

## I.C.22

### Wärmelehre

# Wärme, Temperatur und Energieübertragung – Grundlagen der Wärmelehre

Dominik Skalsky



© RAABE 2025

© Foto: ALIQUI Mohammed/iStock/Getty Images Plus

Was ist Wärme physikalisch betrachtet? Und in welchen Formen und Auswirkungen der Wärmeübertragung gibt es? Verschiedene Gruppenpuzzles und kleine Experimente führen motivierend in das Thema ein. Dabei wird sowohl auf die verschiedenen Temperaturskalen als auch auf Ausdehnung bei Temperaturerhöhung, Änderung der thermischen Energie und weitere Effekte der Wärmelehre eingegangen.

#### KOMPETENZPROFIL

**Klassenstufe:** 7/8

**Dauer:** 9–11 Unterrichtsstunden

**Kompetenzen:** Auswählen geeigneter Modelle bzw. Theorien für die Lösung physikalischer Probleme, Anwenden bekannter mathematischer Verfahren auf physikalische Sachverhalte, Aufstellen von Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen

**Inhalt:** Hypothesengeleitetes Experimentieren zur Temperaturabhängigkeit von Festkörpern und Flüssigkeiten, Beschreibung des thermischen Energietransports anhand von Beispielen, Änderung der inneren Energie durch Wärme

**Medien:** Texte, Fotos, Grafiken, Diagramme, Taschenrechner

## M 1

## Temperaturskalen – ein Gruppenpuzzle

## Vorbemerkung

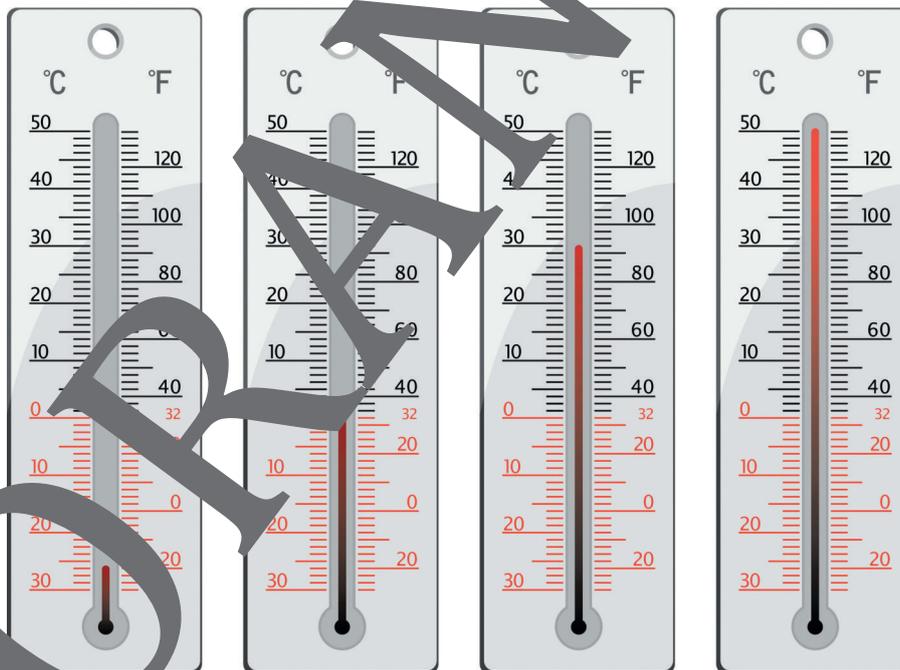
Sie begegnen uns täglich in unserem Leben: die verschiedenen Temperaturskalen. In Deutschland, wie in großen Teilen der Welt, nutzen wir im Alltag die Celsiusskala, in den USA dagegen wird Fahrenheit als Einheit verwendet. Mit der Kelvinskala in der Wissenschaft hat es insgesamt schon drei verschiedene Möglichkeiten, um Temperaturen anzugeben. Was unterscheidet man diese drei Skalen und wie sind sie entstanden?

**Aufgabe: Gruppenpuzzle zu den Temperaturskalen**

- Lies den Text über eine der Temperaturskalen und ihren Namengeber. Erstelle dann mit den anderen Schülerinnen und Schülern in deiner Expertengruppe eine kurze Zusammenfassung über die entsprechende Temperaturskala.
- Triff dich anschließend mit deiner Stammgruppe und erkläre deinen Mitschülern, was es mit deiner Temperaturskala auf sich hat. Notiert euch die wichtigsten Punkte in euren Heften. Füllt dann das Arbeitsblatt **M 1a** vollständig aus.



**Tipp:** Orientiert euch an dem Arbeitsblatt (**M 1a**), was für euch am wichtigsten ist für eure Erklärung der Temperaturskala ist. Ihr könnt auch bei den Ergebnissen eurer Expertengruppe mit Bleistift eintragen.



Graphics: Addict/DigitalVision Vectors

## Temperaturskalen – Arbeitsblatt

M 1a

### Aufgabe 1

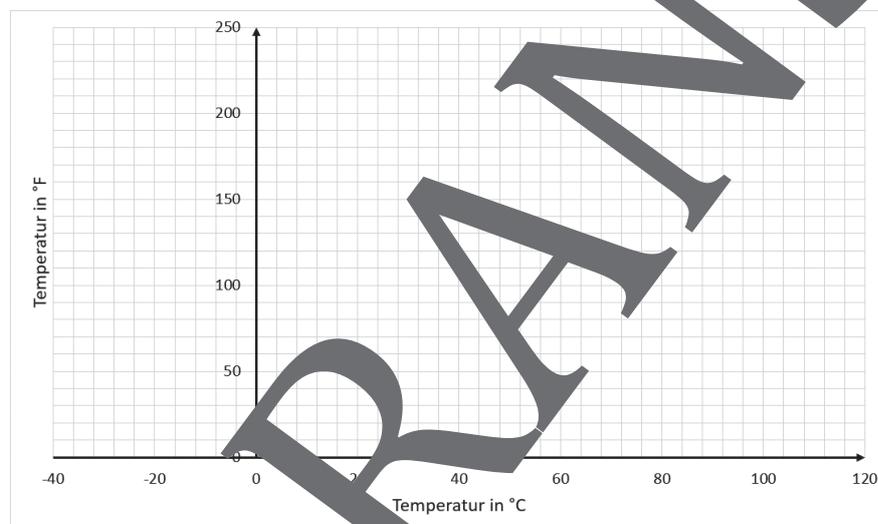
Füllt die folgende Tabelle mit den Fixpunkten der verschiedenen Temperaturskalen aus.

	Grad Celsius	Grad Fahrenheit	Kelvin
Siedepunkt von Wasser			
menschliche Körpertemperatur			
Gefrierpunkt von Wasser			273,15
Kältemischung	-17,8		5,35
Absoluter Nullpunkt		-459,67	



### Aufgabe 2

Tragt die Werte aus den hinterlegten Feldern aus Aufgabe 1 in das Koordinatensystem ein und verbindet die Punkte mit einer geraden Linie.



Skizze: Dominik Skalsky

### Aufgabe 3

Zeichnet ein Steigungsdreieck an die Gerade in Aufgabe 2 ein. Berechnet mithilfe des Dreiecks anschließend die Steigung der Geraden.



# Celsius, Fahrenheit, Kelvin – mit den Temperatureinheiten rechnen

M 2

## Vorbemerkungen

Jetzt weißt du bereits eine Menge über die drei wichtigsten Temperaturskalen. In diesem Abschnitt übst du nun, mit den Temperatureinheiten zu rechnen. Folgende Formeln ermöglichen es, zwischen den Temperaturskalen hin und her zu wechseln:

## Celsius und Kelvin

Die Umrechnung zwischen Celsius und Kelvin ist recht einfach. Du musst dafür zu einer Temperatur in Kelvin 273,15 hinzuaddieren und erhältst die Temperatur in Grad Celsius:

$$T_{\text{C}} = (T_{\text{K}} - 273,15 \text{ K}) \frac{\text{°C}}{\text{K}}$$

## Celsius und Fahrenheit

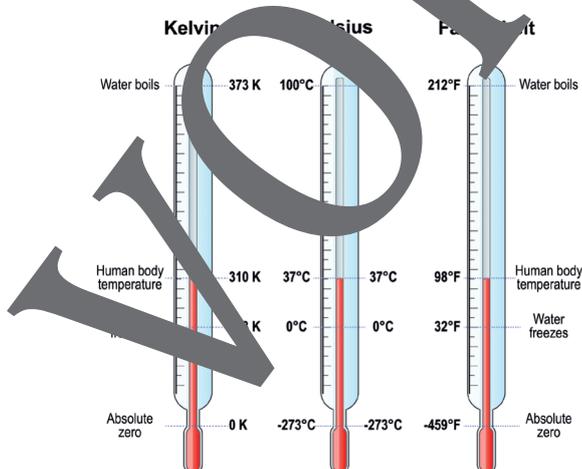
Die Umrechnung zwischen Celsius und Fahrenheit ist nicht ganz so einfach wie zwischen Celsius und Kelvin. Auf dem Arbeitsblatt hast du bereits eine Gerade für die Celsius- und Fahrenheitskala gezeichnet und ihre Steigung berechnet. Mithilfe dieser Steigung kannst du nun zwischen Celsius und Fahrenheit umrechnen. Zusätzlich musst du zu dem Ergebnis noch 32 dazu addieren:

$$T_{\text{F}} = (T_{\text{C}} \cdot 1,8) \frac{\text{°F}}{\text{°C}} + 32 \text{°F}$$

## Kelvin und Fahrenheit

Die Umrechnung zwischen Kelvin und Fahrenheit ist wohl die aufwendigste der drei Umrechnungen. Am besten rechnest du die Temperatur zuerst in Celsius um und dann in Fahrenheit:

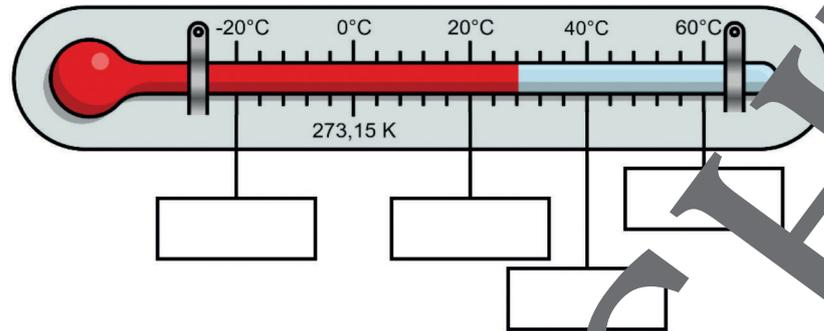
$$\begin{aligned} T_{\text{C}} &= (T_{\text{K}} - 273,15 \text{ K}) \frac{\text{°C}}{\text{K}} \\ \Rightarrow T_{\text{F}} &= ((T_{\text{K}} - 273,15 \text{ K}) \cdot 1,8) \frac{\text{°F}}{\text{K}} + 32 \text{°F} \end{aligned}$$



Grafik: ttsz/iStock/Getty Images Plus

**Aufgabe 1**

Trage in das abgebildete Thermometer die fehlenden Werte in der Kelvinskala ein.



Skizze: Dominik Skalsky

Nenne den Wert, bis zu welchem die Celsiuskala reicht, bisste, dann den Nullpunkt der Kelvinskala mit auf dem Thermometer abgebildet wäre.

**Aufgabe 2**

Wie bereits beschrieben, gilt folgende Formel zum von der Celsius- in die Fahrenheitskala umzurechnen:

$$T_{\text{°F}} = (T_{\text{°C}} \cdot 1,8) + 32^{\circ}\text{F.}$$

- Schreibe die Formel so um, dass diese für die Berechnung von Fahrenheit in Celsius genutzt werden kann.
- Rechne folgende Temperaturen um:
  - 10 °F in Celsius
  - 50 °F in Celsius
  - 50 °C in Fahrenheit
  - 100 K in Celsius
  - 100 K in Fahrenheit

**Aufgabe 3**

Nenne Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Celsius- und Kelvinskala.

---



---



---



---

## Versuch zur Ausdehnung von Festkörpern

M 4a

In diesem einfachen Versuch kann die Längenausdehnung einer Stricknadel beobachtet werden, wenn diese mit einer Kerze erwärmt wird. Dazu werden folgende Materialien benötigt:

### Material

- 1 Stricknadel aus Metall (z. B. Aluminium)
- 1 Korken
- 2 leere Flaschen
- 1 Nähnadel oder 1 Zahnstocher
- 1 kleiner Papierpfeil
- einige Kerzen



### Aufbau und Versuchsdurchführung:

Steckt die Stricknadel in den Korken. Das freie Ende der Stricknadel soll dabei auf die Öffnung der zweiten Flasche aufliegen (siehe rechtes Foto). Steckt den Papierpfeil auf das Ende der Nadel oder des Zahnstochers und steckt diesen Zeiger dann unter das freie Ende der Stricknadel. Erwärmt die Stricknadel jetzt mit einer oder mehreren Kerzen. Beobachtet, was mit dem selbstgebauten Zeiger passiert.



Foto: Dominik Skalko

### Beobachtungen:

Notiert eure Beobachtungen, die ihr während dem Versuch gemacht habt. Achtet darauf, eure Beobachtungen noch nicht zu deuten.

### Hypothesen:

Formuliert zwei Hypothesen, die eure Beobachtungen beschreiben.

## M 4b

## Versuch zur Ausdehnung von Flüssigkeiten

Mithilfe dieses Versuchs könnt ihr beobachten, wie sich Flüssigkeiten ausdehnen, wenn man sie erwärmt. Für diesen Versuch werden folgende Materialien benötigt:

**Material/Geräte**

- Schutzbrille
- 3 Erlenmeyerkolben
- 3 Gummistopfen mit Loch
- 3 Steigrohre
- Wasser
- Ethanol
- Frostschutzmittel
- Wasserkocher
- Großes Gefäß

**Aufbau und Versuchsdurchführung:**

Jeder der Erlenmeyerkolben wird mit einer der Flüssigkeiten (Wasser, Ethanol, Frostschutzmittel) bis knapp unter den Rand gefüllt. Dann wird in jeden der Gummistopfen eines der Steigrohre gesteckt, sodass es etwas unter dem Rand des Kolbens liegt. Die Stopfen mit den Glasrohren werden auf die Erlenmeyerkolben gesteckt. (Ein Teil der Flüssigkeiten wird dabei bereits in das Glasrohr gedrückt). Markiert an jedem Steigrohr den aktuellen Flüssigkeitsstand.

Das große Gefäß dient als Wasserbad zur Erhitzen der Kolben. Füllt es mit heißem Wasser ( $70\text{ °C} - 70\text{ °C}$ ) und stellt dann die drei Erlenmeyerkolben in das Wasserbad. Wartet einige Minuten und beobachtet, was passiert.

**Beobachtung:**

Notiert eure Beobachtungen, die ihr bei dem Versuch gemacht habt. Achtet darauf, eure Beobachtungen noch nicht zu deuten.

**Hypothesen:**

Formuliert Wenn-Dann-Sätze, die eure Beobachtungen beschreiben.



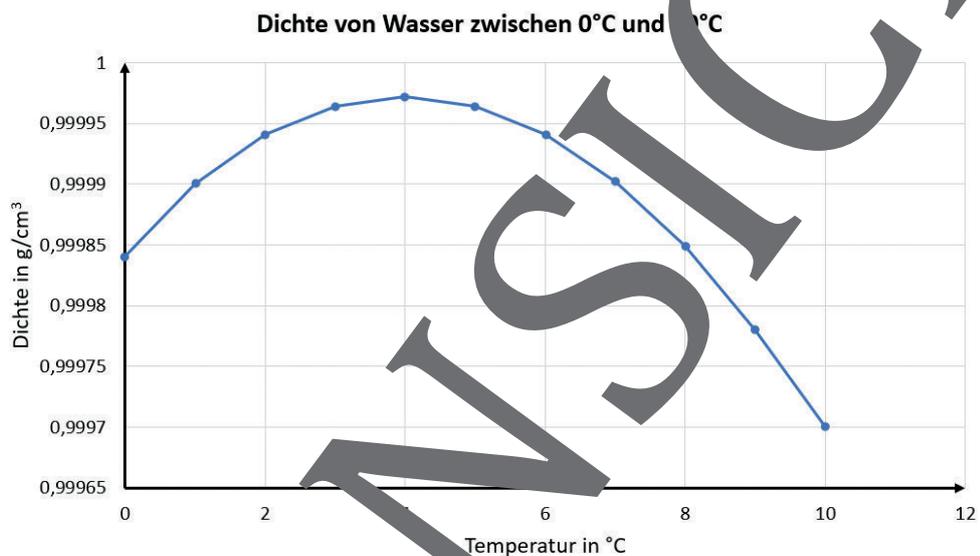
Foto: Dominik Skalsky

## M 5

## Die Dichteanomalie des Wassers

Wie du bereits weißt, dehnen sich die meisten Stoffe aus, wenn man sie erwärmt, egal ob fest, flüssig oder gasförmig. Es gibt aber Ausnahmen für diese Regel. Eine davon ist Wasser.

Erhitzt man Wasser z. B. von 10 °C auf höhere Temperaturen, verhält es sich wie die meisten anderen Flüssigkeiten auch: sein Volumen wird größer. Im Umkehrschluss sinkt das Volumen von Wasser, wenn man es wieder abkühlt. Dabei gibt es aber eine Besonderheit: Das Volumen sinkt vor zunächst wie erwartet ab, allerdings nur bis ca. 4 °C. Kühlt man das Wasser weiter herunter, also von 4 °C auf 0 °C, steigt das Volumen wieder an. Mit folgender Gleichung kann man daraus auch Rückschlüsse zur Dichte von Wasser ziehen:  $\rho = \frac{m}{V}$ .



Skizze: Dominik Skalsky

$\rho$  (*rho*) bezeichnet dabei die Dichte des Materials,  $m$  die Masse und  $V$  das Volumen, in dem sich das Material befindet. Kühlt man Wasser nun auf 4 °C ab, so sinkt das Volumen des Wassers, aber die Masse wird dabei nicht verändert. Die Dichte wird also größer. Kühlt man Wasser weiter ab (von 4 °C auf 0 °C), steigt das Volumen wieder an, also sinkt die Dichte des Wassers wieder. Die höchste Dichte von Wasser liegt demnach bei ca. 4 °C vor. Dieses ungewöhnliche Verhalten zwischen 0 °C und 4 °C nennt man deshalb auch **Dichteanomalie**, da man eigentlich erwarten würde, dass die Dichte beim Abkühlen weiter zunimmt.

### Aufgabe 1

Erkläre mithilfe dieser Informationen, weshalb z. B. Eisschollen auf dem Wasser schwimmen und nicht untergehen.

**Hinweis:** Recherchiere hierfür auch gerne im Internet, z. B. über die Dichte von Eis.

### Aufgabe 2

Im Winter schwimmen Fische sehr weit unten im See. Erkläre die Besonderheit, welche Fische in diesem Fall ausnutzen, um im Winter im Wasser zu überleben.

**Hinweis:** Welche Temperatur erwartest du ganz unten im See? Wo friert ein See als erstes zu?

### M 6a

## Zusammenhang zwischen $\Delta E$ und $\Delta T$ – Versuch

#### Durchführung:

Wir füllen eine feste Menge (z. B. 200 g = 0,2 l) Wasser in das Becherglas und stellen das Thermometer in das Wasser. Nun erhitzen wir das Wasser mithilfe des Tauchsieders oder der Heizplatte. Miss die Zeit, die benötigt wird, um das Wasser um jeweils 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K zu erwärmen.



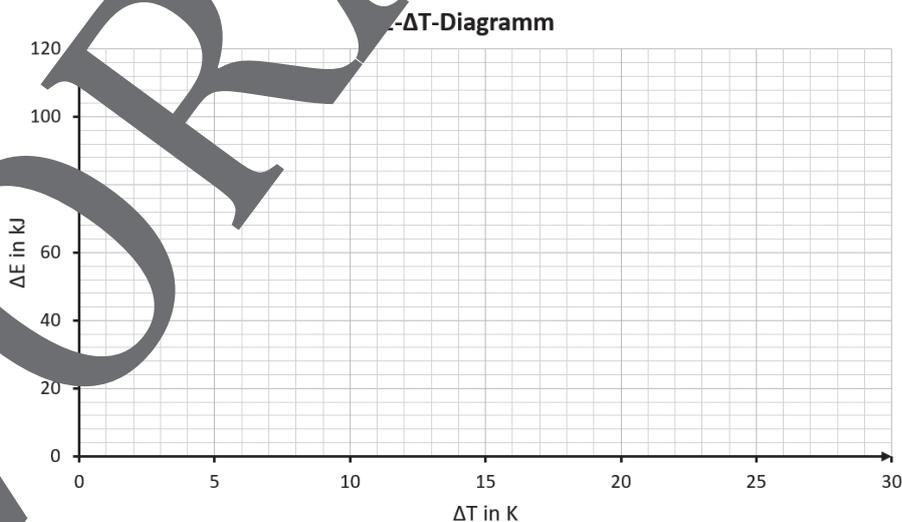
#### Material/Geräte

- Schutzbrille
- 1 Becherglas
- 1 Tauchsieder/1 Heizplatte mit bekannter Leistung
- 1 Thermometer

a) Trage deine Messergebnisse in folgende Tabelle ein.

$\Delta T$ in K	$t$ in s	$\Delta E$ in kJ
5		
10		
15		
20		
25		

b) Trage die Werte für  $\Delta T$  und  $\Delta E$  in das folgende Diagramm ein.



Skizze: Dominik Skalsky

## M 6c

Die spezifische Wärmekapazität  $c$ 

In den beiden Versuchen sollte sich jeweils eine Gerade für den Zusammenhang zwischen zugeführter Energie und Änderung der Temperatur bzw. der Masse ergeben haben. Aus einem solchen linearen Zusammenhang kann man schließen, dass die Energieänderung sowohl proportional zur Temperaturänderung als auch zur Masse des erwärmten Materials ist:

$$\Delta E \propto \Delta T$$

$$\Delta E \propto m.$$

Fügt man die Ergebnisse zusammen, erhält man

$$\Delta E \propto m \cdot \Delta T.$$

Aus diesem Ergebnis kann man schließen, dass der Quotient der Energieänderung  $\Delta E$  und der Masse  $m$  mal der Temperaturänderung  $\Delta T$  konstant ist, also Folgendes gilt:

$$\frac{\Delta E}{m \cdot \Delta T} = \text{const.} = c.$$

#### Spezifische Wärmekapazität $c$

Die hergeleitete Konstante nennt man **spezifische Wärmekapazität  $c$** . Diese Proportionalitätskonstante ist für jedes Material einzigartig und unveränderlich. Halten wir eine fertige Gleichung, welche die Änderung der inneren Energie mit der Temperaturänderung des Materials verknüpft:

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

#### Aufgabe 1

Bestimme die spezifische Wärmekapazität von Wasser. Gehe dabei wie folgt vor:

- Bestimme die Steigung, welche die spezifische Wärmekapazität haben muss, und notiere diese.  
**Hinweis:** Betrachte den Quotienten aus der Energie und dem Produkt der Masse und der Temperaturänderung.
- Berechne die Steigung der Geraden aus dem ersten Versuch. So erhältst du den Wert von  $c$  für Wasser.

#### Aufgabe 2

Berechne, wie viel Energie benötigt wird, um einen Topf mit 5 l Wasser von 20 °C auf 90 °C zu erwärmen.

---



---



---



## M 7

## Aggregatzustände und Phasenübergänge

**Fest zu flüssig: Schmelzen**

Gibt man zu 500 ml Wasser der Temperatur 60 °C ebenfalls 500 ml Wasser der Temperatur 0 °C hinzu, so stellt sich, wie zu erwarten, eine Mischtemperatur von 30 °C ein. Das kannst du zuhause ganz einfach ausprobieren. Den gleichen Versuch kann man auch durchführen, indem man 500 g Eis anstelle des kalten Wassers hinzufügt. Lässt man das Eis vollständig schmelzen und mischt immer wieder gut durch, so erhält man merkwürdigerweise eine deutlich niedrigere Temperatur als 30 °C. Der Unterschied liegt darin, dass das Eis mit der Zeit schmilzt. Zum Schmelzen des Eis wird Energie benötigt. Die benötigte Energie stammt aus der inneren Energie des umgebenden Materials, in diesem Fall also aus der inneren Energie des warmen Wassers. Mit einem einfachen Versuch kann man die Schmelzwärme verdeutlichen und auch ausrechnen. Dafür stellt man ein Gemisch aus Wasser der Temperatur 0 °C und 1 kg Eis her. Dieses Gemisch erhitzt man nun mit konstanter Leistung und misst Temperatur und Zeit.

Dabei fällt auf, dass die Temperatur zunächst nicht ansteigt. Erst, wenn das ganze Eis geschmolzen ist, beginnt die Temperatur des Gemisches zu steigen. Aus der Zeit und der Leistung der Wärmequelle kann man nun die zum Schmelzen notwendige Energie berechnen. Diese Energie wird **spezifische Schmelzwärme**  $s$  genannt und ist eine stoffabhängige Konstante. Sie gibt an, wie viel Energie nötig ist, um 1 kg Eis zu schmelzen. Je mehr Eis, desto mehr Energie ist nötig, um das Eis zu schmelzen. Man kann also folgern:

$$\Delta E \propto m$$

$$\Delta E = s \cdot m$$

**Von flüssig nach fest: Erstarren**

Der umgekehrte Weg des Schmelzens ist das Erstarren. Anstatt dass Energie aufgewandt werden muss, wird bei diesem Vorgang Energie an die Umgebung abgegeben. Die Wärme, die frei wird, wenn die Flüssigkeit erstarbt, ist genauso groß wie die Energie, die zum Erstarren eines Körpers zum Schmelzen benötigt. Der Effekt des Erstarrens kann im Frühjahr beim Nachtfrost ausgenutzt werden, um z. B. Obstbäume und ihre Knospen vor dem Erfrieren zu schützen.

Dafür werden die Bäume mit Wasser besprüht, das bei negativen Außentemperaturen nach einiger Zeit gefriert. Dabei gibt das Wasser seine innere Energie an die Blüten ab und diese werden so vor dem Erfrieren bewahrt.

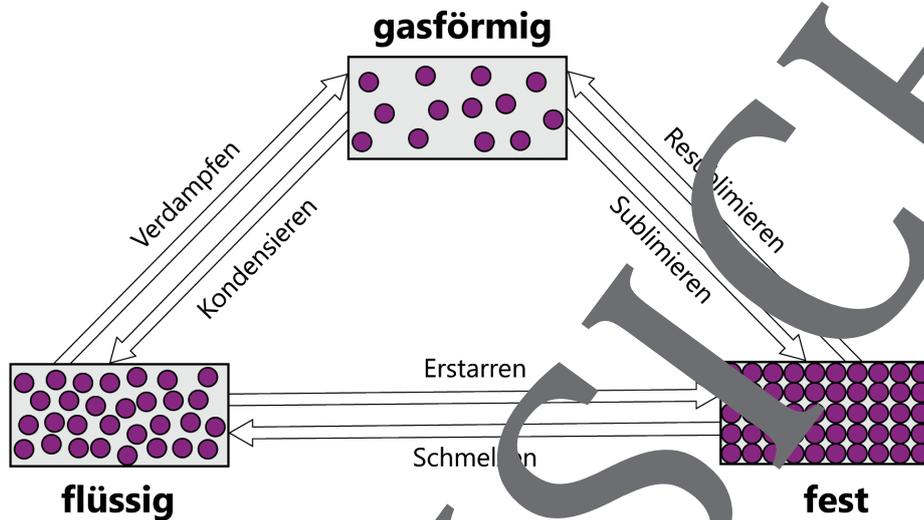


Foto: dpenn/iStock/Getty Images Plus



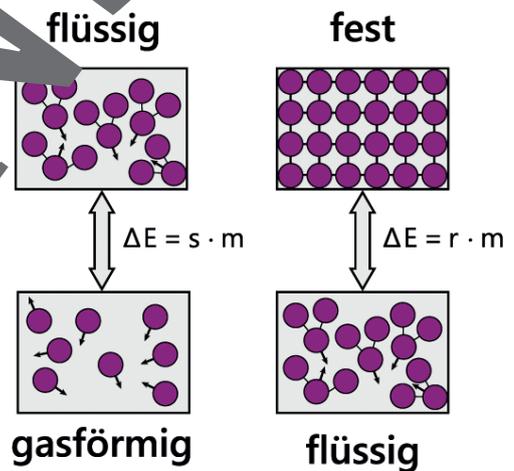
**Zusammenfassung**

Wasserdampf beim Kochen, Flüssigkeit zum Waschen und Eis zum Kühlen. Am Beispiel von Wasser sehen wir: Stoffe kommen in unterschiedlichen Formen vor. Diese Zustände nennt man Aggregatzustände. Dabei kann ein Stoff je nach Temperatur gasförmig, flüssig oder fest vorliegen. Die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen nennt man Phasenübergänge. Aus dem Alltag sind folgende Namen bekannt:



Zum Schmelzen und Verdampfen wird Energie benötigt, beim Erstarren und Kondensieren wird Energie an die Umgebung abgegeben. Spezifische Materialkonstanten ermöglichen es, die Energien auszurechnen, die benötigt werden, um 1 kg eines Materials zu schmelzen bzw. zu verdampfen. Sie werden **spezifische Schmelzwärme  $s$**  und **spezifische Verdampfungswärme  $r$**  genannt.

Die Energien, die beim Erstarren und Kondensieren an die Umgebung abgegeben werden, sind genauso groß wie die Energien, die zum Schmelzen bzw. Verdampfen benötigt werden.



Skizzen: Alexander Friedrich

## Wärmekraftmaschinen und Kältemaschinen

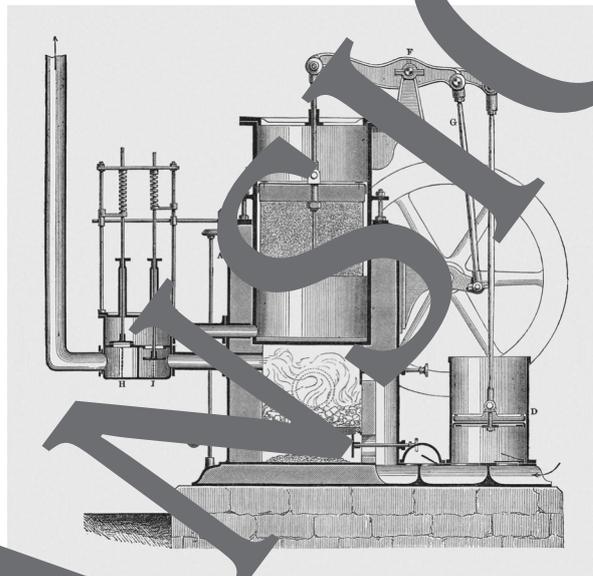
M 9

Wärme, innere Energie, Übertragung thermischer Energie. Gut zu kennen, aber wofür kann man diese Phänomene nun benutzen? Tatsächlich umgeben uns diese Dinge in Form von sogenannten Wärmekraftmaschinen und Kältemaschinen täglich in unserem Leben und erleichtern uns den Alltag.

### Wärmekraftmaschinen

Wärmekraftmaschinen nutzen Wärmeunterschiede, also Temperaturdifferenzen, um Arbeit zu verrichten. Wie du bereits weißt, „fließt“ thermische Energie von Orten mit höherer Temperatur zu Orten mit niedrigerer Temperatur. Diesen Energiefluss machen sich Wärmekraftmaschinen zunutze.

Ein typisches Beispiel ist eine Dampfmaschine. In ihr wird die innere Energie von heißem Wasserdampf genutzt, um damit mechanische Arbeit zu verrichten. Dafür wird mithilfe von Feuer Wasser in einem geschlossenen Kessel erhitzt. Das Wasser verdampft. Da Wasserdampf ein größeres Volumen besitzt als die gleiche Menge Wasser, baut sich in dem geschlossenen Kessel ein Druck auf. Der Wasserdampf drückt in der Dampfmaschine gegen einen Kolben oder ein Turbinenrad. Dabei kühlt der Dampf ab, er gibt also seine innere Energie an den kälteren Kolben in Form von kinetischer Energie ab. So kann durch den Austausch von thermischer Energie zwischen dem heißen Dampf und dem kälteren Kolben mechanische Arbeit verrichtet werden.



Bildquelle: [https://www.123rf.com/stock-vector/109/DigitalVision Vectors](#)

Bei diesem Vorgang erhitzen sich der Kolben und andere Teile der Dampfmaschine auch ein wenig. Es wird also nicht der ganze Teil der thermischen Energie in kinetische Energie umgewandelt. Man spricht davon, dass der Wirkungsgrad  $\eta$  der Maschine kleiner als 1 ist:

$$\eta = \frac{\text{erzielbare kin. Energie}}{\text{aufgebrachte therm. Energie}} < 1$$

Diesen Verlust an nutzbarer Energie gibt es immer, es ist also nicht möglich, perfekt arbeitende Wärmekraftmaschinen zu bauen, deren Wirkungsgrad genau 1 beträgt.

# Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.  
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online  
14 Tage lang kostenlos!

[www.raabits.de](http://www.raabits.de)

