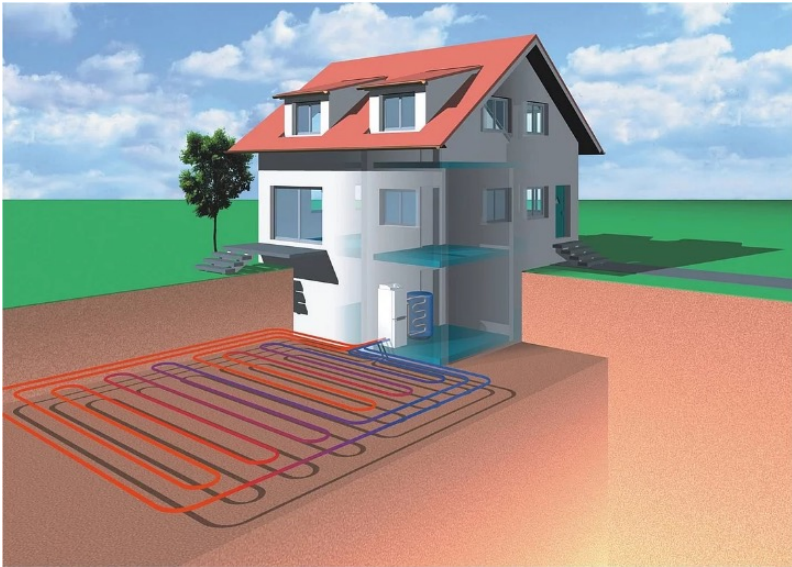


Wärmepumpen im (Physik-)Unterricht



Gliederung

1. Rahmenlehrpläne Berlin / Brandenburg Sek. I
 - a) Physik
 - b) WPU Nawi (nur BB)
2. Rahmenlehrpläne Berlin / Brandenburg Sek. II
 - a) Physik
3. Fachliche Voraussetzungen
4. Wärmepumpe im Physik-Unterricht

1. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. I - Physik

Teil C
Physik
Jahrgangsstufen 7 – 10

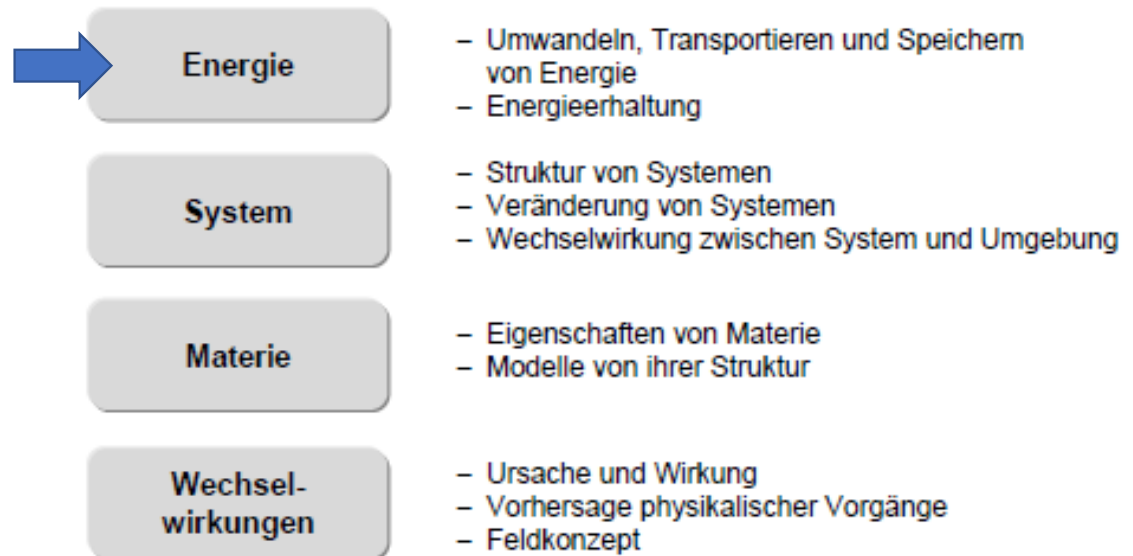


1. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. I - Physik

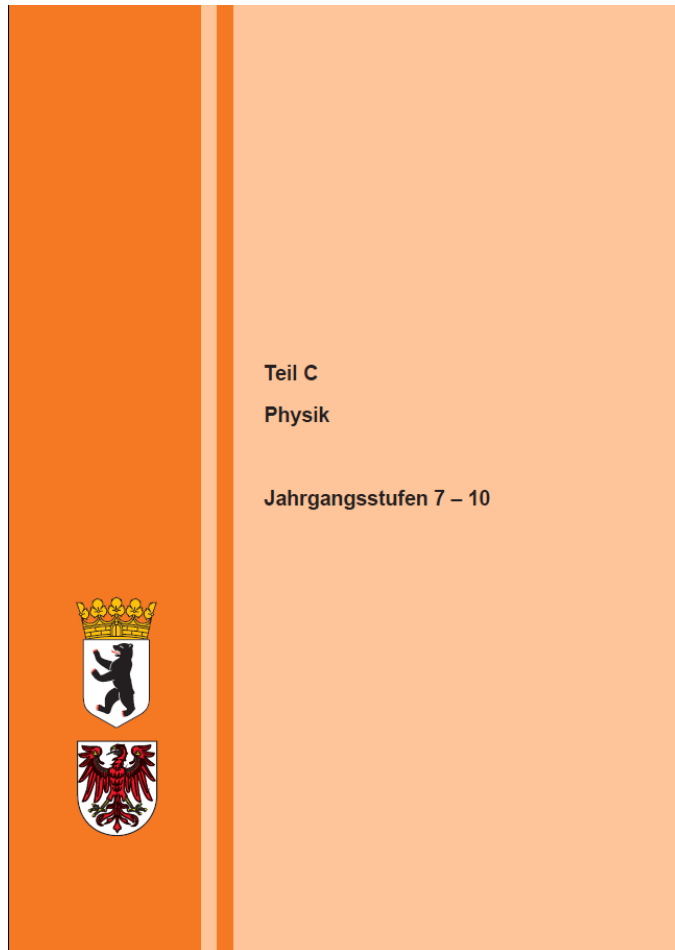
Teil C
Physik
Jahrgangsstufen 7 – 10



Basiskonzepte der Physik



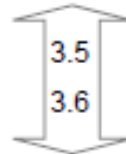
1. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. I - Physik



Übersicht über die Themenfelder

Doppeljahrgangsstufe 7/8

- 3.1 Thermisches Verhalten von Körpern
- 3.2 Wechselwirkung und Kraft
- 3.3 Mechanische Energie und Arbeit
- 3.4 Thermische Energie und Wärme



Doppeljahrgangsstufe 9/10

- 3.5 Elektrischer Strom und elektrische Ladung
- 3.6 Elektrische Stromstärke, Spannung, Widerstand und Leistung
- 3.7 Gleichförmige und beschleunigte Bewegungen
- 3.8 Kraft und Beschleunigung
- 3.9 Magnetfelder und elektromagnetische Induktion
- 3.10 Radioaktivität und Kernphysik
- 3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik
- 3.12 Mechanische Schwingungen und Wellen
- 3.13 Optische Geräte



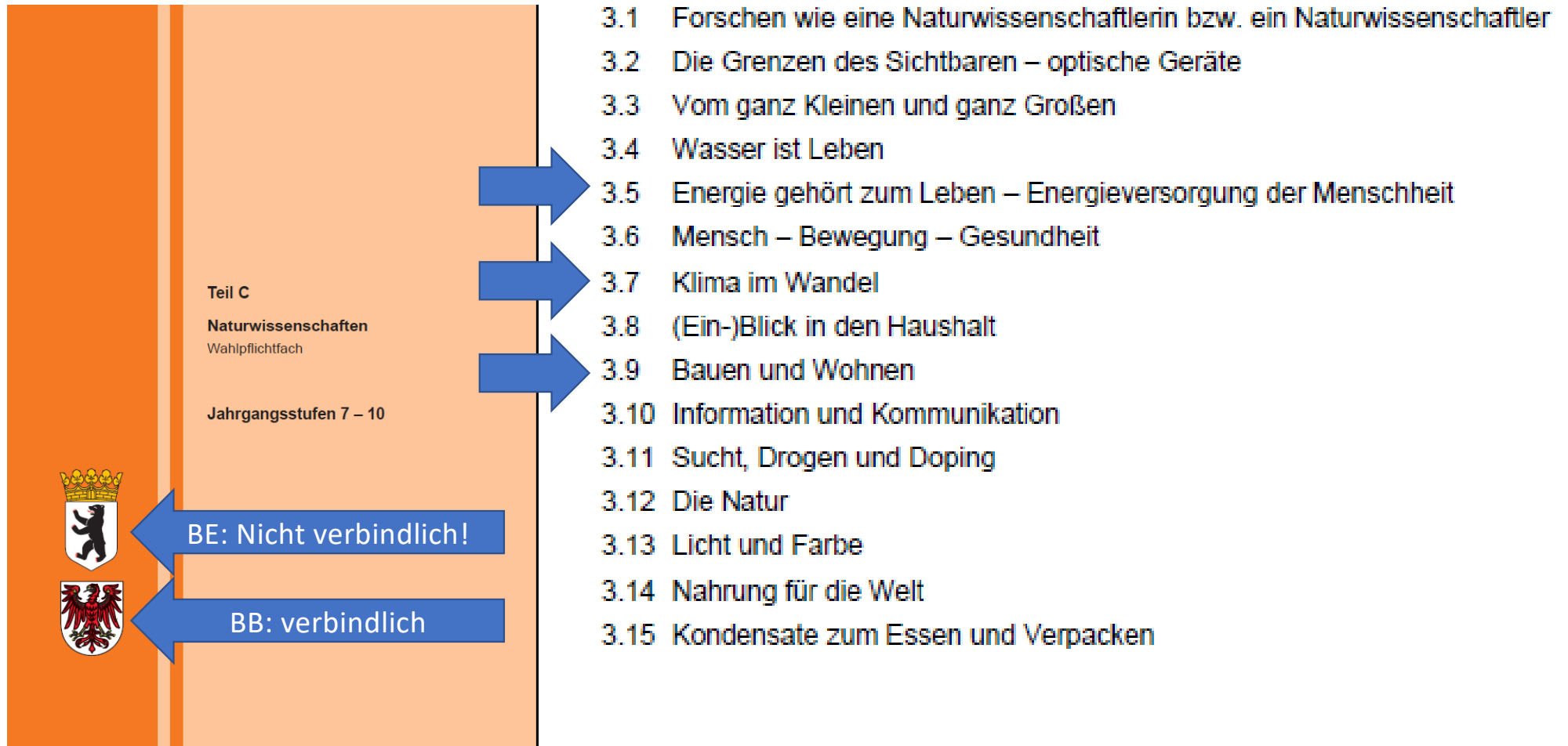
1. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. I - Physik

Teil C
Physik
Jahrgangsstufen 7 – 10




3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik	
<p>In diesem Themenfeld greifen die Schülerinnen und Schüler Wissen aus den Themenfeldern 3.3, 3.4 und 3.6 auf und vertiefen ihre Erkenntnisse durch quantitative Betrachtungen, z. B. bei der Berechnung von Energieumwandlungen und Wirkungsgraden.</p> <p>Das Themenfeld bietet vielfältige Möglichkeiten, komplexere Fragestellungen aufzugreifen und Wissen aus unterschiedlichen Themenfeldern miteinander zu verknüpfen, auch über das Fach Physik hinaus.</p>	
Inhalte	Experimente/Untersuchungen
<ul style="list-style-type: none"> - Energieumwandlungen und Energieübertragungen - Berechnung von potenziellen und kinetischen Energien - thermische Leistung einer Wärmequelle - Berechnung von Wärmen, spezifische Wärmekapazität - Wirkungsgrad und Energieflussschemen bei Energieumwandlungen - Problemlösungen durch quantitative Energiebetrachtungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Abhängigkeiten der Wärme von der Temperaturänderung, der Masse und vom Stoff - Bestimmung des Wirkungsgrades von Energieumwandlungen, z. B. bei der Warmwasserbereitung mithilfe eines Wasserkochers
Bezüge zu den Basiskonzepten	
Energie	<p>Energieübertragungen und Energieumwandlungen sind wesentlich für alle natürlichen und technischen Vorgänge.</p> <p>Für die Nutzung von Energie sind die Herkunft der Energie, der Wirkungsgrad der Energieumwandlung und die Auswirkungen zu beachten.</p> <p>Quantitative Betrachtungen zur Energie sind eine wesentliche Voraussetzung für den sorgsamem Umgang und den sinnvollen Einsatz von Energie.</p>
System	<p>Die Betrachtungen von Energieübertragungen und -umwandlungen erfordern die Festlegung von klar bestimmten Systemen.</p>

1. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. I – WPU Nawi



1. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. I – WPU Nawi

3.5 Energie gehört zum Leben – Energieversorgung der Menschheit		
<p>Dieses Themenfeld bietet die Möglichkeit, das Grundverständnis von Systemen und Energie zu vertiefen. Ziel ist es zudem, dass Schülerinnen und Schüler ein Verständnis für die Bedeutung des Klimas im Zusammenhang mit dem Energiebedarf der Menschheit erwerben. Schülerinnen und Schüler lernen mit zukunftsweisenden, energietechnischen Systemen verantwortungsvoll und reflektierend umzugehen. Dazu gehören insbesondere der nachhaltige Umgang mit Energie und die Auseinandersetzung mit neusten technischen Entwicklungen.</p>		
Inhalte		
<p>Energieumsetzung bei Tieren</p> <ul style="list-style-type: none"> – jahreszeitliche Überlebensstrategien – Energiereserven (Winterruhe und Winterschlaf) – wechselwarme Lebewesen (Insekten, Reptilien) und gleichwarme Lebewesen (Menschen) – Tierwanderungen (Zugvögel) – Lebensalter und Körpermasse von Tieren – Anpassung der Tiere an die Umwelt durch große Körpermasse (Eisbär, Königspinguin) – Wärmeverlust und Nahrungsaufnahme bei Tieren – Thermoregulation durch Verdunstung 	<p>Regenerative Energiequellen und ihre Nutzung</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Sonne – die natürliche Energiequelle der Erde (Woher kommt die Sonnenenergie?) – solare Strahlung (Fotovoltaik, Sonnenkollektoren, Parabolspiegel, Bestimmung der Solarkonstanten) – Windenergie, Segelschiffe, Windmühlen, Windturbinen – Wasserkraftwerke, Wasserräder, Wasserturbinen – Biomasse – Algenkraftwerke (Zerlegung des Wassers durch Algen) – Gezeitenkraftwerke – geothermische Energienutzung – Wasserstoff 	<p>Fossile Energieträger – ihre Nutzung in Gegenwart und Zukunft</p> <ul style="list-style-type: none"> – die Nutzung von Energieträgern in der Menschheitsgeschichte – Kohle, Erdgas, Erdöl – die Verbrennung fossiler Energieträger als chemische Reaktion
<p>Strom bei uns zu Hause</p> <ul style="list-style-type: none"> – der elektrische Stromkreis – die elektrische Energie – die Erfindung der Batterie – die Energiesparlampe – die LED-Lampe – Berufe zum Thema Elektrizität 	<p>Kernenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Risiko Kernenergie – Energiefreisetzung durch Kernspaltung – Sicherheit und Umweltbelastung – Endlagerung von radioaktiven Materialien – Eigenschaften und biologische Wirkung radioaktiver Strahlung – natürliche und künstliche radioaktive Belastungen 	
<p>Muskeln brauchen Energie</p> <ul style="list-style-type: none"> – Energiegehalt von Nährstoffen – Energiebereitstellung aus Nährstoffen durch Oxidation – Energieversorgung des Gehirns und der Muskeln – Arbeitsweise der Muskeln – Grund- und Leistungsumsatz 	<p>Energienutzung und Umwelt</p> <ul style="list-style-type: none"> – Energiesparen als Energiequelle – Energienutzung im Alltag und in der Wirtschaft – Energieprobleme früher und heute – Energiehaushalt der Erde, klimawirksame Gase, Treibhauseffekt 	

3.7 Klima im Wandel	
<p>Der Mensch beeinflusst durch sein Handeln das Klima der Erde. Die lokalen Erscheinungen des Klimas sind durch das Wetter wahrnehmbar. In der Alltagssprache wird oft kein scharfer Unterschied zwischen Klima und Wetter gemacht. Das Wetter hat wie kaum etwas anderes direkten Einfluss auf die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Ausgehend von der alltäglichen Präsenz des Themas bietet das Themenfeld die Möglichkeit, die Schülerinnen und Schüler für Umweltsituationen zu sensibilisieren, eine nachhaltige Einstellung zu fördern, Wahl- und Handlungsmöglichkeiten zu erörtern und Handlungsoptionen aufzuzeigen.</p>	
Inhalte	
<p>Das Wetter</p> <ul style="list-style-type: none"> – Beobachtung von Wetter-/Klima-Elementen – relevante Größen und ihre Messung, z. B. Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge, Windgeschwindigkeit, Wolkenbildung, Wirkungen der Sonnenstrahlung – Wetterursachen: Konvektion, Land-Seewind, Berg-/Talwind, Föhn, Schirokko, Mistral – Luftdruck und seine Messung – Zyklone – Antizyklone – Blitze, Donner und Regenbögen – Wolkenbildung und Niederschlag: relative und absolute Luftfeuchte, Kondensation, Gewitter, Tornados, Nebel, Tau, Reif – Gesetze und Begriffe der Wärmelehre, u. a. adiabatische Zustandsänderung – Jahreszeiten und Wetterlagen – Wettervorhersage (z. B. Wetterkarten, Wetterpropheten der Natur, Bauernregeln) – Wetterballon, Femmessung (z. B. Temperatur) – Biowetter, gefühlte Temperatur, Reizklima, Heilklima 	<p>Globale Erwärmung und Klimawandel</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aufbau der Atmosphäre – Klimazonen: großräumige Zirkulation in der Atmosphäre, Windsysteme – Klimafaktoren als Indikatoren – Wärmeabsorption von Gasen – Strahlungsbilanz der Erde – Bioindikatoren für den Klimawandel – Folgen des Klimawandels – nachwachsende Rohstoffe: Flächenverbrauch und Biodiversität – Kohlenstoffdioxidbilanz – Kohlenstoffkreislauf – Energiegehalt von Treibstoffen – ökologischer Fußabdruck – Leben von Menschen, Tieren und Pflanzen in verschiedenen Klimazonen – Celsius, Fahrenheit und andere Maßeinheiten der Temperatur
<p>Ozon – kleines Molekül mit großer Wirkung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Schutzfunktion der natürlichen Ozonschicht – Ozonbildung – Ozonabbau – Ozonnachweis – Ozonabbauende Verbindungen – Alternativen zu Treibgasen und Kaltemitteln – Auswirkungen des Ozonlochs auf Lebewesen 	<p>Treibhauseffekt</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zustandekommen des Treibhauseffektes – anthropogen und natürlich – treibhauswirksame Gase – Strahlungsbilanz – elektromagnetische Strahlung: Absorption, Reflexion – Auswirkungen auf Mensch und Umwelt – Maßnahmen zur Verringerung des anthropogenen Treibhauseffektes

3.9 Bauen und Wohnen			
<p>Wohnen ist ein menschliches Grundbedürfnis. Die meisten Menschen wünschen sich einen Ort, der ihnen Schutz vor Umwelteinflüssen, Ruhe und Sicherheit bietet. Die Art der Verwendung von Baustoffen und die Technik bestimmen den Wohnkomfort und auch die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit der Wohnung. Ziel ist es, die Schülerinnen und Schüler für den gesundheitlichen und nachhaltigen Aspekt dieses Themenfeldes zu sensibilisieren.</p>			
Inhalte			
Herstellung und Eigenschaften ausgewählter Baustoffe			
<p>Natürliche und künstliche Steine</p> <ul style="list-style-type: none"> – Vorkommen von natürlichen Steinen – Herstellung von künstlichen Steinen – Druckfestigkeit, Wärmeleitfähigkeit 	<p>Holz</p> <ul style="list-style-type: none"> – Holz als nachwachsender Rohstoff – Klassifizierung von Hölzern – Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten – Varianten des Holzschutzes 	<p>Beton</p> <ul style="list-style-type: none"> – Herstellung von Beton – Klassifizierung von Betonarten (z. B. Belastbarkeit: Druck- und Zugfestigkeit) – Belastbarkeit von Betonkonstruktionen 	<p>Mörtel</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kalk-, Zement-, Gipsmörtel – Eigenschaften (Abbinde-Zeit, Festigkeit, Kapillarität, Wärmedämmung) – technischer Kalk-Kreislauf
<p>Wärmeschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> – Innentemperatur, Luftqualität, Fußbodentemperatur, Wandoberflächentemperatur – Eigenschaften ausgewählter Baustoffe – Eigenschaften und Verarbeitung von Dämmstoffen – Wärmedurchgangswiderstand – Temperaturdifferenz und Wärmeaustausch – Wärmespeichersysteme in Lebewesen 	<p>Feuchteschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> – relative Luftfeuchte und Raumklima – Ursachen für Schimmelbildung mit Auswirkungen auf die Gesundheit und den Bautenschutz – Arten von Wärmebrücken und Möglichkeiten der Vermeidung – Grundregeln des Lüftens – Wasserdampfquellen und Maßnahmen zur Regulation – Auswirkungen der Innen- bzw. Außen-dämmung auf den Feuchteschutz 		
<p>Heizen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aufbau und Funktion einer Warmwasserheizung – Arten der Wärmeübertragung und -speicherung – Aufbau, Wirkungsweise und Energiefluss einer Wärmepumpe – Arten von Wärmepumpen – Möglichkeiten der Nutzung/Einbindung regenerativer Energien 	<p>Lärmschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> – Hören (Aufbau des Ohrs, Schädigung des Ohrs) – Sender-Träger-Empfänger-Modell – Lärm im Alltag (Straßen-, Schienen-, Flug- und Freizeitlärm) – Wirkungen des Lärms (psychologische Reaktionen und physische Schäden) – Lärmessung – Schutz vor Lärm (Umweltschutz, gesetzliche Grundlagen, Lärmschutzmöglichkeiten im Haushalt, Wohngebiet, an Straßen, am Arbeitsplatz, in der Schule) 		

2. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. II - Physik



	Themenfeld
3.1.1	Wurfbewegungen
3.1.2	Charakteristische Denk- und Arbeitsweisen in der Physik
3.1.3	Kreisbewegungen
3.1.4	Impuls und Impulserhaltung
3.1.5	Energie

Klasse 11: E-Phase

Berlin: Nur ISS!

Brandenburg: Nur Gesamtschulen

2. Rahmenlehrpläne BE/BB Sek. II - Physik



Themenfelder (TF) für den Grund- und Leistungskurs	
Q1	TF 1: Gravitationsfeld, elektrisches und magnetisches Feld
Q2	TF 2: Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern TF 3: Elektromagnetische Induktion TF 4: Schwingungen
Q3	TF 5: Wellen TF 6: Quantenobjekte
Q4	TF 7: Atome

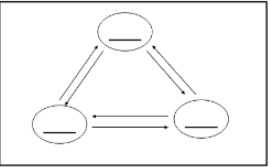
Kurssystem der GO: 4 Semester Q1 bis Q4

3. Fachliche Voraussetzungen - Sek. I (7-10)

Aggregatzustände

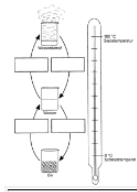
Physik Klasse 7 Aggregatzustände
Name: _____ Datum: _____

Aufgabe 1:
Gib die Namen der drei Aggregatzustände in der nachfolgenden Zeichnung an und beschrifte die Übergänge.

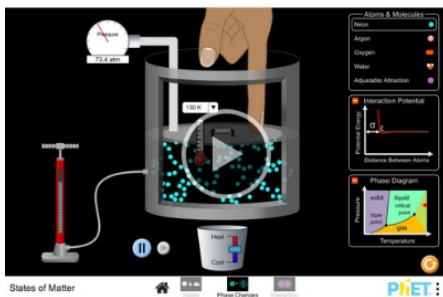


Aufgabe 2:
Gib die Aggregatzustände bei den verschiedenen Temperaturen an:

Stoff	Schmelztemperatur in °C	Siedetemperatur in °C	-80 °C	20 °C	250 °C	800 °C
Wasser	0	100				
Eisenerz	-210	-183				
Alkohol	-117	78				
Stearin	-1	80				
Propan	-188	-42				
Quecksilber	-39	357				



Stoff	Schmelz- und Siedepunkte einiger Stoffe		Aggregatzustand bei		
	Sm (°C)	Sp (°C)	-30 °C	0 °C	100 °C
Wasser	0	100			
Aluminium	900	2470			
Alkohol	-114	78			
Eisen	1535	2750			
Zinn	-7	26			
Eis	1540	3000			
Quecksilber	-39	357			
Gold	1063	2877			
Kupfer	1083	2567			
Platin	1771	3055			
Quecksilber	-39	357			
Wasser	0	100			
Wasserstoff	-259	-253			



Übersicht über die Themenfelder

Doppeljahrgangsstufe 7/8

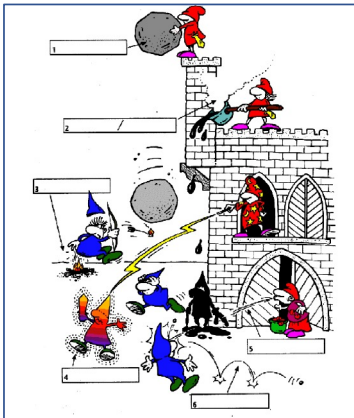
- 3.1 Thermisches Verhalten von Körpern
- 3.2 Wechselwirkung und Kraft
- 3.3 Mechanische Energie und Arbeit
- 3.4 Themische Energie und Wärme
- ⇕
- 3.5 Elektrischer Strom und elektrische Ladung
- 3.6 Elektrische Stromstärke, Spannung, Widerstand und Leistung

Doppeljahrgangsstufe 9/10

- 3.7 Gleichförmige und beschleunigte Bewegungen
- 3.8 Kraft und Beschleunigung
- 3.9 Magnetfelder und elektromagnetische Induktion
- 3.10 Radioaktivität und Kernphysik
- 3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik
- 3.12 Mechanische Schwingungen und Wellen
- 3.13 Optische Geräte

3. Fachliche Voraussetzungen - Sek. I (7-10)

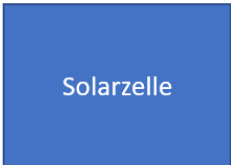
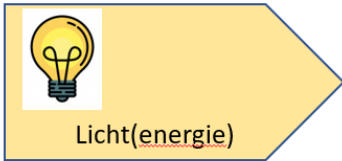
Energieformen



Licht (Energie!) fällt auf die Solarzelle



Der Motor dreht sich, die Solarzelle hat **elektrische Energie bereit** gestellt.



Übersicht über die Themenfelder

Doppeljahrgangsstufe 7/8

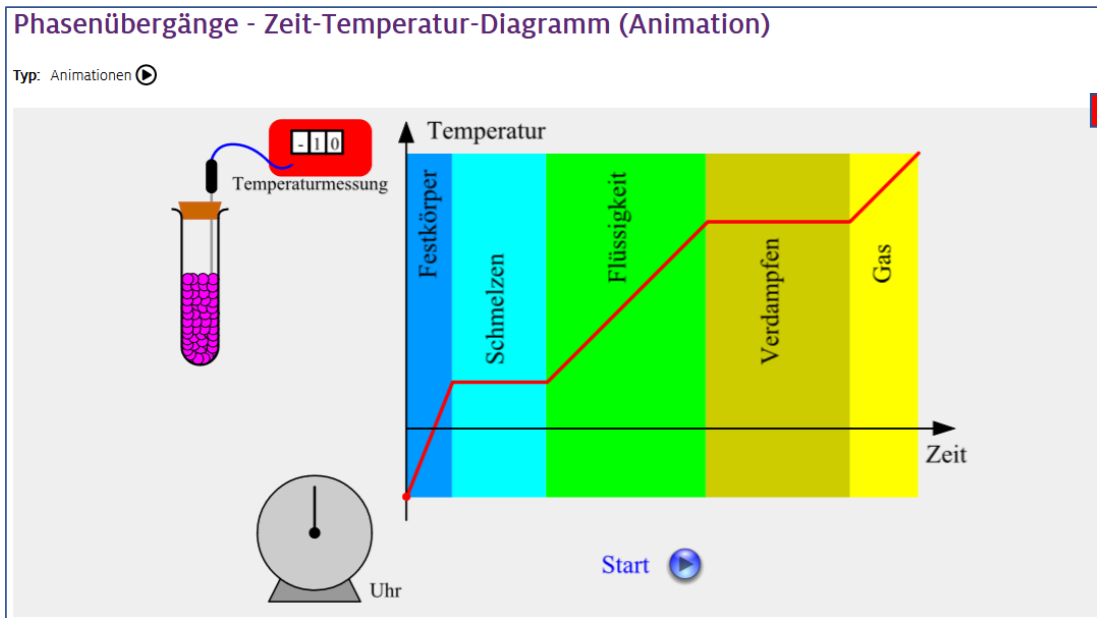
- 3.1 Thermisches Verhalten von Körpern
- 3.2 Wechselwirkung und Kraft
- 3.3 Mechanische Energie und Arbeit
- 3.4 Themische Energie und Wärme
- 3.5 Elektrischer Strom und elektrische Ladung
- 3.6 Elektrische Stromstärke, Spannung, Widerstand und Leistung

Doppeljahrgangsstufe 9/10

- 3.7 Gleichförmige und beschleunigte Bewegungen
- 3.8 Kraft und Beschleunigung
- 3.9 Magnetfelder und elektromagnetische Induktion
- 3.10 Radioaktivität und Kernphysik
- 3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik
- 3.12 Mechanische Schwingungen und Wellen
- 3.13 Optische Geräte

3. Fachliche Voraussetzungen - Sek. I (7-10)

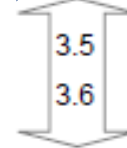
Schmelzwärme Verdampfungswärme



Übersicht über die Themenfelder

Doppeljahrgangsstufe 7/8

- 3.1 Thermisches Verhalten von Körpern
- 3.2 Wechselwirkung und Kraft
- 3.3 Mechanische Energie und Arbeit
- 3.4 Themische Energie und Wärme



Doppeljahrgangsstufe 9/10

- 3.5 Elektrischer Strom und elektrische Ladung
- 3.6 Elektrische Stromstärke, Spannung, Widerstand und Leistung
- 3.7 Gleichförmige und beschleunigte Bewegungen
- 3.8 Kraft und Beschleunigung
- 3.9 Magnetfelder und elektromagnetische Induktion
- 3.10 Radioaktivität und Kernphysik
- 3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik
- 3.12 Mechanische Schwingungen und Wellen
- 3.13 Optische Geräte

<https://www.leifiphysik.de/waermelehre/innere-energie-waermekapazitaet/downloads/phasenuebergaenge-zeit-temperatur-diagramm-animation>

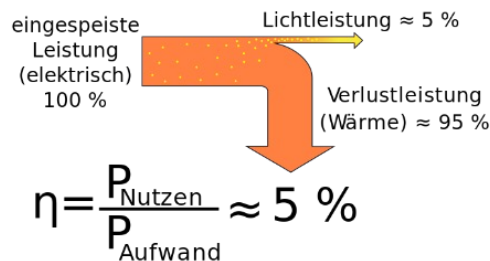
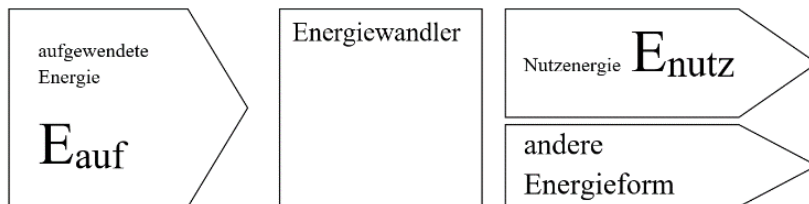
3. Fachliche Voraussetzungen - Sek. I (7-10)

Grundgleichung der Wärmelehre

Energieumwandlungen

Wirkungsgrad

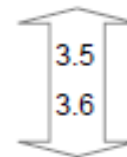
$$W_Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\Delta\vartheta)$$



Übersicht über die Themenfelder

Doppeljahrgangsstufe 7/8

- 3.1 Thermisches Verhalten von Körpern
- 3.2 Wechselwirkung und Kraft
- 3.3 Mechanische Energie und Arbeit
- 3.4 Themische Energie und Wärme



- 3.5 Elektrischer Strom und elektrische Ladung
- 3.6 Elektrische Stromstärke, Spannung, Widerstand und Leistung

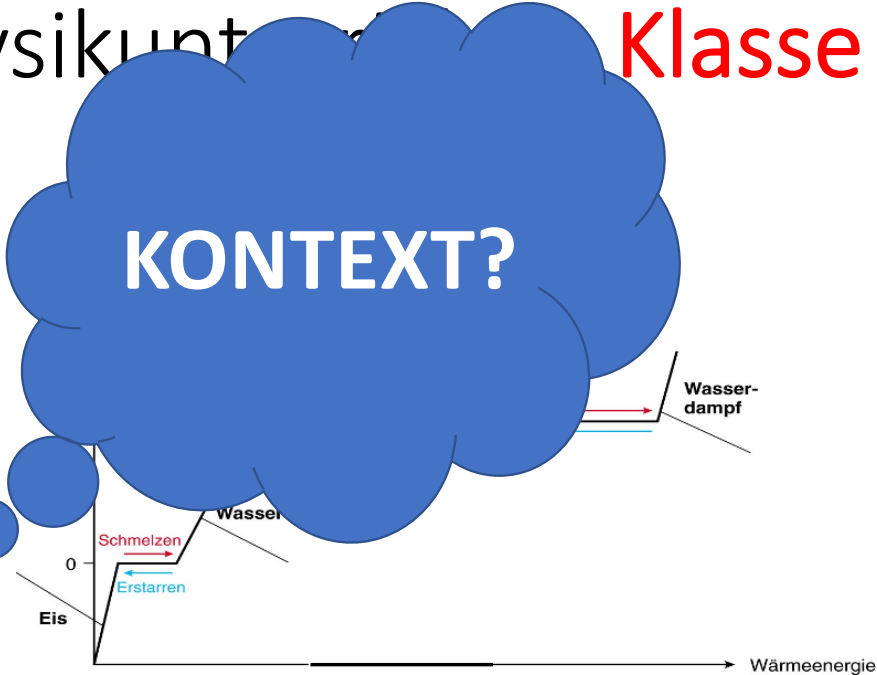
Doppeljahrgangsstufe 9/10

- 3.7 Gleichförmige und beschleunigte Bewegungen
- 3.8 Kraft und Beschleunigung
- 3.9 Magnetfelder und elektromagnetische Induktion
- 3.10 Radioaktivität und Kernphysik
- 3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik
- 3.12 Mechanische Schwingungen und Wellen
- 3.13 Optische Geräte



4. Wärmepumpe im Physikunterricht der Klasse 10

- Aggregatzustände
- Schmelz- und Verdampfungswärme
- Grundgleichung der Wärmelehre
- Energieformen
- Energieumwandlungen



Wichtige Formeln

Energieform	Formel	Hinweise
potenzielle Energie	$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$	m in kg, h in m
kinetische Energie	$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$	m in kg, v in m/s
elektrische Energie	$E_{el} = P \cdot t$ $E_{el} = U \cdot I \cdot t$	Leistung P in W, t in s U in V, I in A, t in s
Wärmeenergie	$W_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$	m in g, ΔT in K, c in J/gK

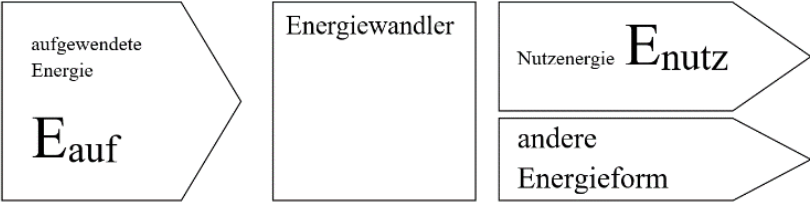
Einheiten: 1 kWh = 3,6 · 10⁶ J

Wirkungsgrad: $\eta = \frac{E_{Nutz}}{E_{auf}}$ $\eta = \frac{P_{Nutz}}{P_{auf}}$

Spezifische Wärmekapazität von Wasser: $c_{Wasser} = 4,19 \frac{J}{g \cdot K}$

$P = \text{Leistung}$ $U = \text{Spannung}$
 $I = \text{Stromstärke}$ $R = \text{Widerstand}$

$$W_Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\Delta 9)$$



Kühlschrank gegen die **Erderwärmung**???

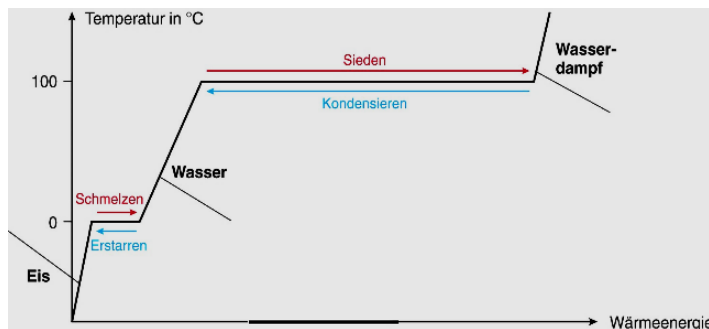


Quelle: <https://www.wwf-jugend.de/blogs/6848/6848/klimawende-die-besten-klimakarikaturen>

4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10

Erzeugt ein Kühlschrank Kälte?

Der „Eisschrank“

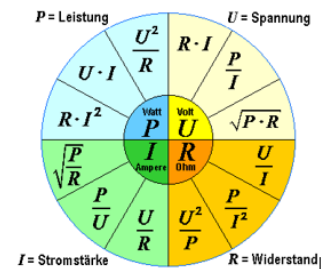


Wichtige Formeln

Energieform	Formel	Hinweise
potenzielle Energie	$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$	m in kg, h in m
kinetische Energie	$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$	m in kg, v in m/s
elektrische Energie	$E_{el} = P \cdot t$ $E_{el} = U \cdot I \cdot t$	Leistung P in W, t in s U in V, I in A, t in s
Wärmeenergie	$W_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$	m in g, ΔT in K, c in J/gK
Einheiten: 1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J		

Wirkungsgrad: $\eta = \frac{E_{nutz}}{E_{auf}}$ $\eta = \frac{P_{nutz}}{P_{auf}}$

Spezifische Wärmekapazität von Wasser: $c_{Wasser} = 4,19 \frac{J}{g \cdot K}$

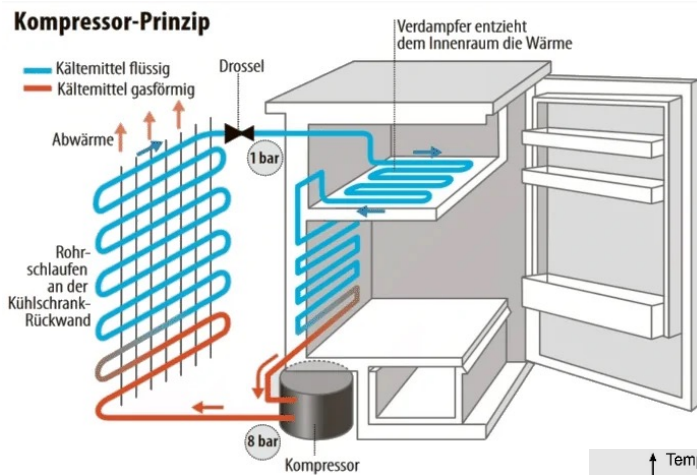


Quelle: <http://www.senipedia.de/Formelhad-Elektronik.htm>

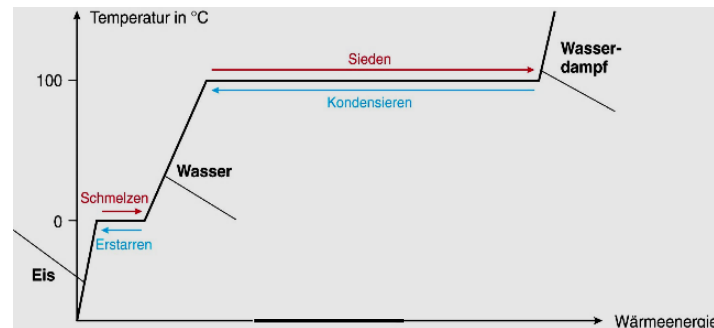
4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10

Erzeugt ein Kühlschrank Kälte?

Der „Kühlschrank“



<https://www.leifiphysik.de/waermelehre/innere-energie-waermekapazitaet/ausblick/kuehlschrank>

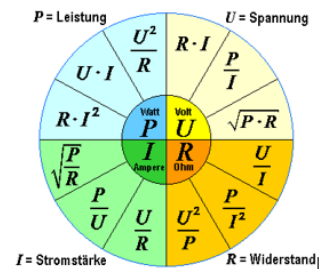


Wichtige Formeln

Energieform	Formel	Hinweise
potenzielle Energie	$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$	m in kg, h in m
kinetische Energie	$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$	m in kg, v in m/s
elektrische Energie	$E_{el} = P \cdot t$	Leistung P in W, t in s
	$E_{el} = U \cdot I \cdot t$	U in V, I in A, t in s
Wärmeenergie	$W_Q = c \cdot m \cdot \Delta T$	m in g, ΔT in K, c in J/gK
Einheiten: 1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J		

Wirkungsgrad: $\eta = \frac{E_{nutz}}{E_{auf}}$ $\eta = \frac{P_{nutz}}{P_{auf}}$

Spezifische Wärmekapazität von Wasser: $c_{Wasser} = 4,19 \frac{J}{g \cdot K}$

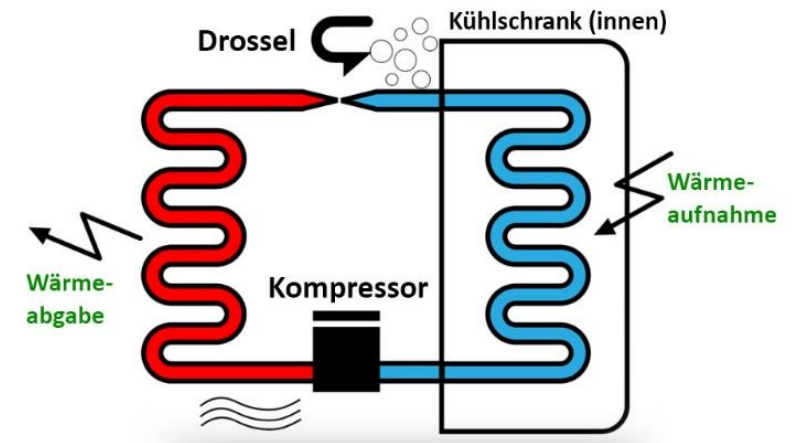
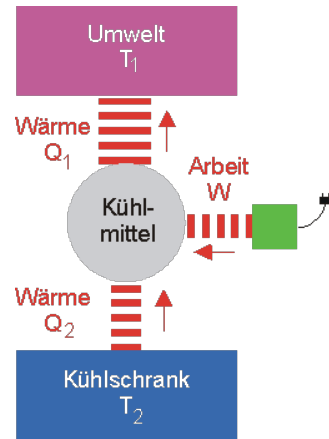
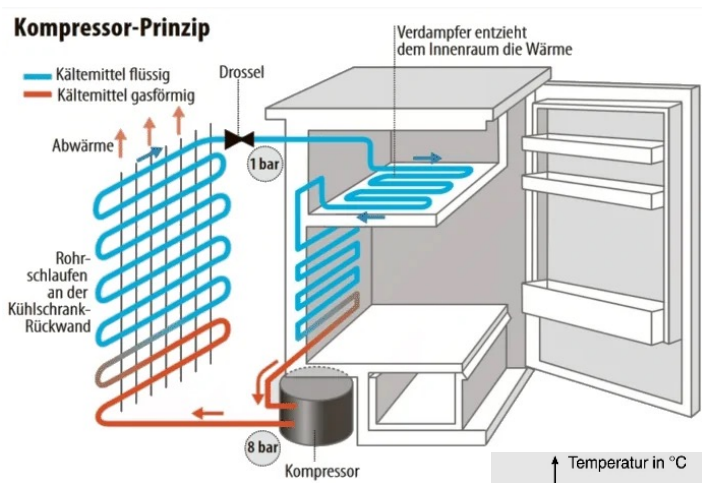


Quelle: <http://www.senipedia.de/Formelhad/Elektronik.htm>

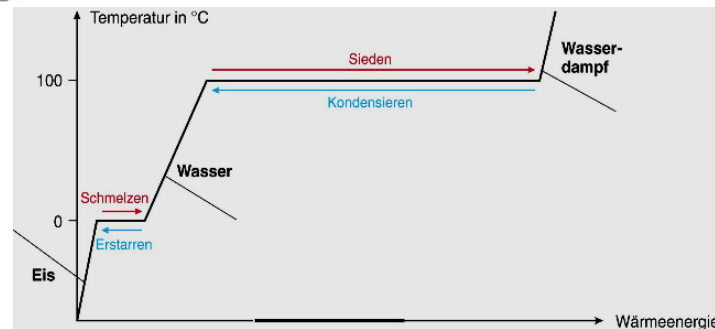
4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10

Erzeugt ein Kühlschrank Kälte?

Der „Kühlschrank“

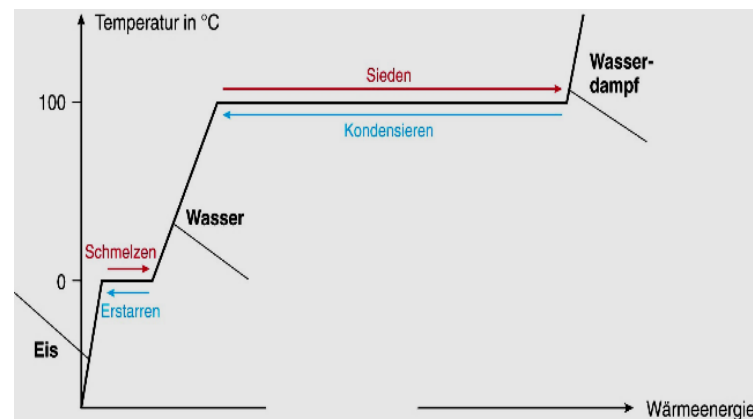
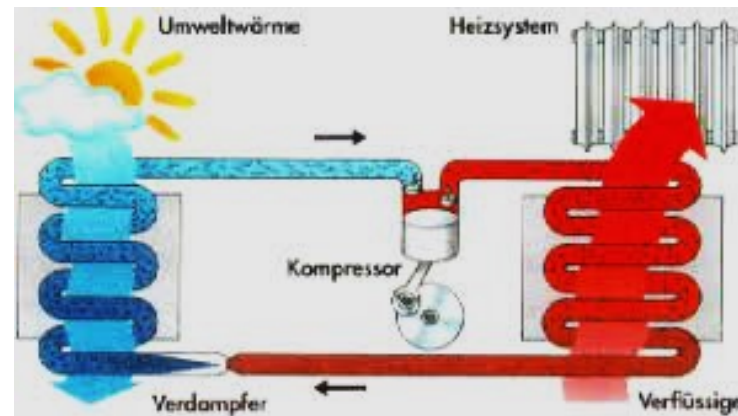


<https://www.leifiphysik.de/waermelehre/innere-energie-waermekapazitaet/ausblick/kuehlschrank>



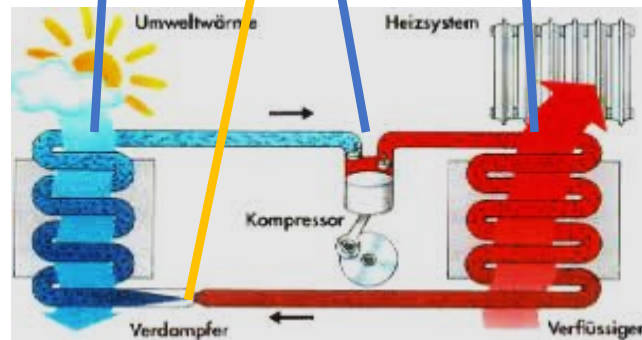
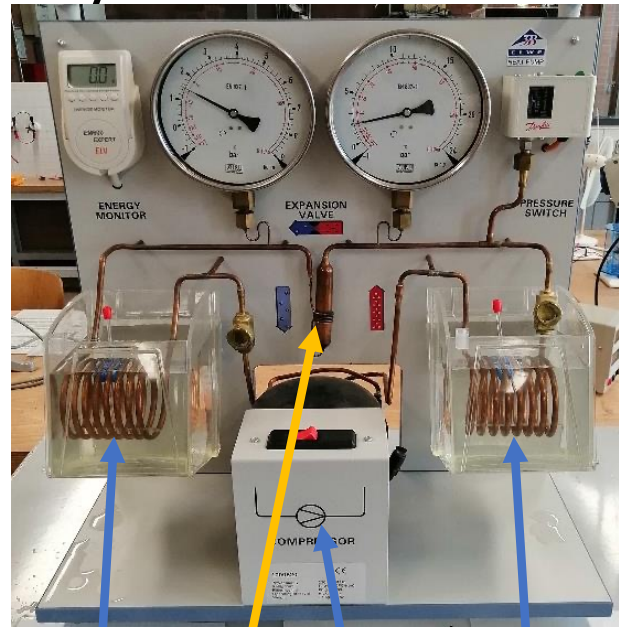
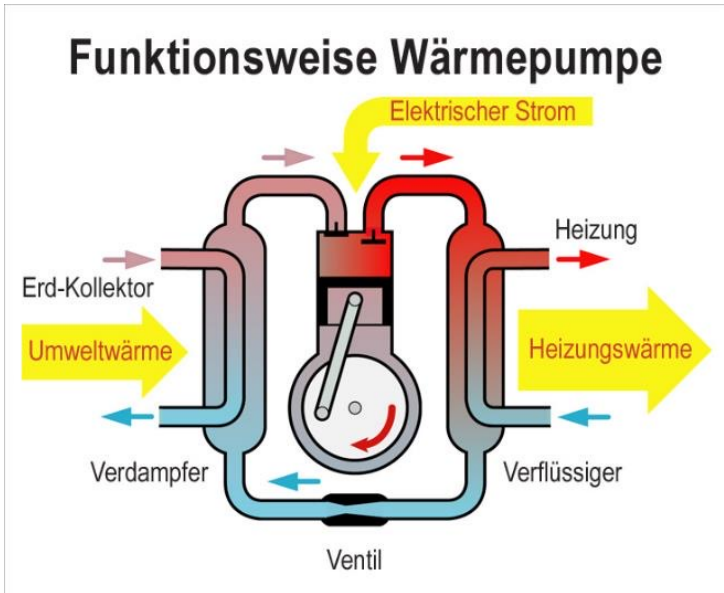
4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10

Die Wärmepumpe



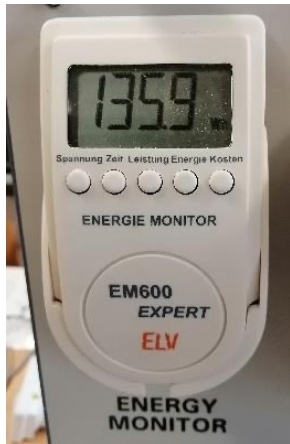
4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10

Die Wärmepumpe



4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10

Die Wärmepumpe



Elektrische Energie



$$W_Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\Delta\vartheta)$$

$$W_Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\Delta\vartheta)$$

4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10

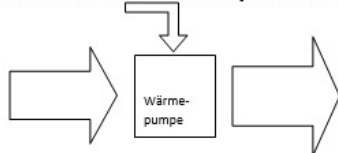
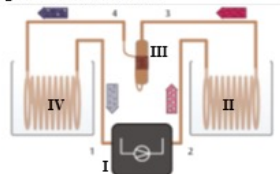
1.18 Wirkungsgrad einer Wärmepumpe

Eine alltägliche Erfahrung ist, heißer Kaffee wird mit der Zeit kälter und gekühlte Getränke werden wärmer. Beide Temperaturen gleichen sich an die Raumtemperatur an und es entsteht ein Wärmestrom. Dieser fließt selbständig nur von einem höheren zu einem tieferen Temperaturniveau.

Eine Wärmepumpe kann einen Wärmestrom in die entgegengesetzte Richtung erzeugen, ähnlich wie eine Pumpe, die Wasser bergauf pumpt.

Die Funktionsweise einer Wärmepumpe basiert im Wesentlichen auf dem Joule-Thomson-Effekt, den der irische Physiker William Thomson (dem späteren Lord Kelvin) 1852 gemeinsam mit James Prescott Joule entdeckte. Er besagt, dass sich ein reales Gas durch eine Druckerhöhung (Kompression) erwärmt und umgekehrt bei Druckverminderung abkühlt.

In einem **geschlossenen Kreislauf** zirkuliert eine Flüssigkeit (hier: Tetrafluorethan C_2F_6 , als Arbeitsmittel), die bereits bei -26 °C siedet. Das gasförmige Arbeitsmittel wird vom **Kompressor (I)** angesaugt, stark verdichtet und dabei überhitzt. Im **Verflüssiger (II)** kühlt sich das Arbeitsmittel ab, wird flüssig und gibt dabei Wärmeenergie an das Wasser im Behälter ab. Das kondensierte (flüssige) Arbeitsmittel gelangt zum **Entspannungsventil (III)** und wird dort auf niedrigen Druck entspannt. Dabei nimmt die Temperatur des Arbeitsmittels ab. Im **Verdampfer (IV)** verdampft das Arbeitsmittel unter Aufnahme von Wärme vollständig. Dies führt zur Abkühlung des Wassers im Behälter. Das verdampfte Arbeitsmittel wird danach zu erneuter Kompression wieder vom Kompressor (I) angesaugt.



Um den Aggregatzustand des Arbeitsmittels beobachten zu können, befindet sich jeweils hinter dem Verflüssiger und hinter dem Verdampfer ein Schauglas. Mit zwei Manometern (Druckmessern) kann der Druck des Arbeitsmittels auf der Hochdruckseite (rechts) und auf der Niederdruckseite (links) bestimmt werden. Mit Hilfe des Energiemonitors (Energienessgerät links oben) kann die aufgenommene elektrische Leistung bzw. elektrische Energie ermittelt werden.

Versuchsdurchführung:

- Vorbereitung
 - Wärmepumpe ans Netz anschließen
 - Wasserbehälter mit jeweils 2 000 ml Wasser befüllen
 - Kompressor einschalten und ca. 10 Minuten laufen lassen (zum Erreichen der Betriebstemperatur)
 - Wasser erneuern (jeweils 2 000 ml) und beide Thermometer in die Halterungen einsetzen
- Messung
 - Während des gesamten Experiments das Wasser in den Behältern immer gut umrühren
 - Anfangstemperaturen in beiden Wasserbehältern messen und notieren
 - Taste „Zeit“ am Energiemesser 2x drücken und gleichzeitig den Kompressor einschalten



Zeit t in min	Leistung P in W	el. Energie E _{el} in J	Temperatur links ϑ_1 in °C	Wärmeenergie W ₀₁ in J	Temperatur rechts ϑ_2 in °C	Wärmeenergie W ₀₂ in J
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Die zugeführte elektrische Energie E_{el} wird mit $E_{el} = P \cdot \Delta t$ berechnet.

Die dem Warmwasserreservoir zugeführte Wärmeenergie W_{02} wird mit der Formel $W_{02} = c \cdot m_2 \cdot \Delta\vartheta_2$ berechnet.

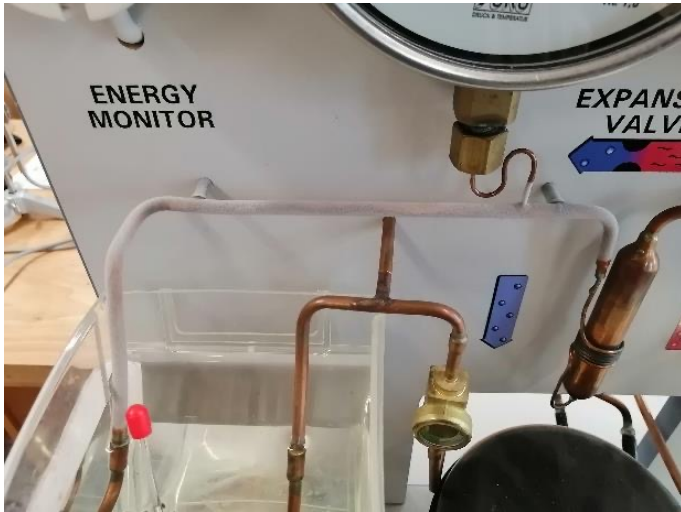
Die dem Kaltwasserreservoir entnommene Wärmeenergie wird mit $W_{01} = c \cdot m_1 \cdot \Delta\vartheta_1$ berechnet.

Der Wirkungsgrad des Kompressors (der Wärmepumpe) ergibt sich aus dem Verhältnis der Wärmeenergie W_{02} , die dem Warmwasserreservoir pro Zeiteinheit zugeführt wird, zur zugeführten elektrischen Energie: $\eta = \frac{c \cdot m_2 \cdot \Delta\vartheta_2}{P \cdot t}$. Der Wirkungsgrad nimmt mit wachsender Temperaturdifferenz zwischen Verflüssiger und Verdampfer ab.

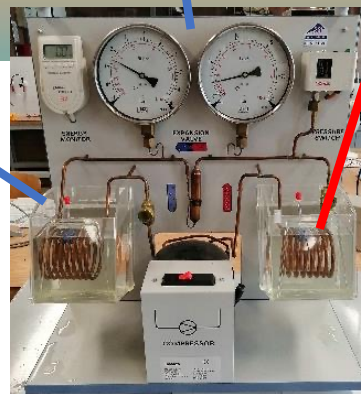
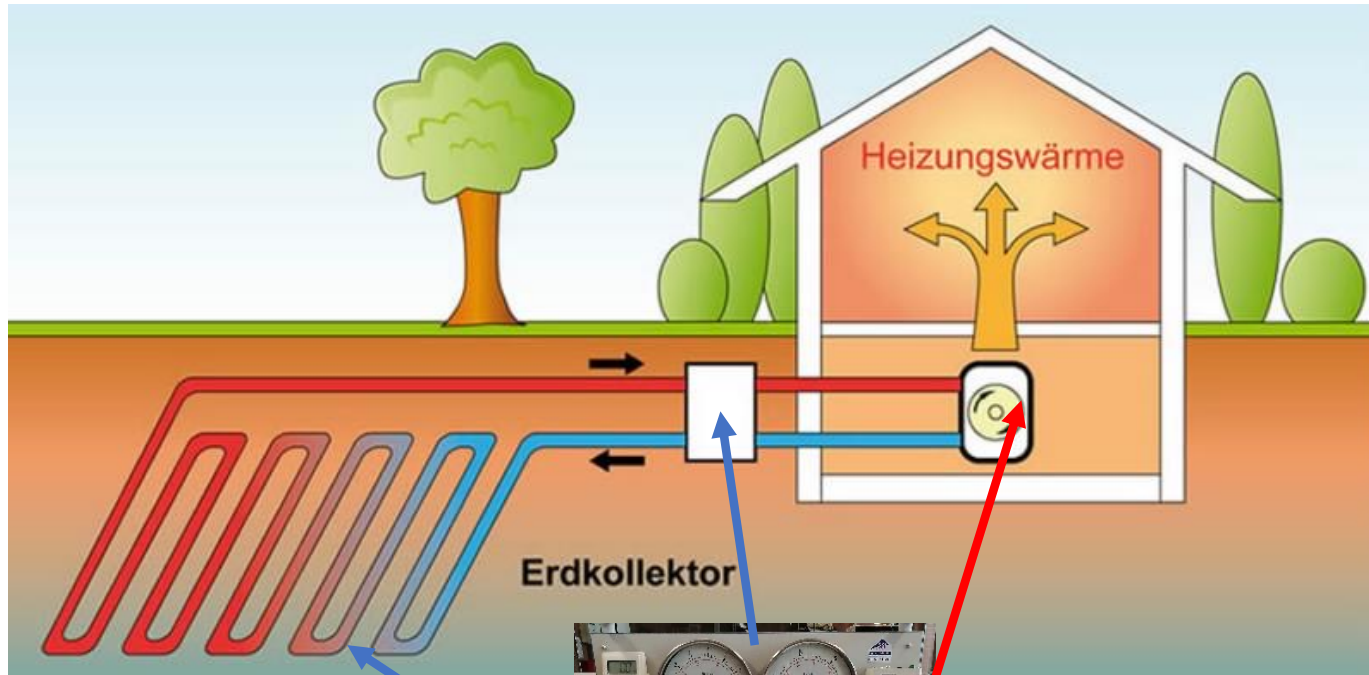
→ Berechne für die entsprechenden Zeitintervalle jeweils den Wirkungsgrad.



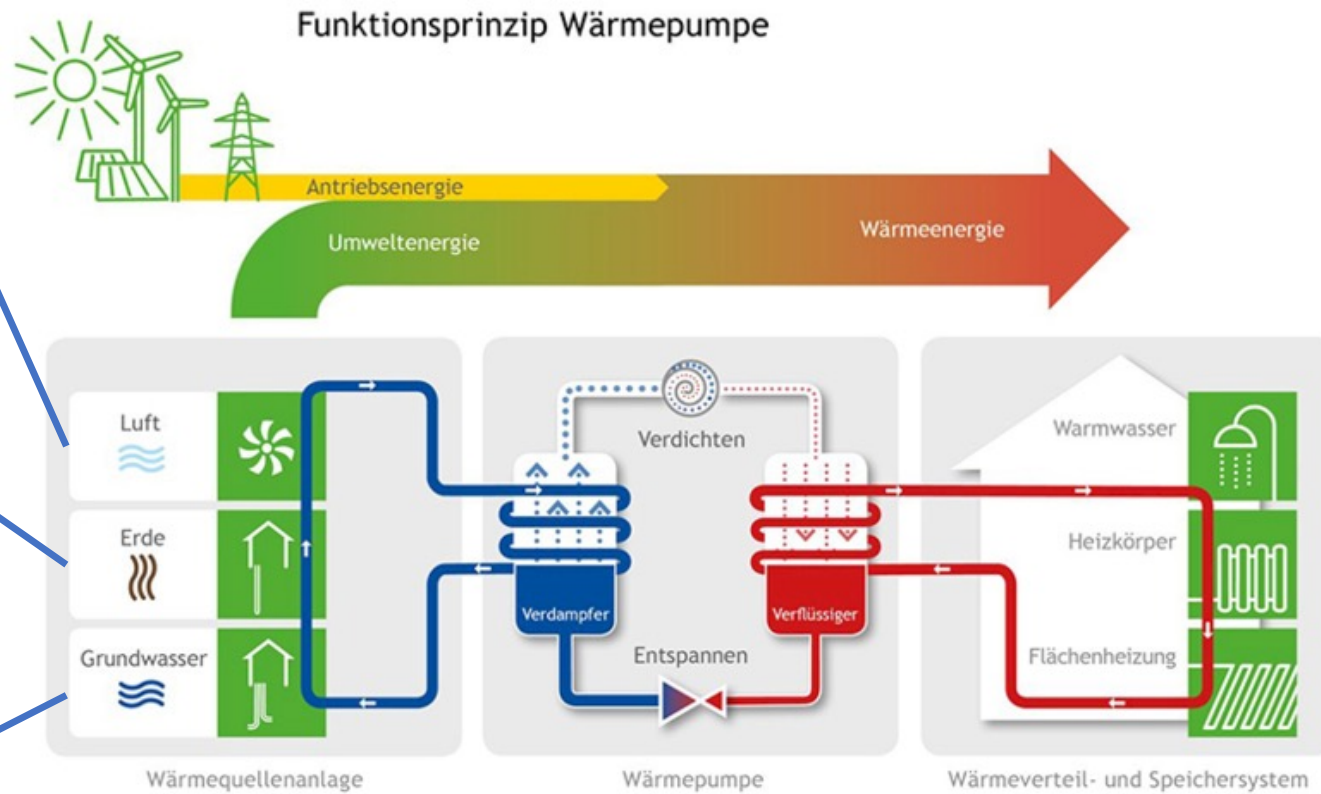
4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10



4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10



4. Wärmepumpe im Physikunterricht- Klasse 10





Christian Strube
strube@rhgym.de