

Kontextorientierte Schülerexperimente in Wärmelehre

Eva Ruffing, Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Universität München

Vorgesehen ist, dass die Versuche in den Klassen von kleinen Teams bearbeitet werden. Das Zweierteam halte ich für optimal, weil mindestens zwei Schülerinnen und Schüler nötig sind um einen Versuch zu bearbeiten, sich aber beide für ein erfolgreiches Gelingen des Versuchs engagieren müssen. Der Vorteil daran ist, dass es keinem möglich ist, sich auszuklinken und die Arbeit den anderen zu überlassen.

Versuchsthemen

- Schatztaucher:
 - Bestimmung des Atemvolumens
 - Gesetz von Boyle-Mariotte
- Urlaub in Finnland
 - Herstellen einer bestimmten Wassertemperatur
 - Bestimmung der Wärmekapazität
- Ferienjob: Wärmeleitung
- Vereinsfeier: Ausdehnungsverhalten fester Stoffe

1 Schatztaucher:

- 1.1 Versuchsbeschreibung:

Bei Teil 1 müssen sich die Schülerinnen und Schüler folgenden Versuchsaufbau überlegen:



Durch den Schlauch soll ein normaler Atemzug getätigt werden. Je nachdem ob ein- bzw. ausgeatmet wird, wird sich der Wasserstand im Messgefäß nach oben bzw. nach unten verändern. An der Skalierung kann man nun das Atemvolumen ablesen. Als nächstes soll das Atemvolumen in einer festgelegten Zeit berechnet werden. Zunächst braucht man dazu die eingeatmete Luftmenge pro Minute und kann dann mit Hilfe dieser das Luftvolumen einer festgelegten Zeit berechnen. Um den Versuch

realistischer zu gestalten, sollen die Schülerinnen und Schüler kurz vor dem Atmen 20 Kniebeugen machen, um eine ähnliche Anstrengung wie beim Tauchen zu simulieren. Die Schülerinnen und Schüler können von ihren Kollegen, die Teil 2 bearbeiten, den jeweiligen Druck für bestimmte Wassertiefen übernehmen. Mit Hilfe dieser Werte sollte es ihnen möglich sein das Luftvolumen auszurechnen, das sie von der Oberfläche mit in eine bestimmte Wassertiefe nehmen müssten, um auf jedem Fall ausreichend Luft dabei zu haben.

Bei Teil 2 sollen sich die Schülerinnen und Schüler einen Versuch überlegen, der veranschaulicht, wie sich ein bestimmtes Luftvolumen bei höherem Druck - bedingt durch eine größere Wassertiefe - verhält. Dazu ist folgender Versuchsaufbau nötig:

Die Schülerinnen und Schüler sollen den Schlauch oben an einen Wassereinfluss - Trichter stecken und unten an ein abgeschlossenes Gefäß mit einem bestimmten Luftvolumen. Der Schlauch ist 10m bzw. 15m lang, jeder Meter ist so gekennzeichnet, dass die Schülerinnen und Schüler leicht den Höhenunterschied zwischen dem oberen und unteren Wasserspiegel ablesen können. Die Schülerinnen und Schüler sollen bei verschiedenen Höhen unterschiedliche Luftvolumina mit Hilfe der Skalierung am abgeschlossenen Gefäß ablesen.



Aus den auf diese Weise gewonnenen Werten soll ersichtlich sein (da sich das Volumen bei doppelter Wassersäule nicht halbiert), dass die Luftsäule über der Wasseroberfläche schon den Druck 1bar ausübt. Zudem sollte es den Schülerinnen und Schülern möglich sein, eine Tabelle für den Druck für unterschiedliche Wassertiefen zu erstellen.

- **1.2 Lernvoraussetzungen:** Bei Teil 1 sind keine Grundlagen erforderlich. Bei Teil 2 sollte das Boyle-Mariotte'sche Gesetz schon bekannt sein, dieser Versuch soll zur Vertiefung dieses Sachverhalts dienen.
- **1.3 Sachanalyse:** Bei dem Versuch in Teil 1 liegen folgende physikalische Sachinhalte zu Grunde: Flüssigkeiten sind relativ inkompressibel im Gegensatz zu Gasen. Dadurch wird die Luftvolumenmessung im Gefäß nicht verfälscht. Luft ist leichter als Wasser, sinkt also nicht nach unten. Der Druckunterschied zwischen den Wasserständen im

und außerhalb vom Glas ist so gering, dass auch dadurch das Luftvolumen nicht wesentlich beeinflusst wird.

Teil 2 dient zur Vertiefung des Boyle-Mariotte'schen Gesetzes, dieses besagt folgendes: Komprimiert man ein Gas bei konstanter Temperatur, so steigt der Druck, während das Volumen abnimmt. Beim Expandieren hat man umgekehrtes Verhalten von Druck und Volumen. Für diesen Vorgang gilt nach der allgemeinen Zustandsgleichung des idealen Gases, dass das Produkt aus Druck und Volumen konstant bleibt:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T = \text{Konstante}$$

Da in einem Gewässer der Druck bekanntlicherweise mit der Tiefe zunimmt, wird das mitgeführte Luftvolumen natürlich abnehmen. Für eine Flüssigkeit wie Wasser, deren Dichte überall gleich ist, nimmt der Druck linear mit der Tiefe zu. Und es gilt:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (\rho \text{ konstant, } p_0 \text{ ist der Atmosphärendruck}).$$

- **1.4 Didaktische Analyse:** Dieser Kontext soll den Schüler/die Schülerin aus folgenden Gründen motivieren: Er ist erstens aus dem Alltag der Jugendlichen gewählt. Jede(r) Schüler/Schülerin war schon in Urlaub am Meer und hat sicher schon mit Schnorchel und Taucherbrille im Meer getaucht. Zum anderen ist an dem versunkenen Wrack etwas Rätselhaftes oder sogar Mystisches. Die Aussicht auf verborgene Schätze lässt das Ganze schon sehr interessant erscheinen.

Eine weitere Motivation besteht darin, dass eine exakte Bestimmung des Atemluftvolumens und des Drucks in einer bestimmten Wassertiefe für die/den Schüler(in) zwingend ist, und zwar aus folgendem Grund: Der Taucher muss beim ersten Tauchgang schon die richtige Menge an Atemluft mitführen, da er sonst in lebensbedrohliche Situationen kommen kann.

Bei diesem Versuch soll die Arbeitsaufgabe auf zwei Teams (Teil 1 und Teil 2) aufgeteilt werden. Das hat den Vorteil, dass die Teams aufeinander angewiesen sind, da sie ohne die Ergebnisse des anderen Teams nicht weiterarbeiten können. Das heißt, die Teams werden dazu angeregt, brauchbare Erklärungen und Ergebnisse zu liefern und physikalisch exakt zu formulieren. Zudem werden die Schülerinnen und Schüler angeleitet miteinander zu reden und zu kooperieren, was auch für das spätere Leben von Bedeutung ist.

Die offene Frage am Schluss des Textes von Teil 1 besteht darin, dass der Schüler/die Schülerin sich fragen muss, welche Menge Luft er/sie benötigt. Diese Frage muss er/sie erst mal umsetzen in wie viel Luft er/sie bei einem Atemzug einatmet. Dies muss wiederum in eine experimentelle Fragestellung umgeformt werden, die lautet, wie schaut der Versuchsaufbau aus, bei dem man direkt das eingeatmete bzw. ausgeatmete Luftvolumen ablesen kann.

Bei Teil 2 besteht die offene Frage darin, wie sich der Wasserdruck auf das Atemluftvolumen auswirkt. Diese Frage müssen die Schülerinnen und Schüler umsetzen in die experimentelle Fragestellung, die folgendermaßen lautet: Wie schaut der Versuchsaufbau aus, mit Hilfe dessen man den Druck bzw. die Kompression der Luft in einer bestimmten Wassertiefe messen kann.

- 1.5 Ausarbeitung für die Schülerinnen und Schüler

Handout für Schülerinnen und Schüler:

Schatztaucher(1.Teil)



Du bist mit Deinen Freunden in Urlaub ans Meer gefahren. Ihr habt alle einen Tauchkurs erfolgreich absolviert und wollt nun auf eigene Faust loslegen. Nach Erzählungen der Einheimischen soll gar nicht weit von der Küste ein vor langer Zeit gekentertes Piratenschiff am Grunde des Meeres liegen. Ihr, als alte Schatzsucher, seid natürlich Feuer und Flamme und habt euch gleich eine Tauchausrüstung besorgt. Es steht nur noch aus, die überaus wichtige Luftversorgung zu planen. Diese Aufgabe fällt natürlich wieder Dir zu. Dafür musst Du natürlich erst wissen, welche Menge Luft Du ein - bzw. ausatmest. Überlege Dir einen Versuch, mit dem Du das herausfinden kannst.

Zur Verfügung steht Dir:

- Wanne
- Wasser
- Schlauch
- Messzylinder
- Desinfektionsmittel
- Stoppuhr

Um die gleiche Anstrengung wie beim Tauchen zu simulieren, betätigst Du Dich am besten kurz vor dem Versuch sportlich und machst 20 Kniebeugen.

Materialkiste:



Hilfekarten zum Versuch:

- 1. Hilfekarte:** Überlege Dir zunächst einen Versuch um herauszufinden, wie viel Luft Du in einer Minute ein – bzw. ausatmest! Luft und Wasser sind wichtig zur Bestimmung des Atemvolumens.
Überlege Dir die Eigenschaften von Wasser und von Luft und deren Unterschiede!
- 2. Hilfekarte:** Die Dichte von Luft ist geringer als die Dichte von Wasser.
Was folgt daraus?
- 3. Hilfekarte:** Wenn das Glas in der mit Wasser gefüllten Wanne umgestülpt ist, kann die Luft im Glas nicht entweichen, da Luft im Wasser nicht sinken kann (wegen geringerer Dichte).
Was passiert, wenn man die ausgeatmete Luft durch den Schlauch in das Gefäß bläst?
- 4. Hilfekarte:** Das Wasser wird verdrängt und man kann ablesen, wie viel Luft man ausgeatmet hat.

Arbeitsaufgaben (Handout für die Schülerinnen und Schüler Seite 41):

Aufgabe 1: Angenommen Du willst eine halbe Stunde mit Luft versorgt werden, welche Menge Luft ist dazu nötig?
Nun liegt das Wrack in 20m Tiefe. Erkundige Dich bei Deinen Kollegen, welchen Druck sie für 20m herausbringen und versuche somit zu ermitteln, wie viel Luft Du bei normalem Luftdruck in das DTG (Drucklufttauchgerät) hineinpressen müsstest, um in der Tiefe noch genug Luft zur Verfügung zu haben, und schreibe den Wert in Dein Heft.

Aufgabe 2: Angenommen Du willst 20min. mit Luft versorgt werden, welche Menge Luft ist dazu nötig?

Nun liegt das Wrack in 25m Tiefe. Erkundige Dich bei Deinen Kollegen, welchen Druck sie für 25m herausbringen, und versuche somit zu ermitteln, wie viel Luft Du bei normalem Luftdruck in das DTG (Drucklufttauchgerät) hineinpressen müsstest, um in der Tiefe noch genug Luft zur Verfügung zu haben, und schreibe den Wert in Dein Heft.

Hilfekarten zur Rechnung:

1. **Hilfekarte:** Überlege Dir, welches Volumen Luft man in einer bestimmten Wassertiefe braucht, in der ein größerer Druck herrscht, als an der Oberfläche

2. **Hilfekarte:** Man braucht in einer bestimmten Wassertiefe das gleiche Volumen Luft wie an der Oberfläche, allerdings ist diese Luft dann stärker zusammengepresst. Was bedeutet das?

3. **Hilfekarte:** Die Luft in einer bestimmten Wassertiefe hat, bedingt durch den größeren Druck, eine größere Dichte, als an der Wasseroberfläche. Stell Dir vor, Du nimmst einen großen Luftballon mit Deinem gesamten Atemvolumen pro Minute mit nach unten. Um wie viel würde sich das Volumen bei z.B. 3-fachem Druck verkleinern? Schließe daraus das Volumen an Luft, das Du von oben mit nach unten mitnehmen musst. Kennst Du dafür eine Formel?

4. **Hilfekarte:** Mit der folgenden Formel kannst Du Dein Luftvolumen berechnen, dass Du mit in die Tiefe nehmen musst: $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

Lösung zu Aufgabe 1:

In 20m Tiefe hat man einen Druck von 3 bar.

Angenommen man erhält bei dem Versuch ein eingeatmetes Luftvolumen von 20 Liter pro Minute, so verbraucht man in einer halben Stunde folglich 600 Liter.

600 Liter Luft benötigt man also auch in 20m Tiefe.

Das entspricht einer Menge von 1800 Liter an der Oberfläche, die man in das DTG hineinpressen muss, da in 20m Tiefe der 3-fache Druck herrscht.

Lösung zu Aufgabe 2:

In 25m Tiefe hat man einen Druck von 3,5 bar

Angenommen man erhält bei dem Versuch ein eingeatmetes Luftvolumen von 20 Liter pro Minute, so verbraucht man in 20min. folglich 400 Liter.

400 Liter Luft benötigt man also auch in 25m Tiefe.

Das entspricht einer Menge von 1400 Liter an der Oberfläche, die man in das DTG hineinpressen muss, da in 25m Tiefe der 3,5-fachen Druck herrscht.

Handout für die Schülerinnen und Schüler:

Schatztaucher (2.Teil)



Du bist mit Deinen Freunden in Urlaub ans Meer gefahren. Alle habt ihr einen Tauchkurs erfolgreich absolviert und wollt nun auf eigene Faust loslegen. Nach Erzählungen der Einheimischen soll gar nicht weit von der Küste ein vor langer Zeit gekentertes Piratenschiff am Grunde des Meeres liegen. Ihr, als alte Schatzsucher, seid natürlich gleich Feuer und Flamme und habt euch gleich eine Tauchrüstung besorgt. Es bleibt nur noch zu überlegen, welche Menge an Luft ihr mit in die Tiefe nehmen müsst. Diese Aufgabe fällt natürlich wieder Dir zu. Es ist wichtig die Luftversorgung sorgfältig zu planen, da sonst lebensgefährliche Unfälle passieren könnten. Überlege Dir dazu einen Versuch, mit dem Du herausfinden kannst, wie sich der größere Druck unter Wasser auf Eure Sauerstoffversorgung auswirkt.

Zur Verfügung steht Dir:

- 10 und 15m langer Schlauch
- dicht verschlossenes Gefäß mit Skalierung (Fassungsvermögen 1,16Liter)
- Absperrventil und kurzes Schlauchstück
- Offenes Gefäß mit Schlauchkupplung
- Wasser
- Gefäß zum Einfüllen
- Maßband
- Schnur

Materialkiste:



Hilfekarten zum Versuch:

- 1. Hilfekarte:** Überlege Dir zunächst einen Versuch, bei dem Du die Druckzunahme und Volumenabnahme (Luft) bei steigender Wassertiefe feststellen kannst.
Wie kannst Du mit dem Schlauch eine bestimmte Wassertiefe simulieren?
- 2. Hilfekarte:** Es kommt immer auf die effektive Höhe (Höhendifferenz zwischen unterem und oberem Wasserspiegel) an, nicht auf die Länge des Schlauchs.
Wie schaffst Du es, dass keine Luftblasen mehr im Schlauch sind?
- 3. Hilfekarte:** Erst das Wasser etwas durchlaufen lassen, Ventil zudrehen und dann erst auf das Gefäß mit dem zu testenden Luftvolumen aufstecken.
Überlege Dir, wie Du das Gefäß halten sollst, wenn Du das Ventil aufdrehst.
- 4. Hilfekarte:** Gefäß verkehrt herum halten, da wenn Luft am Verschluss austritt, merkst Du das gar nicht, aber bei Wasser schon.

Arbeitsaufgaben (Handout für die Schülerinnen und Schüler am Ende):

- Aufgabe 3:** Kannst Du etwas über die Druckzunahme sagen? Erstelle eine Tabelle für den Druck bis 30m Tiefe (alle 5m)
- Aufgabe 4:** Kannst Du etwas über die Druckzunahme sagen? Erstelle eine Tabelle für den Druck bis 18m Tiefe (alle 3m)

Hilfekarten zu den Aufgaben:

- 1. Hilfekarte:** Man hätte vielleicht erwartet, dass das Luftvolumen in doppelter Wassertiefe auf die Hälfte reduziert worden wäre.
Warum ist das nicht so?

2. **Hilfekarte:** An der Oberfläche, also in der Luft hat man bereits einen Luftdruck. Finde heraus, wie hoch dieser ist.

3. **Hilfekarte:** Der Luftdruck an der Oberfläche beträgt 1 bar.



Umgebungsdruck des Tauchers

Kannst Du jetzt mehr über die Druckzunahme aussagen?

4. **Hilfekarte:** Formel für die Druckberechnung: $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

5. **Hilfekarte:**

| | p [bar] | V [Liter] |
|------|---------|-----------|
| 0 m | 1 | 12 |
| 10 m | 2 | 6 |
| 20 m | 3 | 4 |
| 30 m | 4 | 3 |
| 40 m | | |

Tiefe Druck Volumen

Lösung zu Aufgabe 3: In 5m Tiefe ist der Druck 1,5 bar und in 10m Tiefe ist der Druck 2 bar

| | |
|-----|---------|
| 15m | 2,5 bar |
| 20m | 3 bar |
| 25m | 3,5 bar |
| 30m | 4 bar |

Der Druck berechnet sich wie folgt: $1 \text{ bar (Luftdruck)} + \rho \cdot g \cdot h$
mit ρ = Dichte des Wassers, g = Ortsfaktor, h = Wassertiefe

Lösung zu Aufgabe 4: In 3m Tiefe ist der Druck 1,3 bar

| | |
|-----|---------|
| 6m | 1,6 bar |
| 9m | 1,9 bar |
| 12m | 2,2 bar |
| 15m | 2,5 bar |
| 18m | 2,8 bar |

Der Druck berechnet sich wie folgt: $1 \text{ bar (Luftdruck)} + \rho \cdot g \cdot h$
mit ρ = Dichte des Wassers, g = Ortsfaktor, h = Wassertiefe

2. Urlaub in Finnland

- **2.1 Versuchsbeschreibung:** Bei Teil 1 sollen die Schülerinnen und Schüler durch Mischen von Eiswasser und kochendem Wasser in einem Kalorimeter eine bestimmte Temperatur herstellen (ohne Thermometer).

Bei Teil 2 sollen die Schülerinnen und Schüler durch Auffüllen eines Gefäßes mit Wasser bestimmter Temperatur die Wärmekapazität des Gefäßes herausbringen.



- **2.2 Lernvoraussetzungen:** Bei diesem Versuch sollte das Mischen verschiedener Wassermengen unterschiedlicher Temperatur schon im Unterricht durchgenommen sein, sowie die zugehörige Formel $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$. Der Begriff der spezifischen Wärmekapazität sollte bekannt sein und ebenso, dass Gefäße auch eine bestimmte Wärmemenge aufnehmen. Der Versuch soll zur Vertiefung des Sachverhalts dienen.
- **2.3 Sachanalyse:** Befinden sich zwei Substanzen in thermischem Kontakt, so ist die von einem Körper aufgenommene Wärmemenge gleich der vom anderen abgegebenen. Wird also einer Substanz Wärme zugeführt, dann steigt im allgemeinen die Temperatur. Die für einen Temperaturanstieg ΔT nötige Wärmemenge ΔQ ist proportional zu ΔT und zur Masse m der vorhandenen Substanzmenge: $\Delta Q = C \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T$. Darin ist C die Wärmekapazität, das heißt die Menge, die erforderlich ist, um die vorliegende Substanzmenge um 1K zu erwärmen. Die spezifische Wärmekapazität c ist die Wärmekapazität pro Masseneinheit der Substanz.
- **2.4 Didaktische Analyse:** Diese Geschichte ist sehr anschaulich, da man sich hier in einer richtigen Notlage befindet. Man ist weit ab von jeglicher Zivilisation, man friert und hat nur kochendes und Eiswasser zur Verfügung. Bei Versuch 1 haben die Schülerinnen und Schüler kein Thermometer zur Verfügung. Dadurch sind sie gezwungen die richtigen Mischungsverhältnisse vor dem Experiment zu berechnen. Die offene Frage am Schluss des Textes von Teil 1 besteht darin, dass die Schülerinnen und Schüler sich überlegen sollen, wie sie mit den vorliegenden

Materialien eine bestimmte Wassertemperatur herstellen können. Diese Frage soll von den Schülerinnen und Schülern nun in eine experimentelle Fragestellung transformiert werden, die folgendermaßen lautet: In welchem Verhältnis muss man Eiswasser und kochendes Wasser mischen, damit man eine bestimmte Temperatur erhält.

Bei Teil 2 lautet die offene Frage, dass natürlich auch das Gefäß Wärme aufnimmt und dass man diese materialspezifische Größe herausbringen muss. Daraus sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass es sich bei dieser charakteristischen Größe um die spezifische Wärmekapazität handelt und die Arbeitsanweisung lautet, dass sie die Massen, sowie Anfangs - und Endtemperaturen messen sollen.

- 2.5 Ausarbeitung für die Schülerinnen und Schüler

Handout für die Schülerinnen und Schüler:

Urlaub in Finnland (Teil 1)



Du bist in Urlaub nach Finnland geflogen. Dort wohnst Du in einer Blockhütte neben einem zugefrorenem See. In der Blockhütte befindet sich eine Feuerstelle mit einem großen Kessel darüber. Eiswasser bekommst Du aus dem Loch, das Du ins Eis geschlagen hast. Dich friert gerade sehr und Du möchtest Dir mit warmem Wasser Abhilfe schaffen. Die Frage ist nun, wie Du Dir mit den vorhandenen Materialien eine bestimmte Wassertemperatur herstellen kannst. Überlege Dir erst mal einen Versuch dazu.

Zur Verfügung steht Dir:

- Kalorimeter
- Eiswürfel
- Wasserkocher
- 2 Messbecher
- mehrere Gefäße
- Thermometer (zum Schluss)
- Sieb

Materialkiste:



Arbeitsaufgaben (Handout für die Schülerinnen und Schüler am Ende):

Aufgabe 1: Du möchtest Dir zum Aufwärmen grünen Tee zubereiten. Dieser darf jedoch nur mit 70°C - warmen Wasser überbrüht werden. Finde heraus, wie viel Liter Eiswasser und kochendes Wasser Du mischen musst, um drei Tassen (zu je 0,25 Liter) grünen Tee zu trinken!

Aufgabe 2: Du möchtest ein Vollbad (80 Liter) nehmen. Finde heraus, wie viel Liter Eiswasser und kochendes Wasser Du mischen musst, um Deine gewünschten 38°C zu erhalten! Versuche diese Temperatur in Deinem zur Verfügung stehenden Gefäß herzustellen!

Aufgabe 3: Du möchtest ein Bad nehmen und gibst Dich aber mit 50 Liter Wasser in der Badewanne zufrieden. Finde heraus, wie viel Töpfe (5 Liter) voll Wasser Du kochen musst, um das Eiswasser auf 38°C zu bringen! Versuche diese Temperatur in Deinem zur Verfügung stehenden Gefäß herzustellen!

Hilfekarten:

1. Hilfekarte: Kalorimeter sind Gefäße, die im Idealfall keine Wärmeenergie aufnehmen. Überlege Dir, welche Wassertemperaturen Du zur Verfügung hast.

2. Hilfekarte: Eiswasser hat ca. 273K , kochendes Wasser ca. 373K . Überlege Dir, ob Du beim Mischen die Eiswürfel mitverwenden solltest.

3. Hilfekarte: Von dem Eiswasser nur das Wasser zum Mischen verwenden (Eiswasser durch ein Sieb laufen lassen beim Mischen), da sonst das Schmelzen der Eiswürfel dem System Wärmeenergie entzieht. Überlege, wie Du noch Wärmeverluste vermeiden könntest.

4. **Hilfekarte:** Beim Mischen soll alles schnell ablaufen, da sonst zuviel Wärme an die Luft abgegeben wird.
Überlege Dir die Formel zur Berechnung

5. **Hilfekarte:** $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ mit ΔQ : zu - oder abgeführte Wärmemenge, m: Masse, c: Wärmekapazität, ΔT : Temperaturunterschied

Handout für die Schülerinnen und Schüler:

Urlaub in Finnland (Teil 2)



Du bist in Urlaub nach Finnland geflogen. Dort wohnst Du in einer Blockhütte neben einem zugefrorenem See. In der Blockhütte befindet sich eine Feuerstelle mit einem großen Kessel darüber. Eiswasser bekommst Du aus dem Loch, das Du ins Eis geschlagen hast. Dich friert gerade sehr und Du möchtest Dir mit warmem Wasser Abhilfe schaffen. Du möchtest Dir zum Aufwärmen grünen Tee zubereiten. Dieser darf jedoch nur mit 70°C – warmen Wasser überbrüht werden. Das ganze willst Du in einem Gefäß herstellen. Jetzt nimmt aber das Gefäß auch Wärme auf und Du willst wissen wie viel. Welche Eigenschaft dieses Materials sollte Dir dazu bekannt sein?

Überlege Dir einen Versuch um diese Eigenschaft herauszufinden.

Zur Verfügung steht Dir:

- Eiswürfel oder Wasserkocher
- Wasser
- 2 Messbecher
- mehrere Gefäße
- Thermometer
- Sieb
- Plastikbecher bzw. Glas

Materialkiste:



Arbeitsaufgaben (Handout für die Schülerinnen und Schüler Seite 45):

Aufgabe 4: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Glas zubereiten. Zur Verfügung steht Dir der Wasserkocher. Vergleiche Deinen Wert von Glas, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit Eiswasser durchführen

Aufgabe 5: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Glas zubereiten. Zur Verfügung stehen Dir Eiswürfel. Vergleiche Deinen Wert von Glas, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit kochendem Wasser durchführen.

Aufgabe 6: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Plastikbecher zubereiten. Zur Verfügung steht Dir der Wasserkocher. Vergleiche Deinen Wert von Plastik, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit Eiswasser durchführen.

Aufgabe 7: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Plastikbecher zubereiten. Zur Verfügung stehen Dir Eiswürfel. Vergleiche Deinen Wert von Plastik, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit kochendem Wasser durchführen.

Hilfekarten: zu Aufgabe 4 und 6:

1. Hilfekarte: Du sollst nun eine spezifische Eigenschaft des Gefäßes herausfinden, die Dir angibt wie viel Wärme das Gefäß aufnimmt!
Überlege Dir, welche Temperaturen Dir zur Verfügung stehen.

2. Hilfekarte: Kochendes Wasser hat ca. 373K, das Gefäß Zimmertemperatur.
Überlege Dir, wie weit Du Dein Gefäß mit Wasser füllst.

3. Hilfekarte: Das Gefäß soll bis zum Rand mit Wasser gefüllt werden, damit das Material die Wärme gleichmäßig an das kochende Wasser abgibt.
Überlege, wie Du Wärmeverluste an die Luft vermeiden könntest und welche Umstände Dein Ergebnis verfälschen könnten.

4. Hilfekarte: Beim Mischen soll alles schnell ablaufen, da sonst zu viel Wärme an die Luft abgegeben wird.
Außerdem verfälschen aufgewärmte oder abgekühlte Gefäße Dein Ergebnis!
Wie kannst Du Abhilfe schaffen?
Überlege Dir die Formel zur Berechnung.

5. Hilfekarte: Die Gefäße kannst Du mit Leitungswasser kühlen.
 $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ mit ΔQ : zu - oder abgeführte Wärmemenge, m: Masse, c: Wärmekapazität, ΔT : Temperaturunterschied

zu Aufgabe 5 und 7:

1. Hilfekarte: Du sollst nun eine spezifische Eigenschaft des Gefäßes herausfinden, die Dir angibt wie viel Wärme das Gefäß aufnimmt!
Überlege Dir, welche Temperaturen Dir zur Verfügung stehen.

2. Hilfekarte: Eiswasser hat ca. 273K, das Gefäß Zimmertemperatur.
Überlege Dir, ob Du beim Mischen die Eiswürfel mitverwenden solltest.

3. Hilfekarte: Von dem Eiswasser nur das Wasser zum Mischen verwenden (Eiswasser durch ein Sieb laufen lassen beim Mischen), da sonst das Schmelzen der Eiswürfel dem System Wärmeenergie entzieht.
Überlege Dir wie weit Du Dein Gefäß mit Wasser füllst.

4. Hilfekarte: Das Gefäß soll bis zum Rand mit Wasser gefüllt werden, damit das Material die Wärme gleichmäßig an das Eiswasser abgibt.
Überlege, wie Du Wärmeverluste an die Luft vermeiden könntest und welche Umstände Dein Ergebnis verfälschen könnten.

5. Hilfekarte: Beim Mischen soll alles schnell ablaufen, da sonst soviel Wärme an die Luft abgegeben wird.

Außerdem verfälschen aufgewärmte oder abgekühlte Gefäße Dein Ergebnis!

Wie kannst Du Abhilfe schaffen?

Überlege Dir die Formel zur Berechnung.

6. Hilfekarte: Die Gefäße kannst Du mit Leitungswasser kühlen.

$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ mit ΔQ : zu - oder abgeführte Wärmemenge,

m: Masse, c: Wärmekapazität, ΔT : Temperaturunterschied

Lösung zu Aufgabe 1: Insgesamt werden 0,75 Liter Wasser benötigt.

$$\Rightarrow V_{\text{kochendes Wasser}} + V_{\text{Eiswasser}} = 0,75 \text{ Liter} \quad (\text{I})$$

Mithilfe folgender Formel bestimmt man das Verhältnis von Eiswasser zu kochendem

Wasser: $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

$$m_{\text{kochendes Wasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{kochendes Wasser}} - T_{\text{Endtemperatur}}) = m_{\text{Eiswasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{Endtemperatur}} - T_{\text{Eiswasser}})$$

mit $m = \rho V$

$$V_{\text{kochendes Wasser}} \cdot 30 \text{ K} = V_{\text{Eiswasser}} \cdot 70 \text{ K} \Rightarrow V_{\text{kochendes Wasser}} = 7/3 V_{\text{Eiswasser}} \quad (\text{II})$$

$$(\text{I in II}) : V_{\text{Eiswasser}} = 0,225 \text{ Liter}$$

$$V_{\text{kochendes Wasser}} = 0,525 \text{ Liter}$$

Also muss man 0,225 Liter Eiswasser und 0,525 Liter kochendes Wasser mischen um die drei Tassen grünen Tee zu erhalten!

Lösung zu Aufgabe 2: Insgesamt werden 80 Liter Wasser benötigt.

$$\Rightarrow V_{\text{kochendes Wasser}} + V_{\text{Eiswasser}} = 80 \text{ Liter} \quad (\text{I})$$

Mithilfe folgender Formel bestimmt man das Verhältnis von Eiswasser zu kochendem

Wasser: $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

$$m_{\text{kochendes Wasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{kochendes Wasser}} - T_{\text{Endtemperatur}}) = m_{\text{Eiswasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{Endtemperatur}} - T_{\text{Eiswasser}})$$

mit $m = \rho V$

$$V_{\text{kochendes Wasser}} \cdot 62 \text{ K} = V_{\text{Eiswasser}} \cdot 38 \text{ K} \Rightarrow V_{\text{kochendes Wasser}} \approx 0,61 \cdot V_{\text{Eiswasser}} \quad (\text{II})$$

$$(\text{I in II}) : V_{\text{Eiswasser}} = 49,6 \text{ Liter}$$

$$V_{\text{kochendes Wasser}} = 30,4 \text{ Liter}$$

Also muss man 49,6 Liter Eiswasser und 30,4 Liter kochendes Wasser mischen, um das gewünschte Vollbad zu erhalten!

Lösung zu Aufgabe 3: Insgesamt werden 50 Liter Wasser benötigt.

$$\Rightarrow V_{\text{kochendes Wasser}} + V_{\text{Eiswasser}} = 50 \text{ Liter} \quad (\text{I})$$

Mithilfe folgender Formel bestimmt man das Verhältnis Eiswasser zu kochendem

Wasser:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$m_{\text{kochendes Wasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{kochendes Wasser}} - T_{\text{Endtemperatur}}) = m_{\text{Eiswasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{Endtemperatur}} - T_{\text{Eiswasser}})$$

mit $m = \rho V$

$$V_{\text{kochendes Wasser}} \cdot 62 \text{ K} = V_{\text{Eiswasser}} \cdot 38 \text{ K} \Rightarrow V_{\text{kochendes Wasser}} \approx 0,61 \cdot V_{\text{Eiswasser}} \quad (\text{II})$$

$$(I \text{ in II}) : \quad V_{\text{Eiswasser}} = 31 \text{ Liter}$$

$$V_{\text{kochendes Wasser}} = 19 \text{ Liter}$$

Also muss man 4 Töpfe kochen, um die gewünschte Wassertemperatur zu erhalten!

Lösung zu Aufgabe 4 und 5: Die Masse von Wasser erhält man, indem man mit einem Messgefäß feststellt, welche Menge Wasser in das Gefäß passt und das Volumen in die Masse umrechnet.

Die Masse des Gefäßes erhält man, indem man es auf eine Waage stellt.

Mit kochendem Wasser:

$$m_{\text{Glas}} \cdot c_{\text{Glas}} \cdot (T_{\text{Endtemperatur}} - T_{\text{Zimmertemperatur}}) = m_{\text{Wasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{kochendes Wasser}} - T_{\text{Endtemperatur}})$$

Mit Eiswasser:

$$m_{\text{Glas}} \cdot c_{\text{Glas}} \cdot (T_{\text{Zimmertemperatur}} - T_{\text{Endtemperatur}}) = m_{\text{Wasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{Endtemperatur}} - T_{\text{Eiswasser}})$$

Spezifische Wärmekapazität von Glas liegt zwischen 0,51 und 0,92 kJ/kgK

Lösung zu Aufgabe 6 und 7: Die Masse von Wasser erhält man, indem man mit einem Messgefäß feststellt, welche Menge Wasser in das Gefäß passt und das Volumen in die Masse umrechnet.

Die Masse des Gefäßes erhält man, indem man es auf eine Waage stellt.

Mit kochendem Wasser:

$$m_{\text{Plastik}} \cdot c_{\text{Plastik}} \cdot (T_{\text{Endtemperatur}} - T_{\text{Zimmertemperatur}}) = m_{\text{Wasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{kochendes Wasser}} - T_{\text{Endtemperatur}})$$

Mit Eiswasser:

$$m_{\text{Plastik}} \cdot c_{\text{Plastik}} \cdot (T_{\text{Zimmertemperatur}} - T_{\text{Endtemperatur}}) = m_{\text{Wasser}} \cdot c_{\text{Wasser}} \cdot (T_{\text{Endtemperatur}} - T_{\text{Eiswasser}})$$

Spezifische Wärmekapazität von Plastik liegt zwischen 0,84 und 1,5 kJ/kgK

3. Ferienjob:

- 3.1 Versuchsbeschreibung:



Bei diesem Versuch sollen die Schülerinnen und Schüler die Wärmeleitfähigkeit von verschiedenen Materialien überprüfen. Dazu sollen die jeweiligen Materialien in Stangenform in einen Topf mit Wasser gestellt werden. Die Styroporplatte dient einmal als Halterung der Stangen und andererseits als Isolierung. Die Stangen werden über der Isolierung mit einem Klecks Butter bestrichen, der als Indikator für die Wärmeleitfähigkeit der Materialien dienen soll. Die Isolierung in Form der Styroporplatte verhindert, dass die Butter durch den Wasserdampf ins Rutschen kommt. Als Lösung sollen die Schülerinnen und Schüler das Material angeben, das sie aufgrund des Versuchs am geeignetsten in bezug auf die Wärmeleitfähigkeit in ihrem Fall halten.

- **3.2 Lernvoraussetzungen:** Bei diesem Versuch sollen die Schülerinnen und Schüler die unterschiedlichen Materialien auf ihre Wärmeleitfähigkeit untersuchen. Das ist relativ einfach aus dem Kontext zu entnehmen, so dass kein Vorwissen seitens der Schülerinnen und Schüler vorhanden sein muss.
- **3.3 Sachanalyse:** Insgesamt stehen den Schülerinnen und Schüler folgende Materialien in Stangenform (gleicher Durchmesser und gleiche Länge) zur Verfügung: Glas, Plastik, Holz, Eisen, Messing, Aluminium

Die Wärmeleitfähigkeit lässt sich aus folgender Tabelle entnehmen:

| | |
|------------|---------------|
| Glas | 0,008 W/cm K |
| Holz | 0,0015 W/cm K |
| Plastik | 0,0018 W/cm K |
| Eisen (Fe) | 0,802 W/cm K |

Messing 1,13 W/cm K
Aluminium (Al) 2,37 W/cm K (Tipler,
http://www.tweakpc.de/berichte/tipps_tricks/physikalischegroessen_2.htm)

Wobei Glas, Holz und Plastik hier experimentell nicht zu unterscheiden sind, da hier nur kochendes Wasser verwendet wird (Bei Einsetzen eines Bunsenbrenners würden Holz und Plastik verkohlen). Deshalb werden in den einzelnen Versuchen immer nur höchstens vier Materialien untersucht, wobei dann nur entweder Glas oder Plastik oder Holz mit metallischen Materialien zu vergleichen ist.

- **3.4 Didaktische Analyse:** Der Kontext soll die/den Schüler(in) aus folgenden Gründen motivieren: Erstens ist die Geschichte aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler gegriffen, denn viele Jugendliche haben zur Aufbesserung ihres Taschengeldes einen Nebenjob angenommen.

Und zweitens wird hier wieder eine Notsituation dargestellt. Man möchte die Maschine unbedingt mit den richtigen Materialien speisen, da man trotz der kleinen Unachtsamkeit (dass die Anweisungen nicht mehr zu entziffern sind) seine Arbeit sorgfältig beenden will, ohne der Fabrik zu schaden.

Die Schülerinnen und Schüler werden dazu motiviert exakte Vergleiche zu ziehen, da sonst das falsche Material verwendet wird oder schlimmstenfalls die Maschine danach nicht mehr funktioniert.

Die offene Frage besteht darin, dass die Schülerinnen und Schüler jeweils das entsprechende Material angeben müssen, das den Anforderungen am ehesten entspricht. Erst muss die konkrete Frage klar sein, nämlich ob es bei dem Material eher darauf ankommt, ob es gut oder schlecht wärmeleitend sein muss. Dann muss man diese Frage in eine experimentelle Arbeitsaufgabe umwandeln, nämlich wie lassen sich möglichst genau die verschiedenen Materialien bezüglich ihrer Wärmeleitfähigkeit vergleichen.

- 3.5 Ausarbeitung für die Schülerinnen und Schüler

Handout für die Schülerinnen und Schüler:

Ferienjob



Über die Sommerferien hast Du einen Ferienjob angenommen um über Deinen momentanen Liquiditätsengpass hinwegzukommen. Du bist bei einer Firma angestellt, die Haushaltsgeräte jeglicher Art herstellt. Du bist dafür zuständig, die dazu nötigen Materialien zu den jeweiligen Maschinen zu bringen. Jetzt ist Dir ärgerlicherweise Kaffee über Deinen Anweisungszettel gelaufen und Du kannst nichts mehr entziffern. Weit und breit ist keiner da, der Ahnung hat und Du bist somit gezwungen, Dir was zu überlegen.

Zur Verfügung stehen Dir:

- Topf
- Bunsenbrenner
- Styroporplatten
- Butter
- Buttermesser
- Einige Materialien

Materialkiste:



Arbeitsaufgaben (Handout für die Schülerinnen und Schüler am Ende)

Aufgabe 1: Diese Maschine stellt Heizkörper her. Dir stehen die folgenden Materialien zur Verfügung: Messing, Plastik, Eisen. Überlege Dir einen Versuch, mit dem Du herausbringst, welches Material am besten für einen Heizkörper geeignet ist.

Aufgabe 2: Von dieser Maschine werden Isolierungen hergestellt. Welches Material würdest Du für die Isolierung von Warmwasserrohren bzw. Heizungsrohren vorschlagen? Dir stehen die folgenden Materialien zur Verfügung: Messing, Plastik, Aluminium. Überlege Dir einen Versuch, mit dem Du herausbringst, welches Material am besten dafür geeignet ist.

Aufgabe 3: Diese Maschine stellt Teetassen her. Günstig wäre ein Material, an dem man sich nicht gleich den Mund verbrennt. Dir stehen die folgenden Materialien zur Verfügung: Messing, Glas, Aluminium. Überlege Dir einen Versuch, mit dem Du herausbringst, welches Material am besten dafür geeignet ist.

Aufgabe 4: Diese Maschine stellt Töpfe für Campinggaskocher her. Dir stehen die folgenden Materialien zur Verfügung: Messing, Eisen, Aluminium. Überlege Dir einen Versuch, mit dem Du herausbringst, welches Material am besten dafür geeignet ist.

Aufgabe 5: Diese Maschine stellt Auftauplatten her. Günstig wäre ein Material, bei dem das Auftauen besonders schnell geht. Dir stehen die folgenden Materialien zur Verfügung: Messing, Glas, Aluminium. Überlege Dir einen Versuch, mit dem Du herausbringst, welches Material am besten dafür geeignet ist.

Hilfekarten:

1. Hilfekarte: Was wird von dem zu untersuchenden Material verlangt? Soll es möglichst schnell heiß werden, so muss es gut wärmeleitend sein, oder soll es eher wie ein Isolator wirken, so muss es schlecht wärmeleitend sein. Wie kannst Du die Wärmeleitfähigkeit der Materialien am besten überprüfen, ohne Dir gleich die Finger zu verbrennen.

2. Hilfekarte: Butter schmilzt bei Erreichen einer bestimmten Temperatur und es ist ein zuverlässigerer „Wärmeanzeiger“ als Deine Hand. Die Butter soll nicht durch den Wasserdampf schmelzen. Überlege Dir, wie Du es schaffst, dass der Wasserdampf möglichst wenig Einfluss auf das Schmelzen der Butter hat. Was könnte ein Störfaktor sein, wenn Du den Versuch ein zweites Mal durchführst?

3. Hilfekarte: Dass die Butter nicht durch den Wasserdampf schmilzt kann man erreichen, indem man mit Styropor isoliert. Wenn Du die Materialien in das Styropor steckst, so steche mit der Spitze voran in das Styropor, und ziehe sie nicht wieder heraus, damit das Loch gut abgedichtet ist. Beim Glasstab musst Du mit einem spitzen Gegenstand vorbohren!

Wenn der Versuch ein zweites Mal durchgeführt wird, sind die Stangen schon warm und können das Ergebnis verfälschen.

Wie kann man Abhilfe schaffen?

Überlege Dir, wo und wie Du die Butter am besten auf den Stangen anbringst.

4. Hilfekarte: Die Butter sollte sich ziemlich nah an den erwärmten Stellen befinden. Außerdem sollen die Stückchen gleich groß sein und sich ungefähr in der selben Höhe befinden.

Die Stangen kann man mit Leitungswasser wieder kühlen.

Lösungskarte zu Aufgabe 1: Messing, aber aus Kostengründen und wegen der Stabilität wird beim Heizkörper Eisen benutzt

Lösungskarte zu Aufgabe 2: Plastik und zusätzlich wird noch Schaumstoff verwendet (durch Lufteinschlüsse wird die Isolationswirkung verbessert)

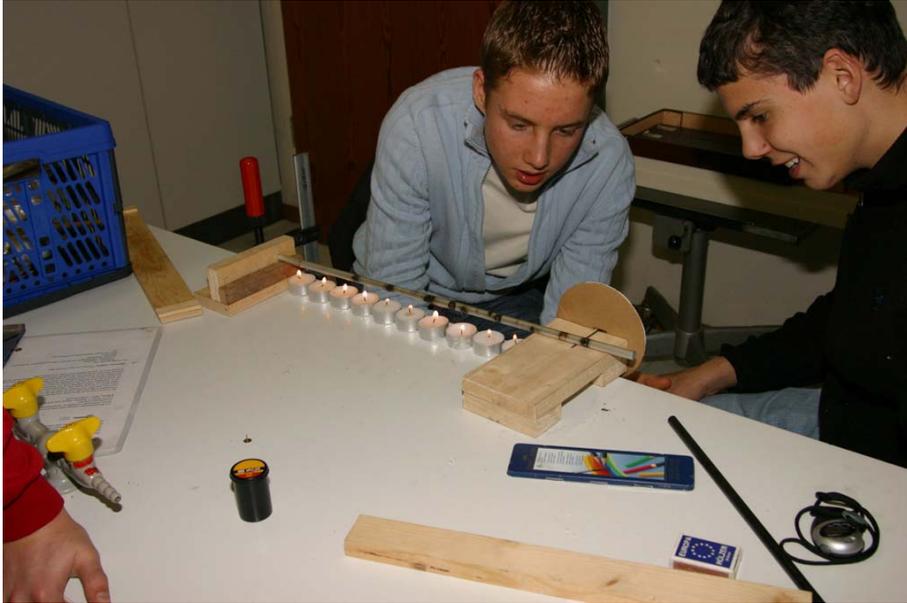
Lösungskarte zu Aufgabe 3: Glas

Lösungskarte zu Aufgabe 4: Aluminium

Lösungskarte zu Aufgabe 5: Aluminium

4. Vereinsfeier:

- **4.1 Versuchsbeschreibung:** Bei diesem Versuch sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst die Materialien auf ihr Ausdehnungsverhalten hin testen. Dazu ist folgender Versuchsaufbau nötig:



Die Kerzen sollen möglichst lückenlos unter der zu erwärmenden Stange stehen. Die Stange selbst soll an einem Ende fest anstehen, so dass sich die Stange zu dieser Seite nicht ausdehnen kann. Auf der anderen Seite soll sie auf einem Nagel aufliegen, der sich bei Ausdehnung der Stange unter ihr mitdreht. An dem Nagel ist ein Zeiger befestigt. Dahinter ist eine Winkelanzeige angebracht, so dass man den ausgelenkten Winkel des Zeigers gut ablesen kann und anschließend einen genauen Vergleich zwischen den unterschiedlichen Metallen ziehen kann. Die Schülerinnen und Schüler sollen ihr Ergebnis, also welche der drei Metalle für ein Bimetall am besten geeignet sind abliefern, sich das entsprechende Bimetall abholen und testen, ob sich damit ein Stromkreis schließen lassen würde.

- **4.2 Lernvoraussetzungen:** Bei diesem Versuch sollen sich die Schülerinnen und Schüler erst mal die Eigenschaften eines Metalls bei Temperaturveränderung und die daraus resultierenden eines Bimetalls klarmachen. Da das Ausdehnungsverhalten von Festkörpern sowie die Funktion des Bimetalls vor der Geschichte ausführlich erklärt wird, ist ein Vorwissen seitens der Schüler nicht zwingend notwendig.
- **4.3 Sachanalyse:** Zunächst dehnen sich Festkörper bei Temperaturveränderung unterschiedlich aus. Die zu untersuchenden Materialien sind Kupfer, Eisen, Messing und Aluminium. Ihre Längenausdehnungskoeffizienten sind:

| | |
|-----------|--------------------------------|
| Eisen | $11 \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ |
| Kupfer | $17 \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ |
| Messing | $19 \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ |
| Aluminium | $24 \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$ |

In der Industrie wird Bimetall aus Eisen und Zink hergestellt, doch es ist auch mit anderen Materialien denkbar, ihre Längenausdehnungszahlen sollten allerdings möglichst weit auseinander liegen.

- **4.4 Didaktische Analyse:** Dieser Kontext wird die Schülerinnen und Schüler schon deshalb interessieren, da es hier um eine Feier geht, und Schülerinnen und Schüler in diesem Alter sind meist schon recht eifrige Partygänger. Außerdem ist die/der Schüler(in) in der beschriebenen Situation ein Hauptverantwortliche(r) für diese Veranstaltung. Dieser Umstand wird sie/ihn dazu veranlassen sich um eine Lösung des Problems zu bemühen.

Die Schülerinnen und Schüler werden durch den Kostenfaktor (Der Schmied ist sehr teuer und deshalb kann das Bimetall kein zweites Mal angefertigt werden) dazu angeregt, sehr präzise zu messen und das richtige Bimetall anzugeben. Für die Physik ist das genaue Messen sehr wichtig, was hier auch exemplarisch geübt wird, da sich zwischen dem Ausdehnungsverhalten dieser Metalle nur feine Unterschiede ergeben, die aber bei sorgfältiger und exakter Arbeitsweise deutlich hervortreten.

Die offene Fragestellung besteht darin, dass eine Entscheidung über zwei zu verwendende Metalle erbracht werden muss. Die konkrete Aufgabenstellung, auf die die/der Schüler(in) kommen soll, besagt, dass man die Metalle auf ihr Ausdehnungsverhalten bei Temperaturzufuhr testen soll. Daraus soll die experimentelle Aufgabe gefunden werden, wie lassen sich die Metalle möglichst gut vergleichbar auf ihr Ausdehnungsverhalten testen?

- 4.5 Ausarbeitung für die Schülerinnen und Schüler

Handout für Schülerinnen und Schüler

Vereinsfeier

Beim Bimetall nützt man die Tatsache aus, dass sich verschiedene Metalle unterschiedlich ausdehnen. Bimetall besteht aus zwei verschiedenen Metallen, die zusammengepresst sind, und hat die Eigenschaft sich bei Temperaturveränderung aufgrund des unterschiedlichen Ausdehnungsverhaltens der beiden Metalle zu biegen. Das hat zur Folge, dass man das Bimetall als Schalter verwenden kann. Bei Temperaturänderung biegt es sich und schließt entweder einen Stromkreis oder öffnet ihn



Ein Bimetallstreifen verbiegt sich, wenn er erwärmt wird oder abgekühlt wird, denn die beiden miteinander verbundenen Metallstreifen haben unterschiedliches Ausdehnungsverhalten.

Hier ist Metall A dasjenige Metall, das sich bei Erwärmung stärker ausdehnt und bei Kühlung stärker zusammenzieht.

Bei Euch im Dorf ist im Sportverein eine Riesenveranstaltung geplant. Jetzt ist aber der Veranstalter krank geworden und Du musst für ihn einspringen. Die meisten Vorbereitungen sind schon getroffen. Ein Problem ist noch da: Die Veranstaltung findet aus Platzgründen in einem etwas zu kleinem Raum statt. Und bekanntlich wird es in einem kleinen Raum mit sehr vielen Menschen schnell ziemlich heiß. Ein Ventilator ist zwar vorhanden, aber Du wirst wohl viel zu beschäftigt sein, um den Ventilator dauernd aus- und einschalten zu können. Du musst Dir deshalb eine automatische Vorrichtung überlegen, die das für Dich übernimmt.

Am besten kannst Du so eine Schaltung mit einem Bimetall bauen.

Jetzt findest Du im Vereinsheim schon ein paar Metalle, aus denen Du Dir vom Schmied ein Bimetall herstellen lassen kannst. Du musst die Metalle jetzt ganz genau testen, da der Schmied teuer ist, und Dir deshalb kein Fehler unterlaufen sollte.

Allgemeine Aufgabe: Überlege Dir einen Versuch dazu.

Zur Verfügung steht Dir:

- Teelichter + Schälchen
- verschiedene Metallstangen von gleicher Länge und gleichem Durchmesser
- Hölzchen, Holzstücke
- etwas zum Einspannen
- Zündhölzer
- Nagel mit Zeiger, Rundscheibe mit Gradanzeige, Kleber
- Uhr

Materialkiste:



Arbeitsaufgaben (Handout für die Schülerinnen und Schüler am Ende):

Aufgabe 1: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Messing, Eisen, Kupfer**. Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welche zwei Metalle sich am besten für ein Bimetall eignen. Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.

Aufgabe 2: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Kupfer, Alu, Eisen**. Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welche zwei Metalle sich am besten für ein Bimetall eignen. Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.

Aufgabe 3: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Messing, Kupfer, Alu**. Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welche zwei Metalle sich am besten für ein Bimetall eignen. Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.

Aufgabe 4: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Kupfer, Messing, Eisen**. Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welches der drei untersuchten Metalle sich am besten für Bimetall eignet, wenn das andere Metall Zink ist. Der Längenausdehnungskoeffizient von Zink beträgt $29 \cdot 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$), der von Kupfer beträgt $17 \cdot 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$). Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.

Aufgabe 5: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Kupfer, Messing, Alu.** Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein „Bimaterial“ wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welches der drei untersuchten Metalle sich am besten für „Bimaterial“ eignet, wenn das andere Material Plexiglas ist. Der Längenausdehnungskoeffizient von Plexiglas beträgt $70 \cdot 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$), der von Messing beträgt $19 \cdot 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$). Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete „Bimaterial“ anforderst und testest.

Hilfekarten:

- Hilfekarte:** Du musst die Längenausdehnung der Metalle bei Erwärmung untersuchen.
Wie kannst Du die Ausdehnung der Metallstange am besten sehen?
- Hilfekarte:** Die Metallstange soll zu einer Seite fest anstehen, so dass sie sich nach dieser Seite nicht ausdehnen kann. Zur anderen Seite soll sie fest auf dem Nagel mit dem Zeiger aufliegen, so dass dieser sich unter der Metallstange mitdreht.
Überlege Dir, wie Du eine bei allen Messungen vergleichbare und gleichmäßige Erwärmung der Materialien schaffst.
- Hilfekarte:** Am besten ist es, wenn Du alles vorher aufbaust und dann erst die Kerzen - alle auf der Holzplatte - darunter schiebst (Die Flammen sollen immer etwa gleich hoch sein, also wenn eine Flamme zu klein wird, etwas Wachs aus dem Schälchen schütten).
Wenn ein Metall schon einmal erhitzt wurde, dann mit Leitungswasser wieder herunterkühlen, damit man gleiche Ausgangstemperatur bei allen Metallen hat.
Überlege Dir, wie Du die unterschiedliche Ausdehnung verschiedener Metalle am genauesten vergleichen kannst.
- Hilfekarte:** Zum Vergleich der verschiedenen Metalle kommt direkt hinter den Zeiger die Scheibe mit der Winkelanzeige und Du kannst Dir bei jedem Metall den ausgelenkten Winkel des Zeigers aufschreiben.

Lösungskarte zu Aufgabe 1: Eisen und Messing

Lösungskarte zu Aufgabe 2: Eisen und Alu

Lösungskarte zu Aufgabe 3: Kupfer und Alu

Lösungskarte zu Aufgabe 4: Eisen

Lösungskarte zu Aufgabe 5: Kupfer

5 Arbeitsaufgaben (Handout für die Schülerinnen und Schüler)

Schatztaucher:



Schatztaucher

(Teil 1)

Aufgabe 1: Angenommen Du willst eine halbe Stunde mit Luft versorgt werden, welche Menge Luft ist dazu nötig?

Nun liegt das Wrack in 20m Tiefe. Erkundige Dich bei Deinen Kollegen, welchen Druck sie für 20m herausbringen und versuche somit zu ermitteln, wie viel Luft Du bei normalem Luftdruck in das DTG (Drucklufttauchgerät) hineinpressen müsstest, um in der Tiefe noch genug Luft zur Verfügung zu haben, und schreibe den Wert in Dein Heft.



Schatztaucher

(Teil 1)

Aufgabe 2: Angenommen Du willst 20min. mit Luft versorgt werden, welche Menge Luft ist dazu nötig?

Nun liegt das Wrack in 25m Tiefe. Erkundige Dich bei Deinen Kollegen, welchen Druck sie für 25m herausbringen und versuche somit zu ermitteln, wie viel Luft Du bei normalem Luftdruck in das DTG (Drucklufttauchgerät) hineinpressen müsstest, um in der Tiefe noch genug Luft zur Verfügung zu haben, und schreibe den Wert in Dein Heft.



Schatztaucher

(Teil 2)

**Aufgabe 3: Kannst Du etwas über die Druckzunahme sagen?
Erstelle eine Tabelle für den Druck bis 30m Tiefe (alle 5m)**



Schatztaucher

(Teil 2)

**Aufgabe 4: Kannst Du etwas über die Druckzunahme sagen?
Erstelle eine Tabelle für den Druck bis 18m Tiefe (alle 3m)**

Urlaub in Finnland:



Urlaub in Finnland (Teil 1)

Aufgabe 1: Du möchtest Dir zum Aufwärmen grünen Tee zubereiten. Dieser darf jedoch nur mit 70°C - warmen Wasser überbrüht werden.

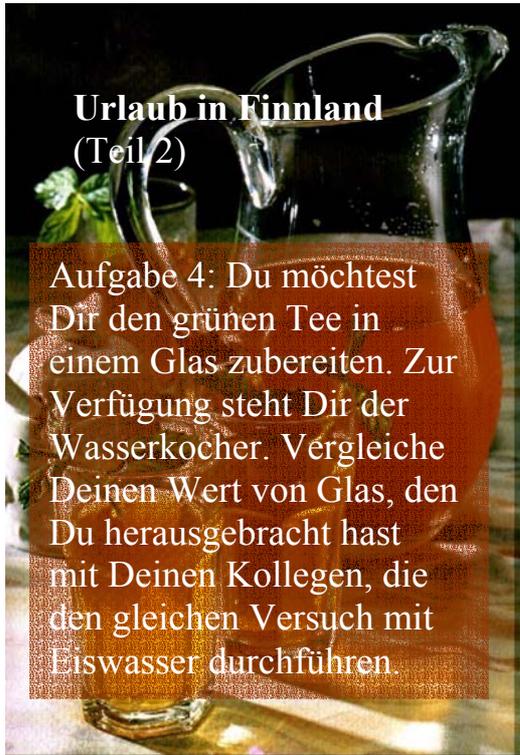
Finde heraus, wie viel Liter Eiswasser und kochendes Wasser Du mischen musst, um drei Tassen ($0,25$ Liter) grünen Tee zu trinken!

Urlaub in Finnland (Teil1)

Aufgabe 2: Du möchtest ein Vollbad (80 Liter) nehmen. Finde heraus, wie viel Liter Eiswasser und kochendes Wasser Du mischen musst, um Deine gewünschten 38°C zu erhalten! Versuche diese Temperatur in Deinem zur Verfügung stehenden Gefäß herzustellen!

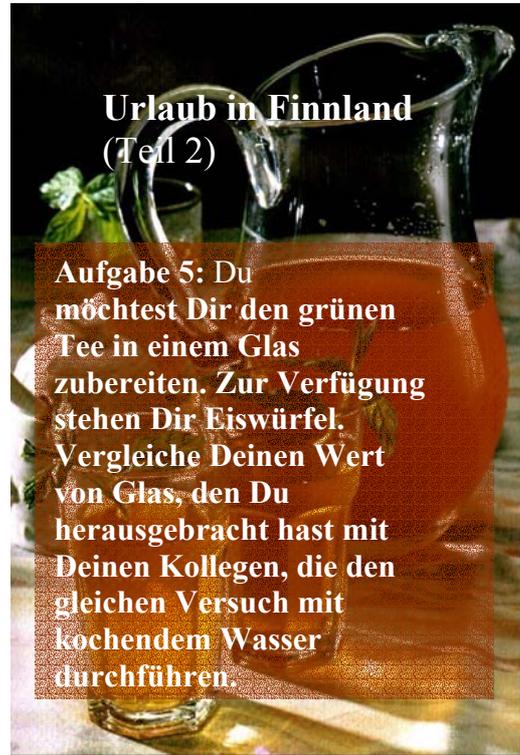
Urlaub in Finnland (Teil 1)

Aufgabe 3: Du möchtest ein Bad nehmen und gibst Dich aber mit 50 Liter Wasser in der Badewanne zufrieden. Finde heraus, wie viel Töpfe (5 Liter) voll Wasser Du kochen musst, um das Eiswasser auf 38°C zu bringen! Versuche diese Temperatur in Deinem zur Verfügung stehenden Gefäß herzustellen!



**Urlaub in Finnland
(Teil 2)**

Aufgabe 4: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Glas zubereiten. Zur Verfügung steht Dir der Wasserkocher. Vergleiche Deinen Wert von Glas, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit Eiswasser durchführen.



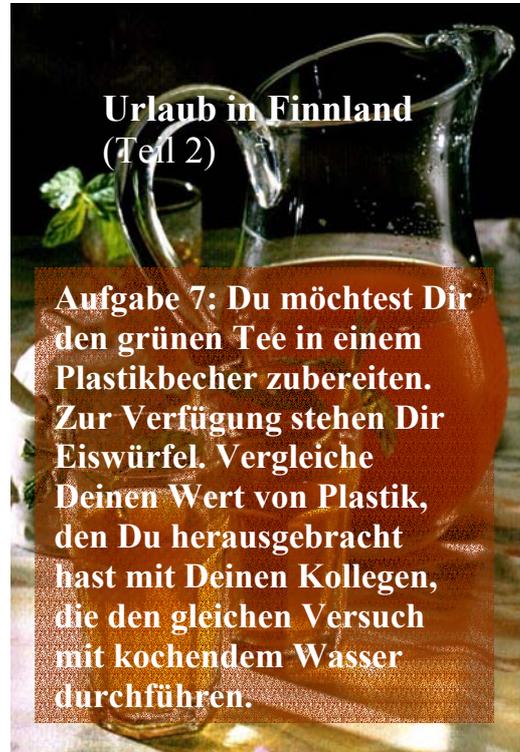
**Urlaub in Finnland
(Teil 2)**

Aufgabe 5: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Glas zubereiten. Zur Verfügung stehen Dir Eiswürfel. Vergleiche Deinen Wert von Glas, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit kochendem Wasser durchführen.



**Urlaub in Finnland
(Teil 2)**

Aufgabe 6: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Plastikbecher zubereiten. Zur Verfügung steht Dir der Wasserkocher. Vergleiche Deinen Wert von Plastik, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit Eiswasser durchführen.



**Urlaub in Finnland
(Teil 2)**

Aufgabe 7: Du möchtest Dir den grünen Tee in einem Plastikbecher zubereiten. Zur Verfügung stehen Dir Eiswürfel. Vergleiche Deinen Wert von Plastik, den Du herausgebracht hast mit Deinen Kollegen, die den gleichen Versuch mit kochendem Wasser durchführen.

Ferienjob:





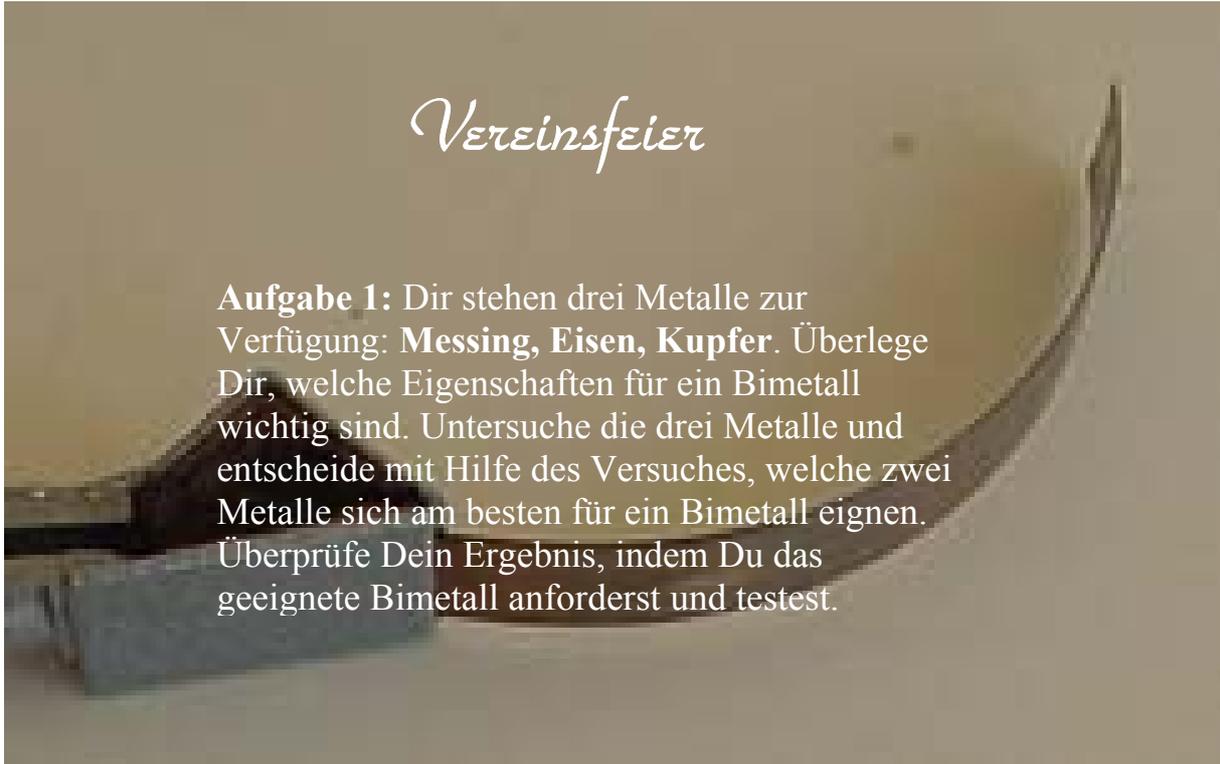
Ferienjob

GENIUS - Auftauplatte
ca. 32 x 32 cm

Artikelnummer: 862756
Preis 39,50

Aufgabe 5: Diese Maschine stellt Auftauplatten her. Günstig wäre ein Material, bei dem das Auftauen besonders schnell geht. Dir stehen die folgenden Materialien zur Verfügung: Messing, Glas, Aluminium. Überlege Dir einen Versuch, mit dem Du herausbringst, welches Material am besten dafür geeignet ist.

Vereinsfeier:



Vereinsfeier

Aufgabe 1: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Messing, Eisen, Kupfer**. Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welche zwei Metalle sich am besten für ein Bimetall eignen. Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.



Vereinsfeier

Aufgabe 2: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Kupfer, Alu, Eisen**. Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welche zwei Metalle sich am besten für ein Bimetall eignen. Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.

Vereinsfeier

Aufgabe 3: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Messing, Kupfer, Alu.** Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welche zwei Metalle sich am besten für ein Bimetall eignen. Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.

Vereinsfeier

Aufgabe 4: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Kupfer, Messing, Eisen.** Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein Bimetall wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welches der drei untersuchten Metalle sich am besten für Bimetall eignet, wenn das andere Metall Zink ist. Der Längenausdehnungskoeffizient von Zink beträgt $29 \cdot 10^{-6}$ (1°C), der von Kupfer beträgt $17 \cdot 10^{-6}$ (1°C). Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete Bimetall anforderst und testest.

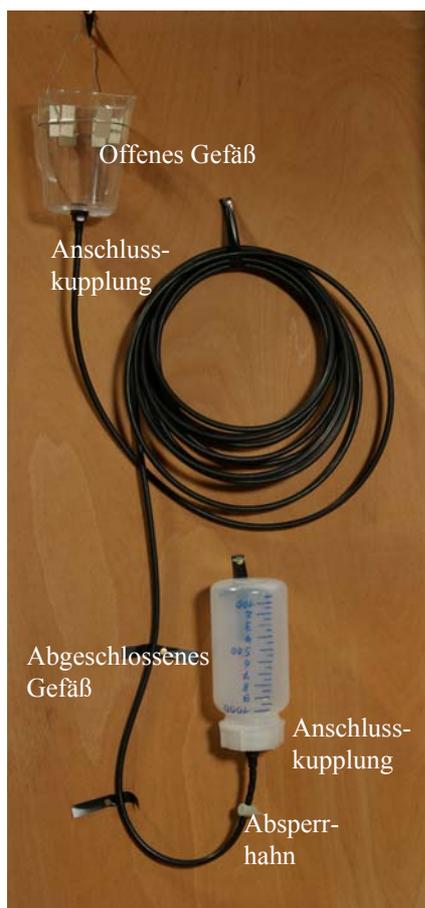
Vereinsfeier

Aufgabe 5: Dir stehen drei Metalle zur Verfügung: **Kupfer, Messing, Alu.** Überlege Dir, welche Eigenschaften für ein „Bimaterial“ wichtig sind. Untersuche die drei Metalle und entscheide mit Hilfe des Versuches, welches der drei untersuchten Metalle sich am besten für „Bimaterial“ eignet, wenn das andere Material Plexiglas ist. Der Längenausdehnungskoeffizient von Plexiglas beträgt $70 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$, der von Messing beträgt $19 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$. Überprüfe Dein Ergebnis, indem Du das geeignete „Bimaterial“ anforderst und testest.

6 Materialien und Bauanleitungen zu den Versuchen

Schatztaucher

| | Materialien | Bezugsquellen |
|---------|--|--|
| Teil 1: | durchsichtiger Schlauch | Baumarkt (Obi oder Praktiker) |
| Teil 2: | Offenes Gefäß | Geschäft für Haushaltsartikel |
| | Schlauch \varnothing 8mm, 10m oder 15m Länge | Dehner Gartencenter „Topf - Blumat“ |
| | 2 Anschlusskupplungen | Dehner Gartencenter „Topf - Blumat“ („Hochtankanschluss“) |
| | Absperrhahn | Dehner Gartencenter „Topf - Blumat“ |
| | Abgeschlossenes Gefäß | Campingausrüstung z.B. Sport Schuster München (Weithalsgefäß) |



Herstellen der Vorrichtung:

Anbringen druckresistenter Verbindungen zwischen Behältern und Schläuchen:

Behälter mit 12 - mm - Bohrer durchbohren, Anschlusskupplung durch Bohrung stecken, dabei die mitgelieferte Dichtung anbringen und Schraubmutter anziehen.

Abgeschlossenes Gefäß, wenn nötig, am Schraubverschluss mit Silikon (Baumarkt) abdichten.

Ferienjob

| Materialien | Bezugsquelle |
|--|---|
| Stangen z.B. mit 6mm Dicke: <ul style="list-style-type: none"> - Aluminium - Messing - Eisen - Holz | Baumarkt (z.B. Obi oder Praktiker) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Plastik | Obi (wurde aus einer kleinen Topfpflanzenstütze aus Plastik herausgeschnitten) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Glasstäbe Ø 6mm 30cm lang | Glasrührstab – Laborzubehör (z.B. Bestellung mittels Brenner Fotozeitung – in jedem Zeitschriftenladen vorhanden) |

Bearbeitung: Zuschnitt der Metallstangen mit einer Eisensäge zu 30 cm Länge

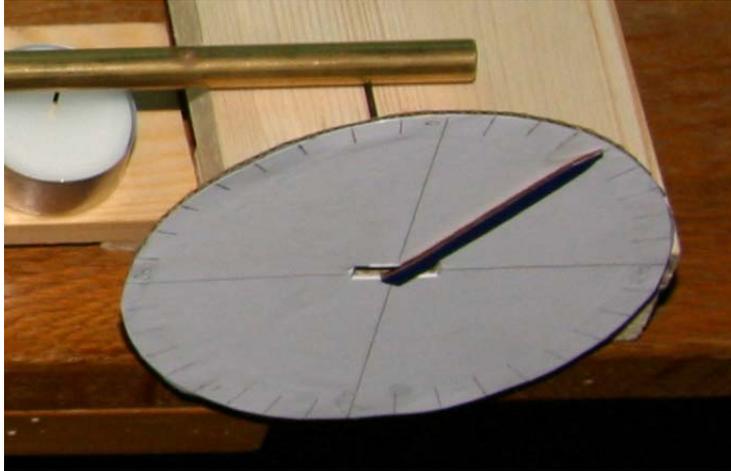
Vereinsfeier

| Materialien | Bezugsquelle |
|--|---|
| Metallstangen z.B. mit 10mm Dicke <ul style="list-style-type: none"> - Messing - Kupfer - Aluminium - Eisen | Rackl (Kupfer – Messing – Aluminium – Zuschnitt – Service) München/Dornach Margaretha – Ley – Ring 33 (Kupferstangen sind bei Obi und Praktiker nicht erhältlich) |
| Metallplatten für Bimetall 0,8cm Dicke <ul style="list-style-type: none"> - Messing - Kupfer - Aluminium - Eisen | Baumarkt (Obi oder Praktiker) |
| <ul style="list-style-type: none"> - Plexiglas | Plexiglaslineal verwenden |
| Metallklebemittel (Temperaturbeständigkeit bis 180°C) | Därr Theresienstr. 66 80333 München „Metallex“ 2 Komponenten Exposi - Stahl |
| Thermobimetall Eisen/Zink | Opitec Hobbyfix Bestellnummer: 817.967 |

Bearbeitung der Metallstangen:

Metallstangen werden mit der Eisensäge zurechtgeschnitten.

Herstellen der Rundscheibe mit Winkelanzeiger:



Als Ausdehnungsanzeiger wird ein dünner Streifen aus Karton (Zeiger) mit Sekundenkleber auf den Kopf eines etwa 5-6cm langen Nagels geklebt.

Für die Rundscheibe wird ein Karton verwendet, kreisrund ausgeschnitten und mit den Winkelzahlen beschriftet. In der Mitte am besten eine längliche Öffnung ausschneiden (Der Nagel bewegt sich ja beim Versuch unter der Metallstange waagrecht).

Herstellung des Bimetalls:

1. Aus den Metallplatten werden Metallstreifen mit etwa 3cm Breite und 50cm Länge geschnitten. Als Schneidewerkzeuge verwendet man am besten einen Trennschleifer, z.B. eine Flex (mit Trennscheibe für Metall) oder den „Dremel Multi“ (Baumarkt) – unbedingt eine Schutzbrille tragen!
2. Die Metallstreifen werden an den Klebeflächen mit Spezialreiniger (im Klebeset enthalten) entfettet und mit dem Metallklebemittel dünn und gleichmäßig bestrichen. Die beiden bestrichenen Metallstreifen werden sorgfältig zusammengefügt, zwischen zwei dicke Holzlatten gelegt (zur gleichmäßigen Druckverteilung) und etwa 12 Stunden mit mehreren Schraubzwingen zusammengepresst.