

Wärmekapazität von Wasser

Warum hat Wasser einen so großen Einfluss auf unser Klima?

Jahr- gangs- stufe: 9	Fach/Fä- cher: Physik, Geo- graphie	Übergreifende Bil- dungs- und Erzie- hungsziele: Bildung für Nachhaltige Ent- wicklung	Zeitrahmen: ca. 3 bis 4 Un- terrichtsstun- den	Benötigtes Material: Aufgaben 1 bis 5, Materialien M1 bis M5, Atlas (Aufgabe 1), Material für den Versuch (Aufgabe 2): <ul style="list-style-type: none"> Elektrowärmer (400 W pro min o.Ä.) Messbecher (bis 500 ml) Digitalthermometer Uhr mit Sekundenan- zeige Spannungsquelle (230 V) ausreichend Handtü- cher, Wischtücher o.Ä. digitales Endgerät, z.B. Tablet (Aufgabe 2, 3 und 5)
--------------------------------	----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Kompetenzerwartungen

Im Folgenden sind die Kompetenzen genannt, die durch die Aufgaben 1 bis 5 bei den Schülerinnen und Schülern im Sinne einer guten Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) angebahnt werden (vgl. KMK 2016, 337ff.).

ERKENNEN: Die Schülerinnen und Schüler ...

- ...nutzen die Möglichkeiten der digitalen Medien zur eigenständigen Informationsentnahme und zur Erschließung physikalischer Themen im globalen Zusammenhang, z.B. Einflussfaktoren des Klimawandels auf die Meere.
- ...stellen relevante Sachinformationen über die betroffenen ökologischen, ökonomischen und sozialen Systeme eines Sachverhalts zusammen und stellen kausale Beziehungen her, sodass das systemische Denken gefördert wird.
- ...beschreiben fachsprachlich korrekt Vorgänge in Alltag, Technik und Natur und stellen Zusammenhänge zwischen den genannten Bereichen her.
- ...planen weitgehend selbständig und eigenverantwortlich Experimente zu vorgegebenen Fragestellungen aus der Wärmelehre und führen diese strukturiert und selbständig durch.
- ...erkennen verschiedene Handlungsmöglichkeiten für einen nachhaltigen Umgang mit der Natur.



Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

BEWERTEN: Die Schülerinnen und Schüler ...

- ...erörtern die Eingriffe des Menschen in die Natur und nutzen physikalische Argumentationsweisen für eine eigene adressatengerechte Stellungnahme.
- ...beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in das Ökosystem „Meer“ bzw. die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auf das marine System.
- ...bewerten die Seriosität von Internetquellen, die sie zu eigenen Recherchezwecken verwenden.
- ...erörtern die Grenzen einer reinen physikalischen Betrachtung eines Sachverhalts, z.B. für Wärmekraftwerke.
- ...beurteilen den Wahrheitsgehalt von Aussagen aufgrund ihres eigens angeeigneten und fachspezifischen Wissens.

HANDELN: Die Schülerinnen und Schüler ...

- ...erörtern die Grenzen einer reinen physikalischen Betrachtung eines Sachverhalts, z.B. Energiebedarf und Wasserverbrauch im Haushalt, und ziehen daraus Schlüsse für das eigene Handeln.
- ...stellen Handlungsmaßnahmen dar, um dem Klimawandel entgegenzuwirken bzw. die Meere zu schützen.



Aufgabe 1

Klimadiagramme

- 1.1 Vergleiche die Klimadiagramme aus Glasgow und Novosibirsk in **Material 1** miteinander. Berücksichtige dabei vor allem die jeweilige Jahrestemperaturamplitude der zwei Orte!
- 1.2 Verorte Glasgow und Novosibirsk auf einer geeigneten Atlaskarte. Notiere dir die wichtigsten Unterschiede.
- 1.3 Stelle physikalische Vermutungen zur Erklärung der in 1.1 festgestellten Unterschiede zwischen den zwei Orten auf!

Bonusaufgabe „Wissen“ (fächerübergreifend: Geographie):

- 1.4 Notiere die Fachbegriffe für die zwei unterschiedlichen Klimate an den Orten Glasgow und Novosibirsk!

Aufgabe 2

Schülerinnen und Schüler-Versuch zur Wärmekapazität

- 2.1 Stellt in Partnerarbeit Hypothesen dazu auf, welche Größen einen Einfluss auf die innere Energie von Wasser haben könnten.
- 2.2 Plant zu zweit ein Experiment, mit dem ihr untersuchen könnt, welcher gesetzmäßige Zusammenhang zwischen der Zunahme der inneren Energie und einer eurer vermuteten Größe aus Aufgabe 2.1 besteht.

Tipp: Material 2 hält einige Hinweise zum Experimentieren für euch bereit.

Nutzt dabei folgendes Vorgehen:

- a) Formuliert die Versuchsidee in euren eigenen Worten.
- b) Verschriftlicht eure Vermutungen/Hypothesen zum Ausgang des Experiments bzw. zum Zusammenhang zwischen der untersuchten Größe und der inneren Energie.
- c) Notiert die für den Versuch benötigten Materialien.
- d) Fertigt eine Skizze zur Durchführung des Experiments an.
- e) Protokolliert eure Beobachtungen und haltet die Messergebnisse in einer geeigneten Messwerttabelle (Temperatur, Zeit, ...) fest.
- f) Zeichnet (jeweils) einen Graphen für die Temperaturerhöhung pro Zeiteinheit.
- g) Zieht aus e) und f) Schlussfolgerungen für den Zusammenhang / die Proportionalitäten eurer untersuchten Größe mit der inneren Energie.

Tipp: Nutzt hierbei wieder die Hinweise aus **Material 2**.

- h) Überprüft eure in b) formulierte Hypothese.
- 2.3 Die Formel für die spezifische Wärmekapazität c lautet:

$$c = \frac{\Delta E_i}{m \cdot \Delta \vartheta}$$

- a) Definiere die einzelnen Variablen.
- b) Vergleiche die Formel mit deinen Ergebnissen aus Aufgabe 2.2 g).

Tipp: Stelle die Formel nach ΔE_i um.

- c) Leite aus der Formel die Einheit der spezifischen Wärmekapazität c ab.
- d) Formuliere einen Satz dazu, was die spezifische Wärmekapazität aussagt. Starte mit folgendem Satzanfang: „Die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes ist ein Maß für ...“
- 2.4 Recherchiere Werte für die spezifische Wärmekapazität verschiedener Stoffe und trage sie in die folgende Tabelle ein.

Stoff	c in _____
Wasser	
Eis	
Gold	
Beton	
Aluminium	

Stoff	c in _____
Erde (feucht)	
Erde (trocken)	



Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

- 2.5 Vergleiche die spezifische Wärmekapazität von Wasser mit der von anderen Stoffen anhand Deiner Tabelle.

Aufgabe 3

Warum hat Wasser einen so großen Einfluss auf unser Klima?

3.1 Beschreibe und begründe physikalisch den Einfluss großer Wassermengen – wie Ozeane – auf das Klima von Orten in Meeresnähe! Nutze dabei auch den Begriff der „spezifischen Wärmekapazität“ von Wasser.

Tipp: Schau dir hierzu die Klimadiagramme aus **Material 1** noch einmal an.

3.2 Beurteile die Aussage in **Material 3** unter Verwendung deines Wissens zur Wärmekapazität von Wasser.

3.3 Analysiere anhand von **Material 4**, welche Auswirkungen der anthropogene (menschgemachte) Klimawandel auf unsere Ozeane haben kann. Begründe einige deiner gefundenen Aspekte mithilfe deines physikalischen Wissens.

3.4 Bewerte die Seriosität der Quellen aus **Material 4!** Notiere dir auch die Kriterien, nach denen du die Seriosität bewertet hast.

3.5 Ordne alle in 3.3 gefundenen Auswirkungen in die folgende Matrix ein. Ergänze deine eigenen Ideen an geeigneter Stelle.

Ökologische Auswirkungen (die Umwelt und Lebewesen betreffend)	Ökonomische Auswirkungen (die Wirtschaft betreffend)
Soziale Auswirkungen (die Menschen und deren Lebensweisen betreffend)	Persönliche Auswirkungen (deine eigene Lebensweise und Lebenswelt betreffend)

Aufgabe 4

Anwendungen im Alltag und im Haushalt

4.1 Begründe physikalisch, warum es sinnvoll ist, im Haushalt nur jeweils so viel Wasser zu erhitzen, wie man tatsächlich benötigt.

4.2 Entwickelt in Partnerarbeit weitere Handlungsoptionen für den Haushalt und den Alltag, die Energie und Wasser einsparen.

Aufgabe 5

Anwendungen in der Technik: Wärmekraftwerke und Kühlwassernutzung

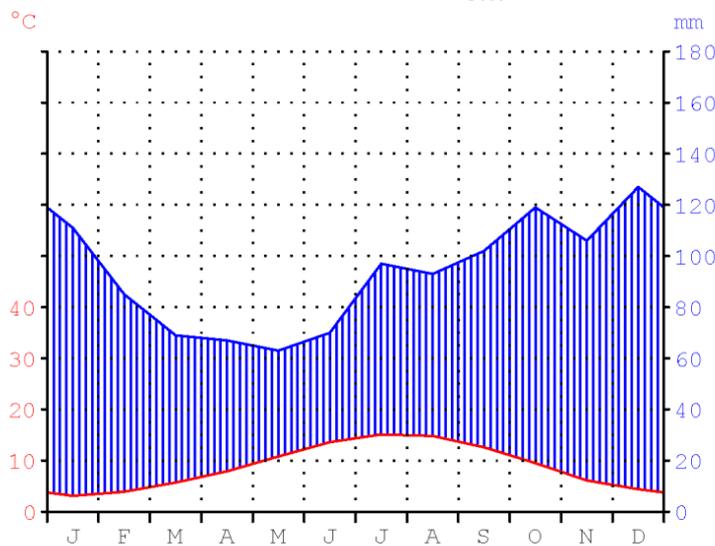
- 5.1 Erstelle aus dem Infotext **Material 5** zu Wärmekraftwerken und Kühlwassernutzung eine Concept Map.
- Starte damit, dass du dir die wichtigsten Schlagwörter aus **Material 5** notierst. Nimm dafür alle her, die wichtig für das Verständnis des in **Material 5** beschriebenen Sachverhalts sind.
 - Verbinde danach deine Schlagwörter mit Pfeilen und beschrifte diese Pfeile mit sinnvollen Verben, sodass sich ein richtiger Zusammenhang ergibt.
- 5.2 Füge den Begriff „Wärmekapazität“ in einem sinnvollen Zusammenhang in deine Concept Map ein.
- 5.3 Markiere alle Schlagwörter, die
- die Natur und Umwelt (Ökologie) betreffen, **grün**.
 - die Wirtschaft (Ökonomie) betreffen, **blau**.
 - die Physik bzw. Technik betreffen, **braun**.
 - die Menschen (Soziales) betreffen, **rot**.
- 5.4 Begründe, welche der vier Bereiche bei der Betrachtung deiner Concept Map zu „Wärmekraftwerken und Kühlwassernutzung“ am stärksten miteinander in Wechselwirkung treten.
- 5.5 Recherchiere, welche Typen von Wärmekraftwerken es gibt und welche davon Wasser zur Kühlung verwenden.
- 5.6 Beurteile den Einsatz von (Trink-)Wasser für die Kühlung in Wärmekraftwerken.

Material

Material 1 Klimadiagramme Glasgow und Novosibirsk

Erstellt mit Geoklima 2.1

Glasgow/Großbritannien
55°52'N/4°16'W
6m



Monat	Temp. (°C)	Nied. (mm)
JAN	3,1	111
FEB	3,9	85
MRZ	5,7	69
APR	7,9	67
MAI	10,8	63
JUN	13,6	70
JUL	15,1	97
AUG	14,8	93
SEP	12,6	102
OKT	9,5	119
NOV	6,1	106
DEZ	4,4	127

Temp.-Jahresmittel
9,0 °C

Niederschlagssumme
1109 mm

Novosibirsk/Rußland
55°2'N/82°54'E
162m

Erstellt mit GEOKLIMA 2.1
<http://www.w-hanisich.de/geoklima/>



Monat	Temp. (°C)	Nied. (mm)
JAN	-19,0	16
FEB	-17,2	12
MRZ	-10,7	13
APR	-0,2	22
MAI	10,0	34
JUN	16,3	60
JUL	18,7	74
AUG	16,0	60
SEP	9,9	45
OKT	1,5	35
NOV	-9,7	30
DEZ	-16,9	24

Temp.-Jahresmittel
-0,1 °C

Niederschlagssumme
425 mm

Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

Material 2 Hinweiskarten zum Schülerinnen und Schüler-Versuch

Hinweis 1	Hinweis 2
Diese Untersuchung geht am einfachsten mit Wasser, das ihr mit dem Elektrowärmer erwärmt.	Betreibt den Elektrowärmer niemals ohne Wasser, sondern nur , wenn er mit ausreichend Wasser gefüllt ist und fasst den Stecker des Elektrowärmers nie mit nassen Händen an!
Hinweis 3	Hinweis 4
Findet den Wert der elektrischen Leistung (in Watt pro Minute bzw. Sekunde) des Elektrowärmers heraus, indem ihr auf der Unterseite des Elektrowärmers oder in der beiliegenden Beschreibung nachseht.	Ihr könnt davon ausgehen, dass der Elektrowärmer in jeder Minute gleich viel Energie liefert und die gesamte elektrisch zugeführte Energie vom Wasser als innere Energie aufgenommen wird.
Hinweis 5	
Die Zusammenhänge gelten nur, wenn sich der Aggregatzustand des Wassers nicht ändert. Erwärmt das Wasser daher nicht über 70 °C.	

Material 3 Klima und Ozeane

„Klima und Meer sind auf vielschichtige Weise sehr eng miteinander verknüpft. Das Meer spielt durch den Austausch von Wasser, Kohlenstoff und Energie eine essentielle Rolle in unserem Klimasystem [...]. Gleichzeitig verändert die vom Menschen verursachte Klimakatastrophe die Ozeane dramatisch.“

(Quelle: WWF 2023)

Material 4 Klimawandel und Ozeane

		
Link zu Die Bedeutung der Meere für das Klima	Link zum Interview: Weltklimarat betont Bedeutung der Ozeane	Link zu Was ist der Klimawandel? (Grundlagen)



Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

Material 5 Wärmekraftwerke und Kühlwassernutzung

Ein Wärmekraftwerk wandelt Wärme, genauer thermische Energie, teilweise in elektrische Energie um. [...] [Dafür wird Wasser erhitzt und mit dem entstehenden Wasserdampf eine Dampfturbine angetrieben] Die Wärme wird [also] in einer Kraftmaschine, oft eine Turbine, in nutzbare kinetische Energie umgewandelt und diese dann durch einen Generator in elektrische Energie. Es findet also eine Energieumwandlung statt. Die meisten Wärmekraftwerke erzeugen die [für die Energieumwandlung] benötigte Wärme selbst, indem sie fossile Brennstoffe verbrennen oder im Kernkraftwerk die Abwärme von nuklearen Prozessen nutzen. Als natürliche Wärmequellen können die Erdwärme und die Sonnenstrahlung genutzt werden.

Wärmekraftwerke gewinnen ihre Energie [also] aus einer Temperaturdifferenz. Je höher diese ist, desto mehr Energie kann gewonnen werden. Neben einer möglichst heißen Wärmequelle ist daher auch eine möglichst kalte Wärmesenke hilfreich, weshalb viele Wärmekraftwerke an geeigneter Stelle eine Kühlung ihres Arbeitsmittels vorweisen.

Kühlwasser wird insbesondere bei der Energiegewinnung in Wärmekraftwerken benötigt. In Wärmekraftwerken kann aufgrund von physikalischen Gesetzmäßigkeiten (Hauptsätze der Thermodynamik) nur ca. 35 bis 40% der eingesetzten Energie in Strom umgewandelt werden. Die restlichen 60 bis 65% der im Brennstoff enthaltenen Energie werden in Wärme umgewandelt, die aus dem System abgeführt werden muss. Abwärme fällt im Kraftwerk hauptsächlich am Wärmetauscher (Kühler/Kondensator) an. Diese wird mittels Kühlwasser aus dem Kraftwerk abgeführt. [...]

Viele Wärmekraftwerke nutzen zur Kühlung das Wasser vorbeifließender Flüsse. [...] Allerdings kann dadurch [...] das Flusswasser zu warm werden. Es sind deshalb Grenzwerte festgelegt, um wie viel Grad Celsius bzw. auf welche Temperatur der Fluss maximal erwärmt werden darf, um ein Umkippen zu vermeiden. Dies kann insbesondere im Sommer bei hohen Wassertemperaturen dazu führen, dass ein Kraftwerk abgeschaltet werden muss. [...] Die Wassertemperatur beeinflusst die physikalischen, biologischen und chemischen Vorgänge in einem Gewässer ganz wesentlich. Sie resultiert aus der Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe des Gewässers und strebt einer Gleichgewichtstemperatur zu. Der Wärmeeintrag in ein Gewässer ist auf das notwendige Maß zu beschränken, damit die im Gewässer vorkommenden Lebensgemeinschaften [...] so wenig wie möglich beeinträchtigt werden. Deshalb wurden von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) schon vor vielen Jahren Grundsätze und Vorgaben für Wärmeeinleitungen in Gewässer erarbeitet. [...]

Wärmekraftwerke gehören zu den größten Wasserverbrauchern in der Wirtschaft. In den Industriestaaten entfällt etwa 40 % der gesamten Wasserentnahme aus Frischwasserquellen auf Wärmekraftwerke, wobei die höchsten Verbräuche Kernkraftwerke und (zukünftige) Kohlekraftwerke [...] aufweisen.

Eine weitere [...] Möglichkeit [der Wärmeabgabe] ist die Verwendung von Kühltürmen, über die die Abwärme abgegeben wird, sofern man sie nicht über die Kraft-Wärme-Kopplung zur Heizung benachbarter Wohnsiedlungen oder von Gewächshäusern nutzen kann.

Wärmekraftwerke liefern in den meisten industrialisierten Staaten einen Großteil (je nach Region 60–100 %) der elektrischen Energie. Dies liegt auch an den verfügbaren Energievorkommen in Form von fossilen Brennstoffen wie Erdöl und Kohle sowie Energievorkommen aus Uran.

Diese Quellen wurden jahrzehntelang genutzt und die Technologien optimiert. Alternative Energiequellen und Verfahren gewinnen aber stetig an Bedeutung, da die fossilen Vorkommen begrenzt sind und ihre Abgas- und Abfallprodukte umwelt[- und gesundheits]schädlich sind.

Quellen: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2023 & WIKIPEDIA 2023

Hinweise zum Unterricht

Die vorgestellten Aufgaben können im Ganzen oder in Teilen dazu dienen, den konzipierten Unterricht zu unterstützen, eignen sich aber auch zur eigenständigen Erarbeitung der Lerninhalte, wobei die Lehrkraft eine begleitende oder unterstützende Rolle einnimmt.

Hinweis zu Aufgabe 1:

Diese Aufgabe stellt eine fächerübergreifende Aufgabe (Physik und Geographie) dar. Außerdem sorgt sie für eine Einbettung des Themas „Wärmekapazität von Wasser“ in einen realitätsnahen Kontext.

Hinweis zu Aufgabe 2:

Zwischen den Aufgaben 2.2 und 2.3 sollte eine Zusammenführung der unterschiedlichen Versuchsergebnisse in der Klasse durch die Lehrkraft erfolgen, damit alle SuS auf demselben Stand sind. Außerdem können hierbei alle Ergebnisse besprochen werden, die für eine Hinführung auf die Wärmekapazität benötigt werden.

Folgende Lerninhalte sollten vorher bekannt sein:

- In der Physik werden zwei verschiedene Temperaturskalen verwendet: die Celsius-Skala und die absolute Temperaturskala (in Kelvin).
- Je höher die Temperatur eines Körpers ist, desto größer ist die mittlere kinetische Energie der Teilchen des Körpers.
- Wärme ist die Energiemenge, die beim Temperatúrausgleich zwischen Körpern unterschiedlicher Temperatur übertragen wird.
- Der Übergang von Wärme ist die Veränderung der inneren Energien und somit auch der mittleren kinetischen Energie der Teilchen der beteiligten Körper → Temperaturänderung.
- „Erwärmung“ kann stattfinden durch mechanische Arbeit, durch Übertragung von innerer Energie oder durch Strahlung.
- Erster Hauptsatz der Wärmelehre: Die Änderung der inneren Energie eines Körpers geschieht durch Zufuhr bzw. Abfuhr von Wärme und/oder Arbeit: $\Delta U = Q + W$.

Hinweis zu Aufgabe 3 bis 5:

Die weiterführenden Aufgaben dienen dazu, die physikalischen Zusammenhänge aus Aufgabe 2 auf reale Sachverhalte anwenden zu können. Zudem werden in diesen Aufgaben physikalischen Begründungs- und Argumentationsweisen eingeübt.



Quellen- und Literaturangaben

Quellenangaben

Material 1: Klimadiagramme Glasgow und Novosibirsk

Link zum [Klimadiagramm Glasgow](#)

Link zum [Klimadiagramm Novosibirsk](#)

Link zur [Weltkarte](#) (siehe Lösungsvorschläge):

Material 2: Hinweiskarten zum SuS-Versuch

Stark verändert nach MEKRUPHY (2022): Schülerheft. Wärme 2. Pinsker Druck und Medien GmbH: Mainburg.

Material 3: Klima und Ozeane

Link zu [WWF \(2023\): Die Klimakrise und das Meer](#), abgerufen am 30.10.2023.

Material 4: Klimawandel und Ozeane

Link zu [Krautwig, T. \(2022\): Helmholtz Klima Initiative. Die Bedeutung der Meere für das Klima.](#), abgerufen am 03.11.2023.

Link zu [ESKP \(2021\): Weltklimarat betont Bedeutung der Ozeane](#), abgerufen am 03.11.2023.

Link zu [BPB \(2022\): Klimawandel](#), abgerufen am 03.11.2023

Material 5: Wärmekraftwerke und Kühlwassernutzung

Text verändert nach:

Link zu [BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT \(2023\): Kühlwassernutzung](#), abgerufen am 04.11.2023.

und

Link zu [WIKIPEDIA \(2023\): Wärmekraftwerke](#), abgerufen am 04.11.2023.



Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

Literaturangaben

Fachwissen zur Wärmekapazität:

DEMTRÖDER, W. (2021): Experimentalphysik 1. Mechanik und Wärme. Springer Spektrum: Berlin Heidelberg.

MESCHÉDE, D. (2015): Gerthsen Physik. Springer Spektrum: Berlin Heidelberg.

Hinweise zur Fachdidaktik:

KIRCHER, E.; GIRWIDZ, R. & FISCHER, H.E. (2020a): Physikdidaktik. Grundlagen. Springer Spektrum: Berlin.

KIRCHER, E.; GIRWIDZ, R. & FISCHER, H.E. (2020b): Physikdidaktik. Methoden und Inhalte. Springer Spektrum: Berlin.

Lehrplanbezug:

Link zu [ISB \(2023a\): Physik 9 – Physikalische Erkenntnisse für Argumentationen nutzen](#), abgerufen am 13.08.2023.

BNE-Kompetenzen:

KMK (2016): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. Cornelsen: Berlin.

Verwendete Schulbücher:

DIETRISCH, R.; FAUSER, C.; FINKENBERG, F.; JÄGER, R. & SCHALK, M. (2021): Physik 9. Gymnasium Bayern. C.C. Buchner Verlag: Bamberg.

HERMANN-ROTTMAIR, F.; HUBER, L.; NOACK, I.; RENNER, A. & RIEGER M. (2021): Duden Physik 9. Bayern Gymnasium. Cornelsen-Verlag: Berlin.

Quelle für den SuS-Versuch

MEKRUPHY (2022): Schülerheft. Wärme 2. Pinsker Druck und Medien GmbH: Mainburg.

Mögliche Lösungen – Aufgabe 1

1.1 Vergleiche die Klimadiagramme aus Glasgow und Novosibirsk in **Material 1** miteinander. Berücksichtige dabei vor allem die jeweilige Jahrestemperaturamplitude der zwei Orte!

Jahrestemperaturamplituden der zwei Orte:

- *Glasgow: 12,0 °C*
- *Novosibirsk: 37,7 °C*

Weitere Aspekte, die auffällig sind, aber für die Erarbeitung der „Wärmekapazität von Wasser“ wenig Bedeutung haben, könnten sein:

- ***Gemeinsamkeiten:** humides Klima, Lage beider Orte auf der Nordhalbkugel → Sommer und Winter in denselben Monaten*
- ***Unterschiede:** Jahresniederschlagssummen, Niederschlagsmaxima und -minima in unterschiedlichen Jahreszeiten, Jahresmitteltemperaturen, Monatsmitteltemperaturen der kältesten und wärmsten Monate, Höhenlagen über NN (Abkürzung von Normalnull).*

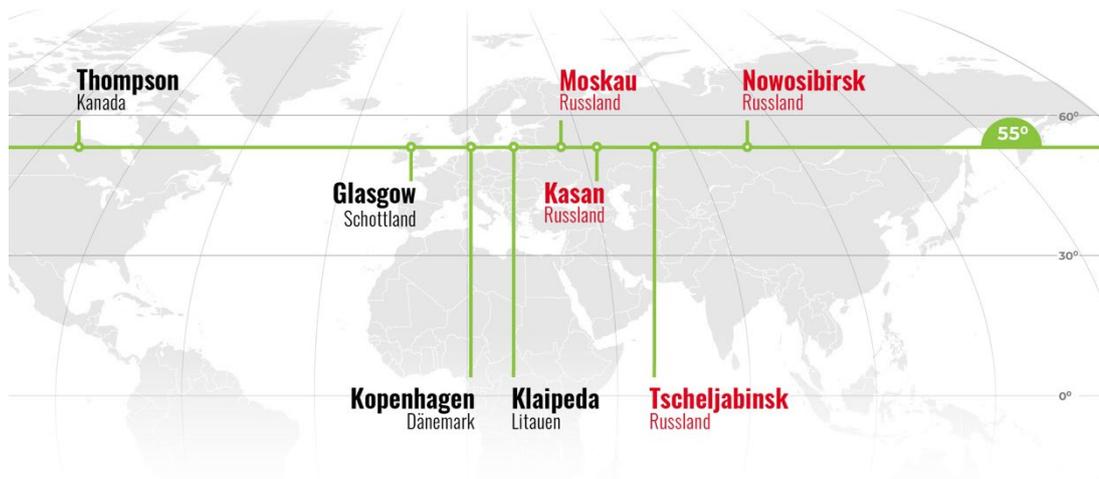
1.2 Verorte Glasgow und Novosibirsk auf einer geeigneten Atlaskarte. Notiere dir die wichtigsten Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

Gemeinsamkeiten:

Beide Orte befinden sich auf dem 55. Breitengrad.

Unterschiede:

Glasgow liegt auf der Inselgruppe „Großbritannien“ und Novosibirsk liegt in Zentralasien, mitten auf dem Kontinent und weit entfernt vom nächsten Meer.





Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

1.3 Stelle physikalische Vermutungen zur Erklärung der in 1.1 festgestellten Unterschiede zwischen den zwei Orten auf!

Das Meer hat einen Einfluss auf das Klima an verschiedenen Orten der Erde. Es speichert im Sommer infolge seiner hohen spezifischen Wärmekapazität bedeutende Energiemengen, ohne sich dabei stark zu erwärmen. Diese Energie wird im Winter wieder an die Landmasse abgegeben. Das Klima an meernahen Orten der Erde ist daher das ganze Jahr über milder und weist geringere Temperaturunterschiede innerhalb des Jahres auf. Im Vergleich dazu fällt die Jahrestemperaturamplitude an Orten, die weit vom Meer entfernt sind (Kontinent-Mitte), wesentlich größer aus als in meernahen Gegenden.

Bonusaufgabe „Wissen“ (fächerübergreifend: Geographie):

1.4 Notiere die Fachbegriffe für die zwei unterschiedlichen Klimate an den Orten Glasgow und Novosibirsk!

Glasgow: Maritimes Klima

Novosibirsk: Kontinentalklima

Mögliche Lösungen – Aufgabe 2

2.1 Stellt in Partnerarbeit Hypothesen dazu auf, welche Größen einen Einfluss auf die innere Energie von Wasser haben könnten.

- *Masse m des erwärmten Wassers*
- *Temperaturzufuhr ΔT bzw. Temperaturänderung $\Delta \vartheta$*

2.2 Plant zu zweit ein Experiment, mit dem ihr untersuchen könnt, welcher gesetzmäßige Zusammenhang zwischen der Zunahme der inneren Energie und einer eurer vermuteten Größe aus Aufgabe 2.1 besteht.

Tipp: Material 2 hält einige Hinweise zum Experimentieren für euch bereit.

Der Versuch ist für beide in 2.1 genannten Größen geeignet. Hier wird beispielhaft ein Lösungsvorschlag für den Zusammenhang zwischen der Temperaturänderung und der inneren Energie betrachtet.

Es ergibt sich dasselbe Vorgehen beim Experimentieren, wenn man den Zusammenhang von innerer Energie zur Masse bestimmen möchte. Allerdings muss man dabei dieselbe Messung mehrmals mit verschiedenen Wassermengen durchführen.

Nutzt dabei folgendes Vorgehen:

a) Formuliert die Versuchsidee in euren eigenen Worten.

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Zunahme der inneren Energie und der Temperaturänderung einer bestimmten Menge an Wasser?

b) Verschriftlicht eure Vermutungen/Hypothesen zum Ausgang des Experiments bzw. zum Zusammenhang zwischen der untersuchten Größe und der inneren Energie.

Es besteht ein direkt proportionales Verhältnis zwischen den beiden Größen.

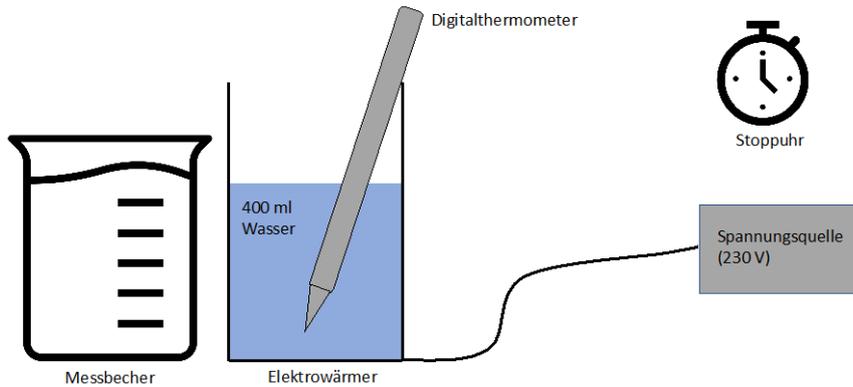
c) Notiert die für den Versuch benötigten Materialien.

Es werden folgende Materialien benötigt:

- *Elektrowärmer*
- *Stoppuhr*
- *(digitales) Thermometer*
- *Messbecher*
- *Spannungsquelle*

d) Fertigt eine Skizze zur Durchführung des Experiments an.

Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

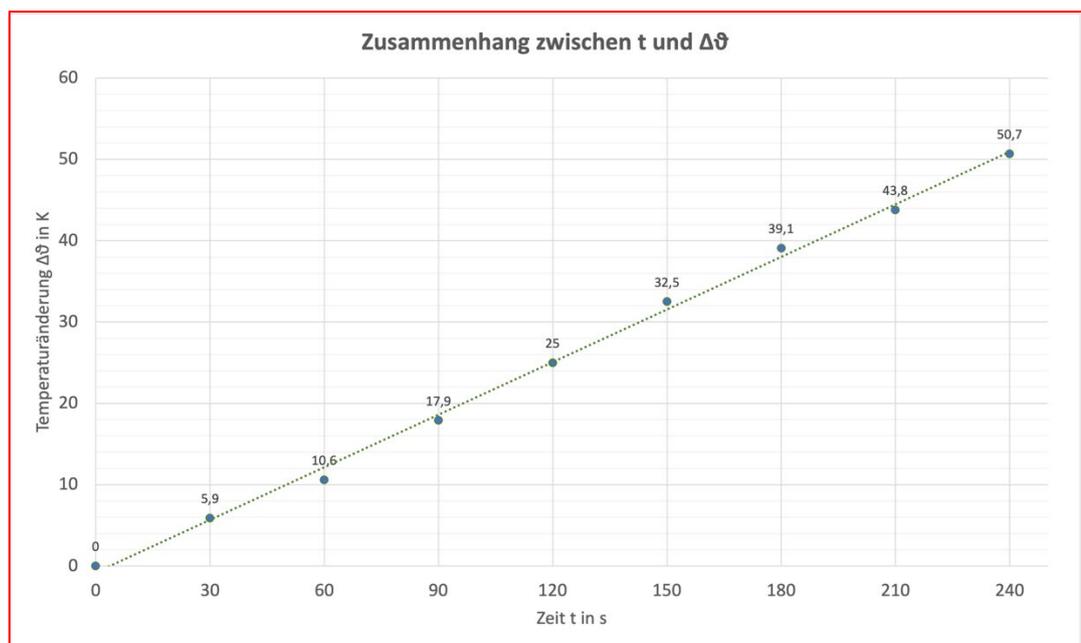


e) Protokolliert eure Beobachtungen und haltet die Messergebnisse in einer geeigneten Messwerttabelle (Temperatur, Zeit, ...) fest.

Die Messwerte beziehen sich auf einen Elektrowärmer ($P = 400 \text{ W pro Minute}$) und eine Wassermasse $m = 400 \text{ ml}$. Die erste Messung erfolgte, als sich die Temperaturanzeige innerhalb etwa einer Minute nicht mehr änderte.

Zeit t in s	0	30	60	90	120	150	180	210	240
Temperatur ϑ in $^{\circ}\text{C}$	24,5	30,4	35,1	42,4	49,5	57,0	63,6	68,3	75,2
$\Delta\vartheta$ in K	0	5,9	10,6	17,9	25,0	32,5	39,1	43,8	50,7

f) Zeichnet (jeweils) einen Graphen für die Temperaturerhöhung pro Zeiteinheit.





Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

g) Zieht aus e) und f) Schlussfolgerungen für den Zusammenhang / die Proportionalitäten eurer untersuchten Größe mit der inneren Energie.

Tipp: Nutzt hierbei wieder die Hinweise aus **Material 2**.

Die Temperaturänderung ist direkt proportional zur Zeit.

*Mit Hinweis 4 aus **Material 2** folgt, dass die innere Energie ΔE_i direkt proportional zur Temperaturerhöhung $\Delta \vartheta$ des Wassers ist. In f) wurde zur Veranschaulichung eine Gerade eingezeichnet.*

h) Überprüft eure in b) formulierte Hypothese.

Die Hypothese wurde als passend überprüft.

Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

2.3 Die Formel für die spezifische Wärmekapazität c lautet:

$$c = \frac{\Delta E_i}{m \cdot \Delta \vartheta}$$

a) Definiere die einzelnen Variablen.

c...spezifische Wärmekapazität

ΔE_i ... innere Energie

m...Masse des Wassers

$\Delta \vartheta$...Temperaturänderung

b) Vergleiche die Formel mit deinen Ergebnissen aus Aufgabe 2.2 g).

Tipp: Stelle die Formel nach ΔE_i um.

$$\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta$$

Es ergibt sich auch aus der Formel, dass ΔE_i sowohl zur Masse m als auch zur Temperaturänderung $\Delta \vartheta$ direkt proportional ist.

c) Leite aus der Formel die Einheit der spezifischen Wärmekapazität c ab.

$$[c] = \frac{J}{kg \cdot K}$$

d) Formuliere einen Satz dazu, was die spezifische Wärmekapazität aussagt. Starte mit folgendem Satzanfang: „Die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes ist ein Maß für ...“

Die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes ist ein Maß für die Energie, die 1 kg Wasser aufnimmt bzw. abgibt, wenn sich seine Temperatur um 1 K erhöht bzw. erniedrigt.

2.4 Recherchiere Werte für die spezifische Wärmekapazität verschiedener Stoffe und trage sie in die folgende Tabelle ein.

Stoff	c in $\frac{J}{kg \cdot K}$	Stoff	c in $\frac{J}{kg \cdot K}$
Wasser (20 °C)	4,187	Erde (feucht)	2,000
Eis	2,060	Erde (trocken)	0,800
Gold	0,130	Von Schülerinnen und Schülern gewählt	
Beton	0,879	Von Schülerinnen und Schülern gewählt	
Aluminium	0,896	Von Schülerinnen und Schülern gewählt	

2.5 Vergleiche die spezifische Wärmekapazität von Wasser mit der von anderen Stoffen anhand Deiner Tabelle.

Die Wärmekapazität von Wasser hat einen auffällig hohen Wert im Vergleich zu den anderen Stoffen.

Mögliche Lösungen – Aufgabe 3

- 3.1 Beschreibe und begründe physikalisch den Einfluss großer Wassermengen – wie Ozeane – auf das Klima von Orten in Meer-Nähe! Nutze dabei auch den Begriff der „spezifischen Wärmekapazität“ von Wasser.

Tipp: Schau dir hierzu die Klimadiagramme aus **Material 1** noch einmal an.

Ozeane sind dahingehend klimawirksam, als dass sie das Klima und die Temperaturschwankungen der Luft mäßigen, indem sie viel Wärme speichern und in ständigem Austausch mit der Atmosphäre stehen (vgl. KIRCHER et al. 2020, 411). Denn Wasser kann aufgrund seiner hohen spezifischen Wärmekapazität eine enorme Menge an Energie aufnehmen, ohne sich dabei stark zu erwärmen.

Zwei Orte auf demselben Breitengrad (beispielsweise Glasgow in Schottland und Novosibirsk in Zentralrussland auf dem 55. Breitengrad), die aus physikalischer und geographischer Sicht das Jahr über dieselbe Strahlungsmenge von der Sonne erhalten, können dennoch extrem unterschiedliche Jahrestemperaturamplituden aufgrund des (fehlenden) Einflusses des Ozeans haben. Das Meer wirkt also als „Wärmepuffer“.

- 3.2 Beurteile die Aussage in **Material 3** unter Verwendung deines Wissens zur Wärmekapazität von Wasser.

Wasser – und somit auch das Meer – kann im Vergleich zu anderen Stoffen und Flüssigkeiten eine große Menge an Energie (und CO₂) aufnehmen, ohne sich dabei stark zu erwärmen. Das Meer kann also u.a. als Puffer für den anthropogenen Klimawandel gesehen werden. Es kann die Vermutung aufgestellt werden, dass ohne den großen Anteil des Wassers an der Erdoberfläche, die globale Jahresmitteltemperatur bereits viel höher wäre. Dennoch erwärmen sich die Meere langsam durch den Klimawandel.

- 3.3 Analysiere anhand von **Material 4**, welche Auswirkungen der anthropogene (menschgemachte) Klimawandel auf unsere Ozeane haben kann. Begründe einige deiner gefundenen Aspekte mithilfe deines physikalischen Wissens.

Auswirkungen des Klimawandels auf die Ozeane:

- *Zeitverzögerte Auswirkungen, da es Jahrhunderte dauert, bis eine Durchmischung der Meere über Meeresströmungen erfolgt ist*
 - *Kipppunkt im Klimasystem*
 - *evtl. physikalische Begründung: Brownsche Molekularbewegung, d.h. eine Durchmischung in kaltem Wasser dauert aufgrund der langsameren Geschwindigkeiten der Teilchen länger als in kaltem Wasser*
- *Erwärmung der Meere*
 - *(Rück-)Beeinflussung des globalen Stoffkreislaufs*
 - *Abnahme des Sauerstoffgehalts im Meerwasser*
- *Anstieg des Meeresspiegels*
 - *Bedrohung von Lebensräumen (Menschen und Tiere) an Küsten*
 - *physikalische Begründung: Erwärmung von Wasser führt zu einer sinkenden Dichte, da sich das Wasser bei steigender Temperatur ausdehnt (Volumenzunahme = steigende Meeresspiegel)*



Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

- *Abschmelzen der Eiskappen*
 - *erhöhter Süßwassereintrag in die Meere und kann Auswirkungen auf die Meeresströmungen (z.B. Golfstrom) haben*
 - **physikalische Begründung:** *Aufgrund der höheren Dichte von Salzwasser im Vergleich zu Süßwasser sinkt das Salzwasser ab und das kalte Süßwasser kann warme Oberflächen-Meeresströmungen „unterbrechen“*
- *Versauerung der Meere durch erhöhten Eintrag und Speicherung von CO₂*
 - *Bedrohung einiger wichtiger Arten im maritimen Lebensraum*
 - *Kettenreaktion: Lebensraumverlust weiterer Arten beim Absterben von z.B. Riffen und Verlagerung der Lebensräume polwärts*
 - *Auswirkungen auf die Fischerei und den Tourismus*
 - *Teufelskreis: zunehmende Versauerung der Meere führt zu einer verminderten Aufnahme von CO₂*
 - *Verstärkung der globalen Erwärmung*
- *Erhöhter Schutz des Ökosystems „Meer“ als logische Folgerung*

3.4 Bewerte die Seriosität der Quellen aus **Material 4!** Notiere dir auch die Kriterien, nach denen du die Seriosität bewertet hast.

Mögliche Kriterien zur Seriosität der Internetquelle:

- *Autor gegeben*
- *Jahreszahl bzw. Datum des Artikels hinterlegt*
- *Quellenangaben im Text*
- *Internetseiten von Ämtern, Ministerien etc.*

3.5 Ordne alle in 3.3 gefundenen Auswirkungen in die folgende Matrix ein. Ergänze deine eigenen Ideen an geeigneter Stelle.

<p>Ökologische Auswirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Erwärmung der Meere</i> - <i>Sinkender Sauerstoffgehalt und steigender CO₂-Gehalt im Meer → Versauerung bedroht Arten</i> - <i>Abschmelzen der Eiskappen</i> 	<p>Ökonomische Auswirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Verlagerung der Fischerei-Schwerpunkte</i> - <i>Insg. Abnahme des Fischerei-Ertrags</i> - <i>Verlagerung des Tourismus</i>
<p>Soziale Auswirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Weltweiter Wohngebietsverlust an den Küsten aufgrund des steigenden Meeresspiegels</i> 	<p>Persönliche Auswirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Kälteres Klima in Europa durch abklingenden Golfstrom hat veränderte Lebensweisen zur Folge</i>



Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

- *Verlust von Lebensgrundlagen für Fischerei-
Kleinbetriebe durch die Verlagerung der Le-
bensräume polwärts*

- *Orientierung hin zum Schutz der Meere*



Mögliche Lösungen – Aufgabe 4

- 4.1 Begründe physikalisch, warum es sinnvoll ist, im Haushalt nur jeweils so viel Wasser zu erhitzen, wie man tatsächlich benötigt.

Um Wasser zu erhitzen, braucht man sehr viel Energie, da Wasser eine sehr hohe Wärmekapazität besitzt. Um Energie zu sparen, erwärmt man am besten nur so viel Wasser, wie man benötigt.

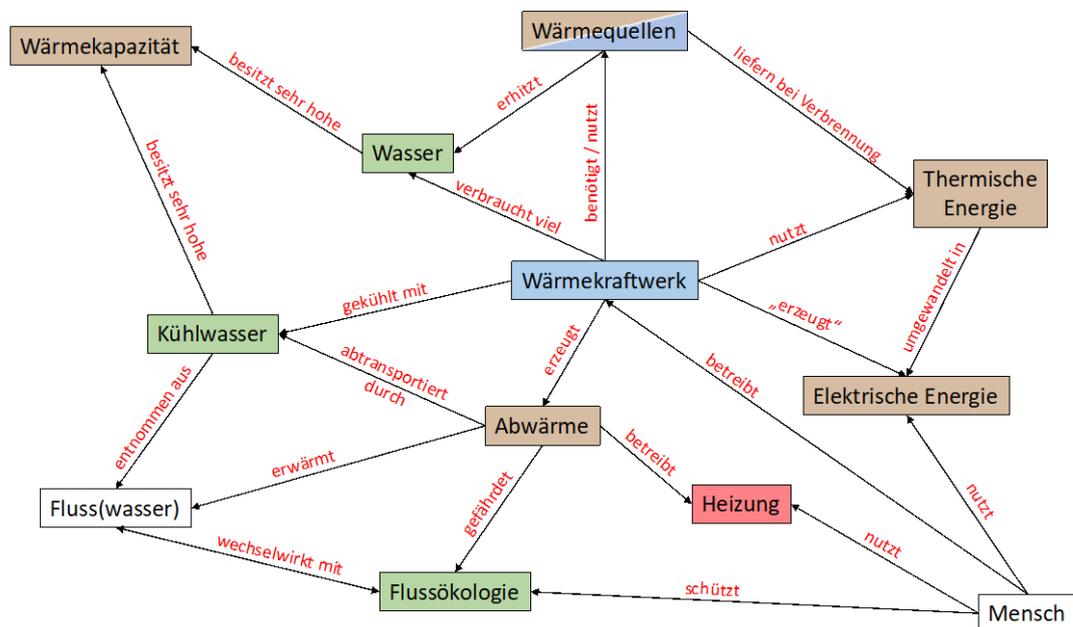
- 4.2 Entwickelt in Partnerarbeit weitere Handlungsempfehlungen für den Haushalt und den Alltag, die Energie und Wasser einsparen.

Handlungsempfehlungen für den Haushalt, die Energie und Wasser sparen:

- *Nur so viel Wasser erhitzen, wie man tatsächlich benötigt*
- *Kurze Duschen*
- *Kalt Hände waschen*
- *Waschmaschine bei 30°C bis 40°C im Eco-Modus betreiben*
- *Spülmaschine bei 30°C bis 40°C im Eco-Modus betreiben*

Mögliche Lösungen – Aufgabe 5

- 5.1 Erstelle aus dem Infotext **Material 5** zu Wärmekraftwerken und Kühlwassernutzung eine Concept Map.
- 5.2 Füge den Begriff „Wärmekapazität“ in einem sinnvollen Zusammenhang in deine Concept Map ein.
- 5.3 Markiere alle Schlagwörter, die
- die Natur und Umwelt (Ökologie) betreffen, **grün**.
 - die Wirtschaft (Ökonomie) betreffen, **blau**.
 - die Physik bzw. Technik betreffen, **braun**.
 - die Menschen (Soziales) betreffen, **rot**.



- 5.4 Begründe, welche der vier Bereiche bei der Betrachtung deiner Concept Map zu „Wärmekraftwerken und Kühlwassernutzung“ am stärksten miteinander in Wechselwirkung treten.

Hier sind verschiedene Begründungen möglich. Drei werden beispielhaft ausgeführt:

1. Die Bereiche „Physik/Technik“ und „Ökologie“ sind am stärksten miteinander verknüpft, da sie am meisten vertreten sind.
- 2: .Ausgehend von der Anzahl der Verknüpfungen, ist die Wirtschaft am stärksten mit allen anderen Bereichen vernetzt.
3. Würde man den „Menschen“ zusammen mit der Betreibung eines „Wärmekraftwerkes“ aus der Concept Map nehmen, ergäben sich nur noch vereinzelt Wechselwirkungen, weshalb diese beiden Bereiche am stärksten mit den anderen wechselwirken.



Illustrierende Aufgaben zum **LehrplanPLUS G9**
Gymnasium, Fach Physik, Jahrgangsstufe 9

5.5 Recherchiere, welche Typen von Wärmekraftwerken es gibt und welche davon Wasser zur Kühlung verwenden.

- *Kohlekraftwerk*
- *Gaskraftwerk*
- *(Heiz-)Ölkraftwerk*
- *Kernkraftwerk*
- *Blockheizkraftwerk*
- *Müllheizkraftwerk*
- *Solarthermisches Kraftwerk*
- *Geothermisches Kraftwerk*
- *Biomassekraftwerk*

Alle genannten Wärmekraftwerke verwenden Wasser zur Kühlung.

5.6 Beurteile den Einsatz von (Trink-)Wasser für die Kühlung in Wärmekraftwerken.

Hier ist die eigene Meinung der Schülerinnen und Schüler gefragt.