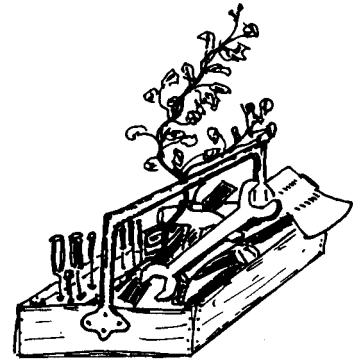


Unterrichtsprojekte Natur und Technik

Hrsg.: Landeshauptstadt Hannover, Schulamt
Schulbiologiezentrum Hannover
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel. : 168-47665/7
Fax: 168-47352
Email: 40.50@hannover-stadt.de
web: www.schulbiologiezentrum-hannover.de

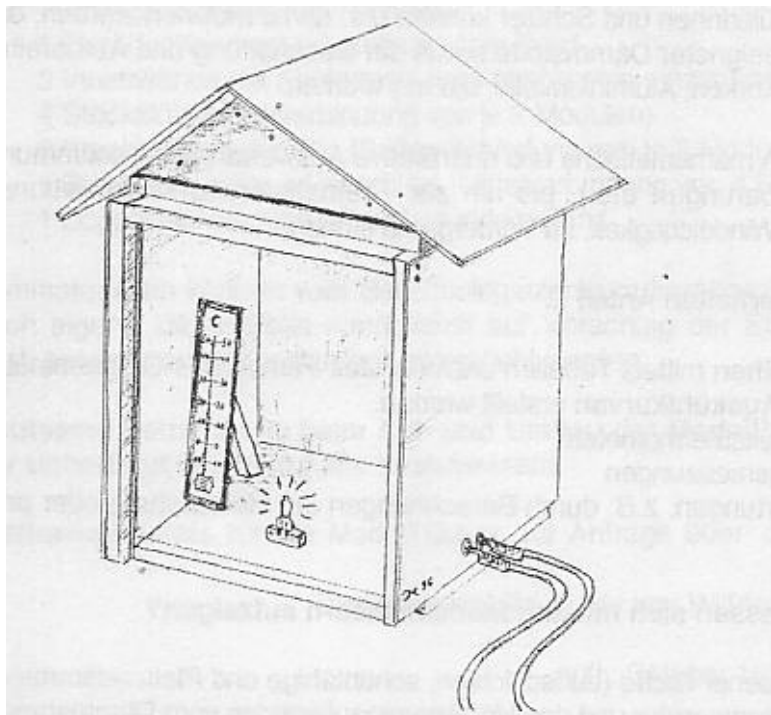


19.23

Zum Experimentieren und Nachbau
für Arbeitsgemeinschaften, Projektwochen
und Schullandheimaufenthalte:

Energiesparhäuschen für Bauherren von morgen: Experimentelle Bestimmung der energetischen Auswirkungen von Dämmmaßnahmen

Die in den Industrieländern vorherrschende Energieverschwendung gilt als Hauptursache des globalen Temperaturanstiegs und der daraus resultierenden Klimaveränderungen. Heute - zum Ende des 2. Jahrtausends unserer Zeitrechnung - ist absehbar, dass Leben und Überleben, ins-



besondere der nächsten Generationen, entscheidend davon abhängt, inwieweit es gelingt, verfügbare Energien und Energieressourcen sinnvoll und sparsam zu gebrauchen und gerecht zu verteilen.

Da der größte Anteil am **Endenergieverbrauch** der privaten Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland bislang auf Heizzwecke entfällt - im Jahre 1991 z.B. 76 Prozent bzw. rund 451 Mio. MWh von 589 Mio. MWh - sind Einsparungen in diesem Bereich maßgebend. In der Reihe sinnvoller Maßnahmen zur Heizenergieeinsparung muss die **Vermeidung unnötigen bzw. überhöhten Energiebedarfes** Vorrang haben vor der – umweltbelastenden – Bereitstellung von Heizwärme; somit **steht die Verbesserung des**

Wärmeschutzes beheizter Gebäude an erster Stelle.

Die Notwendigkeit der Gebäudebeheizung haben Schülerinnen und Schüler bereits unmittelbar erfahren. Die mit der Gebäudebeheizung verbundenen energetischen Auswirkungen sind ihnen dagegen seltener vertraut. Am Beispiel der Gebäudebeheizung lassen sich neben energetischen, auch volkswirtschaftliche Zusammenhänge und ökologische Fragestellungen erschließen.

Als ein Beispiel aus ihrem Lebensbereich, kann Schülerinnen und Schülern (vorrangig der Sekundarstufen I und II) das Verständnis der Zusammenhänge erleichtert, und zugleich ein handlungsrelevanter Bereich für die im Unterricht gewonnenen Einsichten aufgezeigt werden (Motivation).

Schülerinnen und Schüler können durch die Experimente mit den Modellhäusern ...

- Grunderfahrungen der **Bauphysik** gewinnen,
- Erfordernisse des **Wärmeschutzes** und der rationellen **Gebäudebeheizung** kennenlernen,
- einen ersten Einblick gewinnen in Aufgabenstellungen einer **energiebewussten Konstruktion** und **Ausführung** von Wohngebäuden.

Je nach Klassenstufe, verfügbarer Unterrichtszeit, Unterrichtsfach und Sachkenntnis des bzw. der Unterrichtenden können zahlreiche Fragestellungen thematisiert, veranschaulicht, demonstriert und untersucht werden, d.h. ist die unterrichtliche Vertiefung offen. Der **modulare, variable Aufbau der Modellhäuser** ermöglicht vielfältige Unterrichtsexperimente mit zahlreichen Einzelmessungen und individuellen Fragestellungen. Außenwände, Dach und Verglasung der Modellhäuser können einzeln, schrittweise mit unterschiedlichen Materialien gedämmt werden; zudem lässt sich, durch Verbinden mehrerer Häuser, der Einfluss kompakter Bauweise untersuchen.

Die zur unterrichtlichen Vertiefung oben genannter Fragestellungen hinführenden Modelle sind notwendigerweise in gewissem Umfang komplex. Zusätzlich erfordert der Umgang mit den Modellhäusern eine gewisse Geschicklichkeit und Behutsamkeit, da z.B. die Dämmplatten durch grobe Handhabung leicht beschädigt werden. Zu einem allerersten Einstieg in das Themengebiet der Wärmelehre sind die Modellhäuser daher weniger geeignet. Einfache, grundlegende Versuche zur Wärmeleitung, Wärmespeicherung und Wärmestrahlung sollten - i.d.R. in früheren Klassenstufen - bereits vorausgegangen sein.

In unteren Klassenstufen sollten eher qualitative Auswertungen, der Blick auf die erreichbaren Gleichgewichtstemperaturen und die durch Dämmung erzielbaren Temperaturerhöhungen im Vordergrund stehen. Die Schülerinnen und Schüler können u.a. damit motiviert werden, dass sie ihre Phantasie der Entdeckung geeigneter Dämmstoffe sowie der Beschaffung und Aufbereitung dieser Dämmstoffe (z.B. Holzwolle, Korken, Aluminiumfolie, u.a.m.) widmen.

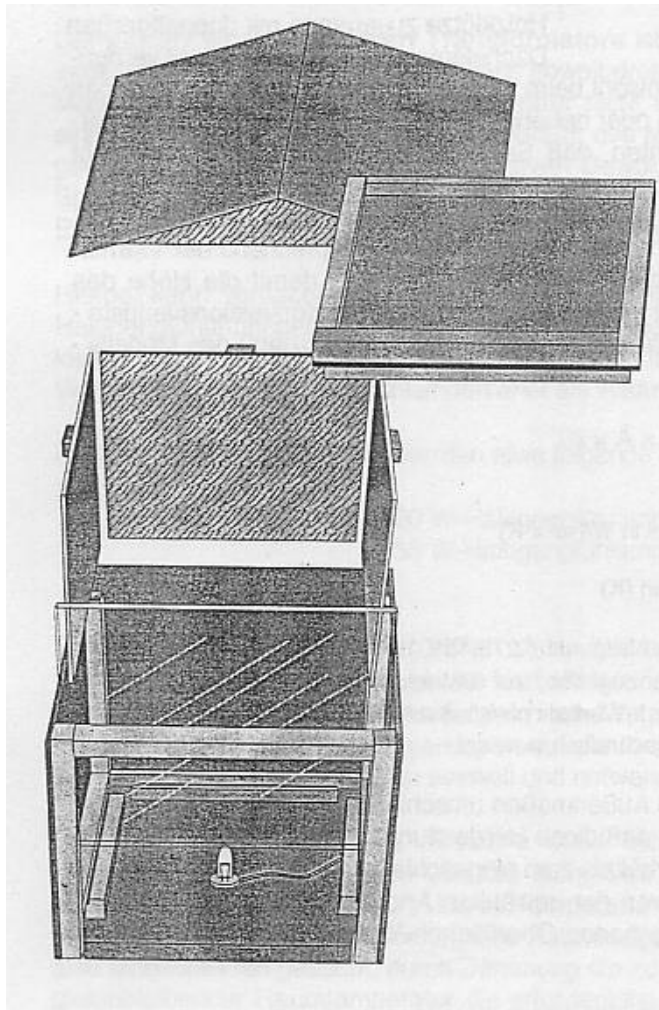
In höheren Jahrgängen sollten mathematische und quantitative Auswertungen (Bestimmung mittlerer k-Werte, prozentualer Einsparungen etc.), bis hin zur Thematisierung konstruktionsbedingter Wärmebrücken und/oder der Winddichtigkeit, im Vordergrund stehen.

Schülerinnen und Schüler erhalten Anlass ...

- zur Aufnahme von **Messreihen** mittels Tabellen und/oder Zeit-Temperatur-Diagrammen; es können **Aufheiz-** und **Auskühlkurven** erstellt werden.
- zum Umgang mit Flüssigkeitsthermometern,
- zu Strom- und Spannungsmessungen
- zu rechnerischen Auswertungen, z.B. durch Berechnungen der Heizleistung oder prozentualer Änderungen.

Welche Zusammenhänge lassen sich mit den Modellhäusern aufzeigen?

- Dämmwirkung verschiedener Stoffe (Luftschichten, schüttfähige und Plattendämmstoffe)
- Abhängigkeit der Raumtemperatur und des Heizenergieaufwandes vom Dämmstandard, z.B. Dicke und Flächenanteil der Dämmschicht(en), Verglasungsart (Einfach-, Doppelverglasung), fassadenweise Dämmung, Dachdämmung
- Abhängigkeit der Raumtemperatur und des Heizenergieaufwandes von Wandbekleidungen
- Abhängigkeit der Raumtemperatur und des Heizenergieaufwandes vom Windeinfluss (Ventilator) bzw. von der Luftdichtigkeit
- Abhängigkeit der Raumtemperatur und des Heizenergieaufwandes vom Lüftungsverhalten
- Abhängigkeit der Aufheizdauer von der Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes
- Abhängigkeit der Aufheizdauer vom Reflexionsvermögen der Wandbekleidung für Wärmestrahlung und von der Dämmstärke
- Abhängigkeit der Wärmekapazität des Gebäudes von der Dämmung
- Abhängigkeit des Heizenergieaufwandes von der zu erreichenden Raumtemperatur
- Abhängigkeit des Heizenergieaufwandes vom beheizten Volumen (A/V-Verhältnis,



- kompakt Bauweise, Einzel- oder Reihenhausbauweise)
- Dimensionierung von Dämmmaßnahmen
- baulich (konstruktive) Umsetzung von Dämmvorhaben (Innen- bzw. Außendämmung)

Beschreibung der Modellhäuser:

Die Wände und das Dach der Modelle bestehen aus 4 mm starkem, die Bodenplatte aus 10 mm starkem Sperrholz, wobei die Seitenwände und die Rückwand fest mit der Bodenplatte verbunden sind. Die Außenmaße eines Modellhauses - inklusive Flachdach und Boden - bilden einen gleichseitigen Würfel von je 30 cm Kantenlänge. Eine bzw. zwei Acrylglasplatte(n) (einfach- oder zweifach-Verglasung), die in seitliche Führungsschlitze der Vorderseite eingeschoben werden können, dienen zugleich als Fenster und der Einsehbarkeit in das Modell. Der Verglasungsanteil an der Gesamtoberfläche eines Moduls (Wand-, Boden-, Deckenfläche) beträgt ca. 0,18 m² bzw. 20 Prozent.

Den oberen Abschluss bilden alternativ bzw. kombiniert ein Flachdachelement mit umlaufendem Rand, zur Aufnahme von Schüttdämmmaterialien bzw. passend zugeschnittener Dämmstoffplatten, und ein Satteldachelement.

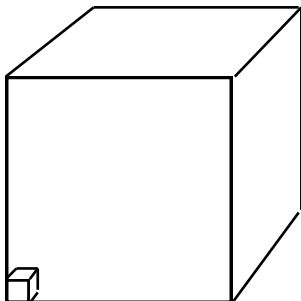
Ebenso wie die Verglasung, können auch die Sperrholzwände doppelwandig (zweischalig) oder einschalig gestaltet werden. Die inneren Wandteile lassen sich mit dem auf Abstandshaltern klebenden Klettband an den Außenwänden befestigen, so dass in die Hohlräume eingebrachte (Schütt-) Dämmstoffe sicher gehalten werden.

Die Modellhäuser repräsentieren Gebäude in leichter Bauweise. Der Einfluss schwerer Bauweise lässt sich untersuchen durch einbringen von z.B. Kieselsteinen, Gipsplatten oder sonstigen schweren Baustoffen in passendem Format.

Das Oberflächen-Volumen-Verhältnis (A/V)

Die würfelförmigen Experimentier-Module lassen sich fast beliebig miteinander zu größeren "Gebäude"-Einheiten verbinden. Ein einzelnes Modul - welches als "Einzelwohnung" bzw. "Einfamilienhaus" zu deuten ist - kann so mit größeren "Gebäuden" (Reihen- oder Mehrfamilienhäusern) verglichen bzw. physikalisch gesehen, die Abhängigkeit zwischen beheiztem Volumen und wärmeabgebender Oberfläche untersucht werden.

A/V-Verhältnis



Großer Würfel:
 Kantenlänge 10 cm
 Oberfläche $6 \times 10 \times 10 = 600 \text{ cm}^2$
 Volumen $10 \times 10 \times 10 = 1000 \text{ cm}^3$
 A/V-Verhältnis 0,6 : 1

Kleiner Würfel:
 Kantenlänge 1 cm
 Oberfläche $6 \times 1 \times 1 = 6 \text{ cm}^2$
 Volumen $1 \times 1 \times 1 = 1 \text{ cm}^3$
 A/V-Verhältnis 6 : 1

Bis zu vier Modelle lassen sich nebeneinander, in Reihe oder als doppelgroßes Quadrat, bzw. maximal je zwei Modelle übereinander anordnen. Die Position der Buchsen zur Spannungsversorgung ist bei je zwei Modulen gegenüberliegend und hierbei zu beachten. Zur Verbindung übereinander dienen kurze, an den vier Ecken einsteckbare Holzklötze. Eine feste Verbindung nebeneinander-stehender Modelle bieten geschlitzte, an der Unterseite einsteckbare, Holzklötze

zusammen mit doppelgroßen Dachelementen. Die miteinander verbundenen Modelle setzen vorsichtigen Umgang - sowohl beim Zusammenbau als auch bei etwaigen Transporten - voraus. Es ist nicht zulässig, über- oder nebeneinander angeordnete Modelle umherzutragen oder zu kippen! Es ist darauf zu achten, dass Satteldachelemente einzeln und nicht aufgelegt auf die Modelle getragen werden.

Die **Transmissionswärmeverluste** des Modellhauses summieren sich entsprechend der Wärmeströme durch seine Außenbauteile. Da die elektrische Heizleistung, und damit die Höhe des Gesamt-Wärmestromes, bekannt ist, kann - unter Vernachlässigung etwaiger Konvektionsverluste - anhand folgender Grundgleichung der mittlere k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) des Modells - als Maß der Dämmqualität - errechnet werden:

$$\dot{Q} = k_m \times A \times \Delta T$$

- \dot{Q} = Transmissionswärmestrom in Watt
- k_m = mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2 \times K)$
- A = Außenfläche des Modells in m^2
- ΔT = erreichte Temperaturdifferenz in Kelvin (K)

Die Kelvin-Skala basiert auf dem absoluten Nullpunkt (-273,15°C). In Physik und Technik ist es üblich, Temperaturunterschiede in **Kelvin** anzugeben, zur Unterscheidung von Temperaturangaben in **Grad Celsius**. Man beachte, dass der **k**-Wert als physikalische Größe stets mit kleinem, die Einheit **Kelvin** dagegen stets mit großem K geschrieben werden!

Dividiert man obige Gleichung durch das von den Außenmaßen umschlossene Volumen, erhält man die volumenbezogene Heizleistung. Es wird klar, dass diese Heizleistung umso kleiner sein kann, je kleiner die Gesamtoberfläche des Modells im Verhältnis zum eingeschlossenen Volumen - je kleiner also das A/V-Verhältnis - ist. In Abhängigkeit von der gewählten Anordnung mehrerer Modelle, ergeben sich die in der folgenden Tabelle angegebenen Oberflächen-Volumen- bzw. A/V-Verhältnisse:

Anordnung	Oberfläche A [m^2]	Volumen V [m^3]	A/V [m^{-1}]
1 Modul	0,54	0,027	20,0
2 Module neben- /übereinander	0,90	0,054	16,7

4 Module, neben- und übereinander bzw. im Quadrat	1,44	0,108	13,3
4 Module übereinander *)	1,62	0,108	15,0

*) nur mit entsprechender Umsicht zulässig !

Die Dämmqualität der Modellhäuser bzw. die Dämmfähigkeit verschiedener Materialien, kann auch ohne komplizierte Berechnungen, anhand der quecksilberfreien, mit Alkohol gefüllten Flüssigkeitsthermometer beurteilt werden. Um vergleichbare Messergebnisse zu erzielen, ist bei der Aufstellung, an den mit Klettband markierten Stellen, darauf zu achten, dass die Thermometer stets im gleichen Abstand zur Halogenleuchte (Wärmequelle) befestigt werden und die Messflüssigkeit nicht direkt angestrahlt wird!

Beheizung

Als Heizung dient eine Halogen-Stiftsockellampe für **12 V Gleich- oder Wechselspannung**, standardmäßige Bestückung 20 W, alternativ 35 W. Die Kleinspannung ermöglicht ein gefahrloseres Experimentieren und den Anschluss an etwaig vorhandene Solarstrom- oder Batterieversorgungen. Mittels der im NTW- und Physikunterricht gebräuchlichen Schnurleitungen mit Bananensteckern wird der Strom über Buchsen in den Seitenwänden der Module eingespeist. Die Leichtgängigkeit der Stecker ist vor den Versuchen zu prüfen, um die Befestigung der Buchsen nicht zu lösen.

Der Einsatz eines **regelbaren Transformators** ist sehr zu empfehlen, um - nach erfolgter Dämmung - die Heizleistung des Lämpchens soweit drosseln zu können, dass z.B. die im ungedämmten Modell erreichte Gleichgewichtstemperatur nicht überschritten wird. Diese Vorgehensweise ist sinnvoll, wenn die vorherige Innentemperatur des Modellhauses im Gleichgewichtszustand als die gewünschte Raumtemperatur (der fiktiven Bewohner) gedeutet wird. Anhand von Strom- und Spannungsmessungen, können ggf. die erzielten Einsparungen an Heizleistung bzw. - unter Einbeziehung der Versuchsdauer - auch an Heizenergie berechnet werden.

Hierbei kann vernachlässigt werden, dass nicht die gesamte elektrische Energie, die von dem Halogenleuchte abgegeben wird, als Heizleistung zur Verfügung steht, da nur ein relativ kleiner Anteil der Energie - ca. 5 Prozent - in Licht umgewandelt wird. Aufgrund ihres niedrigen Wirkungsgrades könnten Glühlampen eher als Wärmereizeuger angesehen werden.

Mit 12-Volt-Stiftsockellampen werden etwa folgende Temperaturen im Modellhaus erreicht (Angaben zur groben Orientierung!):

20 W-Halogenleuchte	bis 40 °C
35 W-Halogenleuchte	bis 50 °C

Fiktive Außentemperatur

Die folgenden Überlegungen sollen dazu beitragen, unrealistische Versuchsergebnisse zu vermeiden und möglichst praxisnahe Verhältnisse im Unterricht darzustellen. Zum Verständnis der Schülerinnen und Schüler ist der Vergleich mit Alltagsverhältnissen, also eine Übertragung der in den Versuchen gemessenen Temperaturen auf die in der Heizzeit bei realen Gebäuden auftretenden Außen- und Innentemperaturen sinnvoll und notwendig.

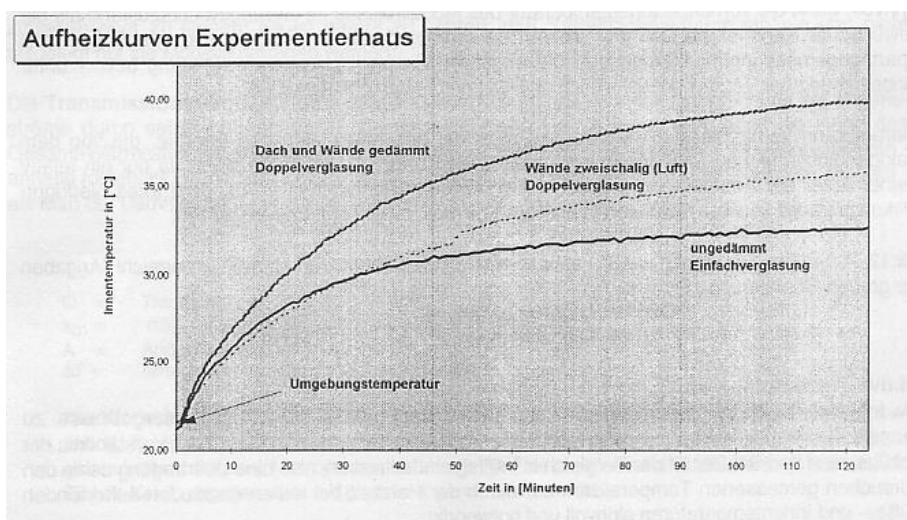
Bei der Durchführung der Versuche stellt sich - abhängig vom Dämmstandard - eine Innentemperatur der Module ein, die sich, trotz andauernder Beheizung, nicht mehr ändert (**Gleichgewichtstemperatur**). Diese Temperatur kann identifiziert werden z.B. als angestrebte bzw. als noch zu geringe, unbehagliche Raumtemperatur. Gemäß der gewählten Deutung werden also Möglichkeiten gesucht, durch Dämmung die zu niedrige Raumtemperatur zu erhöhen bzw. bei gleichbleibender Raumtemperatur die erforderliche Heizleistung und den Heizenergieaufwand zu senken. Während in realen Gebäuden die gewünschten Raumtemperaturen i.d.R. um 20°C schwanken, liegen die Temperaturen im Modellhaus immer deutlich über 20°C. Ebenso unterscheiden sich die im Realfall in der Heizzeit auftretenden Außentemperaturen von der

"Außentemperatur" des Modellhauses im Versuch, die bekanntlich gleich der Raumtemperatur des Klassenzimmers ist.

Herrscht im Modellhaus eine Gleichgewichtstemperatur von z.B. 38 °C, besteht eine Temperaturdifferenz von 18 K gegenüber dem z.B. 20°C warmen Klassenzimmer. Übertragen auf reale Verhältnisse in der Heizzeit, treten 18 K, bei einer angenommenen Raumtemperatur von 20°C, bei einer Außentemperatur von +2°C auf. Vorausgesetzt, die im Versuch erreichte Gleichgewichtstemperatur repräsentiere die gewünschte Raumtemperatur fiktiver Bewohner, entsprechen die Versuchsergebnisse durchschnittlichen Verhältnissen etwa von November bis März für ein reales Gebäude und den Standort Hannover, wenn nämlich Außentemperaturen dicht über dem Nullpunkt vorherrschen. Die so zum Vergleich herangezogene (fiktive) Außentemperatur erlaubt eine Beurteilung der erreichten Dämmqualität, bzw. der erzielten Verbesserung an Behaglichkeit durch die untersuchte Dämmung.

Die Grenze sinnvoller Temperaturdifferenzen geben die während sehr kalter Tage in der Heizzeit auftretenden, weit unter Null Grad Celsius absinkenden Außentemperaturen vor. Ein maximales Temperaturgefälle zwischen Raumluft- und Außenlufttemperatur von ca. 30 bis 35 K wird bei realen Gebäuden i.d.R. nicht überschritten. Um die Versuche praxisnah zu gestalten, sollten die Temperaturdifferenzen diese Obergrenzen einhalten, womit sinnvolle Innentemperaturen der Modellhäuser auf **maximal ca. 50 °C** festgelegt sind. Neben der Einhaltung sinnvoller Temperaturdifferenzen werden damit hitzebedingte Materialschäden der verwendeten Dämmstoffe weitgehend ausgeschlossen und auch die Messbereichsgrenze der Thermometer eingehalten.

Wie Vorversuche zeigten, ist mit den vorgeschlagenen Heizleistungen innerhalb einer Doppelstunde der Aufheizvorgang weitgehend abgeschlossen, also die Gleichgewichtstemperatur erreicht



Aus den Aufheizkurven ist ersichtlich, dass bei gleicher Heizleistung von hier 20 W, in Abhängigkeit der Dämmung unterschiedliche Gleichgewichts- bzw. Endtemperaturen erreicht werden. Da Heizleistung und Versuchsdauer bekannt sind, lassen sich die zu den Temperaturerhöhungen erforderlichen Wärmemengen (Q) errechnen und hiermit z.B. die veränderlichen **Wärmekapazitäten** (C) des ungedämmten und gedämmten Modellhauses nach folgender Gleichung bestimmen:

$$C = Q / \Delta T$$

- C = Wärmekapazität in Watt/Kelvin (W/K)
- Q = Wärmemenge in Wattstunden (Wh)
- ΔT = erreichte Temperaturdifferenz in Kelvin (K)

Die Wärmekapazität gibt die zur Erhöhung der Temperatur um 1 K erforderliche Wärmemenge an. Wie das obige Diagramm zeigt, nimmt die Wärmekapazität, ebenso wie der erforderliche Heizenergieaufwand, mit zunehmender Dämmung ab.

Dämmstandard

Zwischen die Leisten der Modul-Außenwände lassen sich bis zu 20 mm dicke Dämmstoffplatten einschieben, oder - unter Zuhilfenahme der drei Innenwände - riesel- bzw. stopffähige Dämmstoffe (Strohhäcksel, Holzwolle, Sägespäne, Granulate, Schaumstofflocken, ...) einfüllen. Die mitgelieferten Innenwände werden dazu oben mit Klettband, unten in Führungsschlitzen gehalten. Herausfallen der Dämmmaterialien zu vermeiden, sitzen sie relativ stramm aneinander. Auf keinen Fall dürfen die Innenwände mit Gewalt eingebracht oder gelöst werden!

Anbauten

Ein mitgeliefertes Satteldach kann sowohl als alleiniges Dach fungieren, als auch ergänzend zur Deckplatte, als zusätzlicher Pufferraum.

Luftdichtigkeit

Die Bodenplatten und die Satteldächer weisen Aussparungen bzw. Fugen auf, die u.a. Luftströmungen durch das Modul bzw. zwischen verbundenen Modulen ermöglichen. Im Experiment sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Abdichtung dieser Fugen wichtig ist für eine sparsame Beheizung. Hierzu sind einerseits ein Ventilator, andererseits Dichtmaterialien erforderlich. Zur Abdichtung dürfen jedoch nur Materialien verwendet werden, die sich hinterher mühe- und spurlos wieder entfernen lassen, wie z.B. Papier- oder Pappstreifen, die sich mit leicht entfernbarem Klebeband fixieren lassen. (Fugen bzw. Undichtigkeiten ergeben sich in der Praxis z.B. zwischen Blendrahmen von Fenstern bzw. Türen und Mauerwerk, bei Leichtbauweise an Plattenstößen, im ausgebauten Dachgeschoss an den Anschlüssen zu den Giebelenden etc.).

Ein Modellhaus besteht aus folgenden Teilen (bei Rückgabe bitte auf Vollständigkeit und Unversehrtheit überprüfen):

- Grundplatte mit Seitenwänden, Rückwand und Stiftsockellampe 12 V/ 20 W
- 1 Stiftsockellampe 12 V/ 35 W (lose, wahlweise einzubringen)
- 1 Flüssigkeitsthermometer (Messbereich -10 °C bis +50°C)
- 1 Acrylglasscheibe groß (außen)
- 1 Acrylglasscheibe klein (innen)
- 1 Flachdachelement mit umlaufendem Rand
- 3 Innenwände mit Abstandshaltern (wahlweise einzubringen)
- 4 Steckklötze (Eckverbindung von je 2 Modulen)
- 2 Steckklötze geschlitzt (Seitenverbindung von je 2 Modulen - unten)
- 1 Steckklotz gekreuzt geschlitzt (Mittelverbindung von 4 Modulen - unten)
- 1 Doppeldachelement mit umlaufendem Rand

Einige Dämmmaterialien können vom Schulbiologiezentrum bereitgestellt werden; im Unterricht sollten jedoch eigene Dämmstoffe - möglichst auf Vorschlag der Schülerinnen und Schüler - gefunden, ggf. passend zugeschnitten und untersucht werden.

Auf die behutsame Behandlung beim Auf- und Umbau der Modellhäuser sind Schülerinnen und Schüler unbedingt in jedem Falle hinzuweisen!

Bezugsquellennachweis für die Modellhäuser auf Anfrage über das Schulbiologiezentrum Hannover.

Diese Arbeitshilfe wurde von Wilfried Oppermann erstellt

1. Aufl.: Oktober 1995, überarbeitet 2002

E. Reese
Leiter des Schulbiologiezentrums

Anregungen für Arbeitsaufgaben:

- Notiere die Zeit des Versuchbeginnes und die Anzeige des Thermometers im Modellhaus. Stelle die Spannungsversorgung (12 V) her, beobachte die Temperaturanzeige und notiere jede Minute/alle fünf Minuten die Temperatur in einer Tabelle mit den Spalten "Zeit" und "Temperatur" (alternativ: sofortiges notieren der Messwerte im Zeit-Temperatur-Diagramm)
 - Übertrage die Messwerte in ein Diagramm. Trage auf der waagerechten Achse die Zeit, auf der senkrechten Achse die Temperatur ein. Du erhältst eine Aufheizkurve für das Modellhaus.
 - Dämme im Modellhaus nacheinander ein, zwei oder drei Außenwände sowie Dach und Fenster. Wiederhole die Messungen und notiere wiederum deine Messwerte in einer Tabelle; übertrage anschließend die Werte in das Diagramm; du erhältst weitere Aufheizkurven.
Was fällt dir beim Vergleich der Aufheizkurven auf?
Was kannst du zu den im Modellhaus erreichten (Gleichgewichts-)Temperaturen feststellen?
 - Welche Konsequenzen bedingt eine verbesserte Dämmung für die Heizung des Gebäudes?
 - Verringere beim gedämmten Modellhaus mit einem regelbaren Transformator die Spannung soweit, bis das Thermometer im Modellhaus wieder die erreichte Temperatur des ungedämmten Modellhauses anzeigt. Miss anschließend den Strom- und die Spannung und errechne die von der Lampe aufgenommene elektrische Leistung ($P = U \times I$). Um wieviel Prozent liegt diese (Heiz-)Leistung unter der Leistung im ungedämmten Zustand?
Alternativ: Um wie viel Volt konnte die Spannung gesenkt werden?
 - Was ist effektiver, eine gleichmäßige Dämmung aller Außenwände und des Daches oder eine besonders dicke Dämmung einzelner Wände bzw. nur des Daches?
 - Untersuche die Dämmwirkung von Luftschichten durch Einbau der Innenwände bzw. eines Rollos (unbeschichtete Pappe). Finde heraus, ab ein Rollo mit Aluminiumbeschichtung (Pappe mit Beschichtung) anstelle der Innenscheibe besser dämmt. Untersuche auch die Wirkung von Wandbekleidungen aus aluminiumbeschichteten Pappen (vgl. Heizkörpernischendämmung).
 - Untersuche die Dämm- bzw. Pufferwirkung selbst gefertigter Anbauten.
 - Lässt sich die Dämmwirkung des Flachdaches mit einem zusätzlichen Satteldach verbessern?
 - Wie verändern sich die Innentemperaturen/ der Energieverbrauch, wenn mehrere Modellhäuser über- oder nebeneinander zusammengestellt werden?
 - Wie verändern sich die Innentemperaturen der Modellhäuser, wenn Wind (Ventilator) auftritt?
 - Wie können wir aus den Modellhäusern "Niedrigenergiehäuser" bzw. "Minimal-" oder sogenannte 'Nullenergiehäuser' machen? (alle Flächen besonders gut/dick dämmen, Fugen abkleben)
 - Welche Wärmequellen außer der Heizung helfen zu Hause bzw. in der Schule mit, die Raumtemperaturen behaglich warm zu halten? (Sonneneinstrahlung, Abwärme elektrischer Geräte, Körperwärme von Menschen und Haustieren, ...)
- Wie verändern sich die Innentemperaturen der Modellhäuser, wenn Sonnenlicht oder das Licht eines starken Strahlers mit Glüh- oder Halogenlampe durch die Verglasung einfällt?
- Können wir auch ohne teure Solaranlage(n) mit Sonnenenergie heizen und welche Voraussetzungen sind dazu erforderlich? (Viele und große Fenster nach Süden, gute Dämmung, ausreichende Speicherfähigkeit der Innenwände und Decken).