



Konstruieren nach dem StartlearnING-Prinzip

-Kalthaltebox-

Handreichung für Lehrkräfte

Im Rahmen der Unterrichtseinheit soll durch einen vernetzten Zugang aus Biologie und Technik das Interesse am technischen Konstruieren einer Kalthaltebox geweckt werden. Das problemorientierte, selbstorganisierte Lernen leitet den Unterricht. Die Unterrichtseinheit verfolgt im Wesentlichen die nachfolgenden Ziele:

- Entwicklung einer technischen Lösung für ein Problem aus der Alltagswelt
- Planung und Bau einer Kalthaltebox
- Identifikation, Analyse und Korrektur der Fehler beim Bauen
- Erfolgreiche Kommunikation miteinander
- Schulung der Problemlösungskompetenz

I Technisches Konstruieren im Unterricht	1
Konstruieren im Unterricht - Herausforderungen und Chancen	1
Verknüpfung von Biologie, Physik und Technik	2
II Konstruieren nach den startlearnING-Prinzip	3
1 Problemstellung klären	4
2 Hauptfunktionen aus der Problemstellung ableiten	4
3 Ideenfindung	4
4 Materialauswahl und erste Planung	5
5 Erkundungs- und Konstruktionsphase	5
6 Vorstellung aktueller Stand	5
7 Konstruktionsphase	6
8 Funktionstest und Optimierung	6
9 Abnahme mit anschließender Präsentation und Reflexion	7
III Physikalische Grundlagen zur Wärmeenergie	8
1. Was ist Wärme?	8
2. Wie verbreitet sich Wärme?	8
IV Wärmegewinnung bei Lebewesen - Ein Abfallprodukt des Stoffwechsels?	11
1 Strategien zur Bewältigung der Umgebungstemperaturen	11
2 Tiere reagieren auf ihre Umgebungstemperatur	12
3 Thermoregulierende Anpassungen bei Termiten	13
V Verortung nach dem Bildungsplan Baden-Württemberg	17
VI Ablauf der Unterrichtseinheit	19
VII Unterrichtstabellen	20
1. Doppelstunde: Termiten und Wärmeschutz	20
2. Doppelstunde: Wärmeausbreitung	22
3. Doppelstunde: Kühlung und Hinführung zur Konstruktion	25
4. Doppelstunde: Konstruktion	27
5. Doppelstunde: Testung und Reflexion	28
VIII Versuchsbeschreibungen	30
IX Praxistipps für den Unterricht	37
X Beurteilung der Schüler*innenleistungen	39
XI Anhang	44

Die Frage ist, was es mit „startlearnING“ auf sich hat. Der Name unseres Projekts versucht das, was wir tun, prägnant zusammenzufassen und setzt sich aus den folgenden Bausteinen zusammen:

- **start:** Das Projekt ist auf allgemeinbildenden Unterricht ab Klasse 3 ausgerichtet. Es findet also bei den „Startern“ statt.
- **learn:** Es handelt sich um ein Bildungsprojekt, in dem das Lernen im Vordergrund steht.
- **ING:** Das Projekt orientiert sich an der Arbeitsmethodik von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Die Schülerinnen und Schüler tauchen in das systematische Konstruieren und Entwickeln ein, ohne dabei an einem professionellen Niveau gemessen zu werden.

Konstruieren im Unterricht – Herausforderungen und Chancen

Wenn etwas ohne Bauanleitung oder Anleitung gebaut werden soll, um ein Problem zu lösen oder ein Bedürfnis zu erfüllen, dann wird konstruiert.

Da es für die meisten Probleme mehr als eine Lösung gibt, ist es wesentlich, unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten zuzulassen und durch die Auswertung von Fehlern zu Änderungen der ursprünglichen Konstruktionspläne und letztlich zu guten Ergebnissen zu kommen.

Die Fähigkeit, Fehler zu erkennen, zu analysieren und notwendige Änderungen daraus abzuleiten (und umzusetzen), ist ein elementares Lernziel. Es kann nur erreicht werden, wenn die ersten Entwürfe getestet, reflektiert und optimiert werden. Frustrationstoleranz ist dabei essenziell, denn auch die erfahrensten Konstrukteur*innen verbringen mindestens die Hälfte ihrer Arbeitszeit mit diesen Tätigkeiten.

Das Arbeiten ohne genaue Anleitung kann für Schülerinnen und Schüler ungewohnt oder sogar verunsichernd wirken, weil sie „alles richtig machen“ wollen. Diese Haltung kann zu Hemmungen führen, wenn es darum geht, das Problem anzupacken. Das Arbeiten mit kostenlosen Haushalts-Verbrauchsmaterialien senkt die Hemmschwelle, neue Wege auszuprobieren. Durch die leichte Verfügbarkeit der Materialien kann, unabhängig vom Budget der Schule oder der Schüler*innen, damit gearbeitet werden und Kinder aus allen Gesellschaftsbereichen können auch zu Hause konstruieren, wenn sie interessiert sind.

Eine weitere ungewohnte Komponente ist die Tatsache, dass Kinder möglicherweise gute Lösungen finden, ohne deren Wirkungszusammenhang erklären zu können. Was hier aus naturwissenschaftlicher Perspektive befremdlich anmutet, ist für Ingenieur*innen und auch aus technikdidaktischer Sicht nicht wesentlich, solange die Lösung unter den gegebenen Bedingungen immer zuverlässig funktioniert. Bis heute werden selbst in sehr teuren Maschinen Effekte genutzt, die bisher kein*e Physiker*in umfassend erklären kann. Also sollte man auch im Unterricht davor keine Angst haben. Vielmehr gilt es, dies als Chance zu begreifen: Das Wissen um ein Phänomen kann bereits ausreichen, um Problemstellungen zu lösen.

Diese Besonderheiten führen zu spezifischen Herausforderungen für alle Beteiligten.

Für die Lehrkräfte bestehen die nachfolgenden Herausforderungen:

- Die Kinder zu einem funktionierenden Ergebnis zu führen, ohne ihre Begeisterung zu bremsen und ihre Kreativität mehr als nötig einzuschränken.
- So wenig wie möglich und so viel wie nötig zu unterstützen.
- Verschiedene Lösungswege (mit absehbaren Fehlschlägen) gleichzeitig zu betreuen.
- Umwege und Fehlschläge konstruktiv auszuwerten.
- Den Kindern eine Aufgabe zu geben, für die es keine Musterlösung gibt.

Für die Schülerinnen und Schüler gibt es diese Herausforderungen:

- Bei einer so offenen Konstruktionsaufgabe wie einer Kalthaltebox sind sehr unterschiedliche Ergebnisse möglich (und gut).
- Erfahrungen und Geschicklichkeit beim zielorientierten Bauen ohne Anleitung können innerhalb einer Schulklasse sehr weit auseinander liegen.
- Manche Kinder brauchen Vorlagen (aus der Klasse), um Ideen zu entwickeln.
- Manche Kinder benötigen häufige Rückversicherung, ob sie noch auf dem richtigen Weg sind.
- Das Unterscheiden von „Kür“ und „Pflicht“ ist für viele Kinder schwierig, da sie schnell wieder „basteln“ und die Funktionen aus den Augen verlieren.

Lehrkräften und Schüler*innen bieten sich aber auch eine Reihe von Chancen:

- spannend-herausfordernder Unterricht,
- problemorientiertes Erarbeiten biologischer, physikalischer und technischer Themen führt zu nachhaltigen Lernerfolgen,
- gemeinsame Lösungssuche und Stolz auf die Ergebnisse führt zu bleibenden, positiven Unterrichtserlebnissen.

Verknüpfung von Biologie, Physik und Technik

Bei startlearnING lernen Schüler*innen technisches Konstruieren auf der Grundlage biologischer sowie physikalischer Phänomene, die an eine technische Problemstellung aus der Lebenswelt der Schüler*innen gekoppelt werden. Die Verknüpfung von Biologie, Physik und Technik ist ein ganz wesentlicher Baustein von startlearnING.

II Konstruieren nach dem StartlearnING-Prinzip

Im Rahmen der Unterrichtseinheit soll durch einen vernetzten Zugang aus Biologie, Physik und Technik das Interesse am technischen Konstruieren einer Kalthaltebox geweckt werden. Kinder lernen praxis- und kriterienorientiert das Konstruieren technischer Gegenstände. Erste Grundlagen des Konstruierens werden mit Alltagsmaterialien und einfachen Werkzeugen aus der Konstruktionskiste vermittelt. Das problemorientierte, selbstorganisierte Lernen leitet den Unterricht.

Die Unterrichtseinheit verfolgt im Wesentlichen die nachfolgenden Ziele:

- Entwicklung einer technischen Lösung für ein Problem aus der Alltagswelt.
- Planung und Bau einer funktionstüchtigen Kalthaltelösung.
- Identifikation, Analyse und Korrektur der Fehler beim Bauen.
- Erfolgreiche Kommunikation miteinander.

Für das phasenorientierte Vorgehen für das Konstruieren nach dem startlearnING-Prinzip wurde ein Flussdiagramm entwickelt (Abb. 1). Zur Zielerreichung müssen alle Phasen durchlaufen werden. Es werden jedoch verschiedene Optimierungs- und Rückversicherungsschleifen notwendig sein. Das gehört zu einem Konstruktionsprozess dazu. Deshalb kann jederzeit von einer Phase zu allen vorgelagerten Phasen zurückgesprungen werden. Das Flussdiagramm kann also als grundsätzlicher Leitfaden für das Konstruieren mit Schülerinnen und Schülern verstanden werden, der dabei helfen soll, kreativ zu arbeiten, ohne das Ziel aus den Augen zu verlieren.

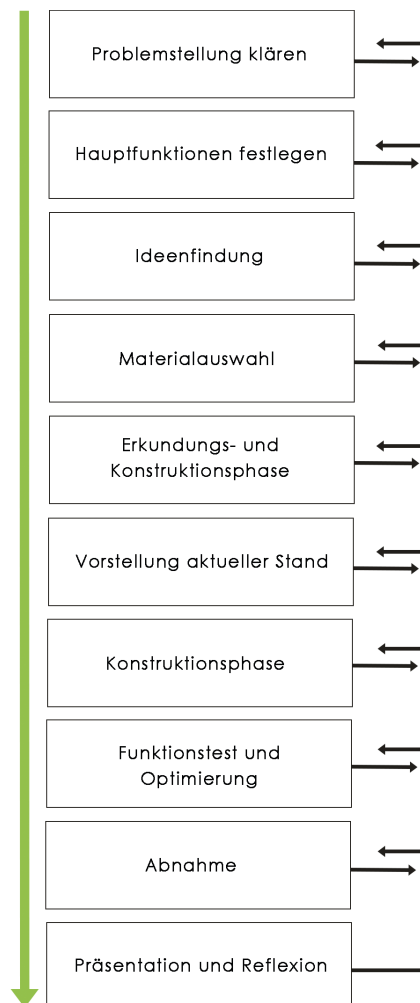


Abb. 1: Konstruktionsmethodik nach dem startlearnING-Prinzip: 10 Arbeitsphasen

Nachfolgend gehen wir auf jede Arbeitsphase detailliert ein und bilden dabei den direkten Bezug zur Konstruktion der Kalthaltelösung:

1 Problemstellung klären

Zunächst muss möglichst genau geklärt werden, was die Konstruktion leisten soll und was nicht:

- Die Kalthaltebox soll eine kalte Limoflasche mit 500 ml Inhalt möglichst lange kalt halten.
- Die Kalthaltebox soll mehrfach verwendbar sein.
- Die Kalthaltebox soll transportfähig sein.
- Die Flasche darf in der Kalthaltebox nicht umherrollen.

Vor den Schüler*innen sprechen wir immer von einer **Kalthaltelösung**.

2 Hauptfunktionen aus der Problemstellung ableiten

Hier wird zwischen den absolut notwendigen Hauptfunktionen und den sinnvollen/möglichen Zusatzfunktionen der Konstruktion unterschieden. Um ein leichteres Verständnis zu ermöglichen, werden die Hauptfunktionen „Pflicht oder Muss“ genannt und die Zusatzfunktionen „Kür oder Kann“. Unter Hauptfunktionen versteht man alles, was die Konstruktion können muss, um das Problem zu lösen.

Zusatzfunktionen beschreiben die Anforderungen an die Konstruktion, die die Anwendung (für die/den jeweilige*n Nutzer*in) angenehmer und praktischer machen. Diese können bei derselben Problemstellung unterschiedlich ausfallen - je nachdem, welche individuellen Bedürfnisse die Kinder mit der Aufgabenstellung verbinden und wie sie die Prioritäten setzen. Teilweise werden auch Fehlvorstellungen der Kinder dadurch sichtbar, die sie aber nur dann beim Konstruieren erkennen können, wenn sie das Problem selbst durchlaufen - wenn man sie also ausprobieren lässt.

Über diese Funktionen soll mit den Kindern eine Liste von Anforderungen entwickelt werden (Checkliste), die die Kalthaltelösung erfüllen soll. Diese Anforderungen können, je nach Leistungsniveau der Klasse, auf Kärtchen geschrieben und gemeinsam ausgewertet oder im Unterrichtsgespräch entwickelt und an die Tafel geschrieben werden.

Hauptfunktionen („Pflicht/Muss“)

- Die Flasche kalt halten
 - Wärmestrahlung abschirmen
 - Wärmeleitung unterbrechen
 - Konvektion vermeiden
- Transportabel (mit dem Fahrrad) sein
- Mehrfach verwendbar
- Flasche darf nicht rausfallen

Nebenfunktionen („Kür/Kann“)

- Beispiele

- Verschließbar
- Haltegriffe

3 Ideenfindung

Aus der Betrachtung der Funktionen ergeben sich nun Teilprobleme, die die Schüler*innen lösen sollen. Hier sind Ideen gefragt. Als Ideengeber wird nun der Blick auf Lebewesen gerichtet, die sich mit ähnlichen Herausforderungen arrangieren müssen. Die dort evolvierten Lösungen werden betrachtet und die zugrundeliegenden Phänomene werden untersucht. Die hieraus erworbenen Kenntnisse können zur Realisierung technischer Teillösungen dienen.

4 Materialauswahl und erste Planung

Die Schüler*innen dürfen nun ihr mitgebrachtes Material auspacken. Zusammen mit dem Material aus der Kiste wird es, für alle gut sichtbar, zu einem Material-Buffer aufgebaut - sofern sie eigenes Material für alle zur Verfügung stellen wollen. Anschließend überlegen die Schüler*innen materialgeleitet, was sie bauen wollen. Sie nehmen sich, was sie dafür brauchen und tragen diese Dinge an ihren Platz.

5 Erkundungs- und Konstruktionsphase

Die Schüler*innen beginnen, ihre Vorhaben in die Tat umzusetzen. Viele werden sehr schnell auf die ersten Schwierigkeiten bei den Detailkonstruktionen stoßen. In dieser Phase ist es sehr wichtig, den Schüler*innen nicht gleich zu helfen, sondern Fragen zu stellen:

- Was genau hattest du vor?
- Was hat nicht funktioniert?
- Woran könnte das liegen?
- Wie könntest du das Problem noch lösen (anderes Material, andere Verbindungsart, ...)?
- Hat jemand aus der Klasse einen Lösungsansatz, der dir weiterhelfen könnte?

Aktiv sollte nur bei feinmotorischen Defiziten geholfen werden und auch nur dann, wenn das Kind es vorher selbst versucht hat (bis zur Frustrationsgrenze) und es keinen einfacheren Weg gibt. Man kann auch beispielhaft etwas vormachen, wenn die Schüler*innen Angst haben, ihre Konstruktion zu beschädigen.

Wenn die Schüler*innen sich gegenseitig helfen, hat das mehrere positive Effekte:

- Wer sein Vorgehen erklären soll, muss darüber nachdenken.
- Wer erklärt, muss reden und sich so ausdrücken, dass er/sie verstanden wird.
- Wer fragt, bekommt einen Vorschlag und keine Anweisung.
- Gemeinsame Lösungsfindung erfolgt auf Augenhöhe und stärkt das Wir-Gefühl.
- Die Lehrkraft hat mehr Zeit, Arbeitsverhalten zu beobachten und bei Problemen zu unterstützen.

Wie lange diese erste Konstruktionsphase dauern sollte, lässt sich nicht pauschal sagen. Kürzer als 20 Minuten sollte sie aber auf keinen Fall sein und spätestens nach einer Stunde sollte eine Besprechung von Zwischenergebnissen und Schwierigkeiten erfolgen.

6 Vorstellung aktueller Stand

Vor dem Ende der Unterrichtsstunde oder aus strategischen Gründen (z. B. ein Problem tritt bei den meisten Gruppen auf, eine Teilaufgabe scheint unklar, ...) wird die Arbeit an der Kalthaltebox unterbrochen und es kann eine erste Testphase vorgenommen werden. Die Ergebnisse können dann reflektiert werden. Darüber hinaus präsentieren die Schüler*innen den aktuellen Stand ihrer Arbeit und geben einen Ausblick, was sie in der nächsten Phase noch realisieren wollen.

Dabei sollen sie erklären, ob und ggf. wie sie ihren ursprünglichen Plan geändert haben und warum. Probleme und deren Lösung sowie besonders gelungene Baudetails sollen dabei besprochen werden. An dieser Stelle muss auch wieder (anhand der Checkliste, die die Kinder erstellt haben) überprüft werden, ob alle Funktionen erfüllt sind bzw. in der verbleibenden Bauzeit erfüllt werden können. Auch die Checkliste wird, falls nötig, noch einmal überprüft, ob sie wirklich der Aufgabenstellung entspricht.

Bei so einer Reflexionsphase kann aber auch ein konkretes Problem besprochen werden, für das verschiedene Lösungsansätze gesucht werden. Findet die Reflexion am Ende eines Unterrichtsblocks statt, können die Schüler*innen zur nächsten Stunde weiteres kostenloses Material mitbringen, wenn sie glauben, dass etwas fehlt. Ihre Konstruktionen dürfen sie zwar nicht mitnehmen, aber man sollte ihnen ausdrücklich erlauben, zu Hause technische Experimente oder Materialtests durchzuführen. Sollten sie dabei zu dem Ergebnis kommen, dass sie in der nächsten Stunde mit anderem Material oder sogar etwas ganz Neues bauen wollen, dann ist das legitim und sollte wenn möglich zugelassen werden.

7 Konstruktionsphase

Einer solchen Reflexionsrunde folgt wieder eine Konstruktionsphase, in der, je nach dem Stand der Arbeit, weitergebaut wird. Manche Schüler*innen werden bei ihrem Plan bleiben, andere werden Teile oder Details verändern und wieder andere werden ein ganz neues Bauvorhaben beginnen.

Je nachdem, wie heterogen die Klasse ist, können Kinder, die schon sehr weit oder fertig sind, die schwächeren Kinder bei ihrer Arbeit unterstützen.

Der Wechsel von Besprechung der Zwischenergebnisse im Klassenkreis und anschließendem Konstruieren kann mehrere Male stattfinden, je nach Leistungsstand der Klasse und Komplexität der Problemstellung.

Kinder, die deutlich früher fertig sind als der Rest der Klasse, können ihre Konstruktion optimieren, „Extras“ einbauen oder sich eine Erweiterung ausdenken (z. B. einen Tragegriff, einen Verschluss, etc.).

8 Funktionstest und Optimierung

Wer mit seiner Box fertig ist, muss sie erst mal (selbst) testen. Das klingt banal, aber das systematische Überprüfen der eigenen Konstruktion ist ein häufiger und wichtiger Anteil der Arbeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Die Schüler*innen sollen anhand ihrer Checkliste erst alle Hauptfunktionen überprüfen.

Aus Zeitgründen testen wir die Boxen allerdings nicht mit kalten Limo-Flaschen, sondern nehmen dafür wieder Eiswürfel und Salbendöschen, wie in dem Experiment am Anfang. Dann genügen nämlich 15 Minuten, um den Unterschied der Schmelzwassermenge zur Referenzdose zu testen. Sollten Sie ausreichend Zeit für eine Überprüfung in der Realität haben, können die Kalthaltemöglichkeiten auch mit Leitungswasser gefüllten PET-Flaschen getestet werden. Hierfür sollten jedoch mindestens 60 Minuten eingeplant werden.

Wenn alle Hauptfunktionen realisiert sind, können sie die Zusatzfunktionen überprüfen. Diese müssen zwar nicht funktionieren, damit die Aufgabe erfüllt ist, aber sie bieten Raum für Optimierung.

Wenn noch genug Zeit ist, dürfen die Schüler*innen ihre Konstruktion also optimieren. Was genau sie darunter verstehen, kann sehr unterschiedlich sein. Es könnte bedeuten:

- Müssen Wärmebrücken eliminiert werden?
- Werden alle Formen der Wärmeausbreitung unterbunden?
- Die Box wird optisch verschönert.

9 Abnahme mit anschließender Präsentation und Reflexion

Wenn die Konstruktion nach Meinung der Schüler*innen fertig ist, erfolgt eine Abnahme beim „Kunden“ (Lehrkraft). Anhand der Checkliste werden alle Funktionen vorgeführt und von der Lehrkraft noch einmal überprüft. Nur wenn sie auch der Meinung ist, dass die Kalthaltebox alle Hauptfunktionen erfüllt, ist die Aufgabe erfolgreich abgeschlossen.

Es muss bedacht werden, dass am Ende eines Konstruktionsprozesses kein Produkt steht, sondern ein Prototyp. Dieser Prototyp, also das Ergebnis der Schüler*innen, muss nicht „schön“ sein, man darf sich daran aber nicht verletzen. Das wichtigste Bewertungskriterium ist, dass sie die geforderten Funktionen erfüllt - so sicher, dass sie nicht beim fünften Benutzen auseinanderfällt.

Zum Abschluss präsentieren die Kinder ihre Konstruktionen. Dabei erklären sie, wie sie die Funktionen realisiert haben und auf welche Schwierigkeiten sie dabei gestoßen sind.

Energie ist ein Begriff, der im Alltag ständig auftaucht, aber sehr schwer zu verstehen ist. Wärme ist eine Form von Energie.

1 Was ist Wärme?

Alle Teilchen (Atome und Moleküle) in Gasen, Flüssigkeiten und auch in festen Körpern bewegen sich ungeordnet bzw. schwingen. Das bezeichnet man als Wärme, bzw. thermische Energie.

Im Alltag wird Wärme oft mit Temperatur gleichgesetzt, indem wir zum Beispiel fragen: „Wie warm ist das Wasser?“ Die Temperatur ist ein objektives Maß dafür, wie viel Wärmeenergie in einem Medium ist. Wir messen sie mit Thermometern. Selbst können wir keine absoluten Temperaturen wahrnehmen, sondern nur Temperaturänderungen (Stierstadt 2018).

2 Wie verbreitet sich Wärme?

Medien mit höherer Temperatur geben immer Wärme an Medien mit niedriger Temperatur ab. Wie funktioniert das?

Es gibt drei Mechanismen, wie sich Wärme ausbreitet:

1. Wärmeleitung
2. Wärmestrahlung
3. Wärmeströmung

Welcher davon überwiegt, hängt von vielen Faktoren ab. Das sind unter anderem Temperaturunterschiede, Art und Masse der Materialien sowie Umgebungsbedingungen (Breuer 2004).

Im Gegensatz zur Sonne, dem Lagerfeuer oder anderen Wärmequellen, in denen Wärme durch Energieumwandlung generiert wird, werden andere warme Körper durch die Weitergabe von Wärmeenergie kälter. Wir kennen das von heißen Getränken, die abkühlen, bis sie irgendwann die Umgebungstemperatur erreicht haben.

Im Folgenden erklären wir diese drei Mechanismen, so wie sie auch für Schüler*innen nachvollziehbar sein sollten.

2.1 Wärmeleitung

Bei der Wärmeleitung wird die Energie durch direkten Kontakt vom warmen zum kalten Medium weitergegeben (Stierstadt 2018).

Überall dort, wo sich die Medien berühren, erwärmt sich das kältere Medium und das wärmere kühlt ab. Auch innerhalb von Medien wird die Wärme weitergeleitet. Das wird deutlich, wenn man z. B. mit einem Metall-Löffel den heißen Tee umrührt. Nur der untere Teil des Löffels befindet sich im Tee, aber der Löffel wird auch oben sehr warm.

Unterschiedliche Materialien leiten Wärme nicht gleich gut. Luft ist ein vergleichsweise schlechter Wärmeleiter. Holz oder Wolle leiten die Wärme auch nicht so gut, aber besser. Metalle leiten Wärme dagegen sehr gut. Das merken wir nicht nur bei Löffeln in heißem Tee, sondern auch dann, wenn wir Gegenstände aus Metall anfassen. Die nachfolgende Übersicht gibt einen guten Eindruck hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit der für Schüler*innen bekannter Materialien, jeweils im Vergleich zur schlecht leitenden Luft.

Material	Wärmeleitfähigkeit im Vergleich zur Luft
Wasser	25 mal besser
Holz/ Wolle	2,5 mal besser
Plastik	12,5 mal besser
Aluminium	1050 mal besser
Kupfer	1400 mal besser

Tab. 1: Wärmeleitfähigkeit verschiedener Materialien

In Stoffen mit hoher Dichte kann sich Wärme grundsätzlich besser ausbreiten als in Stoffen mit geringer Dichte. Styropor, Holz oder auch Fleece-Stoff leiten vor allem deswegen nicht sehr gut, weil sie kleine, mit Luft gefüllte Hohlräume besitzen. Aufgrund dieser eingeschlossenen Luft (schlechter Wärmeleiter) wird die Wärmeleitung erschwert (Breuer 2004).

Dieses Phänomen lässt sich gut mit den Hohlräumen bei einem Topflappen nachvollziehen. Im trockenen Zustand sind die Hohlräume mit Luft gefüllt und wir können ein heißes Backblech problemlos anfassen. Wenn der Topflappen nass ist, sind diese Hohlräume mit Wasser gefüllt. Durch das wesentlich besser leitende Wasser verbrennen wir uns schnell die Finger.

Warum fühlt sich Metall oft kalt an, Wolle aber nicht?

Ein Wollpullover oder ein Topf nehmen im Zimmer die Raumtemperatur an. Sie sind also jeweils kälter als unser Körper. Berühren wir den Topf oder den Wollpullover mit der Hand, so gibt unsere Hand Wärme ab. Weil das bei Metall so schnell geht, empfinden wir es als kalt. Bei Wolle läuft das viel langsamer ab, deshalb spüren wir es eher nicht. Ein Indiz für die Wärmeleitfähigkeit kann unter Umständen also das Anfassen sein (Stierstadt 2018).

2.2 Wärmestrahlung

Die Sonne ist ein beeindruckendes Beispiel dafür, dass Wärme, genauso wie Licht, ohne Beteiligung von Materie nur durch Strahlung über weite Strecken übertragen werden können. Wärmestrahlung ist dem Licht sehr ähnlich. Wir können Wärme aber nur fühlen, nicht sehen (Schlangen können übrigens auch Wärmestrahlung sehen). Jeder Körper sendet Wärmestrahlung aus. Die Strahlung ist intensiver, desto höher die Temperatur des Körpers ist.

Ein schönes Beispiel für die Wahrnehmung der Wärmestrahlen ist auch ein Lagerfeuer, dem wir uns vorsichtig ein bisschen mit dem Körper nähern.

Wärmestrahlen können, genau wie Lichtstrahlen, reflektiert (zurückgeworfen) oder absorbiert (aufgenommen) werden. Schwarze Gegenstände absorbieren Wärmestrahlung und erwärmen sich daher im Sommer ziemlich schnell. Weiß reflektiert dagegen die Wärme zu einem großen Teil. Das Gleiche gilt für Spiegel, die in einem sehr hohen Maße Wärmestrahlung reflektieren und mithin die Wärme kaum aufnehmen (Stierstadt 2018; Breuer 2004).

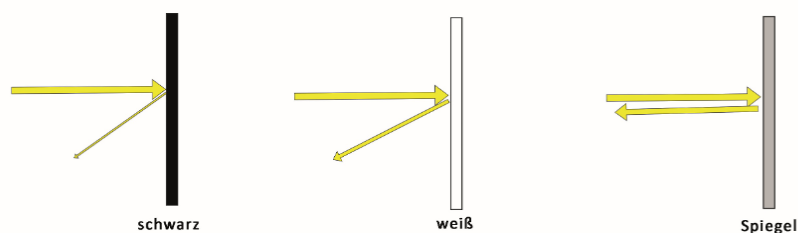


Abb. 2: Reflexionsverhalten der Wärmestrahlen

2.3 Wärmeströmung (Wärmekonvektion)

Erwärmte Luft steigt nach oben. Dadurch strömt weitere, kältere Luft nach und erwärmt sich ebenfalls. Das nennt man Wärmeströmung. Je mehr (und je schneller) kühlerer Luft sich um ein warmes Medium bewegen kann, desto schneller kühlt es ab. Das gilt übrigens nicht nur für Luft, sondern für jedes gasförmige und auch flüssige Medium.

Man kann es gut vergleichen, wenn man je ein Glas mit heißem Wasser in einen geschlossenen Schuhkarton stellt, eins in den Klassenraum und ein weiteres draußen auf das Fensterbrett. Nach 15 Minuten sind deutliche Unterschiede in Bezug auf die Wassertemperatur feststellbar. Die Luftmenge im Schuhkarton ist begrenzt, bewegt sich nur innerhalb

des Kartons und erwärmt sich dabei langsam. Kalte Luft kann nicht nachströmen. Im Klassenraum ist der Effekt der Wärmeströmung größer, weil viel mehr Luft im Raum ist, die sich um das Glas herumbewegen kann. Auf dem Fensterbrett ist der Effekt am stärksten, weil draußen nicht nur die meiste Luft ist, sondern oft auch Wind, sodass viel mehr Luft in der gleichen Zeit das Glas berührt. Allerdings ist das Abkühlen des Wassers nur dann vergleichbar, wenn ungefähr die gleichen Umgebungstemperaturen herrschen.

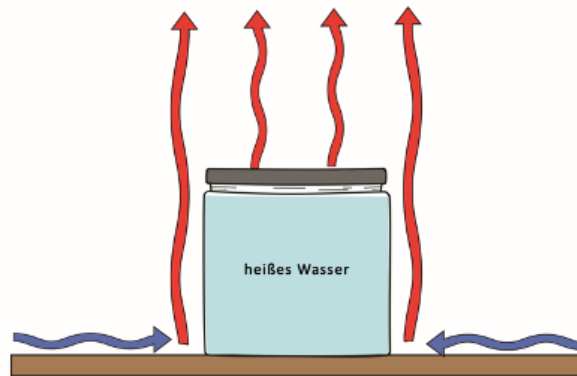


Abb. 3: Wärmeströmung

IV Wärmegewinnung bei Lebewesen - Ein Abfallprodukt des Stoffwechsels?

Lebewesen benötigen Energie, um am Leben zu bleiben. Diese Energie wird durch chemische Reaktionen geliefert, die wir im Alltag als Stoffwechselprozesse beschreiben. Die Freisetzung von Wärme wird dabei oft als eine Art Abfallprodukt gesehen, das durch den Energiefluss zustande kommt und abgestrahlt wird. Bei lebenden Organismen bedingen sich Wärme und biochemische Reaktionen jedoch wechselseitig.

Ein solcher Zusammenhang wird in der RGT- Regel (van't- Hoff-Regel) beschrieben. Die RGT-Regel besagt, dass energetische Prozesse in Abhängigkeit zu einer höheren Temperatur schneller ablaufen. Als Faustformel kann man sagen, dass eine Temperaturerhöhung von 10°C eine Verdoppelung bis Vervierfachung der Geschwindigkeit von biochemischen Reaktionen bewirkt (Sadava, Hillis, & Heller, 2019). Umgekehrt führt ein Absenken der Temperatur zu einer Verlangsamung biochemischer Prozesse und letztlich des Energieumsatzes eines Lebewesens.

Dieser aufgezeigte Zusammenhang zwischen Temperatur und Verlaufsgeschwindigkeit biochemischer Reaktionen ist allerdings nicht endlos gegeben. Für die meisten tierischen Zellen gilt ein Temperaturmaximum von etwas unter 45°C. Wird dieses überschritten, kommen biochemische Reaktionen zum Erliegen (Sadava et al., 2019).

Grund hierfür sind die Enzyme, die an allen Stoffwechselvorgängen des Körpers beteiligt sind. Die Aufgabe von Enzymen besteht darin, biochemische Reaktionen zu beschleunigen oder gar erst zu ermöglichen. Enzyme sind Proteine. Als solche sind die chemischen Bindungen, aus denen sie bestehen, nicht besonders hitzebeständig. Mit wenigen Ausnahmen kann man festhalten, dass Enzyme bei einer Temperatur von etwa 40°C beginnen Schaden zu nehmen und ihre Funktionalität eingeschränkt wird. Grund hierfür ist, dass die chemischen Bindungen durch die Wärme getrennt werden, wobei das Enzym denaturiert (Sadava et al., 2019).

Um die Zellfunktion aufrechterhalten zu können, benötigen die meisten Lebewesen einen Temperaturbereich zwischen 0 und 40°C.

1. Strategien zur Bewältigung der Umgebungstemperaturen

Unsere Biosphäre bietet eine Vielzahl unterschiedlichster Lebensräume, deren klimatische Voraussetzungen eine sehr große Spannweite von Umgebungstemperaturen hervorbringt.

Im Tierreich haben sich hinsichtlich der Bewältigung der Umgebungstemperaturen zwei unterschiedliche Formen entwickelt:

- Poikilotherme Tiere (Insekten, Spinnen, Fische, Reptilien und Amphibien) nutzen die Temperatur der Umgebung, um Ihre Stoffwechselaktivität aufrecht zu erhalten. Sie können ihre Körpertemperatur nur bedingt eigenständig regulieren.
- Homoiotherme Tiere (Säugetiere und Vögel) hingegen können ihre Körpertemperatur auf einem in etwa gleichbleibendem Niveau halten. Hierzu müssen sie in besonderem Maße Nährstoffe aus ihrer Umgebung aufnehmen und diese mit Sauerstoff im Körper umsetzen.

Beide Anpassungen bringen Vor- und Nachteile mit sich. Poikilotherme Tiere verlassen sich auf ihre Umgebungstemperatur. Dies stellt eine recht große Energieersparnis dar, da poikilotherme Tiere nur in sehr geringem Maße Stoffwechselaktivitäten aufbringen müssen, um die Körpertemperatur zu regulieren. Ihre Stoffwechselaktivität entspricht in etwa einem Zehntel der Stoffwechselaktivität von homoiothermen Tieren (Müller, Frings, & Möhrlen, 2019).

Auf der anderen Seite sind poikilotherme Tiere an Umgebungen gebunden, die ihre Körpertemperatur auf einem Niveau halten können, dass ihr Stoffwechsel funktioniert. Beziehungsweise sind sie in bereits gemäßigten Zonen mit Kälteperioden dazu gezwungen „Starreperioden“ einzugehen, in denen ihr Stoffwechsel nahezu vollständig zum Erliegen kommt. Darüber hinaus erlauben ihnen geringere Umgebungstemperaturen nur ein geringes Größenwachstum.

Homoiotherme Tiere sind in der Wahl ihrer Lebensräume weniger eingeschränkt. Da sie ihre Körpertemperatur mittels ihres Stoffwechsels regeln können, sind sie dazu in der Lage, Lebensräume zu besiedeln, die poikilotherme Tiere gar nicht oder nur schwer besiedeln können. Diese Flexibilität hat aber auch ihren Preis. Denn das Aufrechterhalten der Körpertemperatur bedarf einer höheren Stoffwechselaktivität und eines damit einhergehenden erhöhten Nahrungsbedarfs (Müller et al., 2019).

2. Tiere reagieren auf ihre Umgebungstemperatur

Die Bandbreite der Strategien mit denen Tiere auf ihre Umgebungstemperatur reagieren, lässt sich in drei Kategorien unterteilen:

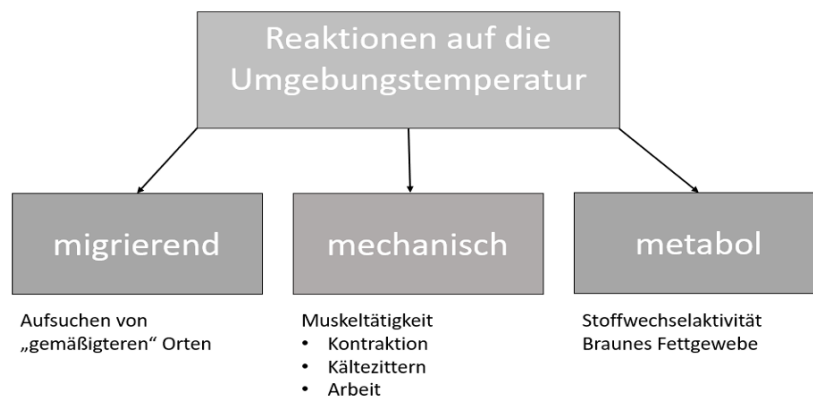


Abb. 4: Übersicht verschiedener Reaktionen von Tieren auf die Umgebungstemperatur

2.1 Aufsuchen gemäßigter Orte - Migration

Sowohl poikilotherme als auch homoiotherme Tiere können ihre Körpertemperatur durch ihr Verhalten beeinflussen. Hierzu machen sie sich die physikalischen Phänomene der Wärmeausbreitung zu Nutze, indem sie Orte mit einer „geeigneteren“ Temperatur aufsuchen. Dabei tauschen die Tiere Wärme mit ihrer Umgebung aus oder unterbinden diesen Austausch (Schmidt, Lang, & Thews, 2005).

Dies geschieht z. B. wenn Tiere sich auf einem von der Sonne erwärmten Stein aufwärmen (Konduktion), sonnenbeschienene Flächen suchen oder meiden (Radiation) oder wenn sie Körperwärme von Luftströmungen abtransportieren lassen (Konvektion).

2.2 Um die Körpertemperatur zu erhöhen, nutzen Tiere mechanische Strategien

Eine mechanische Wärmegewinnung erfolgt durch das Einsetzen des Muskeltonus. Bereits durch das Anspannen der Muskulatur wird Wärme erzeugt. Bedingt ist dies durch den Wirkungsgrad unserer Muskulatur, der bei etwa 20% liegt. Die restlichen 80% werden in Form von Wärme abgegeben (Müller et al., 2019). Dieser Effekt kann durch das rhythmische Kontrahieren der Muskeln verstärkt werden. Wir kennen dieses Phänomen als Kältezittern.

Um in wärmeren Regionen ein Überhitzen zu verhindern, reduzieren Tiere ihre Bewegungen auf ein Minimum. Hierdurch wirken sie einer zusätzlichen Wärmeproduktion des Körpers entgegen.

2.3 Metabole Form der Wärmegewinnung - Eine elegantere Lösung

Eine metabolische „Wärmegewinnung“ findet sich (mit wenigen Ausnahmen) nur bei homoiothermen Tieren. Um ihren Energiehaushalt aufrechterhalten zu können, müssen Tiere Nährstoffe aus ihrer Umgebung aufnehmen und diese mit Sauerstoff umsetzen. Die dabei freiwerdende Energie wird verwendet, um das Molekül ATP (Adenosintriphosphat) zu synthetisieren. Das Molekül ATP hat die Eigenschaft, sehr schnell mit Wasser zu reagieren. Bei dieser Reaktion (= Hydrolyse des ATP) wird wiederum Energie frei, die dazu genutzt werden kann, energieaufwändige Lebensprozesse zu ermöglichen.

Sowohl beim Aufbau des ATPs als auch bei der Hydrolyse findet immer eine Energieübertragung statt, die ein Freisetzen von Wärme mit sich bringt.

Die wohl weitentwickelteste Form der Wärmegewinnung hat sich bei den Säugetieren entwickelt. Sie verfügen über ein spezielles Fettgewebe, das sog. braune Fett. Dieses Gewebe ermöglicht es Fetteinlagerungen vor Ort (und nicht erst über die Leber) mit Sauerstoff umzusetzen. Die Energie, die bei solchen Umsatzprozessen normalerweise zur Herstellung von ATP verwendet werden würde, wird in den Zellen des braunen Fettgewebes direkt zur Wärmegewinnung genutzt (Brandes, Lang, & Schmidt, 2019).

Um ein Überhitzen des Organismus bei höheren Umgebungstemperaturen zu vermeiden, drosseln viele Tiere ihre Stoffwechselrate. So erhöht sich ihre Körpertemperatur nicht noch zusätzlich. Einige Lebewesen schützen sich vor Überhitzung durch das Meiden direkter Sonneneinstrahlung. Sie ziehen sich in Bauten zurück, um dort vor den Umgebungstemperaturen geschützt zu sein. Termiten sind für ihre Bauten bekannt, die in sehr warmen Regionen der Erde zu finden sind.

3. Thermoregulierende Anpassungen bei Termiten

Termiten (*Macrotermes bellico*) sind Insekten und gehören zu den poikilothermen Tieren. Als solche sind sie nicht dazu in der Lage, ihre Körpertemperatur eigenständig zu regulieren oder durch Stoffwechselprozesse zu erhöhen. Dennoch erzeugen auch poikilotherme Tiere Wärme durch ihren Stoffwechsel oder auf mechanische Weise, z. B. durch Bewegung. Die Wärme, die hierdurch erzeugt wird, ist weit geringer als die der homoiothermen Tiere und reicht nicht aus, um die Körpertemperatur eigenständig in einem Optimal-Bereich zu halten.

Beobachtet man Termiten als Einzeltiere, stellen sie keine Ausnahme dar. Allerdings gehören Termiten zu den staatenbildenden Insekten, in deren Nestern schnell mehrere 100.000 Termiten zusammenleben können. Bedingt durch die Anzahl der im Staat lebenden Termiten, kumuliert sich die von jedem Tier abgegebene Wärme und eine Gefahr der Überhitzung des gesamten Nests droht (Korb, 2003).

Es sind jedoch nicht die Termiten alleine, die ihre Bauten erwärmen. Einige Termiten leben in einer symbiotischen Beziehung mit Pilzen, die sie in ihren Bauten als Nahrung anbauen. Auch die Stoffwechselprozesse der Pilze setzen Wärme frei. Dies trägt ebenso zu einer möglichen Überhitzung der Nester bei.

Neben der Gefahr der Überhitzung bringt die Populationsgröße des Termitenvolkes (und damit einhergehend der Pilzkulturen) ein weiteres Problem mit sich. Die Stoffwechselprozesse von Termiten und Pilzen führen zu einer Freisetzung von CO₂, das sich in den Bauten immer weiter ansammelt und zum Erstickungstod des Termitenvolkes und der Pilze führen könnte.

Zum Überleben benötigen Termiten und ihre Pilzfarmen ein gleichbleibendes Milieu. Um sowohl das Pilzwachstum als auch ihr eigenes Wohlergehen nicht zu gefährden, sind Termiten darauf angewiesen, eine Frischluftzufuhr in ihren Bauten zu gewährleisten. Außerdem müssen große Temperaturschwankungen vermieden werden. Eine optimale Nesttemperatur sollte etwa 30°C betragen (Wenzel, 1990).

Hierbei spielen eine Vielzahl von Faktoren eine Rolle:

- Die Größe des Termitenstaates:
Je mehr Termiten in einem Bau leben, desto mehr Wärme wird von ihnen produziert. Außerdem steigt ihr Nahrungsbedürfnis und somit auch die Menge an angebauten Pilzen, was ebenfalls zu einer erhöhten Wärmeproduktion führt (Korb, 2003).
- Die Umgebung des Termitenbaus:
Termiten derselben Art können Bauten in der offenen Savanne oder in schattigen Weichholzauen bewohnen. Hierbei stellen die Umgebungstemperaturen besondere Herausforderungen dar. Die Tagestemperaturen - besonders in der Savanne - können die optimale Nesttemperatur von 30°C leicht überschreiten (Korb, 2003) und nachts oder in schattigen Bereichen unterschreiten.

Diese Probleme werden von Termiten durch die Architektur ihrer Bauten gelöst.

3.1 Bauten kleiner Völker

Kleine Termitenvölker haben eine geringere CO₂- und Wärmeproduktion. Sie schaffen es kaum, die angestrebten 30°C im Nest zu halten. Stattdessen liegt ihre Nesttemperatur häufig bei 28°C (Collins, 1981). Aus diesem Grund versuchen sie ihre Nester mit einer dicken Wand (s. Abb. 5) zu umgeben, um das Nest zu isolieren. Zwar weist die dicke Termitenbauwand eine schwammartige Struktur mit kleinen Kanälchen auf, die einen Gasaustausch ermöglichen, dennoch ist der Gasaustausch durch die Dicke der Wand gehemmt (Küppers, 2004).

Korb & Linsenmair (2003) haben nachgewiesen, dass die CO₂-Intensität in Bauten von kleinen Völkern höher als in den Bauten von großen Völkern ist. Daraus folgt, dass kleinere Völker beim Abwägen zwischen Wärmebedarf und Frischluftzufuhr ihren Schwerpunkt klar auf Wärmedämmung und Isolation legen (Korb & Linsenmair, 1999).

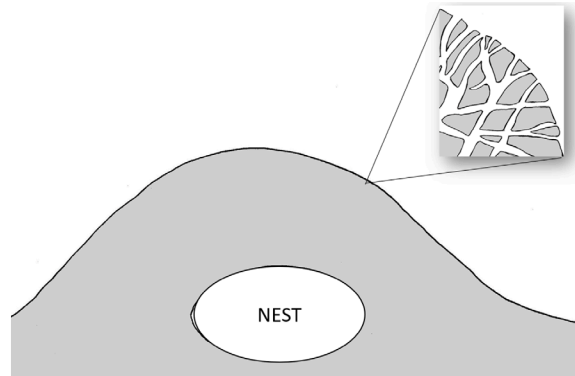


Abb. 5: Termitenkuppelbau eines kleinen Staates: dicke Wände, kein Belüftungssystem.

3.2 Bauten großer Termitenvölker in der Savanne

Große Termitenvölker in der Savanne errichten Bauten, die über 3 Meter hoch werden können. Die Struktur des Baus ist von einer Oberfläche mit vielen emporragenden Schächten geprägt. Aufgrund dieser Schächte werden Termitenbauten dieses Typs als „kathedralenförmige“ Bauten bezeichnet. Betrachtet man den Querschnitt eines „kathedralenförmigen“ Baus (s. Abb. 6), erkennt man zunächst die zentrale Lage des Termitennests.

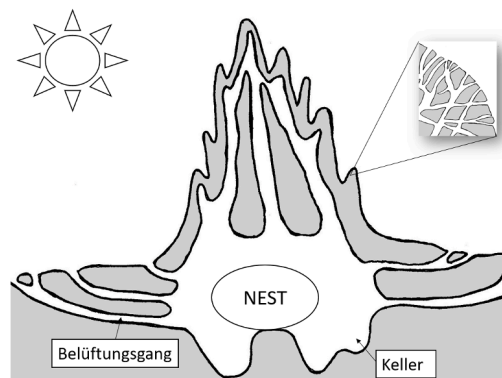


Abb. 6: Kathedralenförmiger Bau einer großen Termitenpopulation in der Savanne.

Unterhalb des Nests befinden sich Kellerschächte mit weit verzweigten Belüftungsgängen, die rund um den Bau nach außen führen. Oberhalb des Nests führt ein besonders breiter Zentralkanal zur Spitze des Baus. Dieser Kanal wird von mehreren kleineren und engeren Schächten umgeben, die über Gänge miteinander verbunden sind. Die Wand des Termitenbaus ist im Vergleich zur Wand eines Kuppelbaus eines kleineren Staates dünner und ermöglicht einen effektiveren Gasaustausch.

3.3 Belüftung kathedralenförmiger Bauten

Die Architektur dieses Bautypus ermöglicht es den Termiten, ihr Nest auf zwei unterschiedliche Weisen zu belüften. Tagsüber wandert die Sonne am Himmel entlang und erwärmt den Bau je nach ihrer Position an unterschiedlichen Stellen unterschiedlich stark. Die Schächte der kathedralenförmigen Bauten werfen im Verlauf des Tages abwechselnd Schatten auf die Oberfläche der Bauten und kühlen die Bauten somit. Messungen haben in

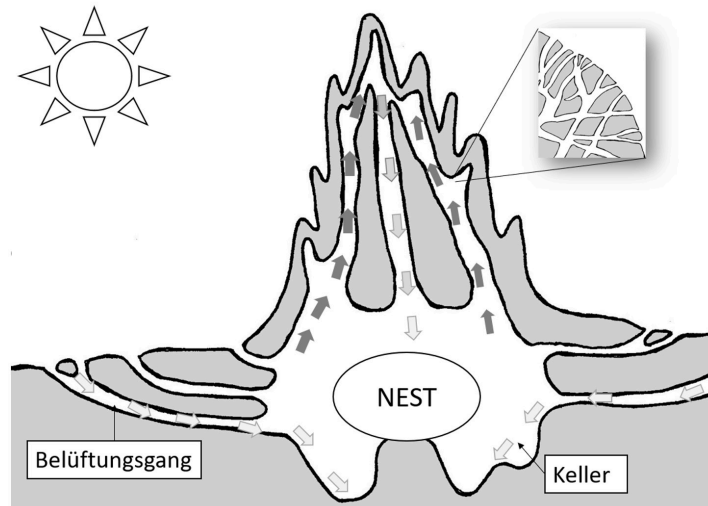


Abb. 7: Extern betriebene Belüftung eines kathedralenförmigen Termitenbaus in der Savanne.

diesem Zusammenhang ergeben, dass gerade die breite Basis und der Mittelteil des Baus stärker erwärmt werden als die Spitzen der Schächte (Korb & Linsenmair, 2000). Dies schafft Temperaturunterschiede, die dafür sorgen, dass die Luft im Inneren des Baus in Bewegung gesetzt wird (s. Abb. 7). Da die Luftbewegung durch eine äußere Quelle (die Sonne) angetrieben wird, wird die daraus resultierende Belüftung „extern betriebene“ Belüftung genannt. Im Inneren des Baus steigt die erwärmte Luft im Bereich der sonnenbeschienenen Außenwände über Kanäle und Schächte nach oben. Dabei wird die CO₂-reiche Luft vom Nest weggeführt und zu den Außenkanälen transportiert, wo ein Gasaustausch stattfindet.

Die zunehmend ausgetauschte, sauerstoffreichere Luft wandert bis zur Spitze des kühleren Zentralschachts. Dort kühlt die Luft wieder ab und sinkt nach unten in das Nest. Die Abkühlung der Luft wird durch Verdunstungskühlung an der Wand der Bauten unterstützt (Korb & Linsenmair, 2000). Parallel dazu wird ebenfalls Luft durch die Belüftungskanäle rund um das Nest angesaugt.

Nachts verhalten sich die Luftströmungen genau andersherum, da die Umgebungstemperaturen unter das Temperaturniveau des Termitenbaus fallen. Die entscheidende Antriebskraft, die für die Ventilation verantwortlich ist, ist die stoffwechselbedingte (=metabole) Wärmeproduktion im Termitennest. Das Termitennest ist nun wärmer als die Umgebungstemperatur.

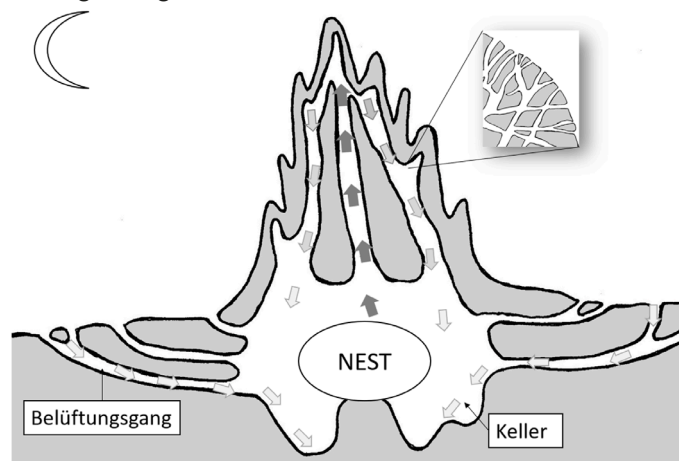


Abb. 8: Intern betriebene Belüftung eines kathedralenförmigen Termitenbaus.

Die im Nest erwärmte, CO₂-reiche Luft steigt über den Zentralschacht nach oben. Auf ihrem Weg nach oben kühlt sie ab und sinkt entlang der Seitenschächte wieder nach unten in den Bau (s. Abb. 8). Selbiges geschieht auch in den anderen Schächten. Ein Gasaustausch wird an den Außenwänden des Termitenbaus ermöglicht, ist allerdings nicht so effektiv wie bei der Belüftung tagsüber. Beim Aufsteigen der erwärmten Luft entsteht ein Unterdruck, der Luft über die Belüftungskanäle rund ums Nest ansaugt. Vergleicht man die CO₂-Sättigung der Luft im Termitenbau tags- und nachtsüber, so ist der CO₂-Wert nachts höher als bei Tage. Die Belüftung, bei der die Antriebskraft der Belüftung aus dem Inneren des Baus kommt, wird als „intern betriebene“ Belüftung bezeichnet (Korb & Linsenmair, 2000).

3.4 Termitenbauten in der Weichholzaue

Termitenbauten in der Weichholzaue unterscheiden sich in der Architektur sehr zu denen in der Savanne. Zwar bestehen diese Bauten ebenfalls aus einem zentral gelegenen Nest, den Kellerschächten, den Belüftungsgängen und einem Zentralschacht, allerdings fehlen die typischen Nebenschächte (s. Abb. 9). Eine extern betriebene Belüftung scheint somit kaum möglich.

In der Tat wären die Nebenschächte in ihrer Funktion nutzlos, da die

Temperaturen in einer Weichholzaue nur selten das Temperaturniveau des Nests übersteigen. Folglich werden Termitenbauten in der Weichholzaue nur intern betrieben belüftet. Die warme Luft steigt dabei vom Nest aus nach oben, kühlt an den Wänden des Zentralschachts ab und sinkt wieder zum Nest. Der Gasaustausch geschieht stetig über die Außenwände und über die Belüftungsgänge, die um das Nest herumführen (Korb & Linsenmair, 2000).

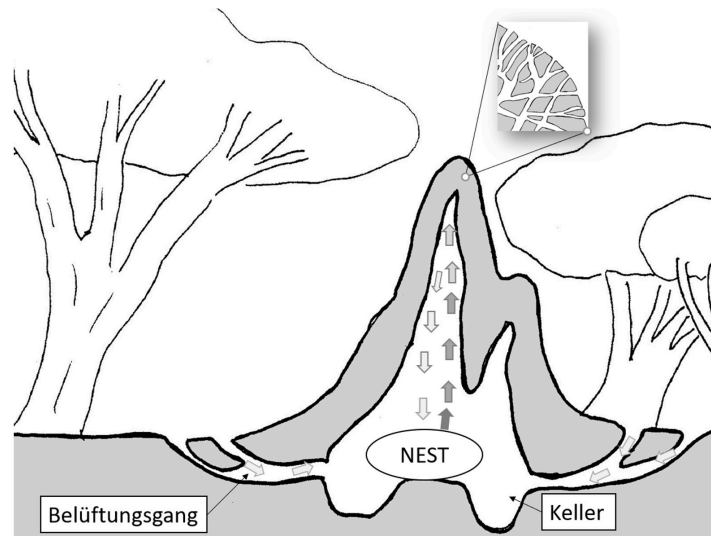


Abb. 9: Termitenbau in einer Weichholzaue. Nur eine intern betriebene Belüftung ist möglich.

V Verortung nach dem Bildungsplan Baden-Württemberg

In diesem Lernarrangement können die Schüler*innen die folgenden inhaltsbezogenen Kompetenzen aus dem Bildungsplan BW trainieren:

Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und der Technik

Die Schüler*innen

- nutzen Arbeitsgeräte sicher und erklären deren bestimmungsgemäßen Einsatz (u. a. Gasbrenner, Thermometer, Lupe oder Stereolupe, Werkzeuge).
- üben an Naturphänomenen Beobachtungen, zielgerechtes Zuordnen, Auswerten und beschreiben an geeigneten Beispielen, wie man dabei vorgeht (z. B. anhand von Schwimmen und Sinken, thermischem Energietransport, Fortbewegung, Wachstum).
- stellen an einzelnen Beispielen die Vorteile der fachsprachlichen Beschreibung von Phänomenen gegenüber der Alltagssprache dar (z. B. anhand von Schwereempfinden, Masse, Dichte, Wärmeempfinden, Temperatur, Brennen, Erhitzen, Schmelzen).
- führen an Beispielen die naturwissenschaftliche Arbeitsweise durch und beschreiben diese. (Beobachtung eines Phänomens, Vermutung, Experiment, Überprüfung der Vermutung).
- planen und führen Experimente durch, erfassen Messwerte, protokollieren Ergebnisse und beschreiben, wie man dabei vorgeht (Tabellen, Diagramme und Skizzen).
- stellen zu einer vorher festgelegten Problemstellung ein technisches Produkt her und erläutern die Herstellungsschritte (Planung, technische Skizze, Materialliste).
- beschreiben ein selbst hergestelltes technisches Produkt und bewerten den Herstellungsprozess (Funktionalität, Fertigungsqualität, Ästhetik, Ansätze zur Optimierung).

Energie effizient nutzen

Die Schüler*innen:

- beobachten thermische Phänomene und untersuchen und beschreiben die drei thermischen Energietransportarten.
- untersuchen Materialien und Gegenstände im Hinblick auf deren Aufnahme von Wärmestrahlung und erklären Anwendungen in Natur und Technik (z. B. Sonnenkollektor).
- untersuchen, welche Materialien in Natur und Technik zur Wärmedämmung geeignet sind.
- führen einfache Experimente zum sorgsamem Umgang mit Energie durch und leiten daraus Verhaltensregeln für den Alltag in der Schule und zu Hause ab (z. B. Kochen, Stoßlüften, Beleuchtung).
- erklären die (jahreszeitlich bedingten) Angepasstheiten von (heimischen) Tieren in Bezug auf den Energiehaushalt (z. B. Fellwechsel, Winterspeck, Winterruhe, Winterschlaf, Kältestarre, Vogelzug).

Zielsetzungen der Einheit

Ziele aus Sicht der Technik:

Die Schüler*innen konstruieren eine Kalthaltebox nach Anforderungen

- Die Schüler*innen entwickeln aus einer Bedarfssituation einen Anforderungskatalog (Checkliste)
 - Sie bestimmen Funktionen, die die Kalthaltebox erfüllen soll.
 - (Sie bestimmen Materialien, die zur Fertigung der Boxen genutzt werden können).
 - Sie entwickeln aus Anforderungen Nutzungsfunktionen und ordnen sie nach Haupt- und Zusatzfunktionen.

- Die Schüler*innen unterteilen die Haupt- und Zusatzfunktionen in Teilprobleme.
- Die Schüler*innen suchen nach Lösungen für die Teilprobleme.
 - Sie entnehmen Infotexten Informationen
 - Sie führen Versuche durch
- Die Schüler*innen übertragen Wirkprinzipien auf die Teilprobleme der Konstruktion und schaffen somit Teillösungen.
- Die Schüler*innen wählen Materialien anforderungsgeleitet aus.
- Die Schüler*innen wählen Werkzeuge für verschiedene Fertigungsverfahren zielorientiert aus.
- Die Schüler*innen wählen anforderungsgeleitet zweckmäßige Verbindungstechniken aus.
- Die Schüler*innen setzen ausgewählte Verbindungstechniken sachgerecht um.
- Die Schüler*innen fügen die verschiedenen Teillösungen zur Verhinderung der Wärmeausbreitung in der Fertigung zusammen.
- Die Schüler*innen bewerten eine Konstruktion anhand des Anforderungskatalogs.

Ziele aus Sicht der Naturwissenschaften:

- Die Schüler*innen lernen Formen der Ausbreitung von Wärme (Strahlung, Leitung, Strömung) kennen und können diese benennen.
- Die Schüler*innen beschreiben Phänomene der Wärmeausbreitung.
- Die Schüler*innen benennen und beschreiben einige der Phänomene im Tierreich, die vor Überhitzung schützen.
- Die Schüler*innen führen Versuche nach Anleitung durch und ziehen Schlüsse aus der Beobachtung.
- Die Schüler*innen benennen spezifische Maßnahmen zur Verhinderung der unterschiedlichen Formen der Wärmeausbreitung.

VI Ablauf der Unterrichtseinheit

Für die Unterrichtseinheit sind jeweils 5 Doppelstunden und ggf. eine Einzelstunde notwendig.

1. Doppelstunde	Aufgabenstellung und ein Blick in die Welt der Termiten
2. Doppelstunde	Experimentierstunde zu Phänomenen der Wärmeausbreitung
3. Doppelstunde	Aktive Kühlung und Kennenlernen der Kiste
4. Doppelstunde	Konstruieren und Testung 1
5. Doppelstunde	Optimierung und Reflexion

Tab. 2: Ablauf der Unterrichtseinheit

1. Beschreibung der ersten Doppelstunde

In der ersten Doppelstunde werden die Schüler*innen mit der Aufgabenstellung konfrontiert. Sie sollen eine Kalthaltelösung bauen, die ein kühles Getränk möglichst lange kühl hält. Um Lösungen für diese Problematik zu finden, erfolgt ein Blick in die Welt von Termiten, die ebenfalls vor dem Problem stehen, dass sie mit zu hohen Temperaturen zurechtkommen müssen.

In Gruppenpuzzeln werden verschiedene Infotexte zu den Termiten und ihren Strategien zur Thermoregulation bearbeitet.

Dies wirft die Frage nach geeigneten Dämmmaterialien auf. Hierzu findet eine Untersuchung statt, die erste Erkenntnisse bringt.

2. Beschreibung der zweiten Doppelstunde

Die Inhalte der 1. Doppelstunde werden wiederholt und die Vermutung, dass Wärme sich ausbreiten muss, wird gestellt. Ausgehend von dieser Vermutung werden die Phänomene zur Wärmeleitung, zur Wärmestrahlung und zur Wärmekonvektion mit Versuchen untersucht (siehe Versuchsbeschreibungen).

3. Beschreibung der dritten Doppelstunde

In der dritten Doppelstunde werden die Erkenntnisse der letzten Stunde nochmals wiederholt und auf die Problemstellung „Bau einer Kalthaltelösung“ projiziert. Hierbei entsteht eine Checkliste, die die Anforderungen, welche die Kalthaltelösung erfüllen soll, festlegt und präzisiert. Die Schüler*innen lernen die Erfinderkisten kennen und beginnen mit ihren Konstruktionen.

4. Beschreibung der vierten Doppelstunde

In der vierten Doppelstunde wird die Kalthaltelösung konstruiert. Es erfolgt eine erste Testung und die Möglichkeit die Kalthaltelösung nochmals zu verbessern.

5. Beschreibung der fünften Doppelstunde

In der 5. Doppelstunde erfolgt die große Testung der Kalthaltelösungen. Um die Zeit während der Testung sinnvoll zu überbrücken, wird das Phänomen der aktiven Kühlung bearbeitet. Nach der Testung werden die Kisten mit den Anforderungen der Checkliste (Doppelstunde 3) verglichen. Es folgt eine Reflexion des Projekts.

VII Unterrichtstabellen

1. Doppelstunde: Termiten und Wärmeschutz

Hinweis: Anstelle der Folien können Sie auch die Powerpoint-Präsentationen in unserem Downloadbereich nutzen. In diesen befinden sich auch alle Medien, die Sie den Schülerinnen und Schülern präsentieren.

Zeit	Phase	Verlauf	Sozialform	Medien
5 min	Einführung & Problemstellung	Begrüßung und kurze Klärung zum Projekt: L.: Wir werden im folgenden Projekt wie Ingenieur*innen arbeiten. D. h. wir werden etwas erfinden und bauen, womit wir ein Problem lösen. Herausarbeiten des Problems: Wie kann ich die Wärme draußen halten?	Plenum	Film: Eine Problemstellung für Ingenieure (alternativ PPT oder Folie 1)
5 min	Hypothesenbildung	Sammlung von Schüler*innenvorstellungen	EA und Plenum	Tafel
L.: „Manchmal ist es hilfreich, einen Blick in die Natur zu wagen, um Ideen zu erhalten. Termiten leben an Orten, an denen es sehr heiß ist. Dennoch sollte ihre Körpertemperatur und die Temperatur in ihren Bauten nicht zu hoch werden.“				
5 min	Info	L. stellt einen Advance Organizer vor	Frontal	Film: Advance Organizer (alternativ PPT oder Folie 2)
L.: „Was es mit dieser Problemstellung nun auf sich hat, werdet ihr gleich herausarbeiten. Hierzu schauen wir uns folgende Folie an...“				
5 min	Erarbeitung	L. stellt die Aufgabenstellung der Stunde auf einer Folie vor.	Partner-Puzzle	Folie 3: Aufgabenfolie (alternativ PPT)
10 min		Die Schüler*innen erhalten unterschiedliche Texte, die je einen Aspekt der Termitenbaukühlung beinhalten. Die Schüler*innen lesen den Text und beantworten die Aufgaben darunter.	EA	Arbeitsblätter (1.1 - 1.4): Texte A/B/C/D
5 min		Die Schüler*innen finden Mitschüler*innen, die denselben Text haben. Sie besprechen den Text und beantworten gemeinsam Aufgaben dazu.	PA	
5 min		Die Schüler*innen treffen sich in einer 4er-Gruppe, bei der jedes Mitglied einen anderen Text gelesen hat. Die Schüler*innen erklären sich gegenseitig, welchen Aspekt der Baukühlung sie gelesen haben.	GA	
5 min		Die Schüler*innen gehen zurück an ihre Plätze und bearbeiten Aufgaben zu den Termiten (Rückseite des Arbeitsblattes).	EA	Arbeitsblatt (Rückseite)

5 min	Sicherung	Die Aufgaben werden gemeinsam besprochen.	Plenum	Lösungsfo- lie zu AB 1
5 min	Sicherung 2	L. legt den Advance Organizer nochmals auf. Die Schü- ler*innen sollen sich diesen nochmals wechselseitig erklären.	PA	Folie 2: Advance Organizer
<i>L.: „Wir Menschen arbeiten nur selten mit Naturmaterialien. Welche Materialien würden sich eurer Meinung nach dazu eignen, ein Gefäß vor Wärme abzugrenzen?“</i>				
5 min	Hypothe- senbildung	Fragestellung und Hypothesen werden in einer Mind- Map an der Tafel fixiert.	Plenum	
<i>L.: „Hierzu werden wir nun einen Versuch durchführen. Ihr erhaltet dafür 2 Salbendöschen, 2 Messröhrchen und Isoliermaterial. Genaueres lesen wir auf dem Arbeitsblatt.“</i>				
20 min	Erarbei- tung 2	Eiswürfelexperiment: Schüler*innen erhalten dasselbe Versuchsprotokoll, aber unterschiedliche Materialien. In der Wartezeit protokollieren die Schüler*innen das Versuchsprotokoll und bearbeiten ggf. die Fragen 1- 4 des Partnerinterviews.	GA	AB2 Ver- suchsproto- koll Materialien: Küchen- krepp, Stoff, Alufolie etc. AB 3 Partner- interviewbo- gen
5 min	Sicherung	Besprechung der Versuchsergebnisse	Plenum	Lösungsfo- lie zu AB 2
5 min	Hypothe- prüfung	Hypothesen zu geeigneten Materialien werden bespro- chen und veri- bzw. falsifiziert.	Plenum	
5 min	Partner- interview	Ein vorgefertigtes Partnerinterview der Stundenziele wird in PA durchgeführt.	PA	AB 3 Partner- interviewbo- gen

2. Doppelstunde: Wärmeausbreitung

Anstelle der Folien können Sie auch die Powerpoint-Präsentationen in unserem Downloadbereich nutzen.

Zeit	Phase	Verlauf	Sozialform	Medien
5 min	Einstieg	Die Lehrkraft bittet eine/n Schüler*in, den Versuch der letzten Stunde nochmals zu wiederholen. Die Beobachtung, dass Wärme „ausgesperrt“ werden kann, wird herausgearbeitet.	Plenum	
L.: „Wir konnten mit unserem Versuch zeigen, dass wir Wärme mit verschiedenen Materialien vom Eiswürfel fernhalten können. Dies bedeutet aber auch, dass sich Wärme ausbreitet.“				
2 min	Hinführung	Die Lehrkraft legt die Agenda der heutigen Stunde auf. Dabei erklärt sie: „In der heutigen Doppelstunde werden wir herausfinden, wie sich Wärme ausbreitet. Am Ende der Stunde werdet ihr die folgenden Fragen beantworten können.“	Frontal	Folie 4: Stundenagenda
L.: „Um herauszufinden, wie sich Wärme verbreitet, werden wir nun verschiedene Versuche durchführen. Einen Versuch habe ich euch hier vorbereitet.“				
5 min	Hinführung	L. gibt heißes Wasser in ein Becherglas. Anschließend gibt sie einen Plastiklöffel und einen Metalllöffel in das Becherglas. Sie wartet eine Minute. Hierbei erfolgt ein Unterrichtsgespräch über die Vermutungen der Schüler*innen, welcher Gegenstand stärker erwärmt wird. Danach holt L. beide Löffel (mit der Tiegelzange) aus dem heißen Wasser. L. weist darauf hin, dass sie den Metalllöffel nicht anfassen kann, den Plastiklöffel hingegen schon, obwohl beide etwa gleich lange derselben Temperatur ausgesetzt waren.	Plenum	Thermoskanne mit heißem Wasser Becherglas Metalllöffel Plastiklöffel Tiegelzange
2 min	Hypothesenbildung	Schüler*innen sollen Vermutungen darüber anstellen, wie dieses Phänomen erklärt werden kann.	Plenum	
L. teilt das Versuchsprotokoll (V2) aus. L.: „Euren Vermutungen werden wir nun auf den Grund gehen.“				
8 min	Erarbeitung	Schüler*innen führen Versuche zur Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Materialien durch. Parallel dazu füllen sie das Versuchsprotokoll aus.	GA/ Plenum	AB 4: Versuchsprotokoll Thermometer Thermoskanne versch. Becher
2 min		Im Anschluss räumen die Schüler*innen ihre Arbeitstische wieder auf.		
5 min	Sicherung	Das Versuchsprotokoll wird gemeinsam besprochen.	Plenum	Lösungsfolie
L.: „Auf der Rückseite des Arbeitsblattes findet ihr einen Infotext und Aufgaben zu diesem Phänomen. Ihr lest den Infotext durch und bearbeitet die Aufgaben darunter mit Bleistift. Dafür habt ihr 5 Minuten Zeit.“				
5 min	Erarbeitung 2	Schüler*innen bearbeiten die Rückseite des Arbeitsblattes in Einzelarbeit.	EA	Rückseite AB 4

5 min	Sicherung	Gemeinsame Besprechung der Rückseite des Arbeitsblattes mittels Lösungsfolie. Abklärung der Schüler*innenhypothesen.	Plenum	Lösungsfolie
L.: „Wärme wandert also entlang von Stoffen.... Hierzu habe ich euch ein Bild mitgebracht.“				
5 min	Hinführung	L. zeigt ein Bild als stummen Impuls: Hände am Feuer wärmen. Die Schüler*innen äußern sich zum Bild und stellen Vermutungen darüber an, warum die Hände aufgewärmt werden, obwohl sie den Ofen nicht direkt berühren. L. stellt ggfs. Impulsfragen: <ul style="list-style-type: none"> • Was seht ihr? • Warum macht die Person das? • Was kann die Person fühlen? • Woher kommt die Wärme? Die Beobachtung stellt einen vermeintlichen Widerspruch zum vorangegangenen Versuch dar.	Plenum	Folie 5: Bild mit Händen, die sich am Feuer wärmen
L.: „Wärme wird wohl auch übertragen, selbst wenn wir die Wärmequelle nicht berühren. Hierzu zeige ich euch einen Versuch.“ L. teilt Arbeitsblatt 5 aus.				
5 min	Durchführung	L. führt einen Versuch zur Wärmestrahlung durch. Der Versuch wird gemeinsam protokolliert.	Plenum	AB 5 Tafel
5 min	Bearbeitung	Schüler*innen bearbeiten die Aufgaben auf der Rückseite des Blattes.	EA	Rückseite AB 5
5 min	Besprechung	Das Versuchsprotokoll wird gemeinsam besprochen.	Plenum	Lösungsfolie
L.: „Es gibt noch ein weiteres Phänomen, durch das sich Wärme ausbreitet. Dieses können wir fühlen, wenn jemand im Winter das Fenster öffnet. Es zieht unangenehm und der Raum wird kalt.“				
4 min	Hinführung	L.: „Was glaubt ihr, was hierbei passiert?“ L. führt ein Unterrichtsgespräch.	Plenum	
10 min	Durchführung	Die Lerngruppe wird in zwei Hälften geteilt. Die eine Hälfte bearbeitet den Schülerversuch auf Arbeitsblatt 6, die andere Hälfte bearbeitet den Schülerversuch auf Arbeitsblatt 7 und füllen das Protokoll dazu aus. TIPP: Aufgrund des Handlings sollten die Versuche einmal vorgemacht (bzw. gleichzeitig durchgeführt) werden.	GA	Eingefärbter Eiswürfel, Becherglas, Wasser, AB 6, AB 7, Farblösung in Becherglas, Becherglas mit Wasser, Pipette, Kerze und Stövchen
5 min	Sicherung	Gemeinsame Besprechung der Beobachtungen aus den beiden Versuchen.	Plenum	Lösungsfolie
5 min	Erarbeitung	Schüler*innen bearbeiten das Arbeitsblatt zur Konvektion.	EA	Rückseite AB 6 & 7

3 min	Sicherung	Besprechung des Arbeitsblattes.	Plenum	Lösungs- folie
3 min	Abschluss	Die „Stundenagenda“ wird gemeinsam ausgefüllt.	Plenum	Folie: Stun- denagenda

3. Doppelstunde: Kühlung und Hinführung zur Konstruktion

Anstelle der Folien können Sie auch die Powerpoint-Präsentationen in unserem Downloadbereich nutzen.

Zeit	Phase	Verlauf	Sozialform	Materialien
5 min	Einstieg	Schüler*innen interviewen sich zur Wiederholung der vorangegangenen Stundeninhalte gegenseitig mit einem Laufzettel.	PA	AB 8: Finde jemanden, der...
5 min	Sicherung	Die Interviews werden gemeinsam besprochen. Danach legt die L. eine Folie auf, bei der die 3 Formen der Wärmeausbreitung von den Schüler*innen zugeordnet werden sollen.	Plenum	Folie 6: Formen der Wärmeausbreitung
L.: „Erinnert ihr euch an das Problem von Tina. Was wollt sie nochmal?“ (L. zeigt den Film evtl. erneut.)				
5 min	Hinführung zur Problemstellung	L. klärt nochmals die Problemstellung „Problem für Erfinder“. Hierzu legt sie die Strukturierungsfolie auf und bespricht die ersten beiden Aufgaben darauf mit den Schüler*innen. L.: „Was müsste eine solche Erfindung können? Welche Anforderungen müsste sie erfüllen? Ihr dürft 3 Min überlegen. Ab jetzt!“	Plenum	Strukturierungsfolie 7 plus AB 9: Wir planen eine Kalthaltelösung
5 min		Die Schüler*innen erhalten 5 min Zeit sich Gedanken zu machen.	EA/ PA	
5 min		Die Lösungen der Schüler*innen werden gemeinsam besprochen. Eine Checkliste entsteht. L.: „Unser Wissen um Termiten und Wärmeausbreitungsformen kann uns evtl. helfen die Kalthaltemöglichkeit zu bauen. Schaut in eurem Heft nach um die Fragen zu beantworten. Ihr habt 5 min Zeit.“	Plenum	
5 min		Die Schüler*innen bearbeiten die Aufgaben der Folie und recherchieren in ihrem Heft.	Plenum	
5 min	Sicherung	Die Lösungen werden gemeinsam besprochen und auf der Lösungsfolie eingetragen. (Die Lösungsfolie wird in den Konstruktionsphasen immer wieder aufgedeckt.)	Plenum	Strukturierungsfolie 7
L.: „In den nächsten Unterrichtsstunden werdet ihr eine Kalthaltelösung konstruieren. Ihr müsst also eure gesammelten Materialien mitbringen. Außerdem haben wir hier in der Erfinderbox Materialien, die ihr auch noch nutzen könnt.“				
10 min	Weiterführung	Die L. stellt den Schüler*innen die Kiste vor. Dabei werden alle Materialien, die bei der Konstruktion helfen sollen, gezeigt.	Plenum	Erfinderbox
5 min	Organisatorische Vorentlastung der nächsten Stunde	Die Gruppen für die Konstruktion finden sich zusammen (1-4 Schüler*innen). L. legt die Strukturierungsfolie im Hintergrund auf. Umsetzungsidee mit Checkliste abgleichen	EA/ PA/ GA	Strukturierungsfolie 7

Die Schüler*innen packen ihr Baumaterial aus und legen das, was sie nicht selbst brauchen, auf das Materialbuffet.				
30 min	Material- erkundung und Konst- ruktion	Aufbau des Materialbuffets. Umsetzung der ersten Konstruktionsideen, Materialerprobung, Lösungssuche	EA/ PA	Erfinderkiste, mitgebrachtes Material der Kinder
5 min	Vorstellung der Zwischenergebnisse	Einige Schüler*innen stellen ihre Zwischenergebnisse kurz vor und vergleichen ihre Ergebnisse mit der Checkliste.	Plenum	„Kalthaltelösungen“
5 min	Aufräumen	Aufräumen der Materialien an einen dafür vorgesehenen Platz.		

4. Doppelstunde: Konstruktion

Anstelle der Folien können Sie auch die Powerpoint-Präsentationen in unserem Downloadbereich nutzen.

Zeit	Phase	Verlauf	Sozialform	Materialien
5 min	Einstieg	Lehrkraft legt im Hintergrund die Strukturierungsfolie auf. Die Checkliste wird nochmals besprochen. Danach erfolgt der Aufbau des Materialbuffets.	Plenum	AB 10: Test Erfinderkiste & mitgebrachte Materialien
45 min	Konstruktionsphase	Die Schüler*innen arbeiten weiter an ihren Konstruktionen. Schüler*innen, die schneller fertig sind, vergleichen ihre Konstruktion mit der Checkliste. Je nach Ergebnis verbessern sie ihre Kalthaltelösung noch mit dem Material aus der Erfinderkiste oder helfen anderen Gruppen bei der Fertigung ihrer Konstruktionen.	EA/ GA/ PA	AB 10: Test, Erfinderkiste & mitgebrachte Materialien
20 min	Zwischentestung 1	Die Schüler*innen erhalten Eiswürfel, die in eine Salbendose gegeben werden und legen diese in ihre Box. Die Lehrperson stellt einen Referenzeiswürfel in einer Salbendose auf das Lehrerpult. Nach 15 min wird das Schmelzwasser der Eiswürfel gemessen. In der Zwischenzeit zeichnen die Schüler*innen ihre Kalthaltelösung auf das Arbeitsblatt ein. Die Schüler*innen messen ihr Schmelzwasser und tragen dies in ihr Arbeitsblatt ein.	Plenum	AB 10: Test, Erfinderkiste, mitgebrachtes Material, Eiswürfel, Salbendöschen, Messröhrchen
10 min	Besprechung	Die Schüler*innen mit dem geringsten und größten Wasserverlust erklären die Bauweise ihrer Boxen. Die Klasse überlegt, was für den Unterschied verantwortlich sein könnte und wie man die Boxen optimieren könnte. Lehrkraft kündigt an, dass die Boxen in der folgenden Stunde abschließend 45 Minuten getestet werden. Dann dürfen die Boxen zum Benutzen und ggf. weiteren Optimieren mit nach Hause genommen werden.	Plenum	AB 10: Test, Erfinderkiste, mitgebrachtes Material der Kinder
10 min	Aufräumen	Schüler*innen räumen ihre Arbeitsplätze auf und bringen die angefangen Boxen an einen definierten Platz, die Erfinderkiste wird wieder eingeräumt.		

5. Doppelstunde: Testung und Reflexion

Anstelle der Folien können Sie auch die Powerpoint-Präsentationen in unserem Downloadbereich nutzen.

Zeit	Phase	Verlauf	Sozialform	Materialien
5 min	Einstieg	L.: „Heute ist es so weit, wir werden schauen, was unsere Kalthaltelösungen so können. Hierzu werden wir einen etwas längeren Test mit Eiswürfeln durchführen.“	Plenum	AB 10: Test, Fertige Boxen, Eiswürfel
5 min	Test	Die Schüler*innen holen ihre Konstruktionen. Die Lehrkraft füllt die Salbendöschen mit je einem Eiswürfel. Die Schüler*innen nehmen ihr Arbeitsblatt zum Test der Konstruktionen heraus. Jede Konstruktionsgruppe erhält einen Eiswürfel in der Salbendose und gibt diesen in ihre Konstruktionsbox.	Plenum	Fertige Konstruktionen, Eiswürfel, Salbendosen, AB 10: Test
L.: „In der Zwischenzeit schauen wir uns einmal an, wie man einen warmen Gegenstand wieder kühlen kann. Hierzu werden wir einen Versuch durchführen.“				
15 min	Bearbeitung	Schüler*innen führen die Versuche zur aktiven Kühlung durch. Die Versuche werden gemeinsam mit der Lehrkraft protokolliert.	GA	AB 11: Versuchsprotokoll, Thermometer, Becherglas mit Wasser (Raumtemperatur), Zellstofftücher
5 min	Ergänzung	Die Lehrkraft führt denselben Versuch mit Ethanol durch. Dabei erklärt die Lehrkraft, dass Ethanol viel schneller verdunstet als Wasser. Die Ergebnisse der Kühlung werden verglichen.	Demonstrationsversuch	Thermometer, Becherglas mit Spiritus/Ethanol (Raumtemperatur), Zellstofftücher
L.: „Wir haben den Effekt des Kühlens sehen können und Schlussfolgerungen gezogen. Auf der Rückseite erfahrt ihr, wie das Kühlen funktioniert.“				
10 min	Bearbeitung 2	Die Schüler*innen bearbeiten die Rückseite des Arbeitsblattes in Einzelarbeit.	EA	Rückseite AB 11
5 min	Sicherung	Gemeinsames Besprechen der Rückseite des Arbeitsblattes.	Plenum	AB 11, Lösungsfolie 11
5 min	Auswertung	Die Kalthaltemöglichkeiten werden wieder geöffnet und das Schmelzwasser wird gemessen und verglichen. Die Ergebnisse werden gemeinsam protokolliert.	Plenum	AB Test, Messröhrchen

15 min	Sicherung	Die Schüler*innen, welche die meiste und die geringste Schmelzwassermenge haben, stellen ihre Konstruktionen der Klasse vor. Die Konstruktionen werden mit der Checkliste (Strukturierungsfolie) abgeglichen. Danach werden die eigenen Konstruktionen mit der Folie abgeglichen und alle Materialien aufgeräumt.	Plenum	Strukturierungsfolie
10 min	Antwort-schreiben	Ein Antwortschreiben an Tina wird verfasst, in dem erklärt wird, wie man eine transportable Kalthaltemöglichkeit bauen kann.	EA	Heft
5 min	Sicherung	Einige Schüler*innen lesen Ihre Lösung für Tina vor.	Plenum	Heft
10 min	Abschluss-evaluation	Die Schülerinnen können sich Gedanken machen, was sie am Projekt mochten und was nicht und äußern dies in einem Spotlight.	Plenum	

VIII Versuchsbeschreibungen

Nachfolgend finden Sie die detaillierten Beschreibungen der sechs Versuche.

Übersicht:

Versuch Nr.	geplant in Doppelstunde	Thema	benötigte Materialien pro Versuchsgruppe	nötige Vorbereitungen
1	1	Die Wirkung von Isolierungen	- 2 Salbendosen - 2 Eiswürfel - 2 Messröhrchen - 1 Petrischale - 2 Gummiringe - Dämmmaterialien (Fließ, Baumwolle, Auluminium, etc.)	Eiswürfel einfrieren
2	2	Wärmeleitung	- Thermoskanne - heißes Wasser - 2 Becher mit thermochromen Farbstreifen (je 1x Metall und 1x Plastik)	Wasser erhitzen
3	2	Demonstrationsversuch zur Wärmestrahlung	- Holzständer - 3 Farbkarten mit thermochromem Farbpunkt (schwarz, weiß, spiegelnd) - Infrarotlampe	---
4	2	Kältekonvektion	- Farbiger Eiswürfel - Becherglas	Eiswürfel mit Farblösung anfertigen
5	2	Wärmekonvektion	- 1 großes Becherglas - 1 kleines Becherglas - Lebensmittelfarbe-Zucker-Gemisch - Pipette - Kerze - Stövchen - Feuerzeug	Lebensmittelfarbe-Zucker-Gemisch anrühren
6	5	Aktive Kühlung	- Thermometer - Becherglas mit Wasser	---

Tab. 3: Detaillierte Beschreibung der Versuche

Versuch Nr. 1: Die Wirkung von Isolierungen



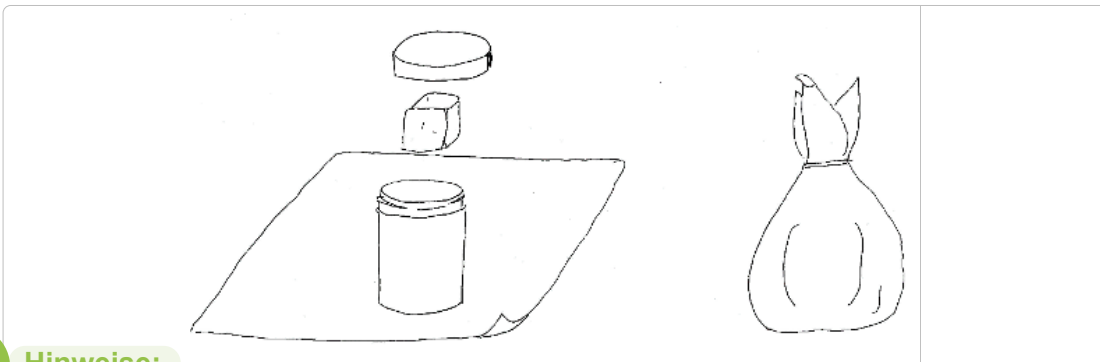
Material:

2 Salbendosen, **2 Eiswürfel**, 2 Messröhrchen, unterschiedliche Dämmmaterialien zum Umwickeln der Salbendosen (Fließ, Baumwolle, Aluminium etc.), Petrischale, Gummiringe



Durchführung:

Die beiden Salbendöschen werden mit einem Isolationsmaterial umwickelt und mit je einem Eiswürfel befüllt. Eine Dose wird dabei mit einer Schicht des Materials umwickelt, die andere Dose mit zwei Schichten des gleichen Materials. Es ist darauf zu achten, dass der Deckel der Dosen zugänglich bleibt und erst nach dem Befüllen mit dem Eiswürfel ebenfalls mit dem Isolationsmaterial ummantelt wird! Als Vergleichsgruppe dienen ein Eiswürfel, der auf dem Lehrerpult nur in eine Salbendose gefüllt wird und ein Eiswürfel, der in eine Petrischale gelegt wird. Ist der Eiswürfel in der Dose, wird diese umgehend verschlossen, fertig ummantelt und auf dem Tisch stehen gelassen. Nach einer Wartezeit von 15 Min. werden die Dosen wieder entwickelt, geöffnet und die Menge des Schmelzwassers wird verglichen. Hierzu gibt man die Menge des Schmelzwassers aus den beiden Dosen in jeweils unterschiedliche Messröhrchen. Der Versuch soll zeigen, dass die Art des Isolationsmaterials und die Isolationsdicke die isolierende Wirkung in der Regel beeinflussen.



Hinweise:

- Geben Sie zuerst die Anweisungen für den Versuch bekannt. Geben Sie die Eiswürfel erst danach aus.
- Weisen Sie die Schüler*innen unbedingt darauf hin, dass die Dosen nicht mehr angefasst werden sollen, wenn die Eiswürfel in der Dose sind !



Anweisung an Schüler*innen:

- Ihr erhaltet gleich zwei kleine Dosen, in die wir nachher je einen Eiswürfel geben werden.
- Die Dosen müssen mit dem Isolationsmaterial umwickelt werden.
- Die erste Dose wird einfach umwickelt, die zweite Dose wird doppelt umwickelt.
- Die Umwicklung sollte die komplette Dose umschließen. ABER der Deckel muss erreichbar bleiben.
- Wenn ihr die Eiswürfel erhaltet, gebt sie schnell in eure Dose und macht die Ummantelung fertig.
- Lasst die Dosen mit den Eiswürfeln auf dem Tisch stehen!

Versuch Nr.2 zur Wärmeleitung



Material:

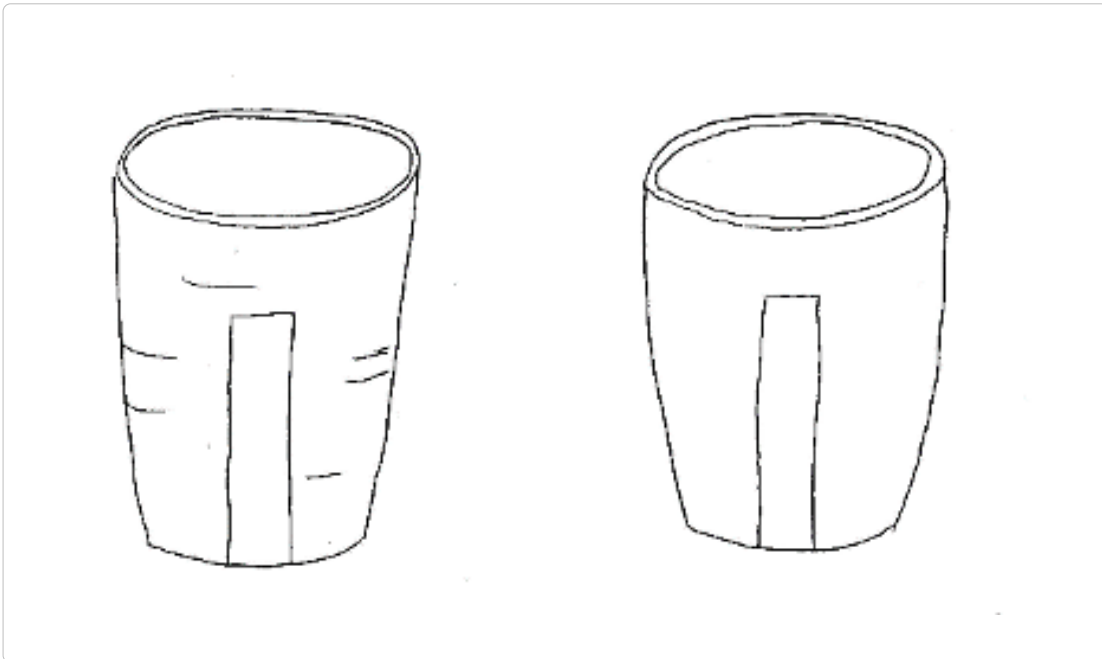
Thermoskanne, **heißes Wasser**, Becher mit thermochromen Farbstreifen (Metall und Plastik)



Durchführung:

Die Becher werden möglichst schnell bis zur Markierung aufgefüllt. Eine Veränderung des Farbstreifens wird im Protokollblatt festgehalten. Dabei kann festgestellt werden, dass der Farbstreifen beim Metallbecher schneller die Farbe verändert als der beim Plastikbecher und die Veränderung auch weiter nach oben verläuft.

Grund hierfür ist der Ordnungsgrad der Teilchen, der bei Metallen höher ist und zu einer besseren Wärmeleitfähigkeit führt.



Anweisung an Schüler*innen:

- Fülle die Becher bis zur Markierung mit dem heißen Wasser.
- Beobachte den Farbstreifen an der Seite genau. Welcher Farbstreifen wandert am weitesten und schnellsten?
- Trage deine Beobachtung in die Tabelle ein.

Versuch Nr. 3 zur Wärmestrahlung



Material:

Holzständer, Farbkarten mit thermochromem Farbpunkt (schwarz, weiß, spiegelnd), Infrarotlampe



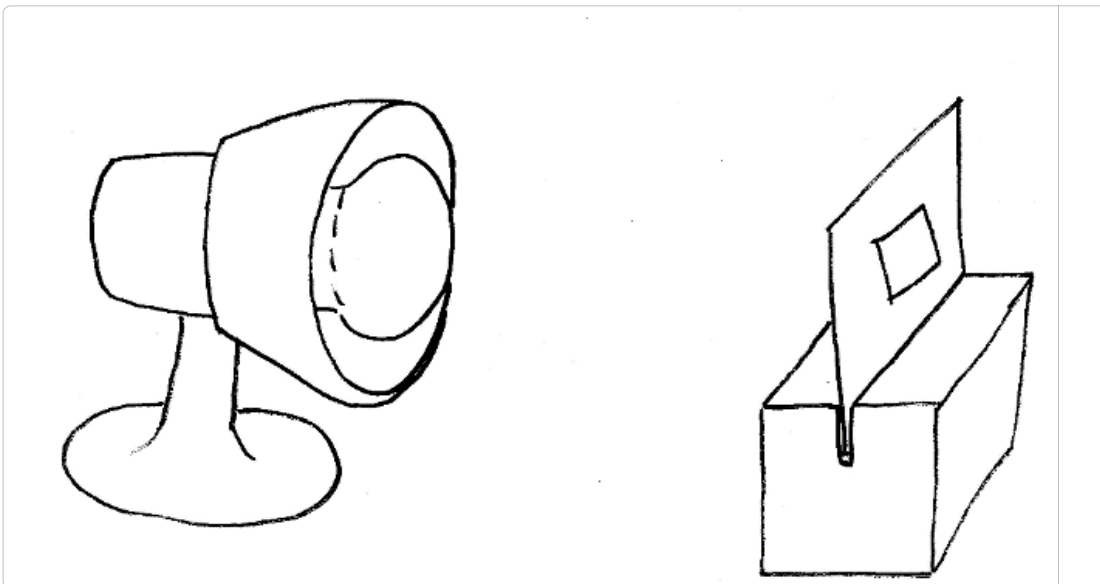
Durchführung:

Bei diesem Demonstrationsversuch werden die unterschiedlichen Farbkarten in eine Holzhalterung gesteckt, sodass sich der Farbpunkt auf der Rückseite befindet. Die Karten werden nacheinander von einer Infrarotlampe (in etwa 20 cm Abstand) bestrahlt und die Zeit bis zu einer Farbänderung wird gemessen.

(Zählen ist schon aussagekräftig)

Die Farbpunkte zeigen mit dem Farbumschlag eine Erwärmung an. Somit kann beobachtet werden, welche Karten sich schneller als die anderen erwärmen. Die schwarze Karte zeigt den Farbumschlag am schnellsten. Danach folgt die weiße Karte. Die spiegelnde Karte braucht am längsten.

Grund hierfür ist die Tatsache, dass Wärmestrahlung von hellen und spiegelnden Oberflächen besonders stark zurückgeworfen (dispensiert bzw. reflektiert) wird, wohingegen sie von dunklen Oberflächen stark absorbiert (aufgenommen) wird.



Arbeitsauftrag an die Schüler*innen:

1. Spanne die Streifen vor der Infrarotlampe ein, sodass der Farbpunkt auf der Rückseite ist.
2. Bestrahle die Streifen nacheinander mit der Infrarotlampe (etwa 30 Sek.).
3. Welcher Farbpunkt wechselt als erster seine Farbe? Trage die Reihenfolge in die Tabelle ein.

Versuch Nr. 4: Kältekonvektion



Material:

Farbiger Eiswürfel, Becherglas

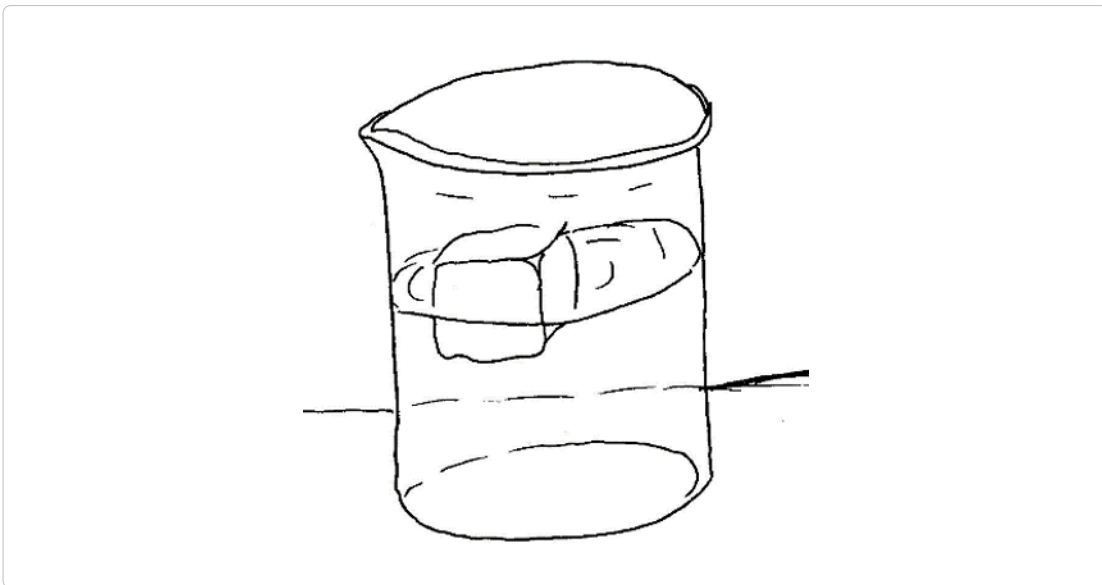


Durchführung:

Fertigen Sie eine Farblösung mit Lebensmittelfarbe an und frieren Sie diese **mindesten einen Tag vor der Stunde** als Eiswürfel ein.

Die Schüler*innen erhalten ein großes Becherglas (500ml) und füllen dieses mit (200ml) Wasser. Sie erhalten die farbigen Eiswürfel und lassen diese im Wasser schmelzen. Dabei beobachten die Schüler*innen, was mit der Farblösung passiert.

Das farbige Schmelzwasser der Eiswürfel sinkt nach unten. Die Temperatur des Schmelzwassers ist geringer als das umgebende Wasser. Folglich sind die Teilchen der Farblösung enger beieinander, was eine höhere Dichte des Schmelzwassers bewirkt. Aufgrund der höheren Dichte sinkt das kalte Schmelzwasser nach unten.



Arbeitsauftrag an die Schüler*innen:

1. Fülle das Becherglas zu etwa 200ml mit Wasser.
2. Gib den farbigen Eiswürfel hinzu.
3. Beobachte, was mit dem Schmelzwasser passiert.

Versuch Nr. 5: Wärmekonvektion



Material:

Bechergläser (groß und klein), Stövchen, Lebensmittelfarbe- Zucker- Gemisch, Pipette, Kerze und Feuerzeug



Durchführung:

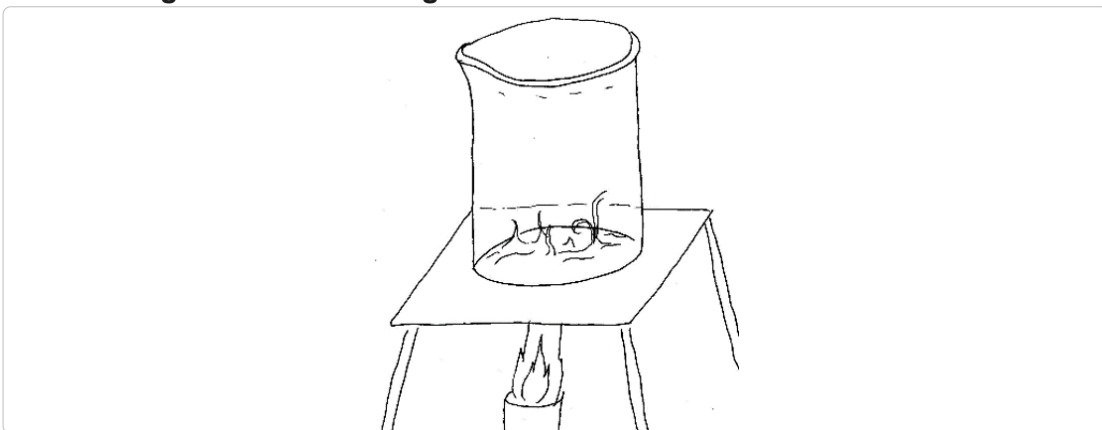
Bei diesem Schülerversuch wird zunächst eine wässrige Farblösung aus dem Lebensmittelfarbe-Zucker-Gemisch hergestellt. Die Farbe sollte dabei möglichst intensiv sein. Etwa ein Esslöffel auf 75ml Wasser. Diese Lösung wird in die kleinen Bechergläser gefüllt und an die Schüler*innen, die den Versuch B durchführen, ausgegeben.

Die Schüler*innen sollen ein großes Becherglas mit Wasser füllen und auf das Stövchen stellen. Anschließend soll die Farblösung aus dem kleinen Becherglas vorsichtig mit der Pipette auf den Boden des großen Becherglases gegeben werden. Eine Schichtung entsteht.

Anschließend soll die Kerze im Stövchen angezündet werden. Die Schüler*innen sollen nun die Trennschicht zwischen dem Wasser und der Farblösung beobachten.

Die Wärmequelle (= Kerze) wirkt nun auf die untenliegende Farbmischung. Durch die zugeführte Wärme verringert sich die Dichte der Farbmischung und sie steigt in Schlieren nach oben. Diese Beobachtung soll festgehalten werden.

TIPP: Bauen Sie den Versuch einmal vor der Klasse auf und machen Sie die Schichtung der Wasserlösung einmal vor.



Arbeitsauftrag an die Schüler*innen:

1. Stelle das Becherglas auf das Stövchen.
2. Fülle das Becherglas zu etwa 200ml mit Wasser.
3. Ziehe die Pipette mit der Farblösung auf.
4. Tauche die Pipette in das Wasser bis auf den Boden und gib die Farblösung vorsichtig hinein. Du erhältst so zwei Farbschichten.
5. Erwärme die Farbmischung und beobachte, was passiert.

Versuch Nr. 6: Aktive Kühlung



Material:

Thermometer, Becherglas mit Wasser (Raumtemperatur)



Durchführung:

Bei diesem Schülerversuch wird ein Thermometer befeuchtet. Das Thermometer wird auf eine Temperaturveränderung überprüft. Hierbei kann eine Abkühlung der Temperatur beobachtet werden. Der Effekt kann durch ein Schütteln des Thermometers noch verstärkt werden.

Grund hierfür ist die Verdunstungskühlung. Das Wasser nimmt die Wärme aus der Umgebung auf und verdunstet. Die Umgebung kühlt also ab.



Arbeitsauftrag an die Schüler*innen:

1. Miss die Raumtemperatur mit dem Thermometer : _____ °C
2. Miss die Wassertemperatur mit dem Thermometer : _____ °C
3. Befeuchte die Spitze des Thermometers. Halte das Thermometer anschließend so, dass Du die Spitze nicht berührst.
4. Lies die Temperatur nach den unten aufgelisteten Zeitpunkten ab und trage sie in die Tabelle ein.

Zeit	Beginn	10 s	30 s	50 s	80 s
Temperatur					

5. Befeuchte das Thermometer wie zuvor. Schüttele das Thermometer.
6. Lies die Temperatur nach den untenstehenden Zeitpunkten ab und trage sie in die Tabelle ein. Schüttele nach jedem Ablesen weiter.

Zeit	Beginn	10 s	30 s	50 s	80 s
Temperatur					

1. Einzel- oder Gruppenarbeit? Zur Frage der Lernorganisation

Gruppenarbeit ist für viele Kinder hilfreich, aber nicht für alle. Mancher Ingenieur bzw. manche Ingenieurin gibt an, als Kind nicht teamfähig gewesen zu sein, weil er seine bzw. ihre eigenen Ideen in der Gruppe nicht ausreichend erproben und durchführen konnte. Eine erzwungene Gruppenarbeit kann dann durchaus eine negative Erfahrung sein.

Primäres Ziel dieser Aufgabe ist nicht das Einüben von Teamarbeit, sondern das Finden und Erproben von kreativen technischen Lösungen.

Deswegen ist es bei dieser Unterrichtsform sinnvoll, die Schüler*innen selbst entscheiden zu lassen, ob sie allein oder im Team arbeiten wollen. Um trotzdem soziale Kompetenzen fördern zu können, sollen sie bei Schwierigkeiten nicht auf die Lehrkraft warten, sondern sich im Idealfall gegenseitig helfen bzw. ihre Lösungsansätze oder Detailprobleme miteinander diskutieren (vgl. Punkt 6 des startlearnING-Prinzips).

Das Herumlaufen im Klassenraum und die Formulierung sogenannter "W"-Fragen (Wie macht ihr das? Warum macht ihr das? ...) sind bis zu einer bestimmten Grenze erwünscht. Die Lehrkraft sollte lediglich Impulse setzen oder durch gezieltes Nachfragen die Kinder auf Ideen bringen. So lassen sich gewinnbringende Team-Diskussionen in Gang setzen, ohne dass sich alle Beteiligten auf einen Lösungsweg einigen müssen.

2. Transfer vom Experiment zur Konstruktion

Vor dem Bau der Kalthalteboxen stehen die Experimente. Am Ende jedes Experimentes kommt die Frage, was diese Erkenntnis für die Konstruktionsaufgabe bedeutet.

Selbst wenn Kinder diese Frage korrekt beantworten, bedeutet das noch lange nicht, dass sie diese Erkenntnis wirkungsvoll umsetzen können.

Teilweise stehen Alltagseindrücke im Gegensatz zu dieser Erkenntnis und ein Gefühl für Größenordnungen fehlt mangels Erfahrung.

3. Umgang mit typischen Fehlern

Spiegelfolie in der Box statt an den Außenseiten

Hier zeigt sich deutlich, wie schwer es ist, mit einem Experiment gegen Alltagseindrücke anzukommen. Die Kinder kennen Kühltaschen, die innen weiß oder spiegelnd und außen bedruckt sind und viele Menschen glauben, dass es dafür physikalische Gründe gibt.

Der Grund ist aber viel profaner. Die verwendeten Isolierfolien sind eigentlich beidseitig verspiegelt (vielfältiger einsetzbar und billiger), aber wenn man Taschen bedruckt, tut man das natürlich auf der Außenseite. Die Spiegelfolie innen hat keinerlei Nutzen beim Transport von kalten Dingen, schadet ihnen aber auch nicht. Dafür könnte man diese Taschen auch sehr gut zum Warmhalten benutzen.



Abb. 10: Kalthaltebox mit innenliegender Spiegelfolie

Bei den meisten Kindern hilft die Frage, von wo die Wärmestrahlung kommt, die nicht zur Flasche gelangen soll. Einige insistieren jedoch auf die „Profi-Taschen“ aus dem Supermarkt, da ist dann der Hinweis angebracht, dass diese nur innen verspiegelt sind, weil das billiger ist.

Keine Wärmeisolierung am Boden der Box

Im Unterricht und in unseren Experimente lernen die Kinder, dass warme Luft nach oben steigt. Bei einigen entsteht der Eindruck, dass ihre Box nur nach oben vor Wärmestrahlen und Wärmeleitung schützen müssen.

Durch die Frage, wie warm der Asphalt, über den das Fahrrad fährt, im Sommer sein könnte, stellt sich meistens die Einsicht ein, dass Wärme (anders als beim Termitenbau) auch von unten kommen kann.

Undichte Box

Manchmal übersehen Kinder Löcher oder glauben, dass oben die Warme Luft aus der Box austritt. Dass von draußen aber nur warme Luft in die Box kommen kann, ist recht offensichtlich, wenn man nachfragt.



Abb. 11: Wärmeströmung

Konvektion wird nicht verhindert

Dass die Menge der frei beweglichen Luft um die Flasche herum einen erheblichen Einfluß auf die Erwärmung von Getränk bzw. Eiswürfel hat, ist vielen Kindern (und Erwachsenen) am Anfang nicht bewußt.

Spätestens beim Testen fällt jedoch schnell auf, dass der Eiswürfel in Boxen, bei dem die Flasche noch mal extra eingepackt ist, (oder so eng, dass wenig Luft in der Box ist) langsamer Schmelzen, als in Boxen mit viel Luft, die sich um den Eiswürfel herum bewegen kann.

Falls es den Kinder nicht in der Diskussion selber auffällt (was meistens passiert), ist hier ein Hinweis sinnvoll, dass mehr warme Luft innerhalb der Box auch mehr Wärmeenergie an das Getränk abgeben kann.

X Beurteilung der Schüler*innenleistungen

Eine Konstruktionsaufgabe ist ein genauso schwieriges wie spannendes Lehr- und Lernprojekt. Das Ziel ist erreicht, wenn

- die Schülerinnen und Schüler offen und doch zielgerichtet Lösungen entwickeln,
- die Lösungen wohlwollend, aber dennoch kritisch bewertet werden,
- der Nutzen der Vergleichsmöglichkeit mit anderen Lösungen erkannt wird und
- einmal gefundene Lösungen immer wieder auf die Zielsetzungen hin überarbeitet werden.

Wenn das im Unterricht beobachtet werden kann, wurde tolle Arbeit geleistet!

Die Gefahren liegen im Spannungsfeld zwischen zu großer Offenheit und zu strikter Geschlossenheit. Es darf weder beliebig gebastelt werden, ohne die Anforderungen und Umgebungsbedingungen zu beachten, noch dürfen nach Anleitung Lösungen Anderer nachgebaut werden. In beiden Fällen kämen die Schülerinnen und Schüler zu materiellen, vorzeigbaren Ergebnissen, würden aber die angestrebten Kompetenzen nicht erreichen. Alles, was funktioniert, ist richtig. Ob die Lösung gut oder schlecht funktioniert, hängt von den gesetzten Zielen ab. Lange Haltbarkeit wird nicht gefordert, Wartungsfreundlichkeit und Eignung für die Massenfertigung auch nicht. Daher ist die ganze Spannbreite von „schnell und einfach“ bis „komplex und raffiniert“ erst mal gleichwertig. Der Weg zum Ziel ist ein wichtiger Teil des Lernprozesses.

Wichtige Kompetenzen beim Konstruieren

Das Vorgehen von Kindern beim Konstruieren ist sehr unterschiedlich und abhängig von Erfahrungen, handwerklichem Geschick und der Persönlichkeit. Es gibt nicht die eine richtige Arbeitsweise, so wie es auch nicht die eine richtige Lösung für eine Konstruktionsaufgabe gibt. Dennoch gibt es Kriterien, die für das Konstruieren wichtig sind und eine Bewertung ermöglichen. Die vorgeschlagenen Bewertungsfelder unterteilen sich in die Bereiche des Konstruktionsprozesses und der entstandenen Konstruktion (= Produkt), für die es jeweils eine Note gibt.

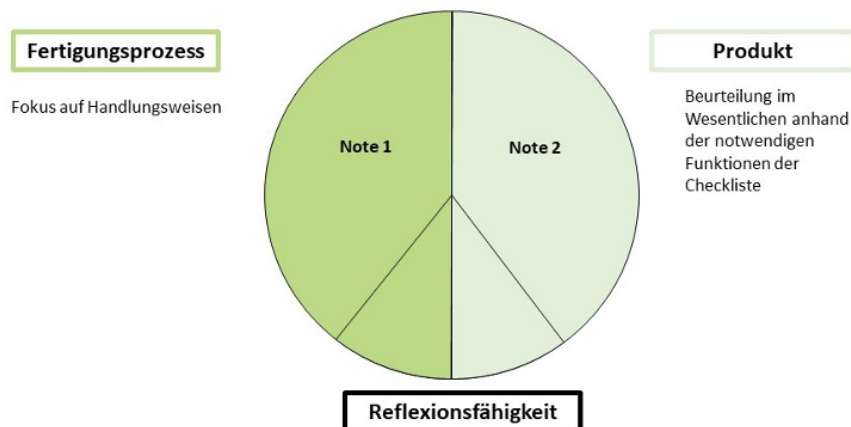


Abb. 12: Zusammensetzung der Note

Der Konstruktionsprozess - Bewertung auf 3 Ebenen:

Um den Konstruktionsprozess bewerten zu können, wird das Augenmerk auf den Fertigungsprozess sowie die Reflexion des Konstruktionsablaufs gelegt.

Kategorien	Punkte				
	1	2	3	4	5
Der Fertigungsprozess (Fokus auf Handlungsweisen)					
Der Schüler/ Die Schülerin arbeitet konzentriert an seiner/ ihrer Konstruktion.					
Der Schüler/ Die Schülerin nennt durchdachte Ideen zum aktuellen Vorgehen.					
Der Schüler/ Die Schülerin nennt Alternativen zum eigenen Vorgehen.					
Der Schüler/ Die Schülerin begründet seine/ihre Entscheidung für die gewählte Umsetzung.					
Der Schüler/ Die Schülerin erklärt Funktionsweisen der eigenen Konstruktion.					
Der Schüler/ Die Schülerin unterscheidet wichtige und unwichtige Funktionen.					
Der Schüler/ Die Schülerin erkennt eigene Fehler.					
Der Schüler/ Die Schülerin löst Probleme selbständig.					
Der Schüler/ Die Schülerin setzt Lösungsvorschläge um.					
Reflexionsfähigkeit (Fokus auf die Metaebene des gesamten Konstruktionsablaufs)	1	2	3	4	5
Der Schüler/ Die Schülerin ...					
... kann seinen/ihren Konstruktionsablauf wiedergeben.					
... kann das Vorgehen seines/ihrer Konstruktionsablaufs begründen.					
... kann Alternativen zum eigenen Konstruktionsablauf benennen.					

Tab. 4: Benotungsraster Fertigungsprozess

Für Punkteverteilung schlagen wir diese Notenskala vor:

Punkte	Note	Punkte	Note
60	1	30	3-4
59		29	
58		28	
57	1-	27	4+
56		26	
55		25	
54	1-2	24	4
53		23	
52		22	
51	2+	21	4-
50		20	
49		19	
48	2	18	4-5
47		17	
46		16	
45	2-	15	5+
44		14	
43		13	
42	2-3	12	5
41		11	
40		10	
39	3+	9	5-
38		8	
37		7	
36	3	6	5-6
35		5	
34		4	
33	3-	3	6+
32		2	
31		1	
		0	6

Tab. 5: Notenskala Fertigungsprozess

Bewertung des Produkts:

Sofern es mitbewertet werden soll, wird das Produkt anhand der Kriterien aus der Checkliste sowie der Reflexionsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler zum Produkt bewertet. Ästhetische Aspekte werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt, da der Fokus beim Konstruieren auf der Funktionalität des Produktes liegt. Hier macht es keinen Sinn, zwischen 1 und 5 zu differenzieren, die Beurteilungsspanne ist deutlich enger. Die unteren beiden Punkte befassen sich wieder mit der Reflexionsfähigkeit, die wieder eine Bewertungsspanne von 1-5 hat. Insgesamt können maximal 22 Punkte erreicht werden.

Bewertung der entstandenen Konstruktion:

Kriterien	Punkte				
Das Produkt ...					
... wurde fertiggestellt	1	2	3		
... hält die Flasche kühl	1	2	3		
... verfügt über Strukturen, die die Wärmeleitung unterbinden	1	2	3		
... verfügt über Strukturen, die die Wärmestrahlung unterbinden	1	2	3		
... verfügt über Strukturen, die die Konvektion reduzieren	1	2	3		
... ist transportabel	1	2	3		
... enthält eine Vorrichtung, mit der die Flasche fixiert werden kann	1	2	3		
Reflexion					
Der/Die Schüler*in kann seine/ ihre Konstruktion anhand der gestellten Kriterien (Checkliste) beurteilen	1	2	3	4	5
Der/ Die Schüler*in kann Verbesserungsmöglichkeiten für die eigene Konstruktion benennen	1	2	3	4	5
Der/ die Schüler*in kann Schwachpunkte (= Wärmebrücken) an der eigenen Konstruktion benennen	1	2	3	4	5

Tab. 6: Bewertungsraster Konstruktion

Unser Vorschlag für die Noten aus der Punkteverteilung:

Punkte	Note	Punkte	Note
36	1	18	3-4
35		17	
34	1-	16	4+
33		15	
32	1-2	14	4
31		13	
30	2+	12	4-
29		11	
28	2	10	4-5
27		9	
26	2-	8	5+
25		7	
24	2-3	6	5
23		5	
22	3+	4	5-
21		3	
20	3	2	5-6
19	3-	1	6+
		0	6

Tab. 7: Notenskala Konstruktion

Literatur

Angermann, R. (2004). *Spezielle Zoologie* (1. Aufl.). Heidelberg, Berlin: Spektrum, Akad. Verl.

Bauer, T., & Dettner, K. (1999). *Lehrbuch der Entomologie* (1. Aufl.). Stuttgart: Fischer.

Campbell, N. A., Reece, J. B., Held, A., & Markl, J. (2003). **Biologie** (6. Aufl.). *Spektrum Lehrbuch*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verl.

Kier, W. M., & Smith, K. K. (1985). *Tongues, tentacles and trunks: the biomechanics of movements in muscular hydrostats*. *Zoological Journal of the Linnean Society*. (83), 307–324.

Kier, W. M., & Smith, K. K. (1989). *Trunks, tongues, and Tentacles: Moving with Sceletons of Muscle*. *American Scientist*, pp. 28–35.

Kier, W. M., & Thompson, J. T. (2003). *Muscle arrangement, function and specialization in recent coleoids*. *Berliner Paläobiol. Abh.* 141–162. (3), 141–162.

Müller, W., & Frings, S. (2004). *Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung ; mit 14 Tabellen* (2., überarb. und erw. Aufl.). *Springer-Lehrbuch*. Berlin: Springer.

Sadava, D., Hillis D.M., Heller, H. C., & Berenbaum, M. R. (2011). *Biologie* (9. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Sakes, A., van der Wiel, M., Henselmans, P. W. J., van Leeuwen, J. L., Dodou, D., & Breedveld, P. (2016). *Shooting Mechanisms in Nature: A Systematic Review*. *PloS One*, 11(7), e0158277. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158277>

Storch, V. und Welsch, U. (2003). *Systematische Zoologie* (6th). *Spektrum Lehrbuch*. München: Spektrum Akademischer Verlag.

Weitzel, H. (2014). *Beweglich sein*. *Unterricht Biologie*.

1. Kopiervorlagen

Phasen für die Konstruktion einer Kalthaltemöglichkeit	1
Baumaterial für die Konstruktion einer Kalthaltemöglichkeit	2
Bewertungsraster	3

2. Folien

- Folie 1: Arbeitsauftrag für Ingenieur*innen
- Folie 2: Advance Organizer mit Sprechertext
- Folie 3: Arbeitsaufträge
- Folie 4: Stundenagenda
- Folie 5: Stummer Impuls zur Wärmestrahlung
- Folie 6: Wie verbreitet sich Wärme?
- Folie 7: Wir bauen eine Kalthaltelösung

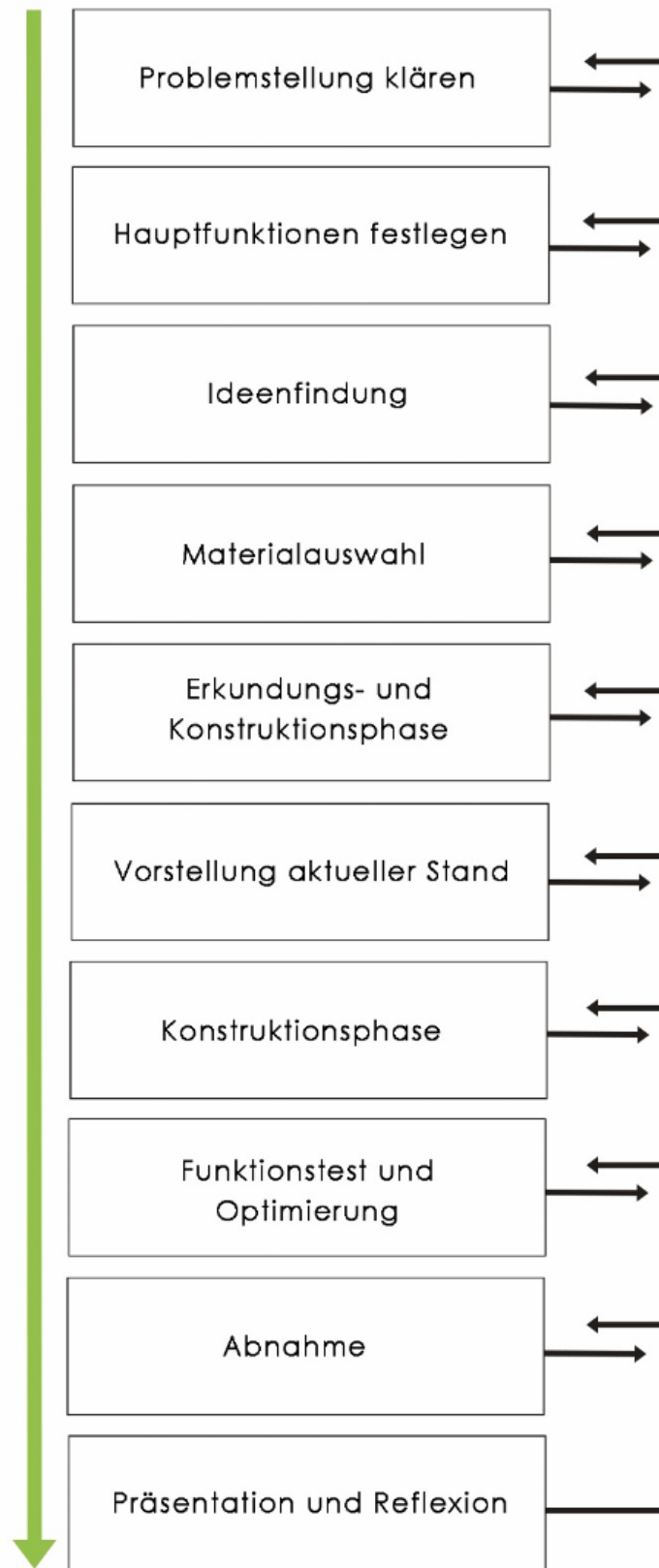
3. Arbeitsblätter

- Arbeitsblatt 1.1-1.4
- Arbeitsblatt 1.1-1.4 - **Lösung**
- Versuch Nr. 1: Wir halten einen Gegenstand kühl
- Partnerinterview
- Versuch Nr. 2 zur Wärmeleitfähigkeit
- Versuch Nr. 2 zur Wärmeleitfähigkeit - **Lösung**
- Versuch Nr. 3 zur Wärmestrahlung
- Versuch Nr. 3 zur Wärmestrahlung - **Lösung**
- Versuch Nr. 4: Kältekonvektion
- Versuch Nr. 4: Kältekonvektion - **Lösung**
- Versuch Nr. 5: Wärmekonvektion
- Versuch Nr. 5: Wärmekonvektion - **Lösung**
- Finde jemanden, der ...
- Finde jemanden, der ... - **Lösung**
- Wir bauen eine Kalthaltelösung
- Wir bauen eine Kalthaltelösung - **Lösung**
- Wie gut funktioniert deine Kalthaltelösung?
- Versuch Nr. 6: Verdunstungskühlung
- Versuch Nr. 6: Verdunstungskühlung - **Lösung**

Die Inhalte sowie niveaudifferenzierte Arbeitsblattversionen stehen im Mitgliederbereich zum Download zur Verfügung:

<https://www.startlearning.info/kopie-von-begleitmaterialien-kalthaltebox>

Phasen für die Konstruktion einer Kalthaltebox



Ihr benötigt einen Schuhkarton. Des Weiteren sollte Baumaterial mitgebracht werden.

Geeignetes Baumaterial:

- Spiegelfolie (leere, ausgespülte und innen spiegelnde Verpackungen von z. B. Chips, Erdnüssen und Schokoküssen)
- Altpapier
- Kartonage, am besten doppelt gewellt
- Pappe
- Stoffreste (oder altes T-Shirt, alte Wollmütze, alte Handschuhe, etc. ...)
- Filz- und Wollreste
- Schaumstoff
- Luftpolsterfolie
- Watte

Niemand muss alles dabei haben. Es wird ein Tisch mit allen Baumaterialien aufgebaut, an dem sich alle Schüler*innen bedienen dürfen.

Es darf auch gerne weiteres geeignetes Material mitgebracht werden, das ihr verbauen wollt, solange es nicht extra dafür gekauft wird.

Bewertungsraster

Name: _____

A) Fertigungsprozess

Kategorien	Punkte				
Der Fertigungsprozess (Fokus auf Handlungsweisen)	1	2	3	4	5
Der Schüler/ Die Schülerin arbeitet konzentriert an seiner/ ihrer Konstruktion.					
Der Schüler/ Die Schülerin nennt durchdachte Ideen zum aktuellen Vorgehen.					
Der Schüler/ Die Schülerin nennt Alternativen zum eigenen Vorgehen.					
Der Schüler/ Die Schülerin begründet seine/ihre Entscheidung für die gewählte Umsetzung.					
Der Schüler/ Die Schülerin erklärt Funktionsweisen der eigenen Konstruktion.					
Der Schüler/ Die Schülerin unterscheidet wichtige und unwichtige Funktionen.					
Der Schüler/ Die Schülerin erkennt eigene Fehler.					
Der Schüler/ Die Schülerin löst Probleme selbständig.					
Der Schüler/ Die Schülerin setzt Lösungsvorschläge um.					
Reflexionsfähigkeit (Fokus auf die Metaebene des gesamten Konstruktionsablaufs)	1	2	3	4	5
Der Schüler/ Die Schülerin ...					
... kann seinen/ihren Konstruktionsablauf wiedergeben.					
... kann das Vorgehen seines/ihrer Konstruktionsablaufs begründen.					
... kann Alternativen zum eigenen Konstruktionsablauf benennen.					

Gesamtpunktzahl: _____

Note für den Fertigungsprozess: _____

B) Produkt

Kriterien	Punkte				
Das Produkt ...					
... wurde fertiggestellt	1	2	3		
... hält die Flasche kühl	1	2	3		
... verfügt über Strukturen, die die Wärmeleitung unterbinden	1	2	3		
... verfügt über Strukturen, die die Wärmestrahlung unterbinden	1	2	3		
... verfügt über Strukturen, die die Konvektion reduzieren	1	2	3		
... ist transportabel	1	2	3		
... enthält eine Vorrichtung, mit der die Flasche fixiert werden kann	1	2	3		
Reflexion					
Der/Die Schüler*in kann seine/ ihre Konstruktion anhand der gestellten Kriterien (Checkliste) beurteilen	1	2	3	4	5
Der/ Die Schüler*in kann Verbesserungsmöglichkeiten für die eigene Konstruktion benennen	1	2	3	4	5
Der/ die Schüler*in kann Schwachpunkte (= Wärmebrücken) an der eigenen Konstruktion benennen	1	2	3	4	5

Gesamtpunktzahl: _____

Note für das Produkt: _____

Gesamtnote: _____



Video:

<https://drive.google.com/drive/folders/1bdYItiiKTE5rw1rFQsPJeXdbUEIZ6Chh>

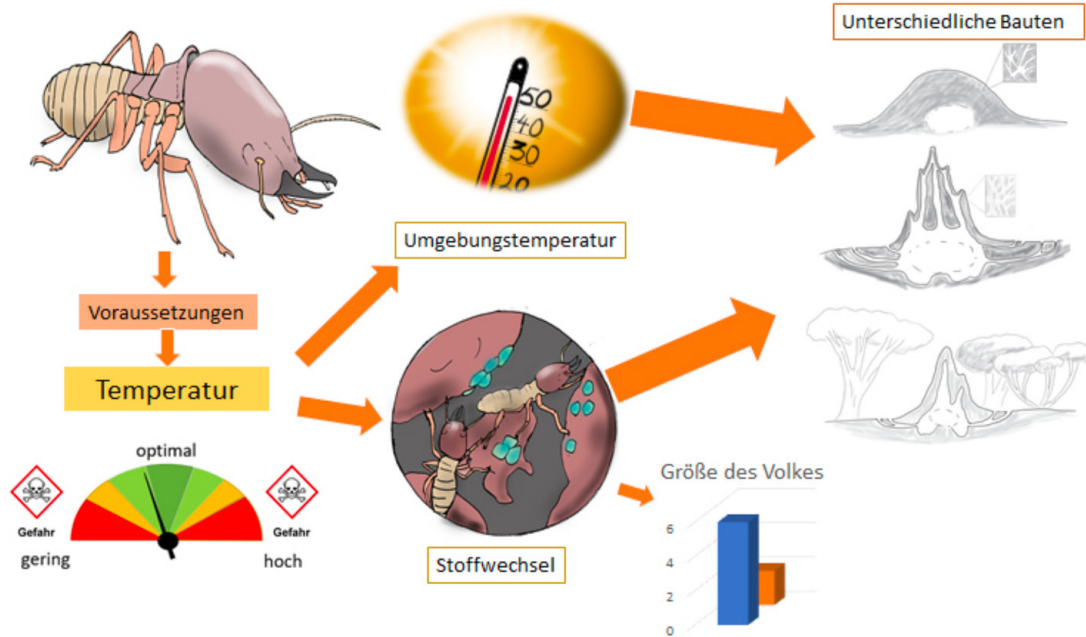


Es soll eine Vorrichtung gebaut werden, die eine Flasche (500ml) möglichst lange kalt halten kann. Die Vorrichtung soll mit dem Fahrrad transportiert werden können, mehrfach verwendbar sein und außerdem soll sie nicht teuer sein.



Video:

https://youtu.be/fSwHF2xNJ_M



Informationen zum Advance Organizer:

Termiten (*Macrotermes bellicosus*) leben gemeinsam mit Pilzen, die sie in ihren Bauten anbauen. Sowohl die Pilze, als auch die Termiten verfügen über einen Stoffwechsel. Sie nehmen Nährstoffe und Luft auf und setzen diese im Körper um. Dabei wird Wärme und auch CO₂ freigesetzt.

Um sowohl das Pilzwachstum, als auch ihr eigenes Wohlergehen nicht zu gefährden, sind Termiten darauf angewiesen, eine Frischluftzufuhr zu gewährleisten. Außerdem müssen große Temperaturschwankungen vermieden werden. Eine optimale Nesttemperatur sollte etwa 30°C betragen.

Hierbei spielen eine Vielzahl von Faktoren eine Rolle:

- Die Größe des Termitenstaates:
Termitenvölker können gigantische Ausmaße annehmen und von einigen hundert Individuen bis zu mehreren Millionen reichen. Je mehr Termiten in einem Bau leben, desto mehr Wärme wird von ihnen produziert. Außerdem steigt ihr Nahrungsbedürfnis sowie die Menge an angebauten Pilzen, was wiederum zu einer erhöhten Wärmeproduktion führt.
- Die Umgebung des Termitenbaus:
Termiten derselben Art können Bauten in der offenen Savanne oder in schattigen Weichholzlauen bewohnen. Hierbei stellen die Umgebungstemperaturen besondere Herausforderungen dar. Die Tagestemperaturen, besonders in der Savanne, können die optimale Nesttemperatur von 30°C leicht überschreiten.

Arbeitsaufträge



Aufgabe 1

Lies den vor dir liegenden Text aufmerksam durch und beantworte die zugehörigen Aufgaben (mit Bleistift). (10 min)

--- Signal ---



Aufgabe 2

Triff dich mit einem anderen Schüler, der denselben Text wie du gelesen hat und besprich mit ihm deinen Text und die Aufgaben. (5 min)

--- Signal ---



Aufgabe 3:

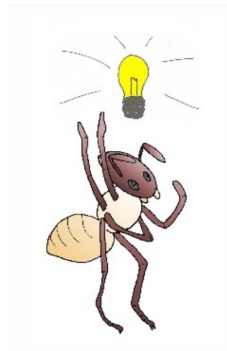
Bildet nun Vierergruppen, in der jeder von euch einen anderen Text gelesen hat. Erklärt euch den Inhalt eurer Texte gegenseitig. (5 Min.)

--- Signal ---



Aufgabe 4:

Bearbeite die Aufgaben auf der Rückseite deines Arbeitsblattes eigenständig!



Auf geht's!

Stundenagenda

	Thema:	Erledigt?
1.	Wie breitet sich Wärme aus?	
2.	Leiten alle Stoffe Wärme gleich gut weiter?	
3.	Benötigt Wärme Stoffe, um sich auszubreiten?	
4.	Was tun heiße Gase und heiße Flüssigkeiten?	



Frage:

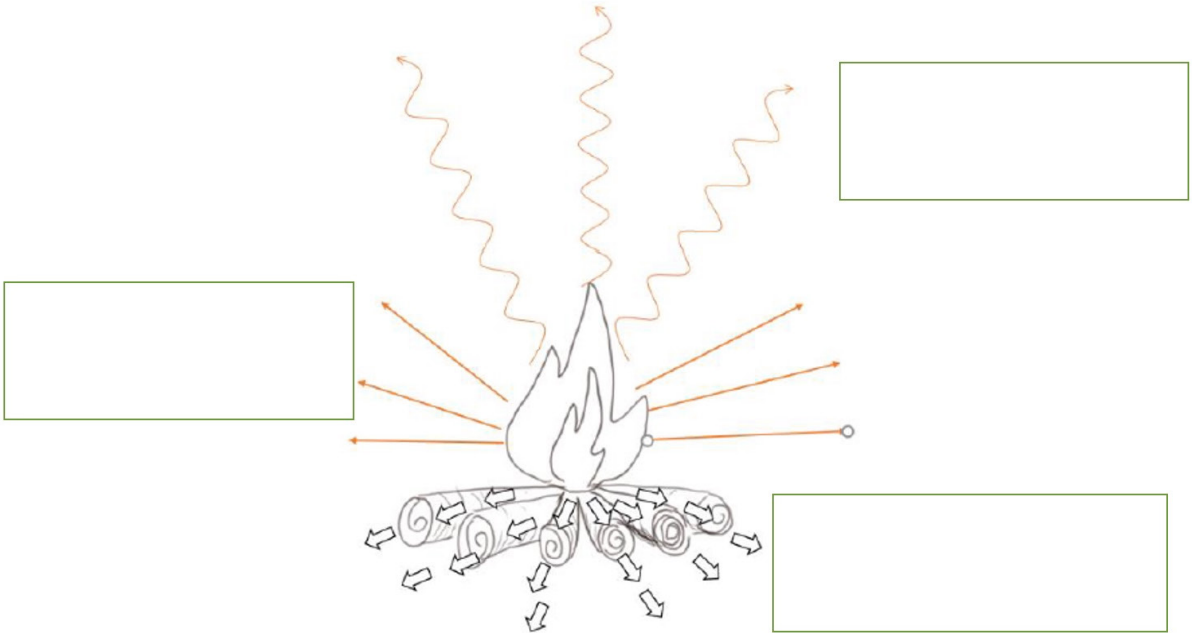
Welche Formen der Wärmeausbreitung haben wir kennengelernt?

Stummer Impuls zur Wärmestrahlung

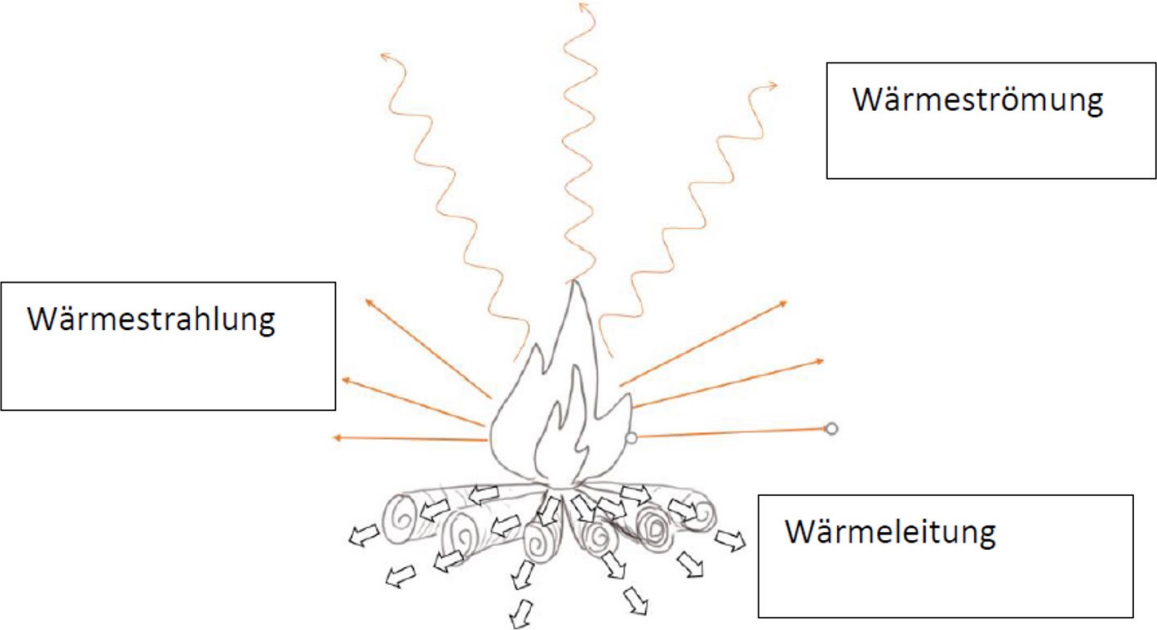
Folie 5: Stummer Impuls zur Wärmestrahlung



Wie verbreitet sich Wärme?



Lösung:



Wir bauen eine Kalthaltelösung



Aufgabe 1:

1. Was soll kalt gehalten werden? _____

2. Was muss eure „Lösung“ können? _____



Checkliste

Hauptfunktionen (Muss)	Zusatzfunktionen (Kann)



Aufgabe 2:

Überlege woher die Wärme kommt, die auf die „Kalthaltelösung“ einwirkt.



Aufgabe 3:

Wie kannst du dein Wissen über die Ausbreitung von Wärme nutzen, um die entsprechende Wärmeübertragung zu unterbrechen?

Schaue dazu in deinen Unterlagen nach:

Wärmestrahlung: _____

Wärmeleitung: _____

Wärmeströmung: _____

Wir bauen eine Kalthaltelösung - Lösung



Aufgabe 1:

1. Was soll kalt gehalten werden? _____

2. Was muss eure „Lösung“ können? _____



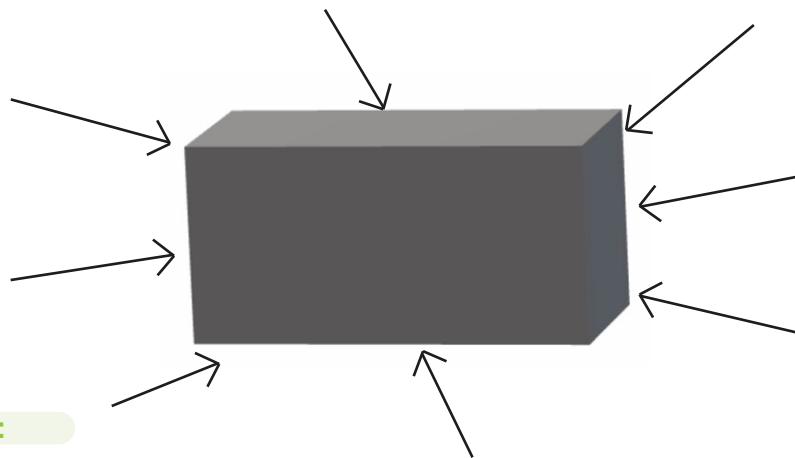
Checkliste

Hauptfunktionen (Muss)	Zusatzfunktionen (Kann)
• Transportabel sein	
• Die Flasche muss sicher verstaut sein	
• kalt halten	
• verschließbar sein	



Aufgabe 2:

Überlege woher die Wärme kommt, die auf die „Kalthaltelösung“ einwirkt.



Aufgabe 3:

Wie kannst du dein Wissen über die Ausbreitung von Wärme nutzen, um die entsprechende Wärmeübertragung zu unterbrechen?

Schaue dazu in deinen Unterlagen nach:

Wärmestrahlung: Spiegelnde oder helle Materialien verwenden.

Wärmeleitung: Materialien mit geringem Ordnungsgrad oder mit Lufteinschlüssen verwenden. !Aufpassen bei Metallen!

Wärmeströmung: Wenig Luftzirkulation zulassen!

Doppelstunde	AB Nr.	Name des Arbeitsblatts	Lösungen vorhanden	verfügbare Differenzierungen
1	1	Arbeitsblatt 1.1-1.4	ja	Standard (3 Zahnräder) Mittel (2 Zahnräder) Einfach (1 Zahrand)
	2	Versuch Nr. 1: Wir halten einen Gegenstand kühl	---	---
	3	Partnerinterview	---	---
2	4	Versuch Nr. 2 zur Wärmeleitfähigkeit	ja	Standard (3 Zahnräder) Einfach (1 Zahrand)
	5	Versuch Nr. 3 zur Wärmestrahlung	ja	Standard (3 Zahnräder) Einfach (1 Zahrand)
	6	Versuch Nr. 4: Kältekonvektion	ja	Standard (3 Zahnräder) Einfach (1 Zahrand)
	7	Versuch Nr. 5: Wärmekonvektion	ja	Standard (3 Zahnräder) Einfach (1 Zahrand)
3	8	Finde jemanden, der ...	ja	---
	9	Wir bauen eine Kalthaltelösung	ja	---
5	10	Wie gut funktioniert deine Kalthaltelösung?	---	---
	11	Versuch Nr. 6: Verdunstungskühlung	ja	Standard (3 Zahnräder) Einfach (1 Zahrand)

In dieser Lehrerhandreichung finden Sie die jeweiligen Arbeitsblätter in der Schwierigkeitsstufe standard (gekennzeichnet durch 3 Zahnräder). Sofern für ein Arbeitsblatt differenzierte Versionen verfügbar sind, stehen diese im Mitgliederbereich zum Download zur Verfügung:

<https://www.startlearning.info/kopie-von-begleitmaterialien-kalthaltebox>

Text A: Kleine Völker - Kuppelbau mit dicker Wand



In Termitenbauten darf es nicht zu warm werden. Doch wie kann es passieren, dass es in einem Bau zu warm wird? Ein Grund hierfür ist die Sonne. Sie erwärmt die Termitenbauten von außen. Ein weiterer Grund sind die Termiten und ihre Pilzfarmen. Auch sie geben Wärme ab. Gemeinsam erwärmen sie den Bau von innen. Bei kleinen Völkern sind es aber nicht genug Termiten und Pilze, um den Bau zu überhitzen. Kleine Völker müssen sich also nur vor der Wärme von außen schützen.

Sie bauen daher Bauten mit einer dicken Wand um ihre Nester herum (s. Abb. 1). Durch die dicke Wand kann die Wärme der Umgebung nur schlecht in den Bau gelangen. Die Termiten dämmen (=isolieren) also ihre Nester, um sie vor

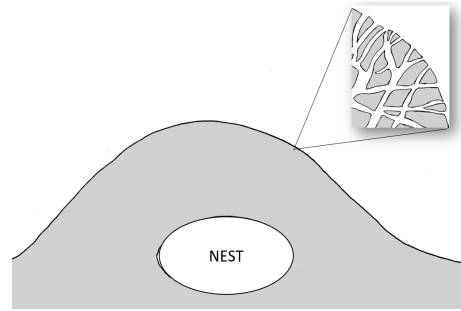


Abb. 1: Termitenkuppelbau eines kleinen Staates- Dicke Wände, kein Belüftungssystem

Wärme zu schützen. Damit die Termiten und ihre Pilze nicht ersticken, ist die Wand wie ein Schwamm aufgebaut. Es gibt kleine Kanälchen durch die Luft ausgetauscht werden kann.



Aufgabe 1

1. Lies den Text und finde heraus:

- vor welcher Wärmequelle (innen oder außen) sich Termiten schützen,
- wie sich Termiten vor Überhitzung schützen,
- welches Problem der Überhitzungsschutz mit sich bringt.

Hier kannst du dir Notizen machen:



Aufgabe 2

Finde einen anderen Schüler oder eine andere Schülerin, der oder die denselben Text hat wie du und vergleiche eure Antworten.



Aufgabe 3

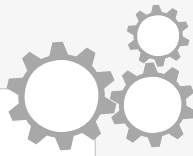
Triff dich in einer Vierergruppe mit Mitschülerinnen und Mitschülern, in der alle einen anderen Text bearbeitet haben. Erklärt euch gegenseitig den Inhalt eures Textes.



Aufgabe 4

Bearbeite die Aufgaben auf der Rückseite.

Aufgaben



Aufgabe 1

1) Verbinde mit Pfeilen

Maßnahme...	bewirkt...	Effekt
1. Dicke der Wand		führen kühlere Umgebungsluft zum Nest
2. Feuchte Innenwände		leiten warme Luft vom Nest weg
3. Türme auf der Außenwand		Verdunstungskühlung
4. Zentral- bzw. Nebenkanäle		Beschattung
5. Belüftungsgänge		Isolation/ Wärmedämmung



Aufgabe 2

Finde den passenden Begriff und fülle die Lücken aus.

- Die dicke Wand _____ den Bau.
- _____ und _____ erwärmen den Bau von innen
- Die _____ erwärmt den Bau von außen.
- Durch die _____ von Feuchtigkeit kühlen Termiten ihren Bau.
- In der Savanne bauen Termiten Kühltürme, die den Bau je nach Sonnenstand _____.
- Spezielle Gänge sorgen für _____ (=Ventilation) der Gänge.
- Warme Luft steigt in den hohen _____ und wird so vom Nest weggeleitet.

Lückewörter: Belüftung, Sonne, Termiten, Schächten, beschatten, isoliert/ dämmt, Pilze, Verdunstung



Merksatz:
Termiten schützen sich vor der Hitze durch:

-
-
-
-
-

Text B: Große Termitenvölker in der Savanne



Die Sache mit den Türmchen

Termiten leben an sehr warmen Orten. Sie müssen aufpassen, dass ihr Nest nicht zu warm wird. Doch wie kann es passieren, dass es in einem Bau zu warm wird? Ein Grund hierfür ist die Sonne, die den Termitenbau von außen erwärmt. Aber auch die Termiten selbst und ihre Pilzfarmen geben Wärme ab und erwärmen den Bau von innen. Dabei gilt: Je mehr Termiten im Bau leben, desto wärmer wird es im Bau.

Damit diese Wärme den Bau besser verlassen kann, bauen große Völker Bauten mit dünnen Wänden.

Dies bringt aber auch ein Problem mit sich: Die dünnen Wände schützen das Nest schlechter vor der Wärme von außen. Hierfür haben die Termiten eine Lösung: An sonnigen Standorten bauen große Termitenvölker kleine Türmchen auf der Oberfläche des Baus. Man nennt diese

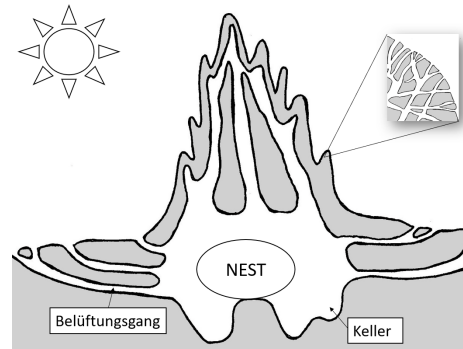


Abb. 2: Kathedralenförmiger Bau einer großen Termitenpopulation in der Savanne

Bauten „kathedralenförmige“ Bauten, da sie ein bisschen wie alte Kirchen aussehen. Je nach Stand der Sonne werfen die Türmchen Schatten auf die Oberfläche des Termitenbaus. Durch diesen Schatten wird die Oberfläche des Baus etwas abgekühlt.



Aufgabe 1

1. Lies den Text und finde heraus:

- vor welcher Wärmequelle sich Termiten schützen,
- wie sich Termiten vor Überhitzung schützen,
- warum die Bauten „kathedralenförmig“ genannt werden.

Hier kannst du dir Notizen machen:



Aufgabe 2

Finde einen anderen Schüler oder eine andere Schülerin, der oder die denselben Text hat wie du und vergleiche eure Antworten.



Aufgabe 3

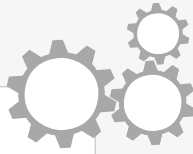
Triff dich in einer Vierergruppe mit Mitschülerinnen und Mitschülern, in der alle einen anderen Text bearbeitet haben. Erklärt euch gegenseitig den Inhalt eures Textes.



Aufgabe 4

Bearbeite die Aufgaben auf der Rückseite.

Aufgaben



Aufgabe 1

1) Verbinde mit Pfeilen

Maßnahme...	bewirkt...	Effekt
1. Dicke der Wand		führen kühlere Umgebungsluft zum Nest
2. Feuchte Innenwände		leiten warme Luft vom Nest weg
3. Türme auf der Außenwand		Verdunstungskühlung
4. Zentral- bzw. Nebenkanäle		Beschattung
5. Belüftungsgänge		Isolation/ Wärmedämmung



Aufgabe 2

Finde den passenden Begriff und fülle die Lücken aus.

- Die dicke Wand _____ den Bau.
- _____ und _____ erwärmen den Bau von innen
- Die _____ erwärmt den Bau von außen.
- Durch die _____ von Feuchtigkeit kühlen Termiten ihren Bau.
- In der Savanne bauen Termiten Kühltürme, die den Bau je nach Sonnenstand _____.
- Spezielle Gänge sorgen für _____ (=Ventilation) der Gänge.
- Warme Luft steigt in den hohen _____ und wird so vom Nest weggeleitet.

Lückewörter: Belüftung, Sonne, Termiten, Schächten, beschatten, isoliert/ dämmt, Pilze, Verdunstung



Merksatz:
Termiten schützen sich vor der Hitze durch:

-
-
-
-
-

Text C: Große Termitenvölker in der Savanne



Clevere Architektur

An sonnigen Standorten bauen große Termitenvölker „kathedralenförmige“ Bauten. Diese haben auf ihrer Oberfläche viele Türme.

Schauen wir in das Innere des Baus (s. Abb. 3), finden wir das Termitennest in der Mitte. Unter dem Nest befindet sich ein „Keller“ mit Belüftungsgängen, die rund um den Bau führen.

Über dem Nest gibt es breite Kanäle (=Schächte), die nach oben führen. Diese Kanäle sind Teil eines Belüftungssystems. Wenn die Sonne den Termitenbau tagsüber erwärmt, wird auch die Luft in den äußeren Schächten des Baus warm. Diese warme Luft steigt nach oben. Sie wird weg vom Nest geleitet. Die warme Luft streift dabei die Wände des Termitenbaus. Diese Wände sind immer feucht. Die

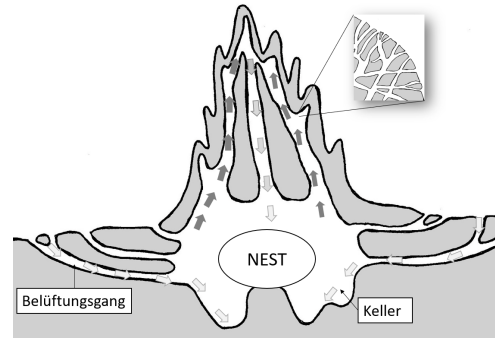


Abb. 3: Kathedralenförmiger Bau einer großen Termitenpopulation in der Savanne

Feuchtigkeit nimmt die Wärme auf und verdunstet. Dabei wird die aufsteigende Luft gekühlt. Die kühlere Luft sinkt entlang des mittleren Schachts wieder hinunter zum Termitennest.



Aufgabe 1

1. Lies den Text und finde heraus:

- vor welcher Wärmequelle sich Termiten schützen,
- wie sich Termiten vor Überhitzung schützen.

Hier kannst du dir Notizen machen:



Aufgabe 2

Finde einen anderen Schüler oder eine andere Schülerin, der oder die denselben Text hat wie du und vergleicht eure Antworten.



Aufgabe 3

Triff dich in einer Vierergruppe mit Mitschülerinnen und Mitschülern, in der alle einen anderen Text bearbeitet haben. Erklärt euch gegenseitig den Inhalt eures Textes.



Aufgabe 4

Bearbeite die Aufgaben auf der Rückseite.

Aufgaben



Aufgabe 1

1) Verbinde mit Pfeilen

Maßnahme...	bewirkt...	Effekt
1. Dicke der Wand		führen kühlere Umgebungsluft zum Nest
2. Feuchte Innenwände		leiten warme Luft vom Nest weg
3. Türme auf der Außenwand		Verdunstungskühlung
4. Zentral- bzw. Nebenkanäle		Beschattung
5. Belüftungsgänge		Isolation/ Wärmedämmung



Aufgabe 2

Finde den passenden Begriff und fülle die Lücken aus.

- Die dicke Wand _____ den Bau.
- _____ und _____ erwärmen den Bau von innen
- Die _____ erwärmt den Bau von außen.
- Durch die _____ von Feuchtigkeit kühlen Termiten ihren Bau.
- In der Savanne bauen Termiten Kühltürme, die den Bau je nach Sonnenstand _____.
- Spezielle Gänge sorgen für _____ (=Ventilation) der Gänge.
- Warme Luft steigt in den hohen _____ und wird so vom Nest weggeleitet.

Lückewörter: Belüftung, Sonne, Termiten, Schächten, beschatten, isoliert/ dämmt, Pilze, Verdunstung



Merksatz:
Termiten schützen sich vor der Hitze durch:

-
-
-
-
-

Text D: Termitenbauten in der Weichholzaue



Ein schattiger Standort

Manche Termitenbauten stehen an schattigen Standorten (unter Bäumen und Sträuchern). Hier sind sie vor der Sonne geschützt.

Aber auch an schattigen Standorten kann es passieren, dass es in einem Bau zu warm wird.

Der Grund hierfür sind die Termiten und ihre Pilzfarmen. Beide geben Wärme ab und erwärmen den Bau von innen. Dabei gilt: Je mehr Termiten im Bau leben, desto wärmer wird es im Bau. Bei großen Völkern kann die Temperatur im Nest so gefährlich hoch werden. Doch die Termiten haben hierzu eine Lösung entwickelt. Sie bauen über ihrem Nest einen Schacht. In diesem Schacht kann warme Luft nach oben steigen. So wird die warme Luft weg vom Nest geführt. Gleichzeitig kann kühlere Luft von außen über die Belüftungsschächte nach innen strömen (= Belüftungssystem).

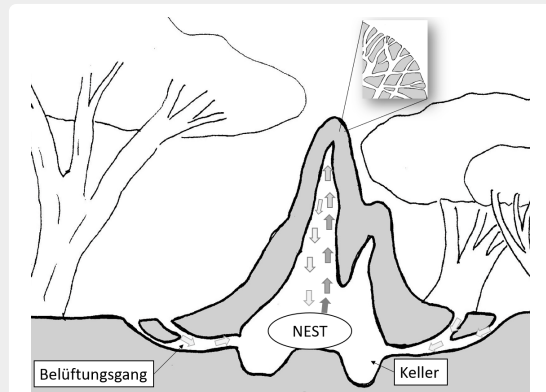


Abb. 4: Termitenbau in einer Weichholzaue

Aber auch die aufsteigende Luft wird im Bau wieder gekühlt. Wenn die warme Luft an die feuchten Wände des Termitenbaus gelangt, wird sie gekühlt. Die Feuchtigkeit nimmt die Wärme auf und verdunstet. Dabei wird die aufsteigende Luft innerhalb des Termitenbaus abgekühlt. Die kühlere Luft sinkt hinunter zum Termitennest.



Aufgabe 1

1. Lies den Text und finde heraus:

- vor welcher Wärmequelle sich Termiten schützen,
- wie sich Termiten vor Überhitzung schützen.

Hier kannst du dir Notizen machen:



Aufgabe 2

Finde einen anderen Schüler oder eine andere Schülerin, der oder die denselben Text hat wie du und vergleicht eure Antworten.



Aufgabe 3

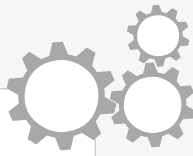
Triff dich in einer Vierergruppe mit Mitschülerinnen und Mitschülern, in der alle einen anderen Text bearbeitet haben. Erklärt euch gegenseitig den Inhalt eures Textes.



Aufgabe 4

Bearbeite die Aufgaben auf der Rückseite.

Aufgaben



Aufgabe 1

1) Verbinde mit Pfeilen

Maßnahme...	bewirkt...	Effekt
1. Dicke der Wand		führen kühlere Umgebungsluft zum Nest
2. Feuchte Innenwände		leiten warme Luft vom Nest weg
3. Türme auf der Außenwand		Verdunstungskühlung
4. Zentral- bzw. Nebenkanäle		Beschattung
5. Belüftungsgänge		Isolation/ Wärmedämmung



Aufgabe 2

Finde den passenden Begriff und fülle die Lücken aus.

- Die dicke Wand _____ den Bau.
- _____ und _____ erwärmen den Bau von innen
- Die _____ erwärmt den Bau von außen.
- Durch die _____ von Feuchtigkeit kühlen Termiten ihren Bau.
- In der Savanne bauen Termiten Kühltürme, die den Bau je nach Sonnenstand _____.
- Spezielle Gänge sorgen für _____ (=Ventilation) der Gänge.
- Warme Luft steigt in den hohen _____ und wird so vom Nest weggeleitet.

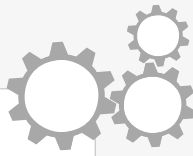
Lückewörter: Belüftung, Sonne, Termiten, Schächten, beschatten, isoliert/ dämmt, Pilze, Verdunstung



Merksatz:
Termiten schützen sich vor der Hitze durch:

-
-
-
-
-

Aufgaben - Lösung



Aufgabe 1

1) Verbinde mit Pfeilen

Maßnahme...	bewirkt...	Effekt
1. Dicke der Wand	→	führen kühlere Umgebungsluft zum Nest
2. Feuchte Innenwände	→	leiten warme Luft vom Nest weg
3. Türme auf der Außenwand	→	Verdunstungskühlung
4. Zentral- bzw. Nebenkanäle	→	Beschattung
5. Belüftungsgänge	→	Isolation/ Wärmedämmung



Aufgabe 2

Finde den passenden Begriff und fülle die Lücken aus.

- Die dicke Wand isoliert den Bau.
- Termiten und Pilze erwärmen den Bau von innen
- Die Sonne erwärmt den Bau von außen.
- Durch die Verdunstung von Feuchtigkeit kühlen Termiten ihren Bau.
- In der Savanne bauen Termiten Kühltürme, die den Bau je nach Sonnenstand beschatten.
- Spezielle Gänge sorgen für Belüftung (=Ventilation) der Gänge.
- Warme Luft steigt in den hohen Schächten und wird so vom Nest weggeleitet.

Lückewörter: Belüftung, Sonne, Termiten, Schächten, Beschatten, isoliert/ dämmt, Pilze, Verdunstung



Merksatz:
Termiten schützen sich vor der Hitze durch:

- Isolation.....
- Beschattung.....
- Belüftung.....
- Verdunstungskühlung.....
- Wegleiten von warmer Luft.....

Versuch Nr. 1: Wir halten einen Gegenstand kühl



Material:

Eiswürfel, 2 Salbendöschen, Materialien vom Materialbüffet (Stofflappen, Alufolie, etc. ...), Messbecher



Sicherheitsbelehrung:

Halte dich genau an die Anweisungen der Lehrkraft.



Durchführung:

1. Du darfst eine der verschiedenen Möglichkeiten der Isolierung ausprobieren. Hierfür erhältst du ein „Dämmmaterial“.
2. Gib in beide Dosen einen Eiswürfel hinein.
3. Umwickle eine Salbendose einmal mit dem Material (eine Schicht) und die andere Dose doppelt und stelle sie auf den Tisch, ohne sie nochmals zu berühren.
4. Nach 15 Min. vergleichen wir die Menge des Schmelzwassers.
5. Skizziere in der Zwischenzeit den Versuchsaufbau.



Skizze:



Beobachtung:

Material	Einfache Schicht	Doppelte Schicht
Vergleichsprobe		



Folgerung:



Wovon hängt die Isolationsleistung ab?

Partnerinterview

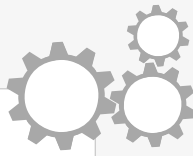


Aufgabe 1

- Partner A stellt Partner B die Fragen, die unter A stehen und kontrolliert dessen Antworten mittels des kursiv gedruckten Textes.
- Partner B stellt Partner A die Fragen, die unter B stehen und kontrolliert dessen Antworten mittels des kursiv gedruckten Textes.

Falte das Papier in der Mitte!

A	B
<p>Was bewirkt die dicke Wand der Termitenbauten kleiner Völker?</p> <p>Musterantwort: Die dicke Wand isoliert vor den hohen Temperaturen der Umgebung.</p>	<p>Was bewirkt die dicke Wand der Termitenbauten kleiner Völker?</p>
<p>Warum ersticken Termiten nicht in ihren Bauten?</p>	<p>Warum ersticken Termiten nicht in ihren Bauten?</p> <p>Musterantwort: Die Wände der Termitenbauten ermöglichen einen Luftaustausch. Große Termitenvölker haben ein Belüftungssystem.</p>
<p>Warum haben kathedralenförmige Bauten diese Türme?</p> <p>Musterantwort: Die Türme werfen Schatten, wenn die Sonne am Himmel vorbeizieht. Die Schatten kühlen den Bau.</p>	<p>Warum haben kathedralenförmige Bauten diese Türme?</p>
<p>Warum werden die Wände der Termitenbauten innen immer feucht gehalten?</p>	<p>Warum werden die Wände der Termitenbauten innen immer feucht gehalten?</p> <p>Musterantwort: Die Feuchtigkeit ermöglicht ein Abkühlen durch Verdunstung.</p>
<p>Warum müssen sich Termiten in schattigen Weichholzauen vor Wärme schützen?</p> <p>Musterantwort: Die Sonne ist nicht das Problem. Sie müssen sich vor der Wärme, die sie und ihre Pilzkolonien durch ihren Stoffwechsel erzeugen, schützen.</p>	<p>Warum müssen sich Termiten in schattigen Weichholzauen vor Wärme schützen?</p>
<p>Wie lässt sich Wärme draußen halten?</p>	<p>Wie lässt sich Wärme draußen halten?</p> <p>Musterantwort: Bestimmte Materialien wirken als Barriere - sie isolieren.</p>
<p>Von welchen beiden Faktoren hängt die Isolationsleistung ab?</p> <p>Musterantwort: Art des Materials und die Dicke des Materials.</p>	<p>Von welchen beiden Faktoren hängt die Isolationsleistung ab?</p>



Versuch Nr. 2 zur Wärmeleitfähigkeit



Material:

Thermoskanne, warmes Wasser, 2 Becher mit thermochromer Farbe, Thermometer



Sicherheitsbelehrung:

Du arbeitest mit heißem Wasser!
 Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
 Arbeite zügig und konzentriert!



Durchführung:

1. Fülle die Becher bis zur Markierung mit dem warmen Wasser.
2. Beobachte den Farbstreifen an der Seite genau. Welcher Farbstreifen wandert am weitesten und am schnellsten?
3. Trage deine Beobachtung in die Tabelle ein.



Beobachtung:

Material	Metall	Plastik
Reihenfolge		



Skizze:



Wärmeleitfähigkeit



Wärme fließt von einem Ort mit einer höheren Temperatur zu einem Ort mit niedrigerer Temperatur. Fließt die Wärme dabei innerhalb eines Gegenstands oder von einem Gegenstand zu einem direkt angrenzenden anderen Gegenstand, sprechen wir von Wärmeleitung. Doch was passiert bei der Wärmeleitung? Zunächst müssen wir wissen, dass alle

Stoffe aus winzig kleinen Teilchen bestehen. Diese Teilchen werden auch Atome genannt. Wärme bringt diese Teilchen dazu, sich zu bewegen. Wenn ein Stoff sich erwärmt, beginnen seine Teilchen zu schwingen. Dabei stoßen die schwingenden Teilchen an benachbarte Teilchen. Durch dieses Aneinanderstoßen beginnen nun auch die angestoßenen Teilchen sich zu bewegen. Ähnlich einem Dominoeffekt kann die Bewegung nun auf benachbarte Teilchen übertragen werden und die Wärme breitet sich aus. Um herauszufinden, warum manche Materialien Wärme besonders gut oder schlecht leiten, müssen wir sie uns auf der Teilchenebene ansehen.

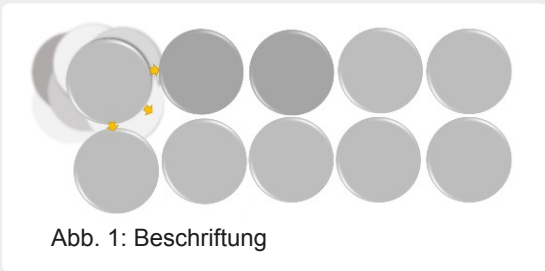


Abb. 1: Beschriftung

Metalle	Plastik
<p>Die Teilchen von Metallen liegen sehr eng und geordnet beieinander. Wir sprechen von einem hohen Ordnungsgrad. Beginnen nun die Teilchen an einer Seite zu schwingen, stoßen sie an benachbarte Teilchen und bringen diese ebenso in Bewegung.</p>	<p>Die Teilchen von Plastik sind nicht so klar geordnet (= geringerer Ordnungsgrad). Teilweise haben die Teilchen keinen direkten Nachbarn. Dadurch kann ihre Bewegung nicht, oder nur sehr schwer, auf andere Teilchen übertragen werden.</p>

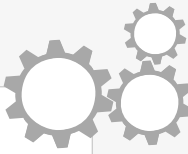


Aufgabe 1

Wie gut ist die Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Stoffe?

Begründe deine Entscheidung:

Stoff	Stoff	Wärmeleitfähigkeit	Begründung?
Wolle			
Papier			
Aluminium			
Luft			



Versuch Nr. 2 zur Wärmeleitfähigkeit - Lösung



Material:

Thermoskanne, warmes Wasser, 2 Becher mit thermochromer Farbe, Thermometer



Sicherheitsbelehrung:

Du arbeitest mit heißem Wasser!
 Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
 Arbeite zügig und konzentriert!



Durchführung:

1. Fülle die Becher bis zur Markierung mit dem warmen Wasser.
2. Beobachte den Farbstreifen an der Seite genau. Welcher Farbstreifen wandert am weitesten und am schnellsten?
3. Trage deine Beobachtung in die Tabelle ein.

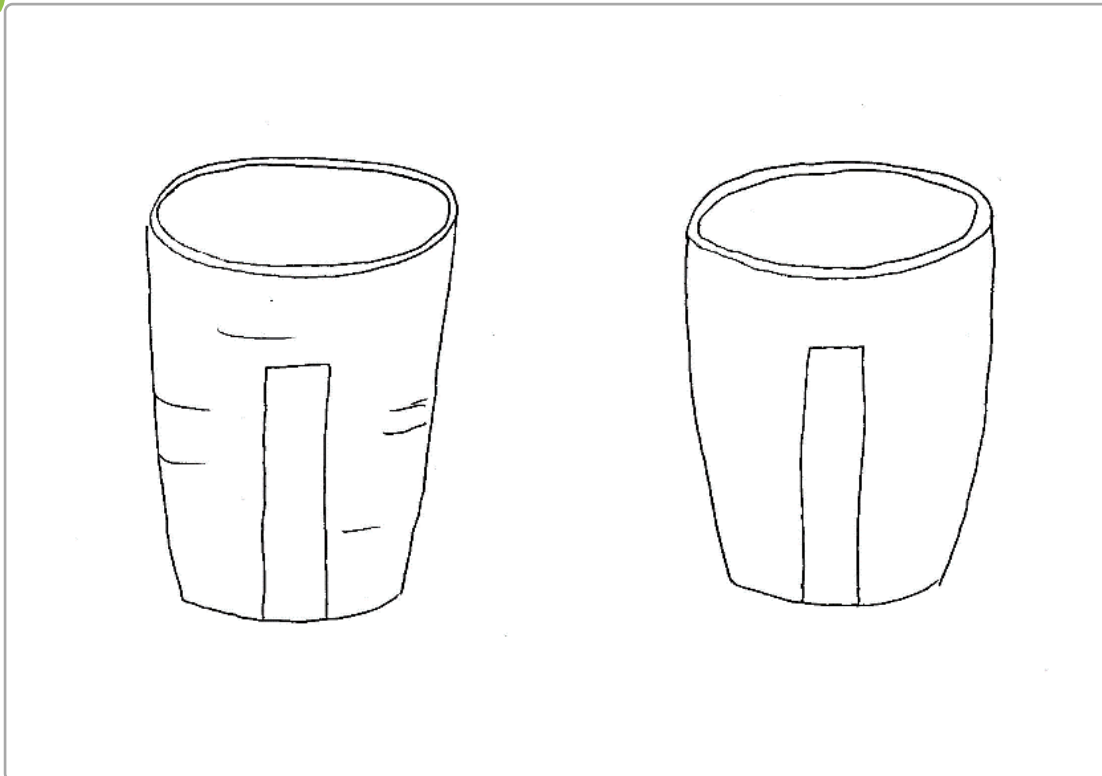


Beobachtung:

Material	Metall	Plastik
Reihenfolge	1	2



Skizze:





Wärmeleitfähigkeit - Lösung



Wärme fließt von einem Ort mit einer höheren Temperatur zu einem Ort mit niedrigerer Temperatur. Fließt die Wärme dabei innerhalb eines Gegenstands oder von einem Gegenstand zu einem direkt angrenzenden anderen Gegenstand, sprechen wir von Wärmeleitung. Doch was passiert bei der Wärmeleitung? Zunächst müssen wir wissen, dass alle

Stoffe aus winzig kleinen Teilchen bestehen. Diese Teilchen werden auch Atome genannt. Wärme bringt diese Teilchen dazu, sich zu bewegen. Wenn ein Stoff sich erwärmt, beginnen seine Teilchen zu schwingen. Dabei stoßen die schwingenden Teilchen an benachbarte Teilchen. Durch dieses Aneinanderstoßen beginnen nun auch die angestoßenen Teilchen sich zu bewegen. Ähnlich einem Dominoeffekt kann die Bewegung nun auf benachbarte Teilchen übertragen werden und die Wärme breitet sich aus. Um herauszufinden, warum manche Materialien Wärme besonders gut oder schlecht leiten, müssen wir sie uns auf der Teilchenebene ansehen.

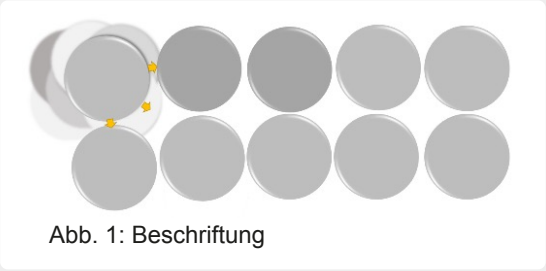


Abb. 1: Beschriftung

Metalle	Plastik
<p>Die Teilchen von Metallen liegen sehr eng und geordnet beieinander. Wir sprechen von einem hohen Ordnungsgrad. Beginnen nun die Teilchen an einer Seite zu schwingen, stoßen sie an benachbarte Teilchen und bringen diese ebenso in Bewegung.</p>	<p>Die Teilchen von Plastik sind nicht so klar geordnet (= geringerer Ordnungsgrad). Teilweise haben die Teilchen keinen direkten Nachbarn. Dadurch kann ihre Bewegung nicht, oder nur sehr schwer, auf andere Teilchen übertragen werden.</p>

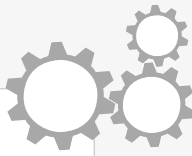


Aufgabe 1

Wie gut ist die Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Stoffe?

Begründe deine Entscheidung:

Stoff	Stoff	Wärmeleitfähigkeit	Begründung?
Wolle		schlecht	Die Teilchen haben oft keinen direkten Nachbarn, den sie anstoßen könnten.
Papier		schlecht	Die Teilchen haben oft keinen direkten Nachbarn, den sie anstoßen könnten.
Aluminium		sehr gut	Die Teilchen sind sehr nahe beieinander und können sich gegenseitig anstoßen.
Luft		schlecht	Die Teilchen haben oft keinen direkten Nachbarn, den sie anstoßen könnten.



Versuch Nr. 3 zur Wärmestrahlung



Material:

Infrarotlampe, unterschiedliche Karten mit thermochromem Farbpunkt (weiß, schwarz, spiegelnd)



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
 Schaue nicht in die Lampe!



Durchführung:

1. Stecke die Karten in die Halterung vor der Infrarotlampe, so dass der Farbpunkt auf der Rückseite ist.
2. Bestrahle die Karten nacheinander mit der Infrarotlampe.
3. Welcher Farbpunkt wechselt als erster seine Farbe? Trage die Reihenfolge in die Tabelle ein.



Skizze:



Beobachtung:

Streifen	Schwarz	Weiß	Spiegelnd
Reihenfolge			



Folgerung:



Wärmestrahlung



Wir haben bereits gelernt, dass Wärme in Materialien fließen kann. Wir können Wärme aber auch fühlen, wenn wir die Wärmequelle dabei gar nicht berühren. Dies ist nicht mit der Wärmeleitung erklärbar. Die Sonne zum Beispiel ist unsere wichtigste Wärmequelle, obwohl sie sehr weit weg ist (150 Millionen km). Zwischen der Erde und der Sonne gibt es keine Materialien, die die Wärme zur Erde leiten könnten. Trotzdem können

wir die Wärme der Sonne auf unserer Haut spüren. Der Grund hierfür ist die Wärmestrahlung. Die Sonne gibt Strahlung ab. Trifft diese Strahlung auf die Teilchen eines Stoffes, bringen sie diese zum Schwingen (s. Abb. 1). Der Stoff wird somit erwärmt. Das funktioniert aber nicht bei allen Stoffen gleich gut. Manche Oberflächen und Farben werden schneller warm als andere.

Eine stark spiegelnde (=reflektierende) Oberfläche, z. B. ein Spiegel, wirft einen großen Teil der Wärmestrahlung zurück. Das nennt man Reflexion von Wärmestrahlung. Dabei bleibt der Spiegel recht kühl. Objekte mit dunkler Farbe hingegen nehmen Wärmestrahlung besonders gut auf. Sie werden schnell warm. Dieses Phänomen nennt man Absorption.

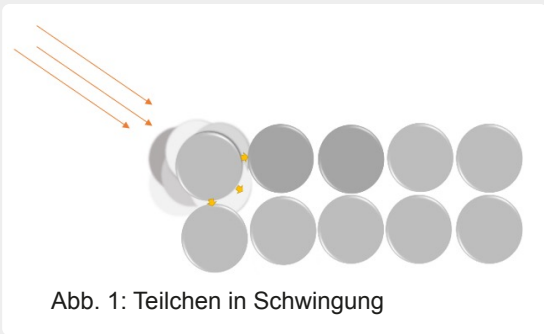


Abb. 1: Teilchen in Schwingung



Aufgabe 1

Erkläre die Begriffe. Begründe deine Entscheidung:

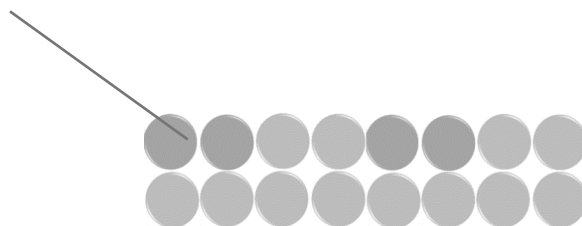
Begriff:	Was passiert mit der Wärmestrahlung?	Folge für das Material? (Streiche das Falsche durch!)
Absorption =		erwärmt sich / erwärmt sich nicht
Reflexion =		erwärmt sich / erwärmt sich nicht



Aufgabe 2

Was passiert mit dem Strahl, wenn ein Stoff die Wärmestrahlung reflektiert?

Ergänze die Zeichnung.



Aufgabe 3

Checkerfrage: „Warum tragen wir im Sommer lieber helle Kleidung?“



Versuch Nr. 3 zur Wärmestrahlung - Lösung



Material:

Infrarotlampe, unterschiedliche Karten mit thermochromem Farbpunkt (weiß, schwarz, spiegelnd)



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
Schaue nicht in die Lampe!

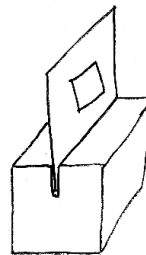
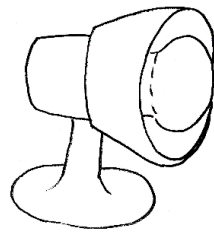
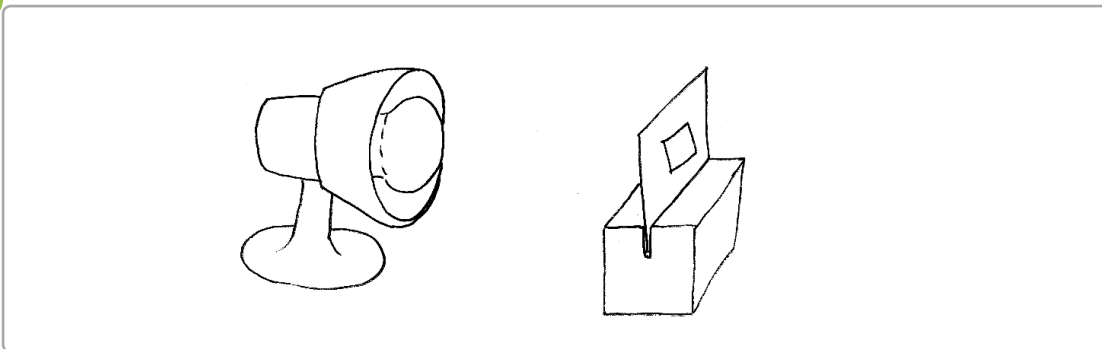


Durchführung:

1. Stecke die Karten in die Halterung vor der Infrarotlampe, so dass der Farbpunkt auf der Rückseite ist.
2. Bestrahle die Karten nacheinander mit der Infrarotlampe.
3. Welcher Farbpunkt wechselt als erster seine Farbe? Trage die Reihenfolge in die Tabelle ein.



Skizze:



Beobachtung:

Streifen	Schwarz	Weiß	Spiegelnd
Reihenfolge	1	2	3



Folgerung:

Dunkle Oberflächen erwärmen sich schneller als helle Oberflächen.
Spiegelnde Oberflächen erwärmen sich sehr langsam.



Wärmestrahlung - Lösung



Wir haben bereits gelernt, dass Wärme in Materialien fließen kann. Wir können Wärme aber auch fühlen, wenn wir die Wärmequelle dabei gar nicht berühren. Dies ist nicht mit der Wärmeleitung erklärbar. Die Sonne zum Beispiel ist unsere wichtigste Wärmequelle, obwohl sie sehr weit weg ist (150 Millionen km). Zwischen der Erde und der Sonne gibt es keine Materialien, die die Wärme zur Erde leiten könnten. Trotzdem können

wir die Wärme der Sonne auf unserer Haut spüren. Der Grund hierfür ist die Wärmestrahlung. Die Sonne gibt Strahlung ab. Trifft diese Strahlung auf die Teilchen eines Stoffes, bringen sie diese zum Schwingen (s. Abb. 1). Der Stoff wird somit erwärmt. Das funktioniert aber nicht bei allen Stoffen gleich gut. Manche Oberflächen und Farben werden schneller warm als andere.

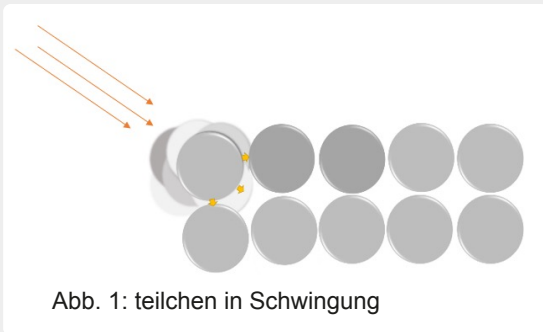


Abb. 1: teilchen in Schwingung

Eine stark spiegelnde (=reflektierende) Oberfläche, z.B. ein Spiegel, wirft einen großen Teil der Wärmestrahlung zurück. Das nennt man Reflexion von Wärmestrahlung. Dabei bleibt der Spiegel recht kühl. Objekte mit dunkler Farbe hingegen nehmen Wärmestrahlung besonders gut auf. Sie werden schnell warm. Dieses Phänomen nennt man Absorption.



Aufgabe 1

Erkläre die Begriffe. Begründe deine Entscheidung:

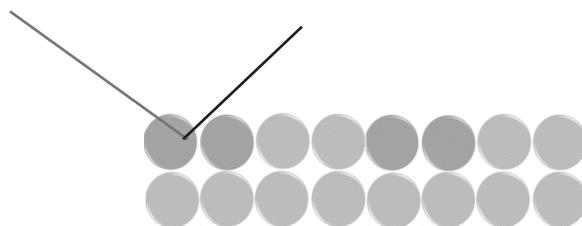
Begriff:	Was passiert mit der Wärmestrahlung?	Folge für das Material? (Streiche das Falsche durch!)
Absorption =	Die Wärmestrahlung wird aufgenommen.	erwärmt sich / erwärmt sich nicht
Reflexion =	Die Wärmestrahlung wird zurückgeworfen.	erwärmt sich / erwärmt sich nicht



Aufgabe 2

Was passiert mit dem Strahl, wenn ein Stoff die Wärmestrahlung reflektiert?

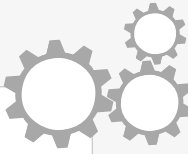
Ergänze die Zeichnung.



Aufgabe 3

Checkerfrage: „Warum tragen wir im Sommer lieber helle Kleidung?“

Weil sie die Wärmestrahlung der Sonne nicht so gut aufnimmt.



Versuch Nr. 4: Kältekonvektion



Material:

Farbiger Eiswürfel, Becherglas (300ml)



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
Arbeite zügig und konzentriert!



Durchführung:

1. Fülle das Becherglas zu etwa 200ml mit Wasser.
2. Gib den farbigen Eiswürfel hinzu.
3. Beobachte, was mit dem Schmelzwasser passiert.



Skizze:



Beobachtung:



Folgerung:



Konvektion oder Wärmeströmung



Wärme kann sich auch durch die Bewegung von Flüssigkeiten oder Gasen ausbreiten. Dabei können wir zwei Phänomene beobachten:

1. Warme Flüssigkeiten oder warme Gase steigen nach oben.
2. Kalte Flüssigkeiten oder Gase sinken.

Doch woran liegt das?
 Wenn wir z.B. eine Flüssigkeit erwärmen, beginnen die Teilchen, aus denen die Flüssigkeit besteht, sich zu bewegen. Dabei stoßen sie aneinander, benötigen deshalb mehr Platz und gehen weiter auseinander. Die Dichte (s. Abb. 1) der Flüssigkeit nimmt dabei ab. Die Flüssigkeit

steigt nach oben und nimmt die Wärme mit. Kältere Bereiche der Flüssigkeit rücken an die freiwerdende Stelle und nehmen deren Platz ein.

Kühlen wir die Flüssigkeit jedoch ab, bewegen sich die Teilchen weniger stark. Sie benötigen weniger Platz und rücken näher zusammen. Die Dichte der Flüssigkeit nimmt zu. Die Flüssigkeit sinkt nach unten. Dabei verdrängt sie wärmere Flüssigkeiten und drückt diese nach oben.

Durch die Verschiebung von kalten und warmen Bereichen kommt es zu Bewegungen von Luft bzw. Flüssigkeiten.

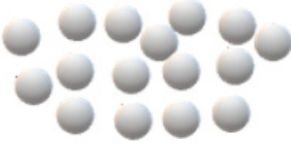
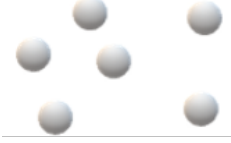
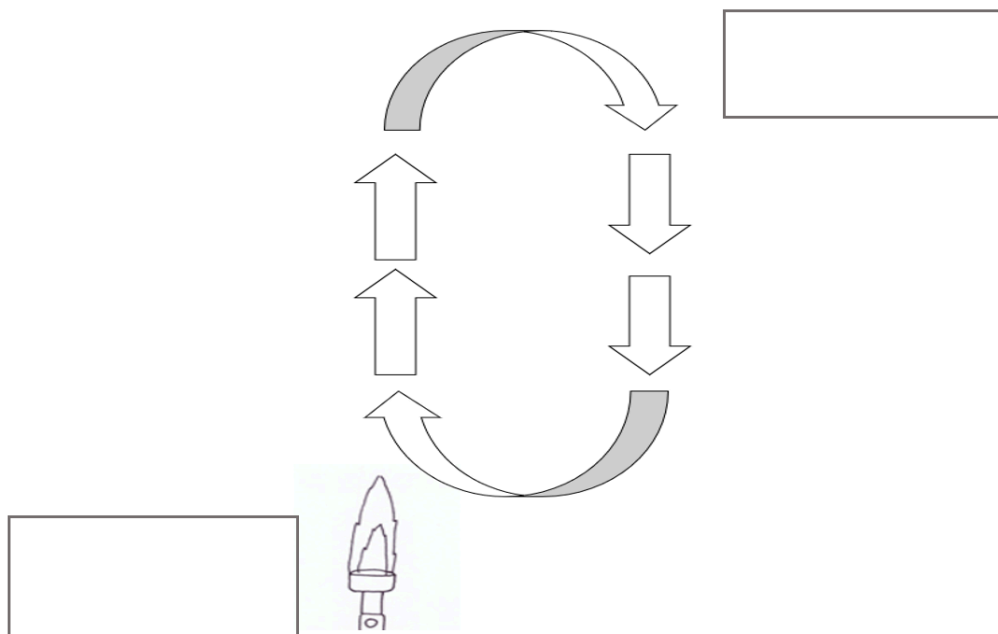
Kalte Flüssigkeit	Warme Flüssigkeit
	
Viele Teilchen auf gleichem Raum (= hohe Dichte)	Wenige Teilchen auf gleichem Raum (= geringe Dichte)

Abb. 1: Die Dichte von kalten und warmen Flüssigkeiten



Aufgabe 1

1. Male die Pfeile mit warmer Luft rot und die mit kalter Luft blau an.
2. Ergänze die Zeichnung mit folgenden Begriffen: Erwärmen, Abkühlen



Versuch Nr. 4: Kältekonvektion - Lösung



Material:

Farbiger Eiswürfel, Becherglas (300ml)



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
Arbeite zügig und konzentriert!

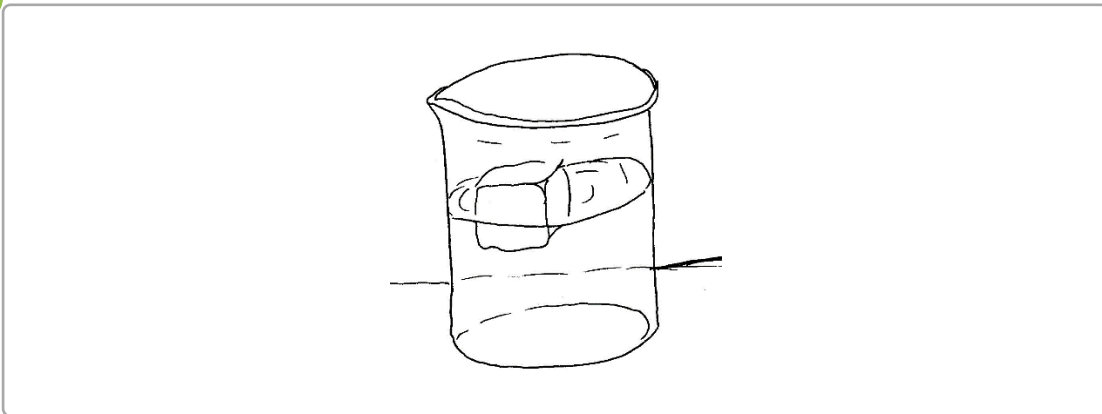


Durchführung:

1. Fülle das Becherglas zu etwa 200ml mit Wasser.
2. Gib den farbigen Eiswürfel hinzu.
3. Beobachte, was mit dem Schmelzwasser passiert.



Skizze:



Beobachtung:

Das farbige Schmelzwasser sinkt auf den Boden.



Folgerung:

Kalte Flüssigkeiten sinken.



Konvektion oder Wärmeströmung - Lösung



Wärme kann sich auch durch die Bewegung von Flüssigkeiten oder Gasen ausbreiten. Dabei können wir zwei Phänomene beobachten:

1. Warme Flüssigkeiten oder warme Gase steigen nach oben.
2. Kalte Flüssigkeiten oder Gase sinken.

Doch woran liegt das? Wenn wir z.B. eine Flüssigkeit erwärmen, beginnen die Teilchen, aus denen die Flüssigkeit besteht, sich zu bewegen. Dabei stoßen sie aneinander, benötigen deshalb mehr Platz und gehen weiter auseinander. Die Dichte (s. Abb. 1) der Flüssigkeit nimmt dabei ab. Die Flüssigkeit

steigt nach oben und nimmt die Wärme mit. Kältere Bereiche der Flüssigkeit rücken an die freiwerdende Stelle und nehmen deren Platz ein.

Kühlen wir die Flüssigkeit jedoch ab, bewegen sich die Teilchen weniger stark. Sie benötigen weniger Platz und rücken näher zusammen. Die Dichte der Flüssigkeit nimmt zu. Die Flüssigkeit sinkt nach unten. Dabei verdrängt sie wärmere Flüssigkeiten und drückt diese nach oben.

Durch die Verschiebung von kalten und warmen Bereichen kommt es zu Bewegungen von Luft bzw. Flüssigkeiten.

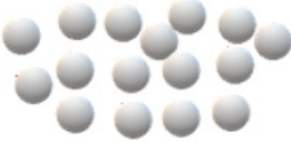

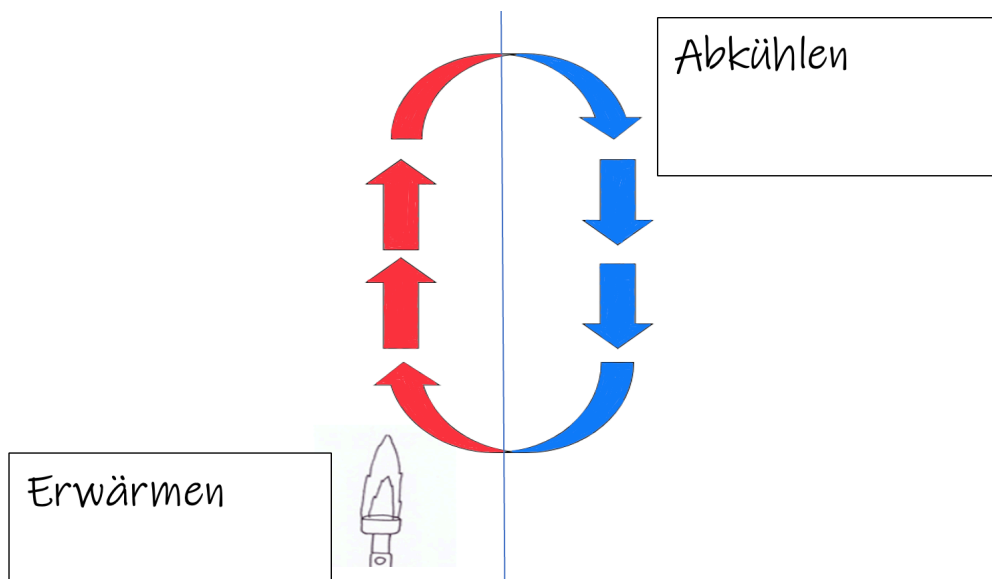
Kalte Flüssigkeit	Warme Flüssigkeit
	
Viele Teilchen auf gleichem Raum (= hohe Dichte)	Wenige Teilchen auf gleichem Raum (= geringe Dichte)

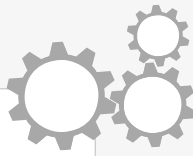
Abb. 1: Die Dichte von kalten und warmen Flüssigkeiten



Aufgabe 1

1. Male die Pfeile mit warmer Luft rot und die mit kalter Luft blau an.
2. Ergänze die Zeichnung mit folgenden Begriffen: Erwärmen, Abkühlen





Versuch Nr. 5: Wärmekonvektion



Material:

Becherglas mit Farblösung, Einmalpipette, Becherglas 300 ml, Kartuschenbrenner, Vierfuß / Kerze und Stövchen



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
 Arbeite zügig und konzentriert!
 Trage eine Schutzbrille!
 Du musst beim Experimentieren stehen.
 Binde deine Haare zusammen.



Durchführung:

1. Stelle das Becherglas auf den Vierfuß/ das Stövchen.
2. Fülle das Becherglas zu etwa 200ml mit Wasser.
3. Ziehe die Pipette mit der Farblösung auf.
4. Tauche die Pipette in das Wasser bis auf den Boden und gib die Farblösung vorsichtig hinein. Du erhältst so zwei Farbschichten.
5. Erwärme die Farbmischung und beobachte was passiert.



Skizze:



Beobachtung:



Folgerung:



Konvektion oder Wärmeströmung



Wärme kann sich auch durch die Bewegung von Flüssigkeiten oder Gasen ausbreiten. Dabei können wir zwei Phänomene beobachten:

1. Warme Flüssigkeiten oder warme Gase steigen nach oben.
2. Kalte Flüssigkeiten oder Gase sinken. Doch woran liegt das?

Wenn wir z. B. eine Flüssigkeit erwärmen, beginnen die Teilchen, aus denen die Flüssigkeit besteht, sich zu bewegen. Dabei stoßen sie aneinander, benötigen deshalb mehr Platz und gehen weiter auseinander. Die Dichte (s. Abb. 1) der Flüssigkeit nimmt dabei ab. Die Flüssigkeit

steigt nach oben und nimmt die Wärme mit. Kältere Bereiche der Flüssigkeit rücken an die freiwerdende Stelle und nehmen deren Platz ein.

Kühlen wir die Flüssigkeit jedoch ab, bewegen sich die Teilchen weniger stark. Sie benötigen weniger Platz und rücken näher zusammen. Die Dichte der Flüssigkeit nimmt zu. Die Flüssigkeit sinkt nach unten. Dabei verdrängt sie wärmere Flüssigkeiten und drückt diese nach oben. Durch die Verschiebung von kalten und warmen Bereichen kommt es zu Bewegungen von Luft bzw. Flüssigkeiten.

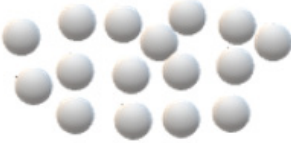

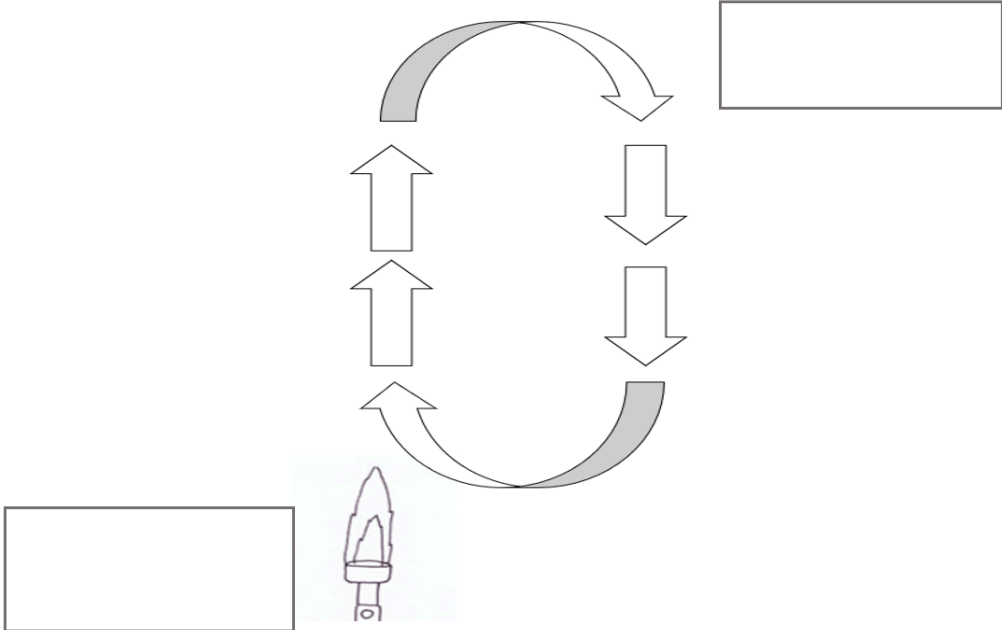
Kalte Flüssigkeit	Warme Flüssigkeit
	
<p>Viele Teilchen auf gleichem Raum (= hohe Dichte)</p>	<p>Wenige Teilchen auf gleichem Raum (= geringe Dichte)</p>

Abb. 1: Die Dichte von kalten und warmen Flüssigkeiten



Aufgabe 1

1. Male die Pfeile mit warmer Luft rot und die mit kalter Luft blau an.
2. Ergänze die Zeichnung mit folgenden Begriffen: Erwärmen, Abkühlen



Versuch Nr. 5: Wärmekonvektion - Lösung



Material:

Becherglas mit Farblösung, Einmalpipette, Becherglas 300 ml, Kartuschenbrenner, Vierfuß / Kerze und Stövchen



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
Arbeite zügig und konzentriert!
Trage eine Schutzbrille!
Du musst beim Experimentieren stehen.
Binde deine Haare zusammen.

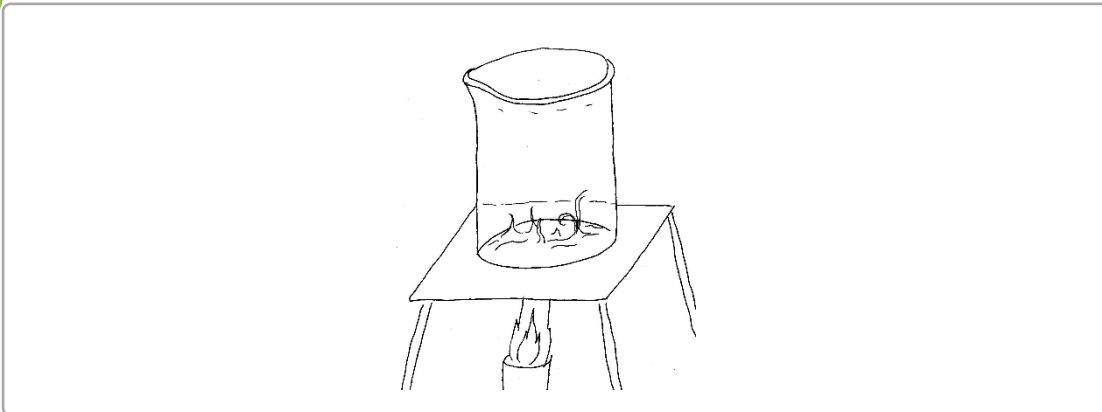


Durchführung:

1. Stelle das Becherglas auf den Vierfuß/ das Stövchen
2. Fülle das Becherglas zu etwa 200ml mit Wasser.
3. Ziehe die Pipette mit der Farblösung auf.
4. Tauche die Pipette in das Wasser bis auf den Boden und gib die Farblösung vorsichtig hinein. Du erhältst so zwei Farbschichten.
5. Erwärme die Farbmischung und beobachte was passiert.



Skizze:



Beobachtung:

Die farbige Lösung steigt nach oben.



Folgerung:

Warme Flüssigkeiten steigen.



Konvektion oder Wärmeströmung - Lösung



Wärme kann sich auch durch die Bewegung von Flüssigkeiten oder Gasen ausbreiten. Dabei können wir zwei Phänomene beobachten:

1. Warme Flüssigkeiten oder warme Gase steigen nach oben.
2. Kalte Flüssigkeiten oder Gase sinken.

Doch woran liegt das? Wenn wir z. B. eine Flüssigkeit erwärmen, beginnen die Teilchen, aus denen die Flüssigkeit besteht, sich zu bewegen. Dabei stoßen sie aneinander, benötigen deshalb mehr Platz und gehen weiter auseinander. Die Dichte (s. Abb. 1) der Flüssigkeit nimmt dabei ab. Die Flüssigkeit

steigt nach oben und nimmt die Wärme mit. Kältere Bereiche der Flüssigkeit rücken an die freiwerdende Stelle und nehmen deren Platz ein.

Kühlen wir die Flüssigkeit jedoch ab, bewegen sich die Teilchen weniger stark. Sie benötigen weniger Platz und rücken näher zusammen. Die Dichte der Flüssigkeit nimmt zu. Die Flüssigkeit sinkt nach unten. Dabei verdrängt sie wärmere Flüssigkeiten und drückt diese nach oben. Durch die Verschiebung von kalten und warmen Bereichen kommt es zu Bewegungen von Luft bzw. Flüssigkeiten.

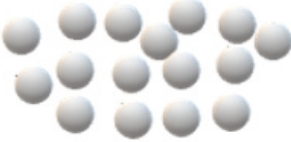

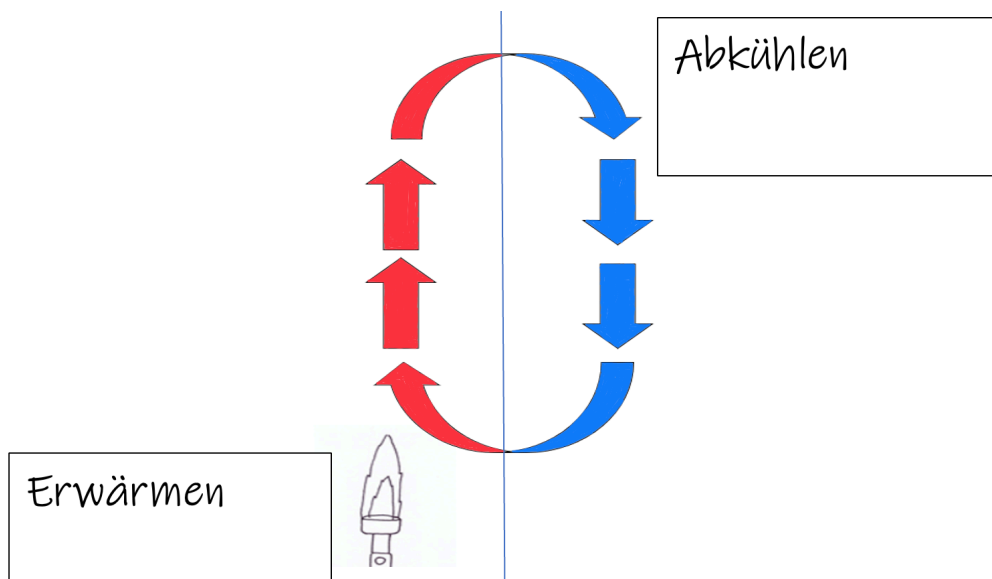
Kalte Flüssigkeit	Warme Flüssigkeit
	
Viele Teilchen auf gleichem Raum (= hohe Dichte)	Wenige Teilchen auf gleichem Raum (= geringe Dichte)

Abb. 1: Die Dichte von kalten und warmen Flüssigkeiten



Aufgabe 1

1. Male die Pfeile mit warmer Luft rot und die mit kalter Luft blau an.
2. Ergänze die Zeichnung mit folgenden Begriffen: Erwärmen, Abkühlen



Finde jemanden, der...



Aufgabe 1

Stehe auf und finde einen Partner.

Gib der Person ein "High Five" und stelle ihm/ ihr eine der Fragen.

Finde jemanden, der...

...nicht neben dir sitzt.

Name: _____

Frage: Welche Form der Wärmeübertragung ist das?: „Wärme fließt entlang eines Materials.“

Antwort: _____

...eine andere Augenfarbe als du hat.

Name: _____

Frage: Bei welcher Form der Wärmeübertragung breitet sich Wärme durch die Bewegung von Flüssigkeiten oder Gasen aus?

Antwort: _____

... ein Mädchen ist (, wenn du ein Junge bist).

... ein Junge ist (, wenn du ein Mädchen bist).

Name: _____

Frage: Welche Form der Wärmeübertragung benötigt weder Materialien noch Flüssigkeiten oder Gase?

Antwort: _____

Finde jemanden, der...



Aufgabe 1

Stehe auf und finde einen Partner.

Gib der Person ein "High Five" und stelle ihm/ ihr eine der Fragen.

Finde jemanden, der...

...nicht neben dir sitzt.

Name: _____

Frage: Welche Form der Wärmeübertragung ist das?: „Wärme fließt entlang eines Materials.“

Antwort: _____

...eine andere Augenfarbe als du hat.

Name: _____

Frage: Bei welcher Form der Wärmeübertragung breitet sich Wärme durch die Bewegung von Flüssigkeiten oder Gasen aus?

Antwort: _____

... ein Mädchen ist (, wenn du ein Junge bist).

... ein Junge ist (, wenn du ein Mädchen bist).

Name: _____

Frage: Welche Form der Wärmeübertragung benötigt weder Materialien noch Flüssigkeiten oder Gase?

Antwort: _____

Finde jemanden, der... - Lösung



Aufgabe 1

Stehe auf und finde einen Partner.

Gib der Person ein "High Five" und stelle ihm/ ihr eine der Fragen.

Finde jemanden, der...

...nicht neben dir sitzt.

Name: _____

Frage: Welche Form der Wärmeübertragung ist das?: „Wärme fließt entlang eines Materials.“

Antwort: _____ Wärmeleitung

...eine andere Augenfarbe als du hat.

Name: _____

Frage: Bei welcher Form der Wärmeübertragung breitet sich Wärme durch die Bewegung von Flüssigkeiten oder Gasen aus?

Antwort: _____ Wärmeströmung

... ein Mädchen ist (, wenn du ein Junge bist).

... ein Junge ist (, wenn du ein Mädchen bist).

Name: _____

Frage: Welche Form der Wärmeübertragung benötigt weder Materialien noch Flüssigkeiten oder Gase?

Antwort: _____ Wärmestrahlung

Wir bauen eine Kalthaltelösung



Aufgabe 1

Was soll kalt gehalten werden? _____



Aufgabe 2

Was muss eure „Lösung“ können?

Hauptfunktionen (MUSS)	Zusatzfunktionen (KANN)



Aufgabe 3

Überlege woher die Wärme kommt, die auf die „Kalthaltelösung“ einwirkt.



Aufgabe 4

Wie kannst du dein Wissen über die Ausbreitung von Wärme nutzen, um die entsprechende Wärmeübertragung zu unterbrechen. Schaue dazu in deinen Unterlagen nach:

Wärmestrahlung: _____

Wärmeleitung: _____

Wärmeströmung: _____



Aufgabe 5

Was bedeutet dies für deine Kalthaltmöglichkeit?

Wir bauen eine Kalthaltelösung - Lösung



Aufgabe 1

Was soll kalt gehalten werden? Eine Getränkeflasche 500ml.



Aufgabe 2

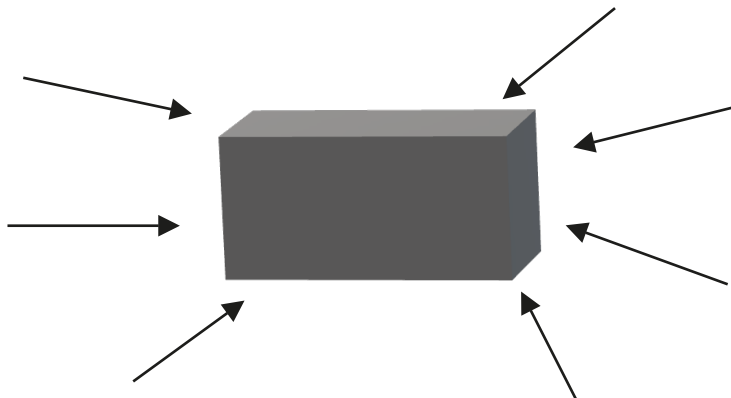
Was muss eure „Lösung“ können?

	Zusatzfunktionen (KANN)
Transportabel sein	
Die Flasche muss sicher verstaut sein	
kalt halten	
verschießbar sein	



Aufgabe 3

Überlege woher die Wärme kommt, die auf die „Kalthaltelösung“ einwirkt.



Aufgabe 4

Wie kannst du dein Wissen über die Ausbreitung von Wärme nutzen, um die entsprechende Wärmeübertragung zu unterbrechen. Schaue dazu in deinen Unterlagen nach:

Wärmestrahlung: Spiegelnde oder helle Materialien verwenden.

Wärmeleitung: Materialien mit geringem Ordnungsgrad oder mit Lufteinschlüssen verwenden. !Aufpassen bei Metallen!

Wärmeströmung: Wenig Luftzirkulation zulassen!



Aufgabe 5

Was bedeutet dies für deine Kalthaltmöglichkeit?

Die „Kalthaltelösung“ muss vor Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wärmeströmung schützen

Wie gut funktioniert deine Kalthaltelösung?



Material:

Eiswürfel, deine Konstruktion, Messröhrchen, Salbendöschen



Durchführung:

1. Gib deinen Eiswürfel in deine Salbendose.
2. Stelle die Salbendose in deine Konstruktion.
3. Warte die vorgegebene Zeit ab.
4. Nimm die Salbendose wieder aus deiner Konstruktion heraus.
5. Gib das Schmelzwasser in das Messröhrchen.



Skizze:



Beobachtung:

Vom Vergleichswürfel sind _____ ml in _____ geschmolzen.

Von meinem Eiswürfel sind _____ ml in _____ geschmolzen.



Topwerte in der Klasse:

Die große Messung



Durchführung:

Widerhole die Schritte der Testmessung. Diesmal mit mehr Zeit.



Beobachtung:

Vom Vergleichswürfel sind _____ ml in _____ geschmolzen.

Von meinem Eiswürfel sind _____ ml in _____ geschmolzen.



Topwerte in der Klasse:



Versuch Nr. 6: Verdunstungskühlung



Material:

Thermometer, Becherglas mit Wasser (Raumtemperatur), Zellstofftücher



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
Arbeite zügig und konzentriert!



Durchführung:

1. Miss die Raumtemperatur mit dem Thermometer: _____ °C
2. Miss die Wassertemperatur mit dem Thermometer: _____ °C
3. Befeuchte das Thermometer und lege es auf dein Becherglas.
4. Lies die Temperatur nach den unten aufgelisteten Zeitpunkten ab und trage sie in die Tabelle ein.

Zeit	Beginn	10 s	30 s	50 s	80 s
Temperatur					

5. Befeuchte das Thermometer wie zuvor. Schüttle das Thermometer dieses Mal.
6. Lies die Temperatur nach den untenstehenden Zeitpunkten ab und trage sie in die Tabelle ein. Schüttle nach jedem Ablesen weiter.

Zeit	Beginn	10 s	30 s	50 s	80 s
Temperatur					

7. Fertige eine Skizze des Versuchs an.



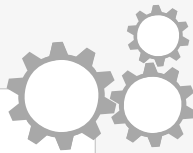
Skizze:



Beobachtung:



Folgerung:

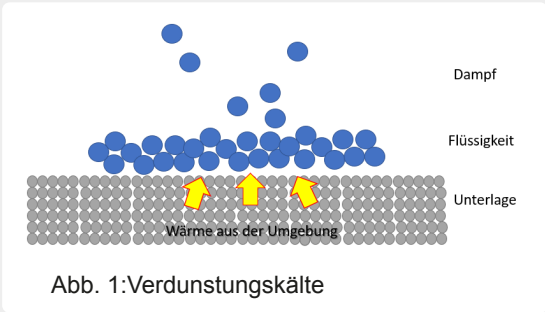


Kühlen durch Verdunstung



Bei den Termitenbauten haben wir schon davon gehört, dass das Verdunsten von Flüssigkeiten zu einer Abkühlung führt. Wenn eine Flüssigkeit verdunstet, wechselt sie ihren Aggregatzustand (s. Abb. 1). Sie wird zu einem Gas, das

wir als Dampf bezeichnen. Ermöglicht wird dieser Wechsel durch Wärme. Das kannst du besonders gut beim Kochen beobachten. Wenn du die Herdplatte anmachst, stellt diese die notwendige Wärme bereit. Das Wasser beginnt zu kochen und verdampft dann.



Beim Verdunsten einer Flüssigkeit passiert im Grunde dasselbe. Allerdings wird hier nicht so viel Wärme zugeführt. Als Wärmequelle dient die Umgebung (hier vor allem die Unterlage). Die Wärme aus der Umgebung fließt in das Wasser, woraufhin dieses verdampft und die Wärme mit sich führt. Dabei kühlt die Umgebung ab.



Aufgabe 1

Warum kühlt sich die Temperatur bei unserem Versuch ab?



Kühlen durch kalte Objekte

Auch durch die Nutzung von kalten Objekten oder Umgebungen ist eine Kühlung möglich. So nutzen Tiere ein Bad in kühlerem Schlamm oder in einem Gewässer, um sich abzukühlen. Doch warum funktioniert das?

Wärme fließt immer von einem Ort mit höherer Temperatur zu einem Ort mit geringerer Temperatur. Bringt man eine Wärmequelle in Kontakt mit einem kalten Objekt, fließt die Wärme über zum kälteren Objekt. Das kältere Objekt wird erwärmt. Gleichzeitig verliert das wärmere Objekt an Wärme und wird somit abgekühlt.



Aufgabe 2

Zeichne mit Pfeilen ein, wohin die Wärme fließt und fülle die Lücken.

Eiswürfel

Hand



Die Wärme fließt von _____ zum _____



Versuch Nr. 6: Verdunstungskühlung - Lösung



Material:

Thermometer, Becherglas mit Wasser (Raumtemperatur), Zellstofftücher



Sicherheitsbelehrung:

Beachte die Anweisungen der Lehrkraft genau!
Arbeite zügig und konzentriert!



Durchführung:

1. Miss die Raumtemperatur mit dem Thermometer: _____ °C
2. Miss die Wassertemperatur mit dem Thermometer: _____ °C
3. Befeuchte das Thermometer und lege es auf dein Becherglas.
4. Lies die Temperatur nach den unten aufgelisteten Zeitpunkten ab und trage sie in die Tabelle ein.

Zeit	Beginn	10 s	30 s	50 s	80 s
Temperatur					

5. Befeuchte das Thermometer wie zuvor. Schüttle das Thermometer dieses Mal.
6. Lies die Temperatur nach den untenstehenden Zeitpunkten ab und trage sie in die Tabelle ein. Schüttle nach jedem Ablesen weiter.

Zeit	Beginn	10 s	30 s	50 s	80 s
Temperatur					

7. Fertige eine Skizze des Versuchs an.



Skizze:



Beobachtung:

Das feuchte Thermometer wird kälter als die Wasser- und die Lufttemperatur.
Wenn das Wasser weg ist, wird es wieder wärmer.



Folgerung:

Das Wasser kühlt!

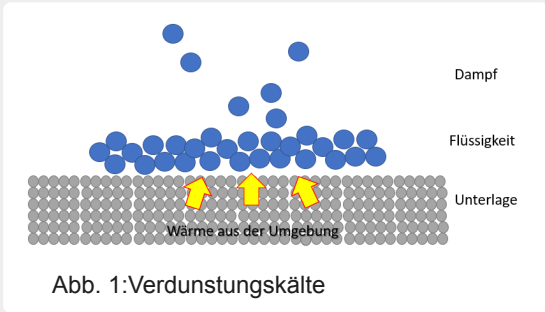


Kühlen durch Verdunstung - Lösung



Bei den Termitenbauten haben wir schon davon gehört, dass das Verdunsten von Flüssigkeiten zu einer Abkühlung führt. Wenn eine Flüssigkeit verdunstet, wechselt sie ihren Aggregatzustand (s. Abb. 1). Sie wird zu einem Gas, das

wir als Dampf bezeichnen. Ermöglicht wird dieser Wechsel durch Wärme. Das kannst du besonders gut beim Kochen beobachten. Wenn du die Herdplatte anmachst, stellt diese die notwendige Wärme bereit. Das Wasser beginnt zu kochen und verdampft dann.



Beim Verdunsten einer Flüssigkeit passiert im Grunde dasselbe. Allerdings wird hier nicht so viel Wärme zugeführt. Als Wärmequelle dient die Umgebung (hier vor allem die Unterlage). Die Wärme aus der Umgebung fließt in das Wasser, woraufhin dieses verdampft und die Wärme mit sich führt. Dabei kühlt die Umgebung ab.



Aufgabe 1

Warum kühlt sich die Temperatur bei unserem Versuch ab?

Das Wasser nimmt die Wärme der Umgebung auf und verdunstet. Dabei verliert die Umgebung Wärme und wird gekühlt.



Kühlen durch kalte Objekte

Auch durch die Nutzung von kalten Objekten oder Umgebungen ist eine Kühlung möglich. So nutzen Tiere ein Bad in kühlerem Schlamm oder in einem Gewässer, um sich abzukühlen. Doch warum funktioniert das?

Wärme fließt immer von einem Ort mit höherer Temperatur zu einem Ort mit geringerer Temperatur. Bringt man eine Wärmequelle in Kontakt mit einem kalten Objekt, fließt die Wärme über zum kälteren Objekt. Das kältere Objekt wird erwärmt. Gleichzeitig verliert das wärmere Objekt an Wärme und wird somit abgekühlt.

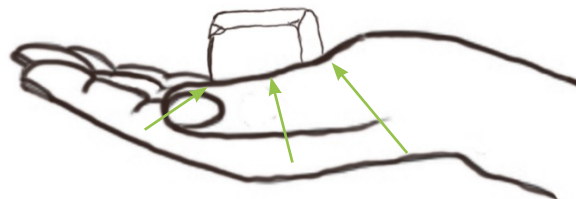


Aufgabe 2

Zeichne mit Pfeilen ein, wohin die Wärme fließt und fülle die Lücken.

Eiswürfel

Hand



Die Wärme fließt von _____ der Hand _____ zum _____ Eiswürfel _____

Bestandsliste der Kiste zur Konstruktion einer Kalthaltelösung

Anzahl	Werkzeug/ Geräte/ Vorführmaterial:
1	Wasserkocher
1	Infrarotlampe
4	Thermoskannen
8	Plastikbecher
8	Metallbecher
1	Kartenhalter
3	Pappkarten
8	digitale Thermometer
8	Teelichthalter
1	Eiswürfelform
2	kleine Seitenschneider (rot)
6	Baumwolltaschentücher
6	Fleece-Tücher
32	Salbenkruken
32	Messröhrchen
4	kleine Tacker
5	Cutter
5	Prickelnadeln
	Verbrauchsmaterial:
8	Teelichter
1	Rote-Beete Farbe
8	Pipetten
1 Packung	Eiswürfelbeutel
1 Packung	Servietten
1 Rolle	Alufolie
4 Rollen	Malerkrepp
1 Rolle	Schnur
1 Pack	Haushaltsgummis
100	Musterbeutelklammern
2 Rollen	Draht