benutzten Terminus der Energieform. So sehr die Kritik des KPK an einzelnen Punkten des bisher vorherrschenden Unterrichtskonzepts berechtigt ist, so problematisch ist jedoch auch die Umsetzung des vorgeschlagenen Alternativkonzepts im Hinblick auf die tatsächlichen Gegebenheiten in den Schulen. Selbst wenn sich das Fachkollegium einer Schule geschlossen an das Konzept und die Terminologie halten würde und entsprechendes Unterrichtsmaterial angeschafft würde, so benutzt die Fachwissenschaft ganz überwiegend noch immer die kritisierten Begriffe und Herangehensweisen. Daher versuche ich in meinem Unterricht, die Kritik des KPK in der Sache aufzugreifen, die Terminologie aber an die eingetübten Gebräuche anzupassen.

Energie, die Wärme hingegen bezeichnet üblicherweise den Energieübertrag von einem wärmeren auf einen kälteren Körper, wird durch den Karlsruher Physikkurs aber wiederum mit der Größe Entropie identifiziert [4]. Ich vermeide aus diesem Grund weitgehend den Begriff Wärme im Unterricht und spreche lieber konsequent von Energie beziehungsweise Energieübertrag. Da sich jedoch der Begriff „Schmelzwärme“ als *terminus technicus* in den Fachbüchern wie in Tabellenwerken wiederfindet, übernehme ich ihn als solchen auch in meinem Unterricht. Die Problematik wird dadurch verkompliziert, dass es in der Literatur keinen einheitlichen Formelbuchstaben für die spezifische Schmelzwärme gibt.

Wichtig in der vorliegenden Stunde ist mir schließlich, den Schmelzvorgang auch im Teilchenmodell zu erläutern. Hierbei wird verständlich, wofür die Energie beim Schmelzvorgang benötigt wird. In anderen Klassen bin ich darauf aufbauend in der Folge näher auf die Kristallstruktur von Eis und ihre Besonderheiten sowie Phasenübergänge eingegangen. In der Klasse 10g werde ich aufgrund der wenigen verbleibenden Zeit diesen Exkurs überspringen und in der folgenden Stunde in enger Analogie gleich die Verdampfungswärme behandeln, um dann mit den Geräten Kühltisch/Wärmepumpe zu praktischen Anwendungen zu kommen.

5 Methodische Entscheidungen

Den Einstieg in die vorliegende Stunde bildet ein Problem aus der Alltagswelt: Eiswürfel sollen ein Getränk kühlen. Für die Schüler dürfte dies eine scheinbar vertraute Problemstellung mit naheliegender Herangehensweise darstellen. Zuletzt in der vergangenen Stunde wurde die Mischungstemperatur berechnet, die sich ergibt, wenn eine heiße Metallkugel in ein Glas Wasser gegeben wird. Im vorliegenden Fall sollte sich die Fragestellung noch vereinfachen, da mit Wasser zwei mal derselbe Stoff mit derselben Wärmekapazität vorliegt. Die Mischungstemperatur müsste sich so einfach abschätzen lassen. Das eingeführte Schulbuch wählt einen anderen Einstieg: Obstbäume, die im Frühjahr vor drohendem Frost mit Wasser besprüht werden, um Erfrierungen zu vermeiden. Die derzeitige Witterungslage mag zwar eher für diese Motivation am Beginn der Stunde sprechen, aber es ergibt sich daraus nicht unmittelbar ein weiteres stringentes Vorgehen für diese Stunde. Ein solches liegt aber für den gewählten Einstieg nahe.

Danach gilt es, die getroffene Abschätzung im Experiment zu überprüfen. Wie in einem solchen Experiment vorzugehen ist, will ich im folgenden Schritt gemeinsam mit der Klasse besprechen. Es ist wichtig, die einzelnen Schritte des Versuchs eindeutig festzuhalten, da sonst erfahrungsgemäß nicht alle Schüler bei den Experimenten überlegt vorgehen.

Der Versuch selbst soll von den Schülern in Gruppenarbeit durchgeführt werden. Diese Methode ist in der Klasse gut eingeübt und bietet sich hier an,

da die Messung vergleichsweise einfach und Material in ausreichender Zahl vorhanden ist. Dazu kommt, dass alle Schüler in die Erarbeitung einbezogen werden und der Unterrichtsfortschritt nicht, wie sonst häufig in dieser Klasse, von nur wenigen Schülern geleistet wird. Die Einteilung der Gruppen ergibt sich aus der bestehenden Sitzordnung. Dass dabei die Schülerinnen zum Teil unter sich bleiben, ist kein Nachteil. Vielmehr besteht dann nicht die Gefahr, dass sie von vermeintlich leistungsstärkeren Schülern bei der Arbeit an den Rand gedrängt werden. Erfahrungsgemäß arbeiten Schülerinnen sogar sorgfältiger als ihre Mitschüler.

Im Anschluss an die Gruppenarbeit sollen die Ergebnisse zusammengetragen werden. Da nicht einheitliche Mengen Eis verwendet wurden, ergeben sich nicht zwangsläufig vergleichbare Mischungstemperaturen. Allerdings sollte die gemessene Abkühlung des „Getränks“ stets stärker ausgefallen sein, als anfangs abgeschätzt. Das soll die Motivation bilden, um eine Energiebilanz aufgrund der jeweiligen Temperaturänderungen aufzustellen. Die sich ergebende Energiedifferenz zwischen abgegebener Energie des ursprünglichen Wassers und der aufgenommenen Energie des hinzugekommenen Wassers aus dem Eisblock lässt sich nicht mehr alleine durch Messfehler erklären. Es sollte aber bei genauerem Hinsehen auch für die Schüler naheliegen, dass in der Berechnung von Wasser ausgegangen wurde, wo in Wahrheit Eiswürfel hinzugetan wurden. Die Energiedifferenz kann folglich mit dem Schmelzvorgang in Verbindung gebracht werden.

Im Unterrichtsgespräch soll dafür eine Erklärung durch das Teilchenmodell gefunden werden. Die Schüler sind damit hinreichend vertraut, dass erwartet werden kann, dass sie von sich aus die Modellvorstellung erfolgreich anwenden können. Nötigenfalls kann hier aber auch ein entsprechender Informationstext aus dem Schulbuch ergänzend zum Einsatz kommen.

Sollte noch Zeit vor dem Ende der Stunde verbleiben, kann dann auf die Frage eingegangen werden, weshalb Obstbäume im Frühjahr mit Wasser besprüht werden: Beim Erstarren wird in Umkehrung des Schmelzvorgangs Energie frei. Wünschenswert wäre es an dieser Stelle auch, das Rechnen mit der spezifischen Schmelzwärme einzuüben. Da jedoch vermutlich nicht genügend Zeit verbleibt, ergeben sich daraus die Hausaufgaben, die in der folgenden Stunde ausführlich besprochen werden sollten. Die zu notierenden Aufgaben aus dem Schulbuch weisen einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad auf, so dass für jeden Schüler zumindest eine lösbare Aufgabe enthalten ist.

Literatur

- [1] FRANZ BADER, HEINZ-WERNER OBERHOLZ (HG.): *Dorn · Bader. Physik Gymnasium Sek I.* Hannover 2001.
- [2] GERD BOYSEN U.A.: *Physik für Gymnasien. Sekundarstufe I. Länderausgabe A. Teilband 1.* Berlin 1992. [Eingeführtes Lehrbuch.]
- [3] WILHELM BREDTHAUER U.A.: *Impulse Physik, Klasse 8-10.* Stuttgart 2003.
- [4] FRIEDRICH HERRMANN: *Der Karlsruher Physikkurs. Ein Lehrbuch für die Sekundarstufe 1. Teil 1: Energie, Impuls, Entropie.* Köln 1997.
- [5] DERS.: *Atlanten der Physik (68): Innere Energie und Wärme.* – In: *PdN-PhiS* **52**, Heft 6, 47 (2003).
- [6] HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM (HG.): *Lehrplan Physik. Gymnasialer Bildungsgang. Jahrgangsstufen 7 bis 13.*
<http://lernarchiv.bildung.hessen.de/archiv/lehrplaene/-gymnasium/physik/LPGymPhysik.pdf>

A Einstiegsfolie



B Geplantes Tafelbild

KÜHLUNG DURCH EIS

Versuch:

$m_{\text{eis}} = \dots \text{ kg}$

$m_{\text{wasser}} = 0,2 \text{ kg}$
($\hat{=} 200 \text{ ml}$)

$\vartheta_{\text{wasser}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$

$\vartheta_{\text{Mischung}} = \dots \text{ } ^\circ\text{C}$

Auswertung:

$$E_{\text{wasser, ab}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T = 0,2 \text{ kg} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 3,1 \text{ K}$$
$$= 2,6 \text{ kJ}$$
$$E_{\text{eiswasser, auf}} = m \cdot c_w \cdot \Delta T = 0,007 \text{ kg} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 20,3 \text{ K}$$
$$= 0,6 \text{ kJ}$$

Erklärung der Differenz $2,6 \text{ kJ} - 0,6 \text{ kJ} = 2 \text{ kJ}$:
Es wird Energie zum Schmelzen des Eises benötigt!

Spez. Schmelzwärme von Eis: $334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$