



UNTERRICHTSMODUL THERMISCHE ENERGIE

THERMISCHE ENERGIE

ARBEITSBLATT UND LEHRERINFORMATION

Fachinhalte:

- Thermische Energie
- Brownsche Bewegung
- Aggregatzustände
- Energiesparen
- Statistische Daten zum Wärmeverbrauch
- Kältemittel, Verdampfung
- Kältekreislauf
- Wärmepumpen

THERMISCHE ENERGIE

VORAUSSETZUNGEN

Aus Alltagserfahrungen kennen die SuS die Veränderungen eines Stoffes durch Zufuhr von Wärme. Das Teilchenmodell sowie die Brownsche Bewegung der Teilchen sind den SuS vertraut. Die SuS haben physikalische Grundkenntnisse zu thermodynamischen Prozesskreisläufen, insbesondere im Zusammenhang mit Temperatur, Druck und Zustandsänderung.

GESAMTZEIT: 90 MINUTEN

HINWEISE ZUM STUNDENABLAUF

PHASE	INHALT	ZEIT
Vorbereitende Hausaufgabe zur Stunde	Die SuS machen je zwei Vorher-nachher-Fotos von einem Teebeutel in einem hitzebeständigen Glas. Im ersten Versuch wird der Teebeutel in kaltes Leitungswasser getaucht und der Zustand direkt nach dem Eintauchen und dann 60 Sekunden später fotografiert. Im Anschluss wird der(selbe) Teebeutel in sehr heißes Wasser gegeben. Wiederum halten die SuS den Eintauchmoment und die Situation 60 Sekunden später im Foto fest.	(15 Min.)
1. Einstieg und Motivation	Fragen Sie als Einstieg im Klassengespräch, was eigentlich Wärme ist und sammeln Sie mit den SuS Beispiele aus dem Alltag für Wärmequellen und Heizungssysteme. Diskutieren Sie verschiedene Möglichkeiten, wie Wärme abgeführt werden kann. Damit besprechen Sie auch Wege der Wärmeübertragung. Sammeln Sie im Klassengespräch Nutzen und Nachteile von Wärmeenergie.	15 Min.
2. Aufgabenstellung zu Wärmebewegung und Aggregatzuständen	Mit Aufgabe 1 frischen die SuS ihr Wissen zur Teilchenbewegung, zur inneren Energie und zu den Zustandsänderungen der Stoffe in Einzelarbeit auf. In dieser Phase greifen die SuS auf die eigenen Fotos aus der vorbereitenden Hausaufgabe zurück.	30 Min.
3. Aufgabenstellung und Diskussion zum Kältekreislauf und zur Wärmepumpe	Am Beispiel der Funktionsweise eines Kühlschranks erarbeiten sich die SuS mit Aufgabe 2.1 in Zweiertteams ein grundlegendes Verständnis der Wärmepumpe. Sie übertragen mit Aufgabe 2.2 das Wissen auf die Funktionsweise allgemein. Zusammen mit einem weiteren Zweierteam vergleichen sie ihre Ergebnisse und ergänzen als Vierergruppe Aufgabe 2.3. Im Plenum werden die Ergebnisse von 2.3 verglichen.	30 Min.
4. Aufgabenstellung und Diskussion zu Wärmeenergie und Energiesparen	Anhand der Fragen in Aufgabe 3 analysieren die SuS im Plenum die Grafik. Diskutieren Sie gemeinsam Möglichkeiten, Energie einzusparen.	15 Min.

THERMISCHE ENERGIE

BINNENDIFFERENZIERUNG

- ▶ Die Basisaufgabe ist von allen Schülerinnen und Schülern zu lösen.
- ▶ Die Bonusaufgabe ist optional, sie dient als Reserve oder Ergänzung für leistungsstärkere Lernende.

HAUSAUFGABE:

Die Schülerinnen und Schüler führen einen einfachen Versuch zur Zustandsänderung des Wassers durch. Dazu erhitzen sie Eiswürfel in einem Topf auf dem Herd bei voller Heizleistung. Mit dem Beginn wird die Zeitdauer ermittelt, bis der nächste Aggregatzustand vollständig erreicht ist. Die Zeitdauer ist dabei ein Maß für die zugeführte Energiemenge.

Hinweis: Weisen Sie bitte darauf hin, dass die Schülerinnen und Schüler bei dem Versuch auf Sicherheit achten sollen.
Achtung, Verbrühungsrisiko! Am besten Schutzbrille tragen!

HINWEISE UND LÖSUNGEN ZU DEN AUFGABEN

LÖSUNGSVORSCHLÄGE FÜR DAS EINSTIEGS- GESPRÄCH

- ▶ Beispiele für Wärmequellen:
 - Verbrennung, Explosion: Umsetzung chemischer Energie in Wärme
 - mechanische Reibung, z. B. an einem Seil, oder einer Luftpumpe, erhöht die innere Energie der Stoffteilchen
 - Wärmestrahlung von Rotlichtlampen oder der Sonne, Strahlungsenergie erhöht beim Auftreffen die innere Energie der Stoffteilchen
 - Wärme im Erdinneren wie Geysire, Vulkane, Thermalwasser
- ▶ Heizungssysteme:
 - Fernwärme
 - Heizen mit fossilen Brennstoffen
 - Elektroheizung: erzeugt durch den Stromdurchfluss Reibung der inneren Teilchen
 - Erdwärme: der Umgebung wird die innere Energie entzogen
 - Solarthermie: Wasser wird durch Strahlung erhitzt
- ▶ Überschüssige Wärme abführen durch:
 - Schwitzen, also Kälte durch Verdunstung
 - Ventilator, Lüfter: Verwirbeln der überhitzten Luftteilchen
 - Kühlwasser: Wärme an kälteres Medium übertragen
 - Kühlrippen, Kühlkörper: gut wärmeleitendes Metall gibt Hitze an die Umgebungsluft ab
- ▶ Wärmeübertragung:
 - Wärmeleitung: Wärme „fließt“ entlang eines Temperaturgefälles durch engen Kontakt zwischen dem wärmeren und dem kälteren Stoff
 - Konvektion: Bewegung und Durchmischung von Stoffen, weil wärmere Flüssigkeiten und Gase i. d. R. aufsteigen, Beispiel Heizkörper
 - Wärmestrahlung: Ein warmer Körper sendet Lichtstrahlen im nicht sichtbaren Infrarotbereich aus (Beispiel: überhitzte Herdplatte wird rotglühend, Feuer, Rotlichtlampe)
- ▶ Nutzen von Wärmeenergie:
 - Heizung im Haus
 - Warmwasserversorgung
 - Kochen

- Erhitzen von Stoffen für Industrieprozesse (Schmelzen, Fügen, Schweißen)

- ▶ Nachteile von zu viel Wärme:
 - Verbrennung der Haut, Verbrennen von Materialien
 - Abwärme muss abgeführt werden (Kraftwerke, elektronische Geräte)
 - Hitzschlag beim Menschen
 - unerwünschte Veränderungen und Schmelzen von Materialien

1. INNERE ENERGIE, BROWNSCHE BEWEGUNG, ZUSTÄNDE

Lösung:

Deine Vorher-nachher-Fotos vom Teebeutel zeigen in vereinfachter Form die **Brownsche Bewegung** der kleinsten Teilchen, benannt nach dem Versuch des Schotten Robert Brown im Jahr 1827. Die Fotos zeigen, dass sich die feinen Farbtteilchen des Tees, ohne Einwirkung von außen, nach kurzer Zeit **gleichmäßig** im Wasserglas verteilen. Bei hoher Temperatur läuft der Vorgang deutlich **schneller** ab.

Damit kann indirekt über die sichtbare Ausbreitung der Farbtteilchen im Wasser auf die nicht sichtbare Bewegung der kleinsten Teilchen des Wassers im Glas geschlossen werden. Die selbsttätige, immerwährende Bewegung der Wasserteilchen in der Flüssigkeit stößt die vielen größeren Farbtteilchen ständig an und verteilt diese mit der Zeit gleichmäßig im Glas.

Die Bewegung **der kleinsten Teilchen** eines Stoffes findet bei allen Stoffen, egal ob flüssig, gasförmig oder fest, statt. Sie bestimmt die **innere Energie** eines Stoffes und wird als Wärme oder **Temperatur** eines Stoffes empfunden. Die innere Energie entspricht der **Wärmeenergie** des Stoffes. Die Bewegung der Teilchen ist **stärker**, je **wärmer** der Stoff ist. Nur am absoluten Nullpunkt der Temperatur bei -273° Celsius, das entspricht 0° Kelvin, bewegen sich die Teilchen überhaupt nicht mehr. Das heißt auch, dass Stoffe schon bei niedrigen Celsius-Temperaturen große innere Bewegungsenergie speichern.

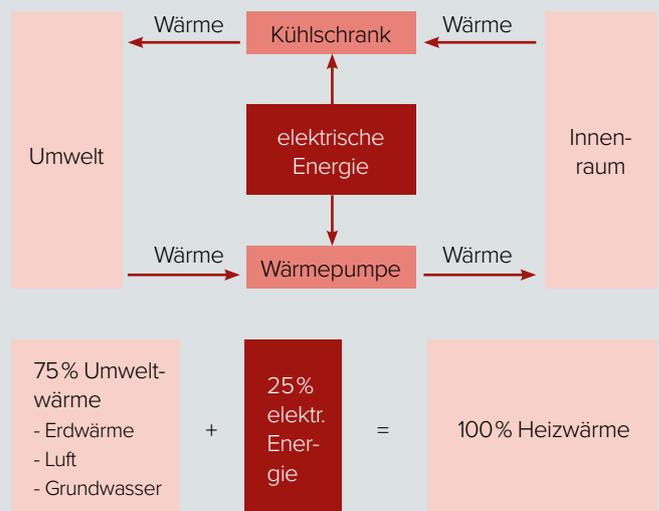
Im **Teilchenmodell** stellt man sich die kleinsten Teilchen eines Stoffes vereinfacht als kleine **Kugeln** vor. Bei einem Stoff im festen Zustand liegen die Kugeln geordnet aufeinander und ziehen sich gegenseitig an. Aufgrund der **inneren Energie** schwingen die Kugeln an ihrem Platz hin und her. Wenn der Feststoff durch **Zufuhr** von Wärmeenergie **aufgeheizt** wird, sind die Schwingbewegungen **stärker** und die Kugeln brauchen immer **mehr** Raum um sich herum. Schließlich können die **Anziehungskräfte** und die feste Ordnung überwunden werden. Der Feststoff ist **geschmolzen** und flüssig. Die Kugeln liegen ungeordnet nebeneinander und sind leicht verschiebbar. Wird die **Flüssigkeit** unter Wärmezufuhr weiter **erhitzt**, bewegen sich die Teilchen so schnell, dass sie losgelöst von den Nachbarpartikeln frei im Raum schwingen. Die Flüssigkeit ist **verdampft**, der Stoff ist ein **Gas**. Kühlt man das Gas wieder ab und entzieht ihm die innere Energie, zieht sich das Gas zusammen und die Teilchen lagern sich aneinander an. Dieser Vorgang heißt **Kondensation** und verursacht, dass sich Flüssigkeitstropfen bilden. Kühlt die Flüssigkeit immer weiter ab, **erstartet** die Flüssigkeit und es bildet sich wieder ein Feststoff.

Lösungsvorschlag:

- ▶ Verdampfen:
 - Sieden, d.h. Wasser wird zu Wasserdampf, Benzin wird beim Tanken zu Benzindampf durch Erwärmung durch Umgebungsluft
 - Schwitzen, Schweiß verdunstet, Wärmezufuhr nötig, entzieht der Haut die benötigte Energie
- ▶ Erstarren:
 - Wasser wird zu Eis, Energie wird entzogen, Abkühlung des Wassers
 - Wachs wird hart, Wärme wird entzogen nach Löschen der Flamme
 - Lötzinn erstarrt, Wärme wird entzogen durch Luftkühlung
- ▶ Verflüssigen:
 - Eis wird zu Wasser durch Erhitzen, Wärmezufuhr
 - Wachs wird flüssig durch Wärmezufuhr einer Flamme
 - Stahl wird flüssig durch Erhitzen im Hochofen
 - Durch Erhitzen im Topf wird Zucker flüssig (Karamellisieren)
- ▶ Kondensieren:
 - Wasserdampf kondensiert als „Beschlagen“, Wärmeentzug am kalten Glas

2. ENERGIESPARTRICK WÄRMEPUMPE

2.1 DIE IDEE HINTER KÜHLSCHRANK UND WÄRMEPUMPE



Lösungsvorschlag:

Der Kühlschrank transportiert Wärme aus seinem isolierten Innenraum nach außen und gibt die Wärme an die Umgebungsluft ab.

Die Wärmepumpe pumpt die in der Umwelt gespeicherte Wärmeenergie aus Luft, Erdreich oder Grundwasser in den Innenraum des Hauses. Sowohl Kühlschrank als auch Wärmepumpe transportieren die Wärme mithilfe von geringem Einsatz an elektrischer Energie gegen das natürliche Temperaturgefälle.

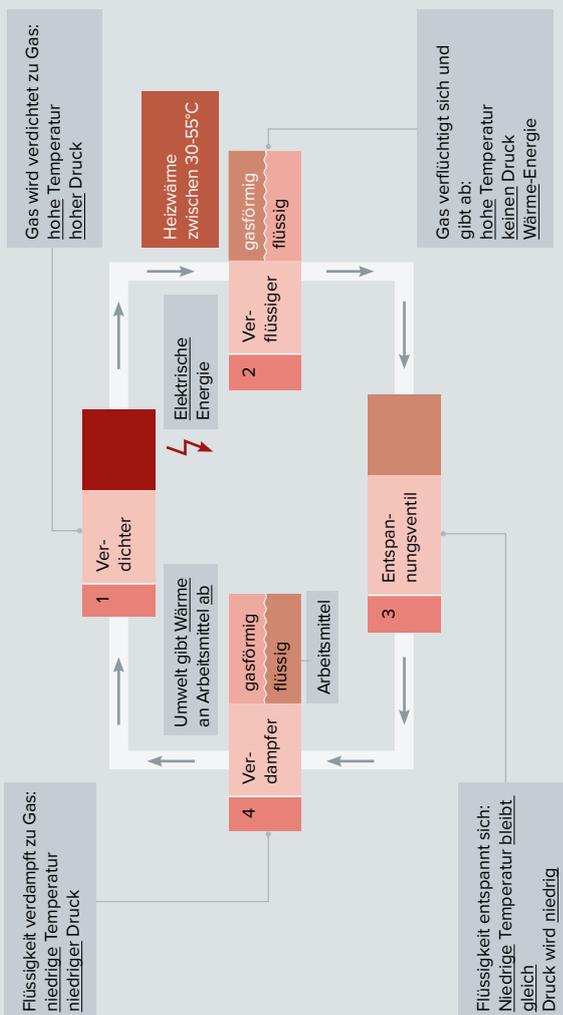
Die Wärmepumpe ist besonders energiesparend, weil sie 75 Prozent der notwendigen Heizungswärme aus der Umwelt holt. Um auf 100 Prozent Heizungswärme im Innenraum zu kommen, muss nur noch 25 Prozent elektrische Energie eingesetzt werden. Eine Gasheizung muss mehr als 100 Prozent der Heizungswärme aus Brennstoff gewinnen, da man auch noch Wärmeverluste in der Heizungsanlage und in den Rohren hat.

2.2 TECHNISCHE BAUTEILE EINES KÜHLSCHRANKS

- A Das Kältemittel entzieht dem Innenraum Wärme und geht von flüssig zu gasförmig über.
- B Das sehr warme gasförmige Kältemittel gibt seine Wärme über die Kühlrippen an die Umgebung ab und wird dabei wieder flüssig.
- C Das gasförmige Kältemittel wird angesaugt, stark verdichtet und dadurch erwärmt.
- D Der Druck und die Temperatur des flüssigen Kältemittels werden durch ein enges Ventil stark abgesenkt und in den Innenraum des Kühlschranks geleitet.

2.3 FUNKTIONSWEISE DER WÄRMEPUMPE

Lösungsvorschlag:



Der Ablauf im Kältemittelkreislauf und die Vorgänge im Innern der Bauteile sind bei Kühlschrank und Wärmepumpe gleich. Nur die Orte von Verdampfer und Verflüssiger sind genau vertauscht. Die Wärmepumpe arbeitet wie ein „Kühlschrank für die Umgebung“.

Das Drosselventil beim Kühlschrank entspricht dem Entspannungsventil im Schema. In beiden Fällen wird der Druck des Kältemittels beim Durchlauf durch das Ventil gesenkt.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN ZUR WÄRMEPUMPE

Die Luft-Wärmepumpe:

- ▶ Wärmequelle: Umgebungsluft mit hohen Schwankungen in Winter und Sommer zwischen -20°C und 35°C
- ▶ Vorteile:
 - Einfach nachträglich einzubauen
 - Luft wird von außen eingesaugt
- ▶ Nachteil: Die Effizienz ist gerade im Winter, bei geringer Lufttemperatur, gering.

Die Erdreich-Wärmepumpe:

- ▶ Wärmequelle:
 - Tief- oder Flachkollektoren im Erdreich
 - Tiefbohrungen bis etwa 150 m Tiefe
 - Flachkollektoren werden als Rohre in etwa 1,50 m Tiefe auf einer Fläche von 350 qm zum Beheizen eines Einfamilienhauses in engem Abstand verlegt.
 - Die Wärme in dieser Tiefe beträgt nahezu konstant zwischen 7°C und 12°C.
- ▶ Vorteil: Gleichbleibende Effizienz der Wärmepumpe durch konstante Wärmequelle
- ▶ Nachteile:
 - Großer baulicher Aufwand
 - Tiefbohrungen sind genehmigungspflichtig

Die Grundwasser-Wärmepumpe:

- ▶ Wärmequelle: Die Wärme des Grundwassers wird durch Tiefbohrungen genutzt.
- ▶ Vorteile:
 - Konstante Temperatur des Grundwassers
 - Hohe Effizienz der Wärmepumpe

- ▶ Nachteile:
 - Genehmigungspflichtig
 - Großer baulicher Aufwand

3. WÄRMEVERBRAUCH UND ENERGIESPAREN

Lösungsvorschlag:

Analyse

- ▶ Wärmeenergie für Raumwärme, Warmwasser, technische Prozesse wie z. B.
 - Industrie: Verformen und Bearbeiten von Werkstoffen, chemische Verfahren
 - GHD: Verformen, chemische Prozesse, Schweißen, Fügen, Verarbeiten
 - Haushalte: Kochen, Backen
- ▶ 1. Haushalte, 2. Industrie, 3. GHD, 4. Verkehr; die meiste Wärme verbrauchen die Haushalte!
- ▶ In Industrie und Haushalt ist der Wärmeverbrauch leicht gesunken
- ▶ Änderung bei der Industrie: 7,9%, bei den Haushalten: 6,6%
- ▶ Im Sektor GHD und Verkehr leichter Anstieg

Interpretation

- ▶ Höhere Wirkungsgrade bei Heizsystemen in Industrie und Haushalt
- ▶ Die Industrie investiert in energieeffiziente Anlagen
- ▶ Verbesserte Wärmedämmung
- ▶ Einsparung von Warmwasser durch Spararmaturen und Sparspülung
- ▶ Klimaerwärmung und mildere Winter, deshalb geringere Heizwärme

Möglichkeiten zum Einsparen von Wärmeenergie und Energie allgemein

- ▶ Da die Haushalte am meisten verbrauchen, ist dort das Einsparpotenzial bei Wärme am größten
- ▶ Hocheffiziente, moderne Heizungsanlagen einsetzen
- ▶ Heizungen mit fossilen Brennstoffen vermeiden, die große Abwärme im Abgas enthalten
- ▶ Wärmedämmung von Gebäuden
- ▶ Mehrfach verglaste Fenster
- ▶ Smart-Konzepte zur effizienten Steuerung der Heizung

- ▶ Warmwasser sparen
- ▶ Warmwasserrohre im Haus konsequent dämmen
- ▶ Beleuchtung konsequent durch sparsame LED-Konzepte ersetzen

Lösungsvorschlag Bonusaufgabe:

- ▶ Heizwärme aus erneuerbaren Energien einsetzen
- ▶ Warmwasser durch Solarheizung
- ▶ Wärme der Umwelt nutzen, statt fossile Brennstoffe zu verbrauchen
- ▶ Smarte Technologien auch von außerhalb einsetzen, um den Verbrauch sparsam und nach Bedarf zu regeln
- ▶ Moderne, hocheffiziente Heizungssysteme verwenden mit wenig Verlustwärme
- ▶ Rückgewinnung von Wärme aus der Abluft beim Lüften der Räume über Wärmetauscher
- ▶ Dämmung von Mauerwerk und Dach
- ▶ Mehrfach-Fensterverglasung
- ▶ LED-Beleuchtung und effiziente Haushaltsgeräte
- ▶ Strom aus Solarenergie von der eigenen Fassade/vom eigenen Dach nutzen