

Projektaufgabe: Energiesparhaus (I) - Schlechte und gute Wärmedämmung. Wie viel Energie lässt sich einsparen?

Arbeitet in Vierergruppen zusammen. Achtet besonders darauf, dass ihr die Arbeit so einteilt, dass jedes Gruppenmitglied einen wesentlichen Teil zum Gruppenergebnis beitragen kann.

Aufgaben

1. Erstellt aus Pappe zwei Hausmodelle A und B. Für die Häuser gelten folgende Vorgaben:
 - Die Häuser sollen nur einen Raum haben (Grundfläche nicht größer als 30 cm x 20 cm)
 - Fenster sollen mit dünnem Plexiglas hinterklebt werden, die Türen aufklappbar sein.
 - Die Heizung der Häuser besteht aus einer Glühlampe (6V/30W).
 - Haus B wird mit Styroporplatten gegen Wärmeverluste gedämmt.
2. Führt mit den Häusern A und B einen fairen Vergleich ihres Energiebedarfs für die Raumheizung durch.
3. Führt mindestens einen Versuch durch, bei dem die Raumtemperatur in den Modellhäusern so geregelt wird, dass sie über einen längeren Zeitraum konstant auf 10°C über der Außentemperatur liegt (Handregelung). Ermittelt auch dafür den Energiebedarf.
4. Dokumentiert eure Arbeit.
5. Informiert euch, welche Dämmstoffe im Hausbau verwendet werden, wie Wärmedämmung durchgeführt wird und wie viel Energie eingespart werden kann. Stellt die Informationen knapp und übersichtlich auf einem von euch gestalteten Infoblatt zusammen.
6. Lassen sich die Modellexperimente und die Ergebnisse auf die Wirklichkeit übertragen?

Zeit: 4 Doppelstunden

Bewertungskriterien

Bewertet werden

- die Ausführung der Modelle
- die Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente
- das Infoblatt
- die Bewertung der Ergebnisse

Materialzusammenstellung pro Arbeitsgruppe

Pappe (ca. 50 x 50cm) aus Umzugskartons, Styropor (50 x 50 x 2cm), Holzplatte, ca. 30 x 20 cm, Klebstoff (Ponal und Spezialkleber für Styropor), Klebeband, Sperrholzbrett (8x8x1cm) für die Lampenfassung, Lampenfassung E14, Glühlampe 6V/30W(15W), Kabelmaterial, 4 Krokodilklemmen, Schalter auf Sockel, Holzschrauben

Werkzeug:

Cutter, Schraubendreher, Seitenschneider, Abisolierzange, Lineal, Geodreieck, Arbeitsunterlage

Messgeräte

Datenlogger, 2 Temperatursensoren, Multimeter, Stoppuhr, Kalorimeter (Becherglas 250 ml mit Isolierung aus Schaumstoff),

Sonstiges

Lampentrafo (6V/5A), Experimentierkabel, Verlängerungskabel (Kabeltrommel)
Digitalkamera, Styroporschneider mit Trafo,

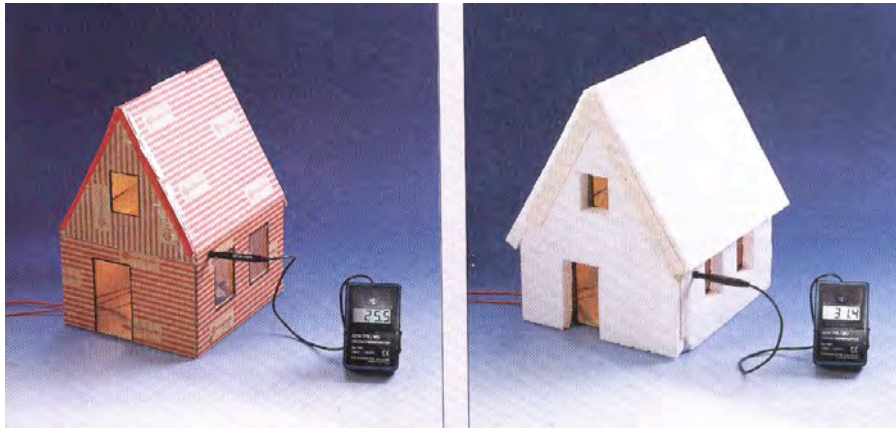
Hilfen:

Fotos von Modellhäusern

Physikbuch

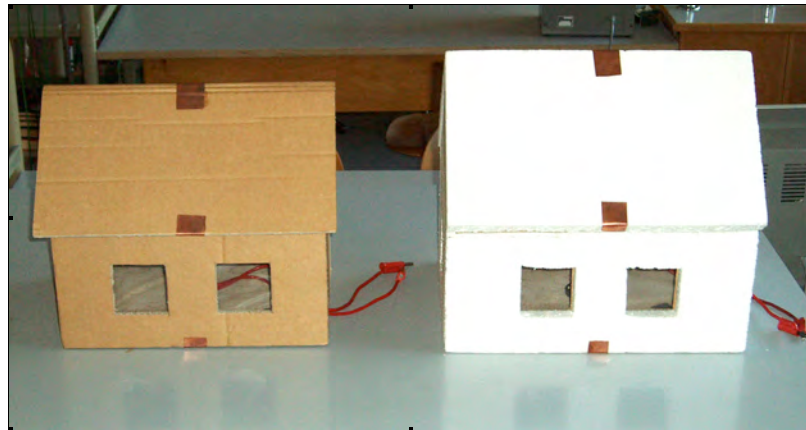
Arbeitsblatt: Glühlampe als Energiewandler

Beispiele von einfachen Energiesparhäusern



Haus A

Haus B



Hinweis: An den Dachflächen sind hier dünne Kupferstreifen angebracht. Sie dienen als Schutz für das weiche Material, wenn das Dach mit einer Schnur am Haus befestigt wird.

Glühlampe als Energiewandler

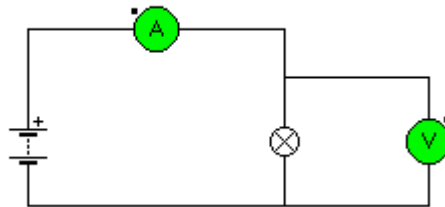
In dem Energiesparhaus – Modell dient eine Glühlampe als Heizung. Glühlampen sind Energiewandler. Sie wandeln elektrische Energie in Licht und Wärmeenergie um. Wie groß ist dabei der Anteil der Wärmeenergie?

Die elektrische Energie wird in Wattsekunden (Ws) gemessen, die Wärmeenergie in Joule (J). 1 Wattsekunde = 1 Joule

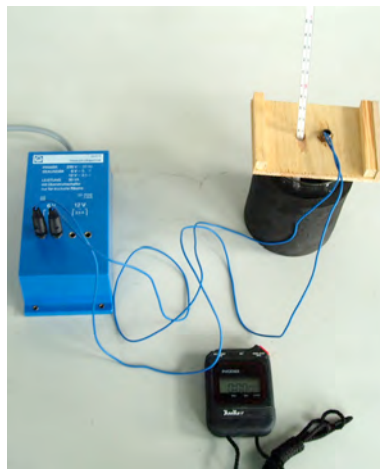
Arbeitet zu zweit oder in der Gruppe!

Aufgabe 1: Legt an die Lampe eine Spannung von 6 Volt und misst die Stromstärke. Bestimmt die Leistung P der Glühlampe. Die Leistung P ist das Produkt aus der Spannung U und der Stromstärke I (Einheit: $1\text{VA} = 1\text{ W}$).

Schaltung:



Ergebnis:



Aufgabe 2:

Benutzt die Glühlampe als „Tauchsieder“ und haltet sie in ein Kalorimeter, das mit 150 ml Wasser gefüllt ist (Abbildung). Achtet darauf, dass der Lampensockel nicht mit dem Wasser in Berührung kommt. Schaltet die Lampe z.B. 5 Minuten ein und ermittelt den Temperaturanstieg im Kalorimeter. Berechnet die dem Wasser zugeführte Wärmeenergie mit Hilfe der vereinfachten Formel:

$$\text{Wärmeenergie} = 4,2 \cdot \text{Wassermenge in Gramm} \cdot \text{Temperaturanstieg}$$

Das Ergebnis der Rechnung entspricht der Wärmeenergie in der Einheit Joule!

Ergebnis:

Hinweis: Nutzt die Hilfekarten auf dem Lehrtisch, wenn ihr nicht genau wisst, wie der Versuch durchgeführt wird!

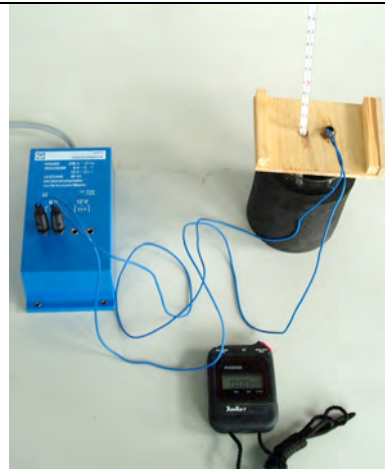
Eine ungewöhnliche Idee – Glühlampe als Heizung!

In dem Energiesparhaus – Modell dient eine Glühlampe als Heizung. Glühlampen sind Energiewandler. Sie wandeln elektrische Energie in Licht und Wärmeenergie um. Wie groß ist dabei der Anteil der Wärmeenergie?

Wenn man die Glühlampe aus dem Energiesparhaus vorsichtig in Wasser eintaucht, kann man mit ihrer Wärme Wasser aufheizen. Achtet aber darauf, dass kein Wasser in den Sockel eintreten kann!

Versuchsaufbau und Material

Glühlampe (6V/30W) in Fassung E14 mit Anschlusskabel,
Becherglas 250 ml,
Trafo 6V/2,5A,
Thermometer,
Stoppuhr,
Schaumstoff (z.B. zur Wärmeisolation von Heizungsrohren)
Wasser



Durchführung:

1. Füllt 150 ml Wasser (150 g) in das Becherglas. Setzt die Glühlampe kopfüber auf das Becherglas, so dass sie bis zum Metallsockel in Wasser eintaucht. **Achtet darauf, dass kein Wasser in die Fassung kommen kann!**
2. Misst die Wassertemperatur am Anfang. $T_1 = \text{___}^{\circ}\text{C}$
3. Schließt die Glühlampe an den 6 V – Anschluss des Trafos an. Schaltet den Strom für 10 Minuten an und danach wieder aus.
4. Misst die Temperatur des erwärmten Wassers. $T_2 = \text{___}^{\circ}\text{C}$

Auswertung:

1. Die Glühlampe hat eine elektrische Leistung von 6V x 5A = 30 Watt.
2. 10 Minuten sind 600 Sekunden. Die an die Lampe **abgegebene elektrische Energie** ist deshalb **18000 Wattsekunden (Ws)** groß.
3. Das Wasser ist $^{\circ}\text{C}$ wärmer geworden. Es enthält jetzt mehr Wärmeenergie als vorher.
4. Die dem Wasser **zugeführte Wärmeenergie** kann man mit folgender **vereinfachter Formel** berechnen:

Wärmeenergie = 4,2 \square Wassermenge in Gramm \square Temperaturanstieg

Das Ergebnis der Rechnung entspricht der **Wärmeenergie in der Einheit Joule!**

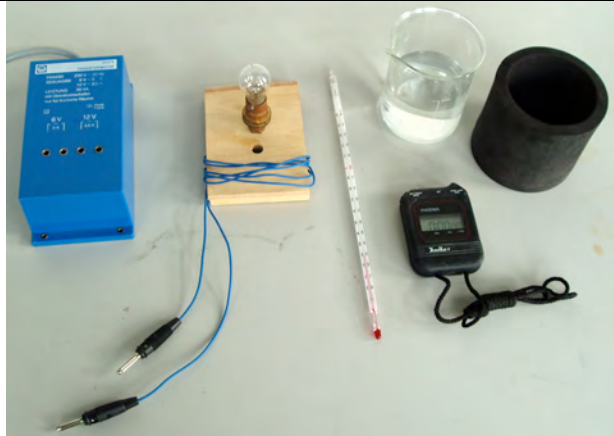
Ergebnis:

5. Eine Wattsekunde ist genauso viel wie ein Joule! Schreibt die Ergebnisse von Schritt 2 und Schritt 4 deshalb nebeneinander und vergleicht sie. Wie groß ist der Anteil der Wärmeenergie, den die Glühlampe in diesem Versuch aus elektrischer Energie „erzeugt“?

Hilfe 1

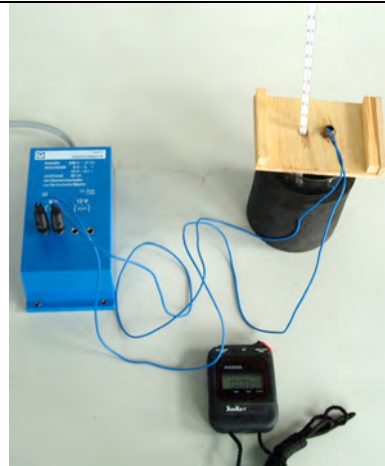
Wenn man eine Glühlampe vorsichtig in Wasser eintaucht, kann man mit ihrer Wärme das Wasser aufheizen. Achtet aber darauf, dass kein Wasser in den Sockel eintreten kann!

Glühlampe (6V/30W) in Fassung E14 mit Anschlusskabel
 Becherglas 250 ml
 Trafo 6V/5A (Wechselstrom)
 Thermometer
 Stoppuhr
 Schaumstoff zur Wärmeisolierung
 Wasser, z.B. 150 ml



Hilfe 2

- In das mit 150 ml Wasser gefüllte Becherglas wird die Glühlampe ganz eingetaucht.
- Die Anfangstemperatur wird gemessen.
- Die Lampe wird für zehn Minuten eingeschaltet. Die Glühlampe bleibt im Becherglas, bis ein Temperaturnausgleich erreicht ist.
- Die Endtemperatur wird gemessen und die Temperaturerhöhung bestimmt.
- Die dem Wasser zugeführte Wärmeenergie wird berechnet. (Hilfe 3)



Hilfe 3

Die dem Wasser **zugeführte Wärmeenergie** kann man mit folgender **vereinfachter** Formel berechnen:

$$\text{Wärmeenergie} = 4,2 \cdot \square \text{ Wassermenge in Gramm} \cdot \square \text{ Temperaturanstieg}$$

Das Ergebnis deiner Rechnung entspricht der Wärmeenergie in der Einheit Joule (J)!

Vergleiche die zugeführte elektrische Energie mit der im Wasser nachgewiesenen Wärmeenergie. (Hilfe 4)

Hilfe 4

Die zugeführte elektrische Energie und die nachgewiesene Wärmeenergie kann man miteinander vergleichen. Es gilt die einfache Umrechnung

$$1 \text{ Wattsekunde (Ws)} = 1 \text{ Joule (J)}$$

Zugeführte elektrische Energie in Wattsekunden (Ws) bzw. Joule (J): _____

nachgewiesene Wärmeenergie in Joule (J): _____

Beispiel: Ein elektrischer Wasserkocher (Leistung 2000 Watt) mit 500 ml Wasser wird für 30 Sekunden eingeschaltet. Die Temperatur des Wassers steigt von 20°C auf 45°C.

Elektrische Energie: $2000 \text{ W} \cdot 30 \text{ s} = 60000 \text{ Ws}$ $60000 \text{ Ws} = 60000 \text{ J}$

Im Wasser nachgewiesene Wärmeenergie: $4,2 \cdot 500 \cdot 25 = 52500 \text{ J}$

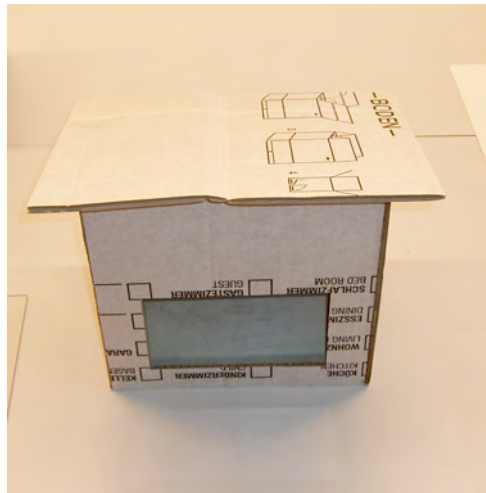
7500 Joule sind bei der Umwandlung von elektrischer Energie in Wärmeenergie „verloren gegangen“!

Projektaufgabe: Energiesparhaus (II)

Arbeitet in Vierergruppen zusammen. Achtet besonders darauf, dass ihr die Arbeit so einteilt, dass jedes Gruppenmitglied einen wesentlichen Teil zum Gruppenergebnis beitragen kann.

Aufgaben

1. Erstellt aus den vorbereiteten Materialien zwei Hausmodelle A und B. Für die Häuser gelten folgende Vorgaben:
 - Die Häuser haben nur einen Raum (25 cm x 16 cm)
 - Der Boden besteht aus einer Spanplatte, die Wände und das Dach aus dicker Pappe oder Sperrholz
 - Das Haus ist an der Vorderseite 25 cm hoch, auf der Rückseite 20 cm.
 - Das einzige Fenster besteht aus Plexiglas (25 cm x 12 cm x 0,2cm). Es kann mit einer zweiten Plexiglasplatte zu einem Doppelfenster umgebaut werden. Der Abstand der zweiten Scheibe sollte nicht größer als 5mm sein. Die Scheiben können herausnehmbar sein.
 - Die Wände und das Dach des zweiten Hauses werden mit Styropor gedämmt.
 - Für die Heizung der Häuser gibt es drei Möglichkeiten: a) Getränkedose 330 ml mit heißem Wasser; b) Elektroheizung durch Tauchsiedermodell (ca. 30 W); c) Glühlampe 6V/15W und 30W



2. Wählt aus den **Experimentiermöglichkeiten** eine interessante Aufgabe aus und bearbeitet sie. Stellt eure Ergebnisse übersichtlich und sauber da.
Die Aufgabenvorschläge findet ihr auf dem Lehrerpult.

Das Styropor darf nur mit dem Styroporschneider zugeschnitten werden!
Es lässt sich mit dem lösungsmittelfreien Alleskleber von UHU gut kleben.

Energiesparhaus: Experimentiermöglichkeiten

Versuch 1: Wärmedämmung in Modellhäusern

Geräte/Anordnung

1. 1 Modellhaus aus Pappe
2. 1 Modellhaus aus Pappe mit Wärmedämmung aus Styroporplatten 2cm, Styrodur 2 cm oder Dämmplatten 2 cm
3. 2 leere Getränkedosen, 330 ml
4. 2 Thermometer, 0 °C bis 50 °C oder Datenlogger mit 2 Temperaturfühlern
5. heißes Wasser, 1 l

Versuchsanordnung

Durchführung

Die Thermometer werden durch ein kleines Loch in das Dach gesteckt, so dass sie sich wenige Zentimeter unter der „Decke“ befinden. Die Getränkedosen werden mit heißem Wasser gefüllt und in die Modellhäuser gestellt. Sie symbolisieren die Heizkörper im Haus. Nach 2 Minuten wird die Temperatur in den Modellhäusern ermittelt. In beiden Fällen liegt die Temperatur deutlich über der Raumtemperatur im Klassenraum, bzw. der Außentemperatur, wenn das Experiment außerhalb des Klassenraums durchgeführt wird. Die Temperatur im isolierten Haus steigt am stärksten an.

Ergebnis

Durch das Verschließen von Fenstern und Türen in einem Haus wird die Wärmeströmung nach außen weitestgehend behindert. Eine Außendämmung mit einem Wärme dämmenden Stoff verringert außerdem die Wärmeleitung nach außen.

Versuch 2: Heizen mit Sonnenlicht – Wirkung der Isolierverglasung

Geräte/Anordnung

1. 1 Modellhaus aus Pappe mit Wärmedämmung aus Styroporplatten 2cm
2. Plexiglasscheibe (großes Fenster eines Wohnraums)
3. Plexiglasscheibe doppelt (großes Fenster eines Wohnraumes mit Isolierverglasung)
4. Thermometer, 0 °C bis 50 °C oder Datenlogger mit Temperaturfühlern
5. Halogenlampe (Optiklampe o. Ä.) 100 W

Versuchsanordnung

Durchführung

Die Optiklampe wird dicht vor die Scheibe des Modellhauses gestellt, so dass der Lichtkegel die Scheibe gut ausleuchtet. Das Styropor darf aber nicht mit erwärmt werden. Das Thermometer (Quecksilberthermometer oder Temperaturfühler) wird im Modellhaus so angebracht, dass es nicht direkt angestrahlt werden kann (eventuell Strahlungsschutz mit Alu-Folie anbringen). Im ersten Versuch wird die Einfachverglasung eingesetzt. Man schaltet die Lampe für 5 Minuten ein und liest die Temperatur im Haus alle 30s ab. Nach dem Abschalten der Lampe notiert man noch 10 Minuten lang den Temperaturverlauf. Der Versuch wird mit der Isolierglasscheibe wiederholt.

Ergebnis

Die Raumtemperatur steigt in beiden Fällen rasch an. Nach dem Abschalten der Lampe geht sie jedoch nur langsam wieder zurück. Der „Treibhauseffekt“ entsteht also durch Kombination der Strahlungsdurchlässigkeit mit der Wärmeundurchlässigkeit der Isolierglasscheibe.

Hinweis: Dunkle Wände im Haus verstärken den Treibhauseffekt.

Hinweis:

Den Temperaturverlauf kann man mit dem Datenlogger kontinuierlich aufnehmen und mit dem PC grafisch auswerten. In diesem Fall entfällt die Temperaturmessung durch die Schüler.

Der Fenster-Check im Klassenraum

Die doppelte Scheibe im Modellhaus sorgt dafür, dass die Heizwärme nicht so schnell entweichen kann. Im Vergleich zu einer Einfachverglasung spart dies Energie.

In einem Schulgebäude sollten die Fenster auch eine Doppelverglasung haben. Ob diese noch richtig wirkt und vor Wärmeverlusten schützt, könnt ihr selbst herausfinden. Lest dazu die Anleitung genau durch!

Material:

2 Folienthermometer zum Ankleben an die Fensterscheibe, Anzeigebereich $0 - 24^{\circ}\text{C}$ und $0 - 10^{\circ}\text{C}$

2 Flüssigkeits- oder elektronische Thermometer, Anzeigebereich $0 - 50^{\circ}\text{C}$

Anleitung

Der Fenstercheck ist nur sinnvoll, wenn draußen eine Außentemperatur von unter 5°C ist. Die beste Jahreszeit ist also der Spätherbst oder Winter. Man misst am besten früh morgens in den ersten Unterrichtsstunden.

Für den Fenstercheck benötigt ihr 4 Temperaturen, die ihr in die Tabelle eintragt.

Die Folienthermometer werden an die Fensterscheibe geklebt. Das Thermometer mit dem niedrigeren Anzeigebereich wird von Außen auf die Scheibe geklebt, das andere von Innen.

Mit den beiden anderen Thermometern werden die Raumtemperatur und die Außentemperatur gemessen.

Wenn der Klassenraum mehrere Fenster hat, muss die Messung an den Scheiben wiederholt werden. Die Folienthermometer lassen sich leicht abziehen und wieder neu ankleben.

Beispieltabelle:

Wo?	Temperatur in $^{\circ}\text{C}$
Innenraum	
Innenscheibe	
Außenscheibe	
Außenbereich	

Zum Nachdenken

- Woran kann man nach den Temperaturmessungen erkennen, dass die Fenster kostbare Energie nach Außen lassen?
- Warum sollte bei der Messung der Himmel möglichst bedeckt sein?

Der Fenster-Check im Klassenraum (2)

Ergänzende Hinweise und Informationen

Eine optimale Glasisolierung ist gegeben, wenn die Zimmertemperatur nur ein Grad von der Oberflächentemperatur der dem Raum zugewandten Glasscheibe abweicht, die Glasscheibe also nur 1 Grad C kälter ist als die Zimmertemperatur. Zeigen die beiden Innenthermometer eine größere Temperaturdifferenz auf, ist die Scheibenoberfläche wesentlich kühler als die Zimmertemperatur, ist ein Wärmeverlust vorhanden. Je größer der Temperaturunterschied, also die Glasscheibe kühler ist als der Innenraum, umso größer der Wärmeverlust.

Moderne Wärmeschutzfenster haben eine Edelgasfüllung zwischen den Scheiben. Die innen liegende Scheibe ist außerdem noch mit einer Schicht bedampft. Diese lässt die kurzwelligen Anteile des Sonnenlichts durch, reflektiert aber das langwellige Infrarot in den Raum zurück.

Das Außen-Folienthermometer dient zur Ermittlung des optimalen Messzeitpunktes. Die exaktesten Ergebnisse der Wärmeverlustmessung sind bei einer Außentemperatur von -10°C bis -3°C zu erzielen. Die Rauminnentemperatur muss bei der Durchführung der Messung mindestens 2 – 3 Stunden auf der zum Messzeitpunkt erreichten Temperatur gehalten sein.

Alternative Messmethoden:

Wenn ein Datenlogger und ein so genannter Wärmeströmungssensor zur Verfügung stehen, kann man die Größe der Wärmeströmung und somit die Wärmeverluste noch einfacher bestimmen. Der Wärmeströmungssensor wird flach gegen die Scheibe gedrückt, bzw. mit Klebeband angeklebt. Er zeigt die Größe und die Richtung des Wärmestroms in der Einheit W/m^2 an.

Beschaffungshinweis:

Kostenlose Fenstertest-Sets mit 4 Folienthermometern erhält man z.B. bei einem Fensterhersteller im Internet www.fenster-profis.de und www.fenster-check.de Folienthermometer sind auch Aquarienzubehör.

Bei www.astromedia.de erhält man ein Set mit 3 LCD-Folienthermometern für 3,90 Euro. Datenlogger, z.B. Corex EasySense mit Wärmeströmungssensor bei Cornelsen Experimenta

Versuch 3: Wärmeleitfähigkeit von Luft (Freihandversuch)

Geräte /Anordnung

1. 2 leere, blanke Konservendosen mit unterschiedlichem Durchmesser, 1000 ml und 500 ml
2. 2 Kork- oder Styroporstücke
3. Becherglas mit heißem Wasser, 1000 ml
4. Wasserkocher

Durchführung

Die kleinere Konservendose wird mit heißem Wasser gefüllt. Die Schüler stellen durch Betasten fest, dass sich die Temperatur der Außenseite sehr schnell erhöht. Danach wird das Wasser wieder ausgegossen. Man legt die Korkstücke auf den Boden der großen Dose und stellt die kleine Dose so darauf, dass sie die große an keiner Stelle berührt. Die kleine Dose wird wieder mit heißem Wasser gefüllt. Die äußere Dose erwärmt sich nur ganz geringfügig.

Ergebnis

Luft ist ein schlechter Wärmeleiter.

Ergänzende Informationen

Im Hausbau werden Mauern oft zweischalig gebaut. Dabei ist z.B. zwischen der Außenwand aus Ziegeln und den Innenwänden ein mehrere Zentimeter breiter Hohlraum. Diese sogenannte Luftschicht wirkt wie eine Isolierung und verhindert, dass die Wärme aus dem Inneren des Hauses über die Außenwand abgegeben wird. Bei neueren Bauten wird dieser Hohlraum mit speziellen Dämmstoffen, z.B. Styropor ausgefüllt.

Isolierglas als Wärmedämmung

Isolierglas besteht aus zwei, (oder sogar drei) Glasscheiben, die durch einen Luftzwischenraum voneinander getrennt sind. Diese Luftschicht leitet die Wärme nur gering und weil sie so dünn ist, kommt es in der Luftschicht auch nicht zu Wärmeströmung. Moderne Wärmeschutzgläser haben inzwischen anstelle der Luftfüllung eine Edelgasfüllung (z.B. Argon oder Krypton). Zusätzlich ist auf der innen liegenden Scheibe eine sehr dünne Schicht aus Metalloxiden und Silber. Sie behindert den Lichtdurchgang kaum, sorgt aber dafür, dass die Wärmestrahlung aus dem Wohnraum nur geringfügig nach Außen entweichen kann.

Versuch 4:

Demonstration der Wärmedämmung von Isolierglas

Geräte/Anordnung

- Modellhaus mit Wärmedämmung und Einfachverglasung (Plexiglasscheibe)
- „Heizung“ bestehend aus Tauchsiedermodell, Trafo 10 V/5A, 2 Kabel
- 2 Folienthermometer oder Temperaturfühler, Infrarotthermometer
- Thermometer zur Messung der Raumtemperatur mit Strahlungsschild
- Plexiglasscheibe mit Abstandshalter, Klebeband

Durchführung

Die zweite Plexiglasscheibe wird mit Abstandshaltern hinter die erste Scheibe gesetzt und eventuell mit etwas Klebeband fixiert. Die beiden Folienthermometer werden jeweils in die Mitte der äußeren und der inneren Scheibe geklebt. Das Raumthermometer wird durch ein Loch im Dach gesteckt. Man schaltet die Heizung ein und kontrolliert über das Raumthermometer die Innentemperatur des Modellhauses. Bei einer Temperatur von über 30⁰ C schaltet man die Heizung ab, öffnet das Dach des Hauses und liest schnell die Temperaturen auf der innen liegenden Scheibe und der äußeren Scheibe ab.

Ergebnis

Es besteht ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen der äußeren Plexiglasscheibe und der inneren Scheibe. Typische Werte sind ca. 5⁰C. Damit ist das Wärmerückhaltevermögen der äußeren Plexiglasscheibe und der Luftschicht eindeutig nachgewiesen.

Hinweis:

Wenn man keine Folienthermometer zur Verfügung hat, muss man die Scheibentemperaturen mit Temperaturfühlern messen. Die Temperaturfühler haben einen besseren Kontakt zu den Scheiben, wenn man etwas Wärmeleitpaste auf die Scheiben tupft und dann dort die Spitzen der Temperaturfühler aufsetzt. Mit einem Infrarotthermometer kann man die Scheibentemperaturen in einem Demonstrationsversuch kontaktlos messen.

Versuch 5: Einsparen von Heizenergie durch Absenken der Raumtemperatur

Der Zusammenhang zwischen Wohnraumtemperatur und Heizenergiebedarf wird in einem Modellversuch demonstriert.

Messprinzip

Die Raumheizung (hier E-Heizung) wird so geregelt, dass die Innentemperatur im Modellhaus über einen vorgegebenen Zeitraum konstant bleibt. Die Schüler messen die Einschaltzeit der Heizung mit einer Stoppuhr. Im Vergleichsversuch wird die Innentemperatur niedriger oder höher gewählt (z.B. 5°C). Im einfachsten Fall werden die Einschaltzeiten der Heizung ins Verhältnis gesetzt. Aus dem Bruchteil - als Dezimalbruch geschrieben - lässt sich die prozentuale Einsparung direkt ablesen. Die zugeführte Heizenergie lässt sich über die Leistung der E-Heizung (z.B. 50W) und die Einschaltzeit berechnen. Dabei wird angenommen, dass der Wirkungsgrad der E-Heizung 100% beträgt.

Geräte/Anordnung

- Modellhaus mit Isolierung (Einfachverglasung)
- E-Heizung (Tauchsiedermodell) für Niederspannung
- Netzgerät (10V/5A)
- Strom- und Spannungsmesser
- 3 Experimentierkabel
- Temperaturfühler mit Datenlogger oder Digitalthermometer mit Strahlungsschild
- 2 Stoppuhren

Durchführung

In einem Vorversuch wird das Tauchsiedermodell an den Trafo angeschlossen und die Stromstärke gemessen, die bei einer bestimmten, eingestellten Spannung (mit Spannungsmesser nachmessen) durch das Gerät fließt. Das Produkt P aus Spannung und Stromstärke ist die Leistung der „Heizung“, die während der Versuche konstant bleibt. Die Heizung wird in das Modellhaus gesetzt und das Dach fest verschlossen. Der Temperaturfühler wird durch ein Loch im Dach gesteckt. Wichtig! Der Fühler darf nicht der direkten Strahlung der Heizung ausgesetzt werden. Er wird daher mit einem Strahlungsschild aus Alufolie versehen. Man schaltet die Heizung an und startet beide Stoppuhren. Sobald die Solltemperatur (z.B. 30°C) erreicht ist, wird die Heizung ausgeschaltet und die eine Stoppuhr angehalten. Sinkt die Raumtemperatur ab, wird die Heizung wieder eingeschaltet und die Stoppuhr wieder gestartet. Dieser Vorgang wiederholt sich während der Versuchszeit mehrmals. Nach 10 (15, 20) Minuten wird der Mess- und Regelvorgang abgebrochen. Man lässt das Modellhaus auf Raumtemperatur abkühlen und startet den Vergleichsversuch mit niedriger (bzw. höherer) Solltemperatur.

Tipp: Die Solltemperaturen sollten deutlich über der Temperatur im Klassenraum liegen, damit ein Wärmeaustausch zwischen Modellhaus und Klassenraum möglich ist. Die Schüler können deutliche Temperaturabsenkungen von z.B. 5°C leichter regeln, als kleinere Werte. Der Regelvorgang wird für die Schüler einfacher, wenn man vorgibt, dass die Heizung erst wieder eingeschaltet wird, wenn die Temperatur um z.B. 2°C abgesunken ist.

Wärmebrücken und Thermographie

Wird die Wärmedämmschicht in einer Wand an einer bestimmten Stelle durch gut leitende Baumaterialien durchbrochen (z.B. Stahlbetonträger, Betonstein ohne Wärmedämmung), entsteht ein „Wärmeleck“. Die Wand hat an dieser Stelle – bei beheiztem Innenraum – am Ort der Wärmebrücke an der Wandinnenseite ein Temperaturminimum, auf der Wandaußenseite ein Temperaturmaximum relativ zu den benachbarten Wandabschnitten. Dies macht man sich bei der Thermografie zunutze: Ordnet man verschiedenen Temperaturen jeweils verschiedene Farben zu, erscheint z.B. eine Häuserfront als „Falschfarbenbild“, in dem sich Wärmebrücken durch die hohen Wandtemperaturen von ihrer Umgebung farblich abheben.

Die Thermografie kann man vereinfacht simulieren, wenn die Schule über empfindliche Messgeräte für infrarote Strahlung verfügt. Hier kommen z.B. ein Wärmesensor mit Datenlogger, eine sogenannte Thermosäule nach Mohl oder auch ein Infrarotthermometer in Frage.

Man stellt z.B. in das Modellhaus eine Dose mit heißem Wasser direkt an eine Wand. Wenn man dann mit dem Infrarotsensor des Datenloggers langsam die Wände abtastet, kann man die Temperaturerhöhung an dieser Stelle gut nachweisen. Ähnliches gelingt mit der Thermosäule. Sie wird mit einem Voltmeter verbunden – der Messbereich sollte im mV-Bereich liegen – und in geringem Abstand langsam um das Modellhaus geführt. Die Wärmequelle hinter der Wand lässt sich eindeutig nachweisen.