

Inklusive Experimentiereinheiten zu Experimento | 10+

„Energie“

Sammlung digitaler Materialien

A2 Inklusion: Wir speichern Wärme – Vom Wärmespeicher zur Salzschnelze

1 Zentrale Fragestellung

Bei vielen technischen Prozessen und insbesondere im Zusammenhang mit regenerativen Energiequellen fällt Wärme an, die oft ungenutzt an die Umwelt abgegeben wird. Eine wichtige Zukunftsfrage ist daher, wie diese Wärme gespeichert und genutzt werden kann. Die Wärmespeicherung mittels Wasser wird häufig bereits im Unterricht untersucht.

Mit den vorgeschlagenen Experimenten wird gezeigt, dass Wärme auch über längere Zeiträume gespeichert werden kann, beispielsweise mit Salzschnelzen, die beim Erstarren (Kristallisieren) große Mengen Wärme abgeben können. Untersucht wird dazu ein handelsübliches Wärmekissen, das mit einem Natriumsalz der Essigsäure gefüllt ist.

2 Einordnung des Experiments in den Unterrichtszusammenhang

2.1 Fachliche Grundlagen

Während die Übergänge zwischen den Zustandsformen fest, flüssig und gasförmig den Schülerinnen und Schülern schon früh aus dem Alltag bekannt sind – besonders am Beispiel des Wassers – ist ihnen die Tatsache, dass jeder Übergang mit Energieumsätzen verbunden ist, nicht immer bewusst. Die Experimente eignen sich, auf diesem alltäglichen Vorwissen aufzubauen und ein tieferes Verständnis dafür zu entwickeln, dass Schmelz- und Verdampfungs-Wärme auch zur Speicherung von Energie genutzt werden können.

Eine Vertiefung stellt die Betrachtung auf der Teilchenebene dar, auf der Wärme als Bewegung interpretiert wird bzw. der Ordnungsgrad eine Rolle spielt für den Energiegehalt eines Stoffes.

2.2 Lehrplanrelevanz

Kompetenzschwerpunkte in ausgewählten Lehrplänen von Sachsen-Anhalt

Physik Klasse 6:

Wärmeübergänge ermitteln und beeinflussen

- die Formen der Wärmeübertragung an Beispielen beschreiben
- Möglichkeiten zur Verbesserung und Behinderung der Wärmeübertragung nennen

Physik Klasse 7/8:

Wärmewirkungen erklären und Wärmeaustauschprozesse bilanzieren

- die von einem Stoff aufgenommene bzw. abgegebene Wärme berechnen
- Eigenschaften und Aggregatzustandsänderungen von Stoffen mit dem Teilchenmodell erläutern

Chemie Klasse 7/8:

Säuren, Basen und Salze des Alltags untersuchen und vergleichen

- anhand eines Vertreters der jeweiligen Stoffklasse Zusammenhänge zwischen Bau, Eigenschaften und Verwendung erläutern

Technik Klasse 9/10

Technische Systeme beschreiben und analysieren

- Anlage zur Nutzung erneuerbarer Energien (exemplarisch)
- Einfluss von baulichen und äußeren Bedingungen auf den Wirkungsgrad
- Vor- und Nachteile des Einsatzes

Die Schülerinnen und Schüler ...

- lernen, den Übergang zwischen dem flüssigen und festen Aggregatzustand als Ursache für Wärmefreisetzung zu verstehen.
- erkennen darin eine Möglichkeit, anfallende Wärme zu speichern und später nutzen zu können.
- lernen zu verstehen, dass alle Übergänge zwischen Aggregatzuständen mit Energieumsätzen verbunden sind.

2.3 Das Experiment im Erklärungszusammenhang

Vorgeschlagen werden hier zwei mal zwei Experimente:

- Die beiden ersten thematisieren die Möglichkeit, mittels handelsüblichen Wärmekissen Wärme zu speichern.
- Die beiden folgenden benutzen das Wärmekissen bzw. dessen Inhalt (ein Natriumsalz der Essigsäure), um den Energieumsatz bei der Aggregatzustandsänderung (hier Kristallisieren) zu berechnen und vorzuführen.

2.3.1 Teilexperiment a): Änderung der Temperatur eines Wärmekissens

Der erste Versuch zur Schmelz- bzw. Kristallisationswärme nutzt das Phänomen, dass ein Wärmekissen mit flüssigem Inhalt beim Kristallisieren heiß wird und über einen längeren Zeitraum Wärme bei konstanter Temperatur abgibt. Die Tatsache, dass zum Schmelzen eines Feststoffes Energie (in Form von Wärme) zugeführt werden muss, ist den Schülerinnen und Schülern aus dem Alltag bekannt (z. B. bei Kerzenwachs). Die Umkehrung, nämlich dass beim Erstarren (auch Festwerden oder Kristallisieren) Wärme frei wird, ist dennoch verblüffend. Beim Wärmekissen ist dieser Effekt besonders deutlich, da es sich bei der Flüssigkeit um eine unterkühlte Schmelze handelt, die erst durch Knicken eines Metallplättchens zum Kristallisieren angeregt wird. (Das Knicken bewirkt die Bildung von Kristallisationskeimen, ähnlich wie das Reiben mit einem Glasstab, siehe Teilexperiment 4.)

Der Versuch kann beliebig oft wiederholt werden, indem das Wärmekissen für ca. 10 Minuten bzw. bis zur völligen Schmelze der Kristalle in sehr heißes Wasser (ca. 90 °C) eingelegt wird. (Es empfiehlt sich, dass dies die Lehrkraft mit einem Wasserkocher in der Vor- oder Nachbereitung des Versuchs selbst macht.)

Die Schülerinnen und Schüler sollen den Temperaturverlauf mit Messungen verfolgen, die gemessenen Werte in eine Tabelle eintragen und daraus einen Graphen (Temperatur über Zeit) anfertigen. Anhand des angefertigten Graphen sehen sie gut, wie die Temperatur des Wärmekissens langsam sinkt.

2.3.2 Telexperiment b): Steigere die Effektivität des Wärmekissens: Das Kissen bleibt länger warm, wenn ...

Um die durch ein Wärmekissen gespeicherte Wärme auch nach längerer Zeit noch nutzen zu können, muss es möglichst gut wärmeisoliert werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen dazu das Telexperiment 1 wiederholen und dabei verschiedene alltäglich verfügbare Materialien einsetzen. Der Temperaturverlauf gibt dann Auskunft über die Güte der Wärmedämmung und die praktischen Speichermöglichkeiten. Wenn das ausgewählte Material gut isoliert, wird die Temperatur langsamer abfallen als ohne Isolierung.

2.3.3 Telexperiment c): Ermittle, wie viel Wärme ein Wärmekissen abgibt

In diesem Versuch wird die Übertragung der Wärme des Wärmekissens auf Wasser untersucht. Es wird davon ausgegangen, dass die von dem Wärmekissen abgegebene Wärme genauso groß ist, wie die vom Wasser aufgenommene Wärme.

Die Erfassung der Messwerte in diesem Experiment wird den Schülerinnen und Schülern gut gelingen. Hier liegt die Herausforderung in der mathematischen Auswertung der Messwerte mit der Grundgleichung der Wärmelehre $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$.

Damit diese Aufgabe allen Schülerinnen und Schülern gelingt, wurde dem Experiment eine Lernhilfe hinzugefügt.

2.3.4 Telexperiment d): Wie das Wärmekissen Wärme speichert – Ein Salz, mal fest, mal flüssig

Zur genaueren Untersuchung der Vorgänge kann ein Wärmekissen geöffnet werden. Der Inhalt wird dann teilweise in ein Reagenzglas gegeben, zum Schmelzen gebracht und nach dem Abkühlen durch Reiben mit einem Glasstab zum Kristallisieren gebracht. Dabei wird die Temperatur messend verfolgt.

Es zeigt sich, dass beim Festwerden immer die gleiche Temperatur erreicht wird (je nach Typ des Wärmekissens ca. 50 °C bis 58 °C), was dem Schmelzpunkt des Feststoffes entspricht. (Tatsächlich sind die gemessenen Werte beim Schülerexperiment wegen Wärmeverlusten oft niedriger.) Dieses Experiment kann nur bedingt wiederholt werden, da beim Erhitzen immer etwas Wasser entweicht. Dadurch verändert sich die Zusammensetzung von Schmelze und Feststoff und schließlich bildet sich keine klare Flüssigkeit mehr.

Hinweis: Das Auftrennen eines erstarrten Wärmekissens und das Verteilen des Salzes an die Schülerinnen und Schüler erfolgt am besten durch die Lehrkraft selbst. Der Rest des Salzes kann in einem dicht verschlossenen Gefäß aufgehoben und für Experimente mit weiteren Klassen verwendet werden. (Evtl. ab und zu ein paar Tropfen Wasser hinzufügen, um Verdampfungsverluste zu kompensieren). Da neun Kissen mitgeliefert werden, hat man so immer Kissen für acht Schülergruppen.

2.4 Durchführungsvarianten

- Alle Experimente können sowohl einzeln als auch in kleinen Gruppen durchgeführt werden. Die Messung des Temperaturverlaufs sollte in Arbeitsgruppen von mindestens zwei Schülern durchgeführt werden, damit das Ablesen und das Notieren der Messwerte getrennt erfolgen kann.
- Um gut reproduzierbare Messung zu erhalten, empfiehlt es sich, auf einer isolierenden Unterlage (z. B. Wellpappe) zu arbeiten, das Wärmekissen um den Fühler des Messgerätes herumzulegen und ggf. das Ganze mit einem Gummiring (oder Bindfaden) zu sichern.
- Falls aus dem Fundus Ihrer Schule genug Reagenzgläser und Stopfen zur Verfügung stehen, könnte nach Abschluss des Teilexperiments 4 das Reagenzglas mit dem erstarrten Na-Acetat mit einem Stopfen verschlossen werden. So aufbewahrt, kann das Natriumacetat immer wieder verwendet werden.
- Die Teilexperimente 1 und 3 sollten nach Anleitung durchgeführt werden. Teilexperiment 2 könnte auch von den Schülerinnen und Schülern selbst entwickelt und dann durchgeführt werden. Diese Vorgehensweise stellt eine gute Möglichkeit dar, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen planvoll einzusetzen und anzuwenden.

Um bei Teilexperiment 2 eine gute Isolation des Wärmekissens zu erhalten, muss man mehrere Dämmstoffe ausprobieren. Ein Wolltuch um das Wärmekissen gelegt bewirkt nur, dass die Temperatur im Lauf von 20 Minuten um 3 °C weniger absinkt als ohne Isolierung (siehe Tabelle).

	Start-Temperatur	Nach 3 min	Nach 6 min	Nach 9 min	Nach 12 min	Nach 15 min	Nach 18 min
Wasser im Reagenzglas	46,5 °C	41,4 °C	37,6 °C	35,1 °C	32,5 °C	30,3 °C	28,5 °C
Mit Wolltuch	47,4 °C	43,5 °C	40,5 °C	37,9 °C	35,5 °C	33,5 °C	31,6 °C

- Um das Verständnis für die Wärmeaufnahme beim Schmelzen zu vertiefen, kann man den Temperaturverlauf beim Erwärmen einer Eis-Wasser-Mischung aufnehmen lassen: Solange noch ein Rest Eis vorhanden ist, bleibt die Temperatur der Mischung bei 0 °C. Als Demonstrationsexperiment geeignet ist in gleicher Weise das Sieden und Verdampfen von Wasser: Hier bleibt die Temperatur der Flüssigkeit bis zum Schluss bei 100 °C (oder je nach Höhe und Luftdruck darunter).
- Bei älteren Schülerinnen und Schülern bzw. in höheren Klassen kann zur Erklärung der Wärme auch die Teilchenebene betrachtet werden.
- Unbedingt thematisiert werden sollten die technisch-praktischen Anwendungen der Langzeitwärmespeicherung. So werden beispielsweise schon heute moderne Bürogebäude mittels saisonalen Wärmespeichern beheizt: Im Sommer heizt die Sonne Wasser auf, das in einem unterirdischen Kiesbecken gut gedämmt gespeichert wird. Im Winter gibt dieses Wasser dann wieder Wärme an die Heizungssysteme ab.
Mit anderen Salzen als Natriumacetat kann Wärme auch in anderen Temperaturbereichen gespeichert werden. Zurzeit werden hochschmelzende Salzmischungen bis ca. 800 °C genutzt. Die Energie wird dann häufig wieder in einen technischen Prozess eingespeist, z. B. zum Vorwärmen eines Stoffes vor einer chemischen Reaktion. Auch in Solarthermiekraftwerken wie Andasol in Südspanien werden Salzschmelzespeicher eingesetzt. Mit einer bei ca. 400 °C schmelzenden Kalium-Natriumnitratmischung läuft das Kraftwerk auch ohne Sonne nachts noch 7 h mit Volllast weiter.

3 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experimentes finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemensstiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org> (vgl. Experimento | 10+: A2 Wir speichern Wärme (Lehreranleitung)).

A2 Inklusion: Wir speichern Wärme – Vom Wärmespeicher zur Salzschmelze

Schau dir das folgende Video an: (YouTube) Sendung mit der Maus

<https://www.youtube.com/watch?v=ZGI1AhwKQyY>

Am Nikolausmorgen finden Hannah und Lukas in ihren blitzblank geputzten Schuhen zwei Wärmekissen. Neugierig probieren sie diese gleich aus und staunen, wie heiß sie werden. Lukas ruft sogar: „Ich kann es nicht mehr in den Händen halten. Meins ist zu warm und viel heißer als dein Wärmekissen!“ Hannah stellt nach einer halben Stunde fest, dass ihr Kissen in der Tasche immer noch warm ist.

Beide beschließen, die Wärmekissen genauer zu untersuchen.

Erarbeitung einer Frage

- a) Untersuche die Änderung der Temperatur eines Wärmekissens.
- b) Steigere die Effektivität des Wärmekissens: Das Kissen bleibt länger warm, wenn ...
- c) Ermittle, wie viel Wärme ein Wärmekissen abgibt.

Planen des Experimentes

Geräte und Materialien

- | | |
|----------------------|--|
| ▪ Digitalthermometer | ▪ Wolltuch |
| ▪ Wärmekissen | ▪ Teelicht und Streichhölzer |
| ▪ Teelicht | ▪ Isolierende Unterlage |
| ▪ Uhr | ▪ Reagenzglas und Reagenzglasklammer aus Holz |
| ▪ Glasstab | ▪ Salz aus dem Inneren des erstarrten Wärmekissens |
| ▪ Waage | |

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

Untersuchungsaufgabe: Untersuche das Wärmekissen genauer.

Versuchsdurchführung

Durchführung der Teilerperimente

Durchführung des Experimentes a): Änderung der Temperatur eines Wärmekissens



- Führe das Experiment a) analog zum nebenstehenden Bild durch.
- Notiere die Temperaturveränderung des Wärmekissens.

Messen der Temperatur in einem gefalteten Wärmekissen.

2. min	4. min	6. min	8. min	10. min	12. min	14. min	16. min
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C

Durchführung des Experimentes b): Länger warm bleiben wenn – Effektivität des Wärmekissens steigern



- Führe das Experiment b) analog zu Experiment a) durch.
- Notiere die Temperaturveränderung des Wärmekissens.

Messen der Temperatur in einem gefalteten und wärmeisolierten Wärmekissen.

2. min	4. min	6. min	8. min	10. min	12. min	14. min	16. min
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C

Durchführung des Experimentes c): Ermittle, wie viel Wärme ein Wärmekissen abgibt (Lernhilfe Sprechblase 1 bis 4)



Messen der Temperatur des Wassers beim Erwärmen mit einem Wärmekissen.

- Notiere zuerst die Temperatur ϑ_1 und die Masse m des Wassers in dem Becher.
- Führe das Experiment c) analog zum nebenstehenden Bild durch.
- Notiere die Temperatur ϑ_2 des Wassers nach 10 Minuten.

$m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg}$

$\vartheta_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ }^\circ\text{C}$ $\vartheta_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ }^\circ\text{C}$

Beobachtung

Fasse deine Beobachtungen schriftlich zusammen.

Auswertung

Experiment a):

1. Stelle den Temperaturverlauf in einem Temperatur-Zeit-Diagramm dar.
2. Beschreibe den Verlauf des von dir angefertigten Graphen.

Experiment b):

1. Stelle den Temperaturverlauf in einem Temperatur-Zeit-Diagramm dar.
2. Vergleiche den Verlauf der Kurven in den Diagrammen der Experimente a) und b). Was stellst du fest?
3. Diskutiere Deine Beobachtungsergebnisse mit einem Mitschüler.
4. Welches Material isoliert am besten? Vergleiche mit den anderen Gruppen.
5. Erstellt eine gemeinsame Tabelle bzw. Graphen, in die ihr die Ergebnisse für die verwendeten Materialien aller Gruppen eintragt!

Experiment c):

1. Berechne zuerst die Temperaturdifferenz ΔT und anschließend die von dem Wärmekissen abgegebene Wärme (Lernhilfe Sprechblase 5 bis 7).
2. Stelle eine Vermutung auf, wie die Wärme entstanden ist. Beschreibe dafür die wichtigsten Veränderungen des Wärmekissens, nachdem du das Metallplättchen geknickt hattest.
3. Stelle einen Zusammenhang her: „Vermutlich ist ... die Ursache für...“

Fragen

Experiment a) und b)

1. Was ändert sich, wenn du den Versuch im Freien durchführen würdest? Gibt es Unterschiede zwischen Sommer und Winter?
2. Kannst du dir vorstellen, wie die Isolierung wirkt? Überlege dir eine Erklärung und tausche dich mit deinem Partner darüber aus.
3. Hast du eine Vermutung, warum manche Materialien besser isolieren als andere?
4. Wo wird das Prinzip der Speicherung der Wärme bereits in größerem Maßstab genutzt? Recherchiere im Internet.

Experiment c)

1. Beurteile, ob die experimentell bestimmte abgegebene Wärme vom Wärmekissen genauso groß ist wie die vom Wasser aufgenommene Wärme. Begründe deine Aussage.
2. Ein Mensch gibt jede Sekunde ungefähr 120 J Wärme ab. Bewerte die Einsatzmöglichkeit des Wärmekissens zum Wärmen der Hände in einer Jackentasche.

A2 Inklusion: Wir speichern Wärme – Vom Wärmespeicher zur Salzschnmelze

Schau dir das folgende Video an: (YouTube) Sendung mit der Maus

<https://www.youtube.com/watch?v=ZGI1AhwKQyY>

Am Nikolausmorgen finden Hannah und Lukas in ihren blitzblank geputzten Schuhen zwei Wärmekissen. Neugierig probieren sie diese gleich aus und staunen, wie heiß sie werden. Lukas ruft sogar: „Ich kann es nicht mehr in den Händen halten. Meins ist zu warm und viel heißer als dein Wärmekissen!“ Hannah stellt nach einer halben Stunde fest, dass ihr Kissen in der Tasche immer noch warm ist.

Beide beschließen, die Wärmekissen genauer zu untersuchen.

Erarbeitung einer Frage

- a) Untersuche die Änderung der Temperatur eines Wärmekissens.
- b) Steigere die Effektivität des Wärmekissens: Das Kissen bleibt länger warm, wenn ...
- c) Ermittle, wie viel Wärme ein Wärmekissen abgibt.
- d) Ein Salz, mal fest, mal flüssig – Wie funktioniert ein Wärmekissen im Detail?

Planen des Experimentes

Geräte und Materialien

- | | |
|----------------------|--|
| ▪ Digitalthermometer | ▪ Wolltuch |
| ▪ Wärmekissen | ▪ Teelicht und Streichhölzer |
| ▪ Teelicht | ▪ Isolierende Unterlage |
| ▪ Uhr | ▪ Reagenzglas und Reagenzglasklammer aus Holz |
| ▪ Glasstab | ▪ Salz aus dem Inneren des erstarrten Wärmekissens |
| ▪ Waage | |

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

Untersuchungsaufgabe: Untersuche das Wärmekissen genauer.

Versuchsdurchführung

Durchführung der Teilerperimente

Durchführung des Experimentes a) Änderung der Temperatur eines Wärmekissens



- Führe das Experiment a) analog zum nebenstehenden Bild durch.
- Notiere die Temperaturveränderung des Wärmekissens nach jeder Minute.

Messen der Temperatur in einem gefalteten Wärmekissen.

2. min	4. min	6. min	8. min	10. min	12. min	14. min	16. min
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C

Durchführung des Experimentes b) Länger warm bleiben wenn – Effektivität des Wärmekissens steigern



- Führe das Experiment b) analog zu Experiment a) durch.
- Notiere die Temperaturveränderung des Wärmekissens nach jeder Minute.

Messen der Temperatur in einem gefalteten und wärmeisolierten Wärmekissen.

2. min	4. min	6. min	8. min	10. min	12. min	14. min	16. min
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C

Durchführung des Experimentes c) Ermittle, wie viel Wärme ein Wärmekissen abgibt (Lernhilfe Sprechblase 1 bis 4)



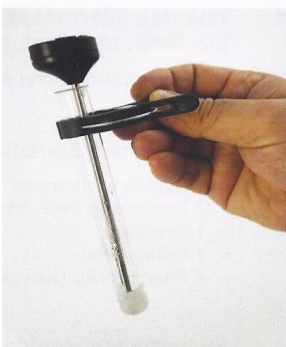
Messen der Temperatur des Wassers beim Erwärmen mit einem Wärmekissen.

- Notiere zuerst die Temperatur ϑ_1 und die Masse m des Wassers in dem Becher.
- Führe das Experiment c) analog zum nebenstehenden Bild durch.
- Notiere die Temperatur ϑ_2 des Wassers nach 10 Minuten.

$m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg}$

$\vartheta_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ }^\circ\text{C}$ $\vartheta_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ }^\circ\text{C}$

Durchführung des Experimentes d) Ein Salz mal fest mal flüssig – Wie funktioniert ein Wärmekissen im Detail? (Lernhilfe gestufte Hilfen)



Fülle Reagenzglas ca. 1 cm hoch mit dem Salz, erhitze es über dem entzündeten Teelicht und bestimme die Temperatur.

Nimm das Thermometer heraus und lass die Flüssigkeit abkühlen.

Führe nun das Experiment c) analog zum nebenstehenden Bild durch.

Notiere die gemessenen Temperaturen.

Messen der Temperatur beim Erstarren des Salzes nach Kratzen mit einem Glasstab. $\vartheta_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ }^\circ\text{C}$ $\vartheta_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ }^\circ\text{C}$

Beobachtung

Fasse deine Beobachtungen schriftlich zusammen.

Beschreibe die Veränderungen im Reagenzglas beim Experiment d).

Auswertung

Experiment a):

1. Stelle den Temperaturverlauf in einem Temperatur-Zeit-Diagramm dar.
2. Beschreibe den Verlauf des von dir angefertigten Graphen.

Experiment b):

1. Stelle den Temperaturverlauf in einem Temperatur-Zeit-Diagramm dar.
2. Vergleiche den Verlauf der Kurven in den Diagrammen der Experimente a) und b). Was stellst du fest?
3. Diskutiere Deine Beobachtungsergebnisse mit einem Mitschüler.
4. Welches Material isoliert am besten? Vergleiche mit den anderen Gruppen.
5. Erstellt eine gemeinsame Tabelle bzw. Graphen, in die ihr die Ergebnisse für die verwendeten Materialien aller Gruppen eintragt!

Experiment c):

1. Berechne zuerst die Temperaturdifferenz ΔT in K und anschließend die von dem Wärmekissen abgegebene Wärme.
2. Stelle eine Vermutung auf, wie die Wärme entstanden ist. Beschreibe dafür die wichtigsten Veränderungen des Wärmekissens, nachdem du das Metallplättchen geknickt hattest.
3. Versuche einen Zusammenhang herzustellen „Vermutlich ist ... die Ursache für...“ (Lernhilfe Sprechblase 5 bis 7)

Experiment d):

1. Bei welcher Temperatur hat das Schmelzen begonnen?
2. Vergleiche die Temperatur beim Schmelzen des Salzes mit der Temperatur, die sich einstellte, nachdem die Flüssigkeit wieder kristallisierte.
3. Vergleiche die von dir aufgestellten Vermutungen aus dem vorigen Experiment mit dem Verlauf dieses Experiments. Passen sie hier?

Fragen

Experiment a) und b)

1. Was ändert sich, wenn du den Versuch im Freien durchführen würdest? Gibt es Unterschiede zwischen Sommer und Winter?
2. Kannst du dir vorstellen, wie die Isolierung wirkt? Überlege dir eine Erklärung und tausche dich mit deinem Partner darüber aus.
3. Hast du eine Vermutung, warum manche Materialien besser isolieren als andere?
4. Wo wird das Prinzip der Speicherung der Wärme bereits in größerem Maßstab genutzt? Recherchiere im Internet.

Experiment c)

1. Beurteile, ob die experimentell bestimmte abgegebene Wärme vom Wärmekissen genauso groß ist wie die vom Wasser aufgenommene Wärme. Begründe deine Aussage.
2. Ein Mensch gibt jede Sekunde ungefähr 120 J Wärme ab. Bewerte die Einsatzmöglichkeit des Wärmekissens zum Wärmen der Hände in einer Jackentasche.

Experiment d)

1. Wenn das Wärmekissen ins kochende Wasser gelegt wird, spricht man davon, dass es „regeneriert“ oder wieder „aufgeladen“ wird. Was kann damit gemeint sein?
2. Kannst du dir vorstellen, auf welche Weise dieses „Aufladen“ in Anlagen passiert, die große Wärmemengen speichern, wie z. B. in einem Solarthermiekraftwerk? Recherchiere im Internet.

A2 Inklusion: Wir speichern Wärme – Vom Wärmespeicher zur Salzschnmelze

Aufgabe: Wärmekissen – Ein Salz, mal fest, mal flüssig

<p>Hilfe 1</p> <p>Erklärt euch gegenseitig, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.</p>	<p>Antwort 1</p> <p>Wir sollen im Detail zeigen, wie ein Wärmekissen funktioniert.</p>
<p>Hilfe 2</p> <p>Überlegt, warum das Salz des Wärmekissens zuerst erwärmt wird.</p>	<p>Antwort 2</p> <p>Beim Erwärmen des Salzes des Wärmekissens werden die Kristalle des Salzes flüssig. Dies ist eine Aggregatzustandsänderung von fest zu flüssig.</p>
<p>Hilfe 3</p> <p>Überprüft mit einem Experiment, bei welcher Temperatur die Kristalle des Salzes sich verflüssigen.</p>	<p>Antwort 3</p> <p>Das Salz verflüssigt sich bereits bei ca. 50 °C.</p>
<p>Hilfe 4</p> <p>Nun zeigt und erklärt noch, wie die Wärmekissen die Wärme wieder abgeben.</p>	<p>Antwort 4</p> <p>Beim leichten Umrühren der Flüssigkeit mit dem Glasstab beginnt der Kristallisationsprozess.</p>
<p>Hilfe 5</p> <p>Gehe bei der Erklärung der Funktionsweise nun auf die Aggregatzustandsänderung ein.</p>	<p>Antwort 5</p> <p>Während der Kristallisation ändert sich der Aggregatzustand von flüssig zu fest. Dabei wird Wärme abgegeben. Mit dem Thermometer kann man eine Temperatur von höchstens ca. 50 °C messen.</p>

Hilfe 6

Jetzt habt ihr alles ausprobiert, um die Funktionsweise zu erklären und die Aufgabe vollständig zu lösen.

Antwort 6

In dem Wärmekissen befindet sich eine besondere (unterkühlte) Flüssigkeit. Durch ein wenig Reibung oder Kratzen am Glas beginnt sie zu kristallisieren, also fest zu werden. Dieser Vorgang verläuft unter Wärmeabgabe.

Bei Wärmezufuhr beginnen die Kristalle zu schmelzen. Sie werden bereits bei einer Temperatur ab 58 °C wieder flüssig. Dieser Vorgang verläuft unter Wärmeaufnahme.



A2 Inklusion: Wir speichern Wärme – Vom Wärmespeicher zur Salzsammelze

Lernhilfe Sprechblase 1 – 7



Fülle in dein Kalorimeter eine bestimmte Masse Wasser.



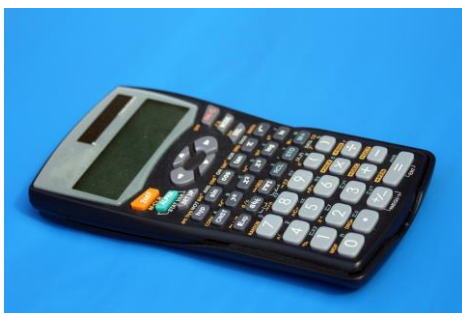
Bestimme die Ausgangstemperatur des Wassers und des Wärmekissens (beides sollte Zimmertemperatur haben).



Knicke das Metallplättchen deines Wärmekissens.



Lege das Wärmekissen in das Kalorimeter und bestimme nach 10 Minuten die Temperatur. Notiere die Werte in deinen Aufzeichnungen.



Berechne die Temperaturdifferenz ΔT , in dem du 91 und 92 subtrahierst. Beachte die Einheit.



Finde in einem Tafelwerk die Grundgleichung der Wärmelehre, mit der du die von dem Wasser aufgenommene Wärme berechnen kannst. Welche Bedeutung hat in dieser Gleichung das c ?



Berechne nun die von dem Wasser aufgenommene Wärme: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

A5 Inklusion: Eigenschaften von Solarzellen – Spannung und Leistung

Die experimentelle Erschließung der sachgerechten Nutzung von Solarzellen soll vorwiegend durch selbstentdeckendes Lernen geschehen. Dafür sind die Aufgaben sehr offen formuliert und geben den Schülern viel Freiraum und Motivation. Um diese Motivation aufrechtzuerhalten und Differenzierungen zu ermöglichen, werden gestufte Hilfen bereitgestellt. Deren piktografische Darstellungen ermöglichen eine schnelle Erfassung und regen zum Nachdenken an.

1 Zentrale Fragestellung

Solarzellen finden Anwendung sowohl in vielen kleineren elektronischen Geräten und Spielzeugen als auch auf Hausdächern und in großtechnischen Anlagen zur Elektroenergieerzeugung. Die Kernfragen des Experiments sind:

- Was ist bei der Standortwahl von Solarzellen zu beachten und wie können einzelne Zellen sinnvoll zu einem Modul geschaltet werden?
- Wie verhalten sich Spannung und Leistung in verschiedenen Kombinationen und bei unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen?
- Wie kann man das messen?

Die Experimente vermitteln auf diese Weise Grundkenntnisse, die für das Konstruieren mit Solarzellen ebenso von Bedeutung sind wie für die großtechnische Nutzung.

2 Einordnung des Experiments in den Unterrichtszusammenhang

2.1 Lehrplanrelevanz

Inhalte in ausgewählten Lehrplänen von Sachsen-Anhalt

Physik:

- Elektrische Ströme und ihre Wirkungen beeinflussen: Spannungsquellen (Arten, Leerlauf- und Klemmspannung, Schaltungen von Monozellen)
- Bereitstellung und Übertragung elektrischer Energie untersuchen und vergleichen: Solarzelle/Solarmodul, Photovoltaik

Technik

- Funktionsmodelle entwickeln, bauen und untersuchen: Bereitstellung elektrischer Energie mittels Batterie, Generator und Solarzelle
- Lösungen für technische Probleme untersuchen, vergleichen und bewerten: technische Tests
- Technische Systeme beschreiben und analysieren: Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Die Schülerinnen und Schüler lernen ...

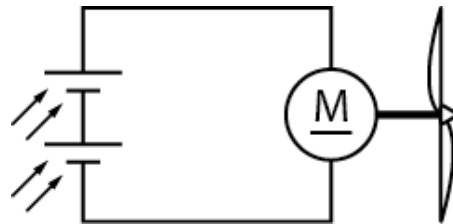
- eine Solarzelle sachgerecht zu nutzen.
- Einflussfaktoren auf die Leistung einer Solarzelle zu untersuchen.
- Experimente mit Solarzellen selbstständig aufzubauen und durchzuführen.
- die Reihenschaltung von Solarzellen zur Spannungserhöhung zu beschreiben.
- die Aufstellkriterien von großtechnischen Photovoltaikanlagen einzuschätzen.
- die notwendigen Wartungsarbeiten (Reinigung) zu bewerten.

3 Hinweise zur Durchführung der Experimente

Die Experimente sollten innerhalb einer Doppelstunde durchführbar sein. Ideal ist die Beleuchtung mit direktem Sonnenlicht. Sicherer funktioniert es mit einer Schreibtischlampe mit Glühlampe. Energiesparleuchten und einige LED-Leuchten haben nicht das nötige Spektrum, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten. Die gestuften Hilfen sollen zum Denken anregen und gleichzeitig als Kontrolle dienen. Der Versuchsaufbau wird von Schülergruppe zu Schülergruppe variieren. Dies ist so gewollt, um einen höheren Anteil des selbstständigen Forschens zu aktivieren. Zusätzlich kann es erforderlich sein, Aufbauhilfen zu geben oder auch das Abschauen zuzulassen.

4 Auswertung der Ergebnisse

Bei der Auswertung wird der Schüler aufgefordert, sich schriftlich zu artikulieren, um seinen Gedankengänge zu verdeutlichen. Die folgende grafische Darstellung soll den Schüler anregen, einen komplexen Zusammenhang übersichtlich darzustellen, zu reduzieren und adressatengerecht zu überarbeiten. Die Darstellung des erweiterten Schaltplans dient der Festigung und des Transfers zur symbolhaften Darstellung.



4.1 Sicherheitsaspekte

Es ist auf die Verletzungsgefahr durch Verbrennungen bei Verwendung von Glühlicht hinzuweisen. Defekte Geräte, die mit der Netzspannung verbunden werden, dürfen nicht verwendet werden.

4.2 Geräte und Materialien

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ▪ 1 Halogenlampe 20 W * | ▪ 1 Schreibpapier |
| ▪ 1 Lineal | ▪ 1 Solarmotor groß, Eisenanker, 0,4 V/25 mA |
| ▪ 1 Overheadfolie | ▪ 2 Solarzellen, 0,5 V/150 mA |
| ▪ 1 Papier, schwarz, DIN A4 | ▪ 1 Transparentpapier |
| ▪ 1 Propeller (für Solarmotor groß) | ▪ Verbindungskabel Kroko/Kroko |
| ▪ Pappe, Schere, Gummibänder etc. | ▪ 1 Laserdrehzahlmesser |
| ▪ Winkelmesser | |

* Der Versuch kann auch in direktem Sonnenlicht durchgeführt werden!

Vorab zu besorgen bzw. vorzubereiten:

- Falls kein direktes, starkes Sonnenlicht vorhanden ist, eine starke fokussierende Lichtquelle, z. B. eine Leuchte mit Halogenspiegellampe mit mindestens 20 Watt, bereitstellen.
- Eine Zeitanzeige bzw. ein Lineal werden in Schülerhand vorausgesetzt.

5 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experimentes finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemensstiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org> (vgl. Lehrerhandreichung A5)

A5 Inklusion: Eigenschaften von Solarzellen – Spannung und Leistung

Hannah und Lukas haben von der Energiewende gehört. In Zukunft soll Elektroenergie aus Wind, Wasser und Sonne unseren Energiebedarf decken. Besonders clever wäre es, die Energie dort zu erzeugen, wo sie auch gebraucht wird. Die ersten Frühlingssonnenstrahlen bringen Hannah auf eine Idee: „Kann man nicht auf das Schuldach eine Photovoltaikanlage bauen?“ Lukas überlegt: „Stabil genug scheint es ja zu sein, um die Solarzellen zu tragen.“

Unter welchen Voraussetzungen ist die produzierte Energiemenge am größten?

Erarbeitung einer Frage

Untersucht den Einfluss verschiedener Umwelt- und Standortfaktoren auf die Leistung von Solarzellen.

Planen des Experimentes

Geräte und Materialien

- 1 Halogenlampe 20 W *
- 1 Lineal
- 1 Overheadfolie
- 1 Papier, schwarz, DIN A4
- 1 Propeller (für Solarmotor groß)
- Pappe, Schere, Gummibänder etc.
- Winkelmesser
- 1 Schreibpapier
- 1 Solarmotor groß, Eisenanker, 0,4 V/25 mA
- 2 Solarzellen, 0,5 V/150 mA
- 1 Transparentpapier
- 4 Verbindungskabel Kroko/Kroko
- 1 Laserdrehzahlmesser

* Der Versuch kann auch in direktem Sonnenlicht durchgeführt werden!

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

Halogenglühlampen werden sehr heiß und dürfen deshalb nicht berührt werden.

Beachte die Sicherheitshinweise des Laserdrehzahlmessers!

Versuchsdurchführung

- Verbinde mithilfe der Leitungen die Solarzelle mit dem Elektromotor.
- Teste unter Nutzung einer Lichtquelle die Funktion.
- Bestimme die Drehzahl des Motors. Sie dient als Maß für die Leistung der Solarzelle.

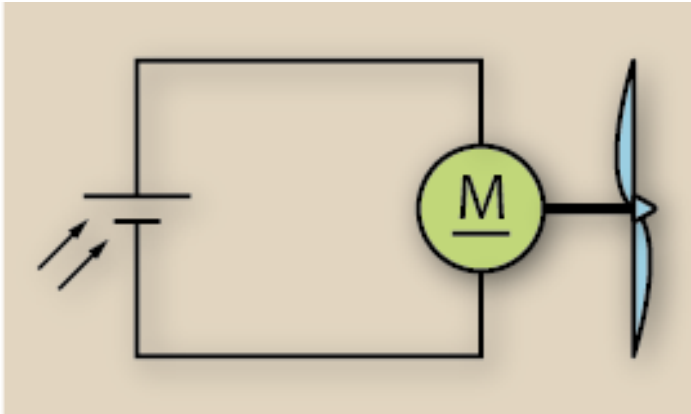


Abb. 1: Schaltplan



Abb. 2: Der Versuchsaufbau

Durchführung der Teilerperimente

Grundlegende Überlegungen zum Versuch mit einer Solarzelle

- Überlegt, welche natürlichen und baulichen Faktoren Einfluss auf die Leistung einer Solarzelle haben können (gestufte Hilfen 1-5).
- Fertigt eine Versuchsskizze an und beschriftet diese.
- Bestätigt eure Vermutungen experimentell.

Schaltungsart von zwei Solarzellen

- Untersucht Möglichkeiten, die Drehzahl des Motors zu erhöhen. (gestufte Hilfen 6)
- Überprüft, ob die in 3.1 gewonnenen Erkenntnisse weiterhin Gültigkeit besitzen.

Auswertung der Beobachtungsergebnisse

Unter welchen Bedingungen kann die Solarzelle die größte Leistung erbringen?

Stelle deine Erkenntnisse bildhaft so dar, dass du sie damit jemand anderem erklären kannst (gestufte Hilfen 1-5).

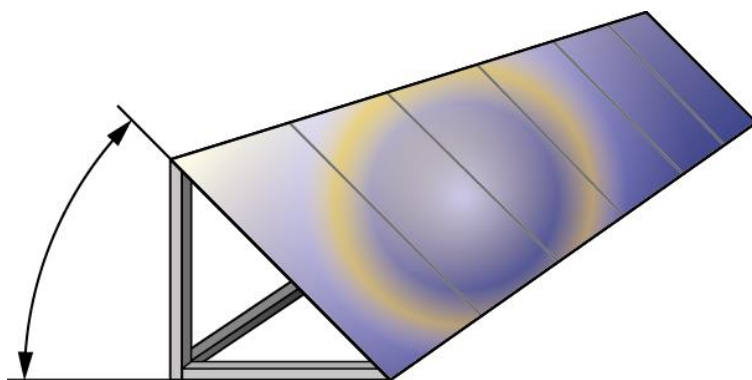
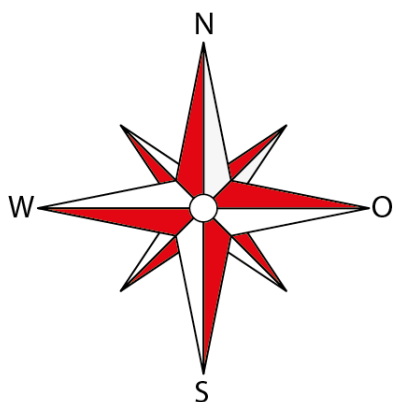
Erstelle einen Schaltplan für die gefundene Schaltungsart. (Teilerperiment 3.4)

Fragen

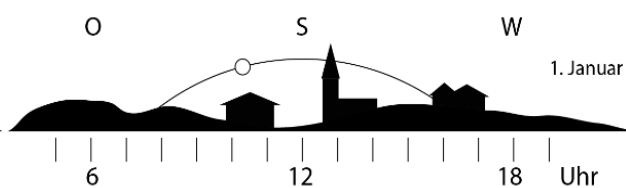
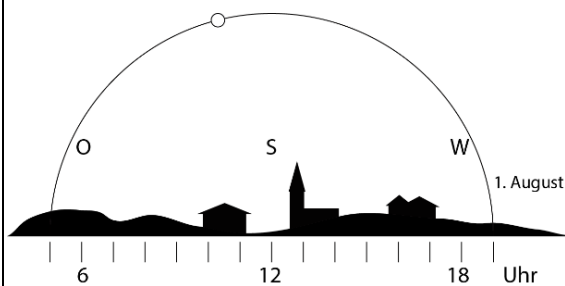
Diskutiert die Eignung des Daches eurer Schule für die Montage einer Photovoltaikanlage. Erläutert Maßnahmen zur Optimierung der Anlage.

A5 Inklusion: Eigenschaften von Solarzellen – Spannung und Leistung

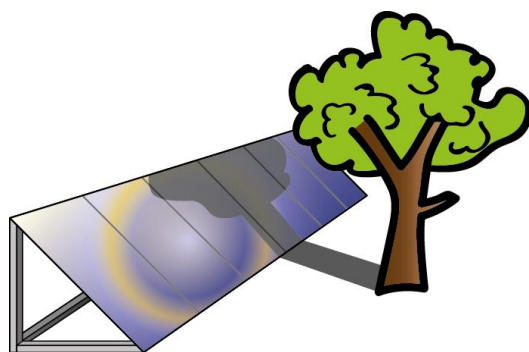
Hilfe 1



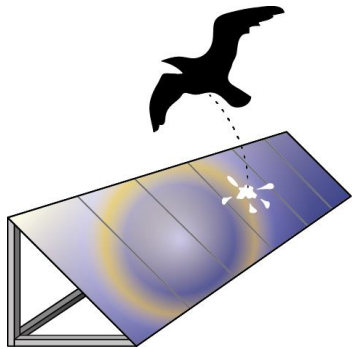
Hilfe 2



Hilfe 3



Hilfe 4



Hilfe 5



Hilfe 6

