

## I Hinweise zum Einsatz der Aufgabenserien zur Wärmeübertragung

(Version für Realschulen & Gymnasien)

Die Aufgabenkarten sind als Word- und pdf-Dokument verfügbar. Die Word-Dokumente können genutzt werden, um Veränderungen an den Aufgabentexten vorzunehmen (z.B. weil andere Materialien genutzt werden müssen, um Aufgaben zu ergänzen usw.). Da die Bearbeitung der Aufgabenserien in Gruppenarbeit erfolgt, erhält jede Gruppe (für jede Serie) einen Satz von Aufgabenkarten sowie eine Materialkiste mit dem dazugehörigen Experimentiermaterial. Wenn etwas aufgeschrieben werden soll, erfolgt dies direkt auf den Karten. In diesen Fällen sind auf den Karten Hilfslinien angegeben.

### Ausdrucken und Zusammenstellen der Aufgabenkarten

Obwohl die Seitengröße in den zur Verfügung gestellten Dokumentdateien DIN-A4 beträgt, ist die Schriftgröße auf den Karten so ausgelegt, dass immer zwei oder vier Karten auf eine DIN-A4-Seite ausgedruckt werden sollten. Der Ausdruck von zwei (bzw. vier) Karten pro DIN-A4-Seite erfolgt über die „Mehrere-Seiten-pro-Blatt-Funktion“ in den Druckeinstellungen. Anschließend müssen die Karten noch geschnitten und in die richtige Reihenfolge sortiert werden (dies nimmt ein gewisse Zeitdauer ein!). Das Schneiden und Sortieren der Karten entfällt, wenn der Ausdruck auf DIN-A5-Papier erfolgt (also eine Karte pro Blatt).

**Tipp:** Das zeitaufwändige Sortieren entfällt ebenfalls, wenn man *jede* Aufgabenkarte einer Aufgabenserie im Word- oder pdf-Dokument verzweifacht bzw. vervierfacht und dann immer zwei bzw. vier Karten auf eine DIN-A4-Seite druckt.<sup>1</sup> Nach dem Ausdruck befindet sich dann auf einer DIN-A4-Seite immer die gleiche Karte mehrfach. Außerdem liegen nach dem Ausdruck Karten mit aufsteigender Nummerierung untereinander auf jeweils einer eigenen Seite, so dass sich die Karten nach dem Schneiden „automatisch“ in der richtigen Reihenfolge befinden. Unter den zum Download angebotenen Dateien befindet sich für jede Aufgabenserie eine pdf-Datei, bei der dieses Vorgehen angewandt wurde (die Dateinamen haben die Endung „\_vierfach“).

Karten, auf denen keine Messwerte oder Beobachtungen notiert werden sollen, können wieder verwendet werden. Es müssen dann nur solche Karten erneut ausgedruckt werden, auf denen etwas aufgeschrieben werden soll. Alternativ können die Karten laminiert werden und Antworten mithilfe eines wasserlöslichen Folienstiftes notiert werden. Als weitere Möglichkeit können Stellen, an denen etwas aufgeschrieben werden soll, mit beschreibbaren Klebestreifen versehen werden (z.B. zugeschnittene Adressaufkleber oder Post-Its). Die Klebestreifen können nach Benutzung durch neue ersetzt werden.

### Zusammenstellen der Experimentiermaterialien

Die Materialkisten enthalten immer einen „Basissatz“ von Gegenständen, der für alle Serien gleich ist, und einige weitere Gegenstände, die nur für bestimmte Serien erforderlich sind (s. Materialliste am Ende dieses Dokuments). Zusätzlich ist der Einsatz einer sog. „Ablagekiste“ zu empfehlen, in die Schüler erwärmte bzw. abgekühlte Gegenstände hineinlegen können. Dadurch wird verhindert, dass beim Zurücklegen von erwärmten bzw. abgekühlten Gegenständen in die Materialkiste die Temperatur noch nicht benutzter Gegenstände verändert wird. Alternativ kann auch eine auf dem Tisch speziell markierte „Ablagefläche“ genutzt werden (z.B. durch Ausbreitung eines Handtuchs oder Papiertuchs).

---

<sup>1</sup> Dies gelingt besonders mühelos mit einem Programm zum Erstellen und Bearbeiten von pdf-Dokumenten, z.B. Adobe Acrobat.

Vor dem Einsatz müssen außerdem einmalig einige Gegenstände besonders vorbereitet werden:

- Modifizierte Gel-Packs mit gleichmäßig dicker Gel-Verteilung
- Jeweils ein Klotz aus Holz, Styropor, Aluminium, Stein mit einer Halbbohrung für die Aufnahme eines Flüssigkeitsthermometers
- Kleine „Taschen“ aus weißem Papier, schwarzem Papier und Aluminiumfolie, in die ein Einstechthermometer gesteckt werden kann
- Reagenzgläser, umwickelt mit weißem Papier, schwarzem Papier und Aluminiumfolie

### Einsatz der Aufgabenserien im Unterricht

Es wird folgende Verteilung der Serien auf Unterrichtsstunden (á 45min) vorgeschlagen:

Stunde	Serie	Inhaltlicher Schwerpunkt
1.	1 2	Wärmeempfinden Temperaturausgleich [zeitlich knapp]
2.	[2] 3	[evtl. Fortsetzung Temperaturausgleich] Wärmeübertragungen
3.	4 [5]	Wärmeleitung [Wärmeempfinden & Wärmeleitung (optional)]
4.	6	Wärmedämmung
5.	7 8	Wärmeübertragung durch Beleuchtung Zwei Arten der Wärmeübertragung und ihre Erschwerung [Argumentationsaufgabe Schneemänner (optional)]

Im Unterricht sollten jeder Schülergruppe immer nur die Aufgabenkarten der jeweils neu zu bearbeitenden Serie zur Verfügung gestellt werden. Wenn eine Gruppe mit einer Aufgabenserie fertig ist, soll sie sich bei der Lehrkraft einen neuen Kartensatz abholen. Aufgabenkarten bereits bearbeiteter Serien müssen den Schülergruppen weiterhin zur Verfügung stehen, da für die Bearbeitung späterer Aufgabenkarten teilweise auf aufgeschriebene Beobachtungen usw. aus früheren Aufgabenkarten zurückgegriffen werden muss. Es wird empfohlen, nach den Serien 2, 4 (bzw. 5), 6 und 8 jeweils eine kurze Sicherungsphase in den Unterricht zu integrieren, um zu ermitteln, ob von den Schülern tatsächlich die in den Serien angestrebten Beobachtungen gemacht und damit die angestrebten fachlichen Erkenntnisse überhaupt entdeckt wurden. Da die Gruppen für die Bearbeitung einer Aufgabenserie in der Regel unterschiedlich lange brauchen, muss für schnelle Gruppen an Zusatzaufgaben gedacht werden. Am Ende der Serie 2 können die Zusatzkarten A-D als Zusatzaufgaben benutzt werden. Am Ende der Serie 4 können schnelle Gruppen die Serie 5 als Zusatzserie bearbeiten. Am Ende von Serie 8 kann die Argumentationsaufgabe als Zusatzaufgabe eingesetzt werden.

Alle Aufgabenserien wurden im Rahmen einer Forschungsstudie mit Schülerinnen und Schülern des Gymnasiums (Klasse 8 und 11) erprobt. Erfahrungen aus der Erprobung werden in einem Artikel der Zeitschrift „Unterricht Physik“ berichtet (Rogge & Linxweiler, 2008).

Über Rückmeldungen zum Einsatz des Materials sowie über Hinweise zur Optimierung würden wir uns sehr freuen!

Ansprechpartner: Christian Rogge, E-Mail: [christian.rogge@didaktik.physik.uni-giessen.de](mailto:christian.rogge@didaktik.physik.uni-giessen.de)  
Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Didaktik der Physik

### Literatur

Rogge, C. & Linxweiler, U. (2008). Der ist doch voll viel kälter! Wärmeempfinden, der Nullte Hauptsatz der Wärmelehre und erste Aspekte der Wärmeübertragung. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 19, Heft 108, 26-33.

## Änderungen an diesem Dokument bzw. am Lernmaterial gegenüber der Version vom 21.01.2009

- *Änderung:* Materiallisten enthalten etwas leichter verfügbare Gegenstände (z.B. Keramikbecher und Bechergläser statt teurer Isoliergefäße)
- *Änderung:* Anpassung der Aufgabekarten an die neuen Materiallisten
- *Neu:* Materialliste enthält Foto einer möglichen Zusammenstellung einer Materialkiste
- *Neu:* Angabe eines Tipps, mit dessen Hilfe das zeitaufwändige Sortieren der Karten vermieden werden kann
- *Neu:* Zusatzkarten A-D als Zusatzangebot für Gruppen, die besonders schnell arbeiten

## II Materiallisten

### Wichtige Vorbemerkungen:

- Wesentlicher Bestandteil der Versuchsmaterialien sind sog. Oberflächenthermometer, die einen speziellen Messfühler für die Bestimmung der Temperatur von Oberflächen besitzen. Der Umfang der messbaren Oberflächen unterscheidet sich von der Art des Oberflächenfühlers: Ideal geeignet sind „flexible“ Messfühler, mit denen die Temperatur von beliebigen, insbesondere unebenen bzw. rauen Oberflächen gemessen werden kann, z.B. „Testo Oberflächenthermometer mit Kreuzbandfühler 905-T2“ (ca. 75 EUR bei Conrad). Alternativ dazu gibt es „starre“ Messfühler für plane Oberflächen, z.B. „Votcraft Oberflächen-Thermostick DOT 150“ (ca. 15 EUR bei Conrad). Letztere haben jedoch den Nachteil, dass Temperaturen nur an glatten und ebenen Stellen von Gegenständen zuverlässig gemessen werden können. **Für den Einsatz der Aufgabenserien wird vorausgesetzt, dass Oberflächenthermometer mit flexiblem Messfühler zur Verfügung stehen.** Falls Oberflächenthermometer für ausschließlich plane Oberflächen eingesetzt werden sollen, muss das Lernmaterial dementsprechend angepasst werden.
- Es muss darauf geachtet werden, dass die Gegenstände in den Materialkisten alle ungefähr die gleiche Temperatur haben ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). Daher müssen die Materialkisten einen Tag vor dem Unterricht in den jeweiligen Raum bzw. Sammlung gestellt werden. Räume mit starken Temperaturschwankungen im Tagesverlauf sollten vermieden werden. Außerdem darf die Temperatur des Raumes sowie der Gegenstände nicht höher als ca.  $26^\circ\text{C}$  sein, sonst ergibt sich ein verändertes Wärmeempfinden der Gegenstände.
- Bei den Aufgabenserien 2, 3, 4 und 6 wird für die Durchführung von Versuchen heißes Wasser benötigt (je Schülergruppe eine Isolierkanne mit heißem Wasser). Für die Vorbereitung des heißen Wassers muss die dafür benötigte Zeit berücksichtigt werden (z.B. bei sechs Schülergruppen Zeit für das Erhitzen von heißem Wasser für sechs Isolierkannen).
- Der Versuch zum Warmhalten heißer Gel-Packs bzw. zum Kalthalten kalter Gel-Packs (s. Aufgabenserie 6) „klappt“ nicht immer, d.h. es werden Temperaturwerte gemessen, die nicht den gewünschten Vorteil von Wärmeisolatoren als Isolationsmaterial zeigen. Mögliche Fehlerquellen sind:
  - die Wartezeit zwischen dem Ein- und Auswickeln der Gel-Packs ist zu kurz, so dass sich keine deutlichen Temperaturunterschiede messen lassen,
  - die Gel-Packs haben vor Versuchsbeginn nicht die gleiche Temperatur,
  - Messfehler (z.B. durch nicht richtiges Aufdrücken des Messfühlers auf das Gel-Pack)

## Material für die Aufgabenserien 1-5

### Je Gruppe:

- 1 Isolierkanne mit heißem Wasser (ca. 80-90°C)<sup>2</sup>
- 1 Materialkiste
- 1 kleine Ablagekiste
- 1 Oberflächenthermometer
- 1 Einstechthermometer (digital)
- 1 Flüssigkeitsthermometer
- 1 Stoppuhr
- 1 Kurzzeitmesser
- 1 Gel-Pack<sup>3</sup>
- 1 Schere (mit Schneide aus Metall und Griff aus Plastik)
- 2 Bechergläser (möglichst aus Plastik, 250ml)
- 1 Alu-Becher (optional)
- 1 Keramik-Becher
- 1 Plastikbecher
- 2 gleich große Plastiklöffel
- 1 Plastiklöffel
- 1 Edelstahlöffel
- 1 Plastikgabel
- „Kleinkram“, z.B. 1 Korken, 1 Flummi, 1 Gummistopfen
- 1 Bierdeckel
- 1 Filzstück
- 1 Papierserviette
- 1 Schaumstoffstück
- 1 Wolltuchstück
- 2 Stativstangen (30cm lang)
- Je ein Stab (Länge: 15cm, Dicke: ca. 8mm) aus Holz, Plastik, Glas, Aluminium, Stahl, Kupfer, Messing<sup>4</sup>
- 1 großer Eisennagel
- Je ein Klotz<sup>5</sup> (Kantenlänge: z.B. ca. 4cm) aus Stahl, Holz, Aluminium, Messing, Styropor, Plastik, Granit, Sandstein
- Je eine Platte (Größe: ca. 10x10cm) aus Aluminium, Holz und Plastik/Plexiglas



<sup>2</sup> Heißes Wasser wird in den Serien 2-4 sowie 6 benötigt.

<sup>3</sup> Kalt-Warm-Kompresse, Größe z.B. ca. 10x10cm, Dicke: ca. 1cm, mit möglichst gleichmäßig dicker Gel-Verteilung, ggfs. das gesamte Gel auf eine Seite der Grundfläche des Gel-Packs drücken und das Gel-Pack mithilfe eines Folienschweißgerätes auf ein kleineres Format „verschweißen“.

<sup>4</sup> Es müssen nicht zwangsläufig Stäbe für jedes hier aufgeführte Material vorliegen.

<sup>5</sup> Die Form der Klötze ist nicht entscheidend. Es können z.B. Werkstoff-Reste genutzt werden, die evtl. bei in der Umgebung ansässigen Metall-Werkstätten, Steinmetzen usw. kostenlos erhältlich sind. Styropor- und Holzklötze können selbst angefertigt werden. Die Gegenstände sollten aber nicht zu klein sein, da sich die Gegenstände sonst zu schnell durch Kontakt mit der Hand erwärmen.

**Am Pult:**

- 1 Isolierkanne mit kaltem (Eis-)Wasser (ca. 0-5°C)<sup>6</sup>
- 1 thermoelektrische Kühlbox, die möglichst einen Tag vor dem Unterricht eingeschaltet wird und folgende Gegenstände enthält:
  - Je ein Klotz (Kantenlänge: ca. 4cm) aus z.B. Aluminium, Stein, Styropor und Holz mit Halbbohrung für Einsatz eines Flüssigkeits- oder Digitalthermometers
  - Flüssigkeits- oder Digitalthermometer zum Einsetzen in die Bohrungen (am besten zusätzlich an den Klötzen fixieren)
  - 1 auf dem Boden der Kühlbox liegendes Thermometer, Plastikmesser (für jede Schülergruppe mindestens eins)
- Aufgabenserien 1-5, Zusatzkarten A-D (für jede Schülergruppe)



<sup>6</sup> Kaltes Wasser wird in den Serien 2 und 4 benötigt.

**Material für die Aufgabenserie 6** (zusätzlich zum Material für die Serien 1-5)**Am Pult:**

- 1 verschließbares Isoliergefäß mit Eiswürfeln (für jede Schülergruppe 3 Eiswürfel)
- Für jede Schülergruppe:
  - heiße (ca. 55-60°C) Gel-Packs (ca. 15 Minuten vor der Veranstaltung in einen Topf (s.u.) mit ca. 80°C heißem Wasser legen). Die Gel-Packs sollten möglichst ungefähr die gleiche Temperatur besitzen ( $\pm 1^\circ\text{C}$ )! [Vorher testen]
  - kalte (ca. -20°C) Gel-Packs, die spätestens einen Tag vor der Nutzung ins Tiefkühlfach eines Kühlschranks gelegt wurden. Die Gel-Packs sollten möglichst ungefähr die gleiche Temperatur besitzen ( $\pm 1^\circ\text{C}$ )! [Vorher testen]
- 1 Kochtopf mit Deckel, 1 Holzzange, 1 Handtuch (zum Abtrocknen der Gel-Packs nach dem Herausholen)
- 2 Alufolien (4 Schichten), 2 Frottee-Handtücher (Baumwolle), 2 Wolltücher (alle ungefähr gleich groß, ca. 30x40cm) [bei insgesamt sechs Schülergruppen je Schülergruppe ein Material!]

**Material für die Aufgabenserie 7** (zusätzlich zum Material für die Serien 1-5)**Je Gruppe:**

- 1 Rotlichtlampe (100W, besser 150W)
- 1 Stativ mit Klemme
- Je 1 „Tasche“ (Größe: 4x5cm) aus Alufolie, weißem Papier und schwarzem Papier, in die jeweils ein Einstechthermometer gesteckt werden kann
- 3 mit Wasser gefüllte Reagenzgläser, die jeweils mit Alufolie, weißem bzw. schwarzem Papier umwickelt sind und bereits in einem Reagenzglasständer stehen

