

## „Heiße Kiste“



### Überblick

**Zeitpunkt:** Am besten **in den ersten Unterrichtswochen**, auf jeden Fall aber vor dem Einstieg in die Wärmelehre (Das Projekt wird eine Woche vor der Durchführung angekündigt, damit die Jugendlichen selber Material zusammentragen und planen können.)

**Zeitbedarf:** **Unbedingt notwendig:** Ein Projekttag (3-4 Unterrichtsstunden am Stück im selben Raum)  
**Zusätzlich:** Weitere Einzel- oder Doppelstunden, je nachdem, wie tief in das Thema eingestiegen werden soll

**Material:** **Werkzeug** (Sägen, Feilen, Klebstoff, Klebeband, Hämmer, Nägel), **Baumaterial** (Glas-, Karton- Styropor- und Holzabfälle)  
**Von den Jugendlichen mitgebrachtes Werkzeug und Material:** (erfahrungsgemäß sehr umfangreich)

**Inhalte:** **Wärmetransportmechanismen; Erkenntnisgewinnung; Physikalische Arbeitsweisen; Handwerkliches Arbeiten; Arbeiten im Team**

**Bezug zum Thema Lebensmittel:** **Energie von der Sonne; Treibhäuser**

**Kurzbeschreibung:** Bei der Unterrichtssequenz „Heißen Kiste“ handelt es sich um eine, der - in Dokumentation im Punkt „Arbeitsschritte und Vorgehen“ beschriebenen – **Initialveranstaltungen**, an die sich Schülerprojekte anknüpfen können.  
Am Anfang der Unterrichtssequenz steht ein **Projekttag**, bei dem die Schülerinnen und Schüler den Auftrag erhalten, in Gruppen eine Kiste zu bauen, in der es so heiß wird, wie möglich. Einzige Energiequelle ist dabei die Sonne.  
Wenn die Kisten fertig und die Rekordtemperaturen gemessen sind, setzt die Reflexionsphase ein. Anhand der vielfältigen Kistenformen, kann hervorragend erarbeitet werden, was eine **Hypothese** ist. Die Hypothesen, die implizit in den Kistenformen enthalten sind, können explizit formuliert werden. Es können Versuche geplant werden, wie diese Hypothesen überprüft und die Kisten optimiert werden können.

**Besonderheiten:** **Hohes Motivationspotential**



## Sachanalyse und Lehrplanbezug

Im Physikunterricht der 8. Klasse werden am Anfang Energieumwandlungen an lebensnahen Beispielen qualitativ beschrieben. Bei konsequenter Rückverfolgung von Energieflussdiagrammen wird schnell klar, dass am Anfang einer Energiekette fast immer die Energie aus der Kernfusion in der Sonne steht, die durch Strahlung auf die Erde transportiert wird. Chemische Energie, die in Nahrungsmitteln „steckt“, entsteht durch Photosynthese (-> NuT 6; **Bio** ; **Ch**), alle fossilen Energieträger sind aus Biomasse entstanden, die ihre Existenz wieder der Photosynthese verdankt, letztlich sind sogar Wind- und Wasserenergie auf die Energie der Sonne zurückzuführen. Deshalb darf dieser Aspekt im Unterricht nicht vernachlässigt werden, auch wenn in der 8. Klasse im Zusammenhang mit Strahlung (zumindest am Anfang des Schuljahres<sup>1</sup>) noch keine quantitativen Energiebetrachtungen angestellt werden können.

Das Projekt knüpft an sehr viele im Fachprofil Physik beschriebene Lernziele an. Im Jahrgangsstufenlehrplan werden die Punkte 8.1 (Energieumwandlungen und Energie als Erhaltungsgröße) und 8.2 (Wärmetransportmechanismen) bedient. Viele der von Schüler gebauten Kisten werden einen ähnlichen Aufbau besitzen. Sichtbares Licht transportiert Energie durch eine Glasscheibe ins Innere der Kiste. An den Kistenwänden wird – je nach Beschaffenheit – ein Teil des sichtbaren Lichtes absorbiert. Die Energie wird in Form von Wärmestrahlung wieder abgegeben. Wärmestrahlung kann die Glasscheibe nicht durchdringen, außerdem verhindert die Glasscheibe den Wärmetransport durch Konvektion. Die innere Energie der Luft im Kisteninneren und der Kistenwände nimmt zu und damit die Temperatur. Durch die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenwand kommt es zur Wärmeleitung in den Kistenwänden. Die Kiste gibt auf diese Weise (Vor allem durch Wärmestrahlung der Außenwände) wieder Energie ab. Das Kisteninnere heizt sich so lange auf, bis ein Strahlungsgleichgewicht entsteht. Es können also an einer selbst gebauten Kiste alle im Unterricht zu behandelnden Wärmetransportmechanismen veranschaulicht werden.

Im Profilbereich kann weiter fachlich vertieft werden. Alternativ können auch Einzelgruppen mit ihren Forschungsarbeiten an das Projekt anknüpfen. Dabei können z.B. Temperaturgradienten innerhalb der Kistenwände gemessen werden, die Außenwände können mit Hilfe einer Wärmebildkamera optimiert werden,... (vgl. dazu auch Punkt: „Ablauf“)

## Didaktische und organisatorische Vorbemerkungen

Das Projekt kann –oder soll - ohne in der 8. Klasse erworbenes Vorwissen durchgeführt werden. Alle Jugendlichen in diesem Alter haben aus dem Alltag, aus Medien, aus dem Heimat und Sachkundeunterricht, aus dem NuT-Unterricht – mehr oder weniger präzise - Präkonzepte, die ihnen sagen, wie in einer Kiste „Wärme von der Sonne eingefangen werden kann“.

---

<sup>1</sup> Im Lehrplan für den Profilbereich wird aber unter anderem die Messung der Solarkonstanten vorgeschlagen. Die Messung ist möglich, die Einheiten sind bekannt. Das Wesen der elektromagnetischen Strahlung braucht dabei nicht näher beleuchtet werden.



Welches Vorwissen und welche Präkonzepte die Schülerinnen und Schüler besitzen, kann die Lehrkraft schon am mitgebrachten Baumaterial ahnen. Während des Kistenbaus werden von den Schülerinnen und Schülern viele Fragen gestellt:

- Ist es besser wenn wir die Rettungsdecke mit Gold nach außen oder nach innen einbauen?
- Ist es besser wenn die Kiste innen reflektiert oder wenn sie innen schwarz ist?
- Nimmt die Kiste jetzt weniger Wärme auf, wenn wir die schwarzen Wände mit gelben Blumen verzieren?
- usw.

Das gibt weiteren Aufschluss über vorhandene Präkonzepte. In der Startphase des Projekts werden Fragen dieser Art am besten mit der Gegenfrage: „Wie können wir das herausbekommen?“ beantwortet. Selbst bei offensichtlichen Fehlvorstellungen muss im Vorfeld kein Versuch zur Richtigstellung unternommen werden. Eine Kiste, in der die Temperatur überhaupt nicht steigt, hilft in dieser Beziehung viel mehr, als gut gemeinte Belehrung seitens der Lehrkraft<sup>2</sup>. Die Gegenfrage motiviert zum Nachdenken über Versuchsstrategien, wie Vermutungen bestätigt oder widerlegt werden können.



Hauptziel dieses Projekts ist es, zusammen mit den Schülerinnen und Schülern anhand der gebastelten Kisten die eigenen Präkonzepte aufzudecken, zu formulieren und zu präzisieren. Die Schülerinnen und Schüler sollen im Laufe des Projekts die „Hypothesen“, die zur Bauform, zur Materialauswahl und zur Farbgebung ihrer Kiste geführt haben, möglichst präzise formulieren können.

Die Vielfalt der entstanden Kisten und die jeweils gemessenen Maximaltemperaturen geben die Möglichkeit, über diese Hypothesen zu diskutieren und neue Fragen zu stellen:

- Weshalb könnte die Temperatur in dieser Kiste höher sein als in der anderen?
- Weshalb ist die Temperatur in meiner Kiste gar nicht gestiegen?
- usw.

Die ursprünglichen Hypothesen können dann nochmal überdacht und entweder gleich verworfen oder verfeinert werden.

Gemeinsam wird jetzt nach Möglichkeiten gesucht, wie diese Hypothesen geprüft werden können. Es wird schnell klar, dass immer nur die Eigenschaft der Kiste geändert werden darf, deren Einfluss auf die Maximaltemperatur gerade untersucht werden soll, und alle anderen Faktoren konstant bleiben müssen. Es hängt vom Zeitpunkt ab, zu dem das Projekt durchgeführt wird, ob die Schüler diese Vorgehensweise von der Bestimmung der Terme für die kinetische und die elastische Energie schon kennen oder ob sie sie dort wiederverwenden können.

<sup>2</sup> Mehr dazu auch unter Punkt „Fallbeispiele“



Aus mehreren Gründen bietet sich die Durchführung des Projekts zu einem frühen Zeitpunkt im Schuljahr (dritte oder vierte Unterrichtswoche) an:

- Das Projekt hat ein hohes Motivationspotential. Bisher entwickelten bei jeder Durchführung alle Schülerinnen und Schüler ohne Ausnahme großen Ehrgeiz, eine schöne, wenn nicht sogar die heißeste Kiste zu bauen. Bestimmt spielt auch die Lust an der praktischen Arbeit eine große Rolle.
- Die Wahrscheinlichkeit, am Kistenbautag oder kurz danach schönes Wetter für erste Messungen zu haben, ist im Oktober wesentlich größer als im Winter.
- Am Anfang des Schuljahres werden noch keine Schulaufgaben geschrieben. Das erleichtert die Organisation des Projekttages.
- Die Themen „Energieumformungen“ und „Energieerhaltung“ werden zeitnah unterrichtet. Beim Thema „Wärmelehre“ kann später auf die fertigen Kisten zurückgegriffen werden.

### Praktische Tipps

- Heißkleber klebt fast alles.
- Die „Infrastruktur“ eines Werk- oder Kunstraums ist für das Projekt geeigneter als der Physikraum. Eventuell kann der Kunstlehrer sogar zur Kooperation gewonnen werden.
- Je inhomogener die bereitgestellten und mitgebrachten Materialien sind, desto mehr wird die Phantasie für Problemlösungen angeregt. Keine Angst: Bei diesem Projekt finden die Schülerinnen und Schüler für jedes Problem eine Lösung. Glasplatten werden mit Heißkleber zusammengefügt, dicke Styroporplatten werden mit dem Fuchsschwanz gespalten,... Fertige Bausätze wären sowohl für die Kreativität als auch für die Kistenvielfalt der Tod.
- Glasreste gibt es für wenig Geld oder sogar umsonst beim Glaser. Er muss nur rechtzeitig Bescheid wissen, damit er eine Zeit lang Reste aufbewahrt und nicht sofort entsorgt.



## Ablauf

Der folgende Ablaufplan beschreibt eine „Maximalversion“ des Projekts. Es sollte mit der ganzen Klasse mindestens soweit durchgeführt werden, bis die Fragestellungen an die erste Version der Kisten bearbeitet worden sind. Interessierte Schülerinnen und Schüler können mit ihren eigenen Forschungsarbeiten direkt an das Projekt anknüpfen.

**Auftrag I:** In einer Woche gibt es einen Projekttag. An diesem Tag baust du mit einer Gruppe von zwei bis maximal vier Mitgliedern eine Kiste, in der es möglichst heiß wird! Einzige Wärmequelle ist dabei die Sonne.  
Bring für diesen Tag alle Materialreste, Bastelmaterialein und Werkzeuge mit, die dir geeignet erscheinen!

**Projekttag:** Herstellung der Kisten. Für den Kistenbau und die Aufräumarbeiten müssen drei Schulstunden veranschlagt werden. Stehen vier Schulstunden oder mehr zur Verfügung, kann am selben Tag noch gemessen werden. Eventuell kann sogar die Bearbeitung der folgenden Fragestellung angehängt werden.

Fragestellung an der ersten Version der Kästen:

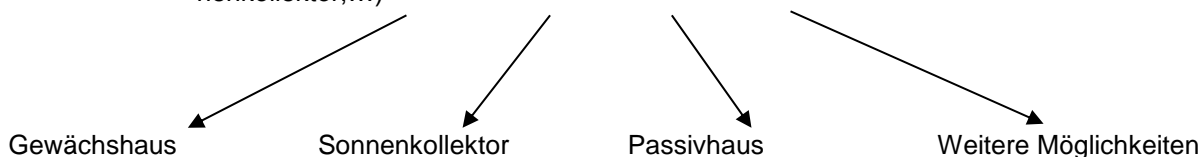
Vergleiche die Kästen, bei denen unterschiedliche Maximaltemperaturen erreicht werden, und notiere die Unterschiede!  
(Bilde dabei Wenn – Dann – Sätze bzw. Je – Desto – Sätze)

→ Alle Parameter (alle „wenn- und je –Vermutungen“), die eine Rolle spielen könnten, werden gesammelt. (Außen- und Innenmaße, Farbe, Materialien, ...)

**Auftrag II:** Optimierte die Kiste! Jede Gruppe nutzt dabei eine der aufgestellten Vermutungen! Finde heraus, welche Vermutungen sich zu bestätigen scheinen und welche wahrscheinlich falsch waren!

→ Systematische, experimentelle Bestätigung oder Falsifizierung der Hypothesen. Alle Parameter, die tatsächlich eine Rolle zu spielen scheinen, werden festgehalten.

**Auftrag III:** Erfinde eine Anwendungsmöglichkeit der Kiste!  
Jedes Team arbeitet nach Interessenslage an einer Anwendung. Das Produkt kann sehr unterschiedlich ausfallen. (Texte, Pläne, Modelle, echtes Gewächshaus oder echter Sonnenkollektor, ...)



Warum – Fragen und theoretischen Hintergründe können durch direkten Input des Lehrers geklärt oder mit geeigneten, vorgefertigten Texten selber erarbeitet werden.

- Innere Energie
- Temperatur und Wärme
- Wärmestrahlung, Wärmetransport durch Konvektion, Wärmeleitung
- Spektrum des Lichts und Transmission bei Glas und Folie (entsprechende Spektren aufnehmen oder aufnehmen lassen)

Im Verlauf des „normalen“ Unterrichts soll so oft wie möglich auf die verschiedenen Schülerarbeiten zurückgegriffen werden. Die meisten Unterrichtsinhalte in der Wärmelehre lassen sich eng mit den Projektthemen verknüpfen.

Interessierte Schülerinnen und Schüler forschen unterdessen (evtl. in einer AG) mit geeigneten, erweiterten Fragestellungen an ihren Projekten weiter. Der Prozess wird mit Interesse beratend begleitet.



## Ausblicke

Einige der Schülerforschungsarbeiten im ersten „HoriZONTec-Jahr“ knüpften zwar nicht direkt an das Unterrichtsprojekt „Heiße Kiste“ an, entwickelten das Thema aber weiter. Dabei konnten die Schülerinnen und Schüler ihr im Projekt erworbenes Wissen und ihre erworbenen Fähigkeiten in ihre Arbeiten einbringen. Die Themen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Deckblatt und Gliederung einer Schülerarbeit, in der die Idee der „Heißen Kiste“ ohne neue Fragestellungen weiterentwickelt wurde, sind unter dem Punkt Fallbeispiele angehängt.

Gruppe	Thema/Fragestellung	Praktische Arbeit
1.	<b>Gewächs-Hochhaus</b> - Was kann in Nürnberg im Winter wachsen?	Aussaat verschiedener Pflanzen in einem mehrstöckigen Minigewächshaus im Winter
2.	<b>Erderwärmung</b> - Wie es dazu kommt und was kann man dagegen tun kann	Erstellung eines Verhaltenskatalogs für Achtklässler als Beitrag zur Verminderung der Erderwärmung
3.	<b>Vertical Farming</b> - Gewächshäuser der Zukunft – Energieaspekte; Standorte; Probleme	Künstlerische Gestaltung von Zukunftsvisionen
4.	<b>Passivhäuser</b> - möglicher Aufbau und physikalische Grundlagen	Zeichnungen, Pläne, Entwürfe und Modellbau
5.	<b>Das Sonnenhaus</b> – Ein Passivhaus, das sich nach der Sonne dreht	Messungen am selbstgebauten Modell



## Fallbeispiele

### 1. Styroporkiste mit Parabolspiegel - Beispiel für eine Kiste, die einfach nicht heiß werden wollte

Diese beiden Jungs bauten eine Kiste mit dicken Styroporwänden, die an der Innenseite schwarz angestrichen wurden. Die Deckfläche hatte ein kleines Loch. Aus Spiegelkarton bauten sie dann einen Parabolspiegel – ebenfalls mit Loch – der dann auf die Deckfläche der Kiste gesetzt wurde.

Das Konzept ist klar: Durch den Spiegel wird das Licht „eingefangen“ und „fließt“ wie durch einen Trichter in die Kiste. Dort wird es an den schwarzen Wänden in Wärme umgewandelt. Die Wärme kann durch die dicke Styroporschicht nicht mehr nach außen gelangen.

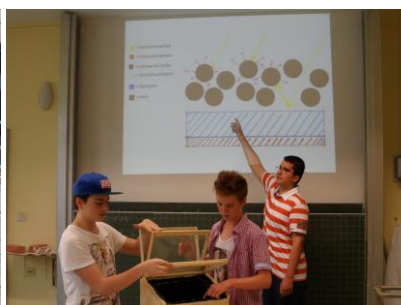
Eine Temperaturzunahme im Inneren der Kiste war selbst bei voller Sonneneinstrahlung nicht zu messen.



Natürlich waren die Jungs zunächst enttäuscht und konnten sich den Misserfolg nicht erklären. Es konnte aber auch sonst niemand in der Klasse erklären, weshalb die Kiste „nicht funktioniert“. Im Klassenverband konnte dann aber erarbeitet werden, wie das einfallende Licht reflektiert wird. Die Idee, Sonnenlicht auf einer möglichst großen Fläche „einzufangen“, wurde gelobt und es wurde der Ort gesucht, an dem sich die Kiste – allerdings in kleinerer Ausführung – befinden müsste, damit mit dieser Anordnung sehr hohe Temperaturen erzeugt werden können: im Brennpunkt des Spiegels. Das Prinzip des Sonnenofens war nacherfunden.

### 2. Thermo-Chest

Auf der folgenden Seite sind Deckblatt und Gliederung einer Schülerforschungsarbeit zu sehen, die direkt an das Klassenprojekt anknüpfte. Systematisch wurden einzelne Parameter variiert, Messreihen durchgeführt und ausgewertet. Die maximalen Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Außentemperatur betragen am Ende fast 70K.



## THERMO CHEST

### Kurzfassung des Projektes „Thermo Chest“

Mit der Thermo Chest, unserer selbst gebauten Kiste, welche gut die Energie des Sonnenlichts aufnimmt und möglichst nicht mehr abgibt, wollen wir so hohe Temperaturen erreichen wie möglich.

Wir untersuchen die Abhängigkeit der Innentemperatur vom Oberflächenmaterial der Innenwände und deren Farbe und von der Anzahl der Glasscheiben auf der Oberseite und versuchen so, unsere Kiste zu optimieren. Theoretisch erklären wir, welche Rolle Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Konvektion bei unserer Kiste spielen.



I

Von Ferdinand Kohler

(Partner: Alexander Wiedemann, Hiwa Khamo)

## Gliederung

1. Ziel unseres Projektes (S.3)
2. Theoretische Ideen, Planungen, Erklärungen (S.4-14)
  - 2.1 Ideen-Verlauf (S.4-9)
  - 2.2 Temperatur in Abhängigkeit des Oberflächenmaterials der Innenwände und deren Farbe (S.10-12)
  - 2.3 Eigenschaften der Kiste in Bezug auf die drei Wärmeübertragungsmechanismen (S.13-14)
3. Bau (S.15-19)
4. Versuche (S.20-28)
  - 4.1 Blech mit natürlichem Silber (S.20-21)
  - 4.2 Blech schwarzgefärbt (gute Bedingungen) (S.22-24)
  - 4.3 Blech schwarzgefärbt (schlechte Bedingungen) (S.25-26)
  - 4.4 Schwarzer Stoff (im Vergleich zu schwarzem Blech) (S.27-28)
5. Auswertung und Vergleiche (S.29-35)
  - 5.1 Vergleich der Versuche 4.2 und 4.3 (S.29-30)
  - 5.2 Vergleich der Versuche 4.1, 4.3 und 4.4 (S.31-35)
6. Quellenangaben (S.36)

